

**ПРИНЦИП РАБОТЫ МОЗГА  
И ПРОЦЕСС ПОЗНАНИЯ В НАУКЕ И ИСКУССТВЕ**

**ЧАСТЬ 1**

**ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ТЕОРИИ**

Новосибирск

1995

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ПО ВЫСШЕМУ ОБРАЗОВАНИЮ  
НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Факультет Философии  
Кафедра Логики и Методологии Науки

Кандидат технических наук Е.Е.Витяев

**ПРИНЦИП РАБОТЫ МОЗГА  
И ПРОЦЕСС ПОЗНАНИЯ В НАУКЕ И ИСКУССТВЕ**

**ЧАСТЬ 1**

**ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ТЕОРИИ**

Методические указания

Новосибирск

1995

Данные методические указания содержат изложение первой части курса, посвященного исследованию принципов работы мозга. Приводятся известные в физиологии принципы работы мозга и осуществляется их теоретический анализ. Рассмотрены две хорошо известные физиологические теории: Теория Функциональных Систем работы мозга П.К.Анохина и Информационная Теория Эмоций П.В.Симонова. Как утверждают авторы этих теорий, первая основана на принципе опережающего отражения действительности и понятии Результата, а вторая на вероятностном прогнозировании. Используя множество цитат показана основополагающая роль данных Принципов в построении этих теорий. Анализ принципов осуществлен благодаря их формализации и математическому анализу. В результате они уточнены в такой степени, что позволяют в известной мере вывести приведенные теории из этих принципов.

Рецензент

канд. физ.-мат. наук С.П.Одинцов

## Предисловие

Автор хотел бы выразить свое мнение относительно разнообразия существующих теорий цитатой А.Д.Логвиненко, представленной им в предисловии к переводу книги Дж.Гибсона "Экологический подход к зрительному восприятию": "Первое знакомство с теориями восприятия производит обескураживающее впечатление. Прежде всего, ошеломляют обилие теорий, их эклектическая пестрота и порой почти полная несовместимость. Тех, у кого достанет терпения разобраться в этом чудовищно запутанном нагромождении идей, подходов, направлений и т.п., ожидает еще один сюрприз. Оказывается, что никакой теории восприятия нет и никогда не было. Были более или менее удачные идеи, но не было ни одной достаточно развитой теории. Однако по мере приобретения опыта практической работы в области восприятия в процессе собственной исследовательской деятельности постепенно становится понятно, что все без исключения авторы, писавшие когда-либо о восприятии, писали в действительности одну и ту же книгу, внося лепту в создание единой теории, и что все они, несмотря на их кажущуюся несовместимость, естественным образом дополняют друг друга" [1. С. 5,6]. Хотелось бы добавить, что такая ситуация характерна не только для теорий восприятия.

Каким образом можно разобраться в огромной совокупности теорий (и не только теорий восприятия), занимающихся исследованием мозга? Прежде всего необходимо понять, почему они так сильно различаются и что в них может быть общего. Различны они по естественным причинам: у них разные методы исследования и априорные предположения; используемые вспомогательные теории и аппарат требуют специфических для каждой теории систем понятий при описании предмета исследования, получаемых результатов и теорий. Как в таком случае выявить ту "непреходящую истину", которая скрыта в этих теориях? Такими истинами, чаще всего оказываются принципы, формулируемые в этих теориях. Принципы выражают суть теории, т.е. выраженное в наиболее общем и абстрактном виде основное утверждение теории. Именно в принципах удастся очистить познанную в данной теории истину от тех частных в предположениях, методах исследования и используемом аппарате, которые были сделаны в процессе создания данной теории. Такое свойство принципов совершенно аналогично принципу восприятия "от целого к частному": объект узан только тогда, когда он воспринят как целое. Прежде всего воспринимается Значение предмета, а потом уже все остальные детали. Опытный шахматист при кратковременном предъявлении партии способен распознать мат в три хода, но не в состоянии восстановить позицию. Значением некоторой теории и являются ее принципы. Известно, что Восприятие Значения оказывает корректирующее воздействие на воспри-

ятие всех остальных деталей объекта. Так же и детальный анализ некоторого принципа в состоянии оказать корректирующее воздействие на саму теорию. Например, в физике на такую роль претендует принцип феноменологической симметрии Ю.И.Кулакова, из которого выводятся практически все фундаментальные физические законы, классификация физических законов и физические величины. В математике одним из таких принципов является понятие Задачи (включающее не только определение Задачи, но и требования к нему), сформулированное Ю.Л.Ершовым и К.Ф.Самохваловым, из которого вытекает новый взгляд на основания математики и новое понимание того, чем должна быть математическая теория. В физиологии, по мнению автора, таким принципом является принцип опережающего отражения действительности, лежащий в основании Теории Функциональных Систем работы мозга. В психологии есть много принципов и, в частности, понятия Схемы и Инварианта (мы покажем, что они могут быть объединены в одно понятие Схемы-Инварианта, которое объясняет и многие другие принципы, и в частности, принцип восприятия от целого к частному).

Как уже говорилось выше, анализ принципа оказывает корректирующее воздействие на саму теорию и прежде всего на ее основания, так как именно в основаниях теории скрыт произвол, связанный с выбором системы понятий, априорных предположений, используемого аппарата, вспомогательных теорий, методов исследования и т.д. Основаниями теории является исходная Система Понятий и сформулированное в этой системе понятий множество исходных предположений, которые являются исходными посылами теории. Принципами теории являются наиболее общие утверждения или требования об(к) объекту исследования, которые формулируются в наиболее абстрактных понятиях теории или даже вне теории и выражают суть и смысл теории (возможно, являясь наиболее важными утверждениями теории). Разумеется, не любые наиболее общие утверждения или требования являются принципами теории, а только те, из которых вытекают все остальные основные или наиболее важные утверждения теории. Таким образом, если из оснований теория выводится как из конкретного, то из принципа она выводится как из абстрактного.

Как правило, точный анализ принципа (в частности, математический) вступает в противоречие с основаниями самой теории, что на самом деле неизбежно, и показывает, что в основаниях теории далеко не все так благополучно, как может показаться (или, точнее, как мы уже привыкли считать). Но такой вывод обычно не делается. **Никто не считает** (за редчайшим исключением), **что принципы важнее оснований**<sup>1</sup>, поэтому такой результат не принимается научным сообществом. В противном случае возникает необходимость пересмотра оснований и, значит, существующей парадигмы. Но так как почти все считают, что существующая парадигма важнее принципов, такой результат рассматривается просто как **парадокс**, которому не придают должного значения.

Так как работа мозга многогранна и не охватывается какой-либо одной дисциплиной, то путем, которым можно прийти к пониманию **принципа работы мозга**, являются анализ известных принципов в различных областях знания и попытка их синтеза невзирая на основания самих наук. При этом в процессе анализа и формализации какого-либо принципа нельзя вводить дополнительные предположения. Можно опираться только на детальный анализ самих принципов. Как мы увидим на множестве примеров, практически каждая теория, которой мы будем касаться (или ссылаться на уже проделанный анализ некоторого принципа другими авторами), требует радикального пересмотра своих оснований. Данный путь исследования является единственным, по которому можно прийти к пониманию принципа работы мозга или синтеза различных наук.

Для синтеза принципа работы мозга взяты наиболее тщательно разработанные теории, которые вскрывают глубинные механизмы работы мозга и выявляют принципы его работы. Это физиологическая и нейрофизиологическая Теория Функциональных Систем работы мозга школы П.К.Анохина, Информационная Теория Эмоций П.В.Симонова и психологические: Теория Схем Восприятия У.Найсера [2] и Теория Инвариантов Восприятия Дж.Гибсона [1]. Изложение каждой из них будет вестись так, чтобы, с одной стороны,

---

<sup>1</sup> Жирным шрифтом, в том числе внутри цитат, здесь и далее будут выделены те понятия, ключевые моменты рассуждений, выводы и т.д., на которые следует обратить внимание.

наиболее четко выделить и проиллюстрировать основной принцип данной теории и, с другой - на множестве примеров и цитат показать, что данный принцип действительно лежит в основании данной теории.

Следуя такому пути исследования, в разд. 1 излагается принцип опережающего отражения действительности (по соответствующей работе П.К.Анохина). Формализация и анализ данного принципа осуществляется далее в разд. 4 в виде принципа: "мозг - универсальное предсказывающее устройство". Теория Функциональных Систем базируется на двух принципах: принципе опережающего отражения действительности и принципе "мозг - система для решения Задач и достижения Целей". Понятия Задачи и Цели определены в разд. 2. Понятие Задачи, как было сказано, формально изучено в связи с исследованиями в основаниях математики. При изложении Теории Функциональных Систем в разд. 3 показано, что мозг непрерывно решает Задачи в том же смысле. Поэтому вторым принципом, на котором базируется Теория Функциональных Систем, является следующий: "мозг - система для решения Задач", достижения Целей и получения Результатов. Взаимосвязь между двумя этими принципами устанавливается в разд. 5 после изложения Информационной Теории Эмоций П.В.Симонова и установления связи эмоций с вероятностным прогнозированием (и тем самым - с принципом "мозг - универсальное предсказывающее устройство"). В разд. 6 критически анализируется (по соответствующей работе П.К.Анохина) существующая в настоящее время в Neuroscience формальная модель нейрона, основанная на гипотезе суммации. Исходя из математического анализа принципа "мозг - универсальное предсказывающее устройство", в разд. 6 определяется новая формальная модель нейрона. В разд. 7 на основе сформулированной гипотезы работы нейрона объясняются важнейшие феномены Теории Функциональных Систем. Показана также подчиненная роль принципа "мозг - система для решения Задач" по отношению к принципу "мозг - универсальное предсказывающее устройство".

Дальнейший анализ принципа работы мозга продолжен в второй части после изложения психологических теорий. В разд. 8 второй части изложена работа У.Найсера "Познание и реальность", в которой сформулирован наиболее общий принцип восприятия - понятие Схемы восприятия. Понятие Схемы изложено в достаточно общем виде, позволяющем без труда показать, что оно может быть формализовано в соответствии с двумя предыдущими принципами: "мозг - универсальное предсказывающее устройство" и "мозг - система решения Задач". В разд. 9 излагается экологический подход к восприятию Дж.Гибсона, где он определяется как извлечение инвариантов. Из его теории следует принцип: "мозг - система для извлечения (восприятия) инвариантов". Дж.Гибсон и его последователи не дали определения инварианта. Как последовательный бихевиорист Дж.Гибсон исследует, и для этого вводит совершенно новую (и, как общепризнанно, не совместимую ни с какой другой психологической теорией) систему понятий, для того чтобы выявить объективные законы внешнего мира, в которых реально действует восприятие. Вместо слепого заимствования, как это обычно принято в науке, понятий пространственно-временных, геометрических, физических и т.д. из других областей знания он вводит собственную экологическую систему понятий для описания того, с какой же реальностью животному (человеку) приходится иметь дело в процессе восприятия. Но Дж.Гибсон только начал такой анализ. В разд. 8, как продолжение этого анализа, рассматривается понятие "естественной" классификации, используемой естествоиспытателями для систематизации исследуемых объектов и явлений, а также анализируются известные принципы ее построения. Дается определение "естественной" классификации как закона природы. Формулируется новый, синтезирующий известные принципы, принцип построения "естественных" классификаций. Этот принцип связывает также классификацию и предсказание. Тем самым устанавливается его связь с принципом "мозг - универсальное предсказывающее устройство". Показано, что "естественная" классификация необходима для наилучшего предсказания. В разд. 10 на основе введенного понятия "естественной" классификации проводится дальнейший анализ взаимосвязи предсказания и классификации с точки зрения экологической действительности, с которой приходится иметь дело мозгу. В результате такого анализа, совмещенного с анализом понятия Схемы, вполне естественно выясняется, что Схема не только всегда основана на наиболее инвариантной информации в смысле Дж.Гибсона, но и сама является своего рода Инвариантом. Таким образом, понятия Схемы и Инварианта вместе с соответствующими им принципами сливаются в одно понятие -

Схема-Инвариант. В результате формулируется принцип работы мозга более глубокий, чем известные до настоящего времени. В подтверждение этого принципа приводятся нейрофизиологические данные о "клеточных ансамблях" нейронов. Проведенный синтез принципов естественно приводит к множеству следствий. В разд. 10 на основе понятия Схемы-Инварианта определяются понятия идеального объекта, интуиции, меры объектов класса, восприятия и видения, что такое воспринимаемая реальность и т.д. Обоснование действительного соответствия данных определений тому, что под этими определениями понимают некоторые философы, психологи, естествоиспытатели и другие ученые, будет осуществлено в дальнейшем. Главный вывод, который хотелось бы сделать из полученного принципа работы мозга, состоит в том, что исходя из него видно единство и дополнительность практически всех философских, психологических, физиологических, нейрофизиологических и других теорий.

В третьей части данного курса будет приведена математическая модель работы мозга, формализующая сформулированный принцип, в которой доказаны основные свойства работы мозга.

## 1. Принцип опережающего отражения действительности

**Принцип опережающего отражения действительности [3, 4] является универсальным принципом жизни всего живого.** Он верен не только для высших животных, но и для простейших организмов и, по существу, представляет собой **принцип выживания организмов и принцип их встроенности во внешний мир, управляемый объективными законами.** Именно через этот принцип можно понять общность со всем живым на земле животных и человека. Для человека (и животных) принцип опережающего отражения действительности реализуется в аппарате Акцептора Результатов действия, описанного в Теории Функциональных Систем. Понятие Акцептора Результатов действия может быть, с одной стороны, объяснено как конкретное воплощение принципа опережающего отражения действительности в деятельности человека (животных), а с другой - является главным понятием Теории Функциональных Систем и позволяет объяснить организацию Целенаправленной деятельности животных и человека.

Рассмотрение принципа опережающего отражения действительности в его наиболее общей формулировке позволяет выявить **объективные законы внешнего мира, которые привели к возникновению такой системы отражения действительности, как мозг.** Выявление подобных объективных законов будет продолжено при рассмотрении Экологической Теории Восприятия Дж.Гибсона. Однако данный принцип более фундаментален, чем законы экологической оптики и, кроме того, он не охватывается теорией Дж.Гибсона.

Принцип опережающего отражения действительности, как мы увидим, является основным для построения формальной модели работы мозга. При формализации он будет интерпретироваться как принцип: **"мозг - универсальное предсказывающее устройство"**.

Приведем пример действия данного принципа: "Особенно наглядно этот процесс опережения событий как приспособительный был продемонстрирован в последние годы на примере куколок насекомых, которые по условиям развития вынуждены бывают зимовать на открытом воздухе (например, паразитическая оса *Varcon*). Этот факт вызывал немало удивления в среде ученых и долгое время оставался интригующей загадкой. Действительно, как может куколка осы, содержащая достаточное количество воды в протоплазме, устоять против морозов? Настойчивые исследования в этом направлении ряда ученых привели к поразительным открытиям, которые полностью объяснили эту загадку. Оказалось, что уже первые осенние похолодания стимулируют в протоплазме клеток, составляющих тело куколок, особый процесс: *быстрое образование глицерина*<sup>2</sup>. Таким образом, секрет был раскрыт, поскольку известно, что глицерин представляет собой вещество, значительно снижающее криоскопическую температуру клеточных масс. Конкретный экспе-

---

<sup>2</sup> Здесь и далее курсивом будут выделены те моменты в цитатах, которые хотели подчеркнуть сами авторы.

римент показал, что уже ранней осенью (или в условиях искусственного содержания куколок при температуре 5 ниже нуля) куколки приобретают способность благодаря накоплению глицерина перенести мороз в 40 -70,°. Стоит поместить куколку в нормальную температуру летнего дня - и глицерин из протоплазмы исчезает (через 3 дня).

Эта способность куколок в ответ на первые похолодания накапливать глицерин, который будет необходим еще только в декабре, является наглядным подтверждением опережающего отражения действительности" [4. С. 28].

П.К.Анохин выводит принцип опережающего отражения действительности отпавляясь от некоторых более фундаментальных положений, характеризующих взаимосвязь живого и неживого.

"Перед биологами и физиологами возникает новая и интересная проблема, которую можно было бы охарактеризовать как **проблему "вписанности" живого в фундаментальные законы неорганического мира**" [Там же].

"Точно так же все детали организации разнообразнейших органов чувств тончайшим образом "пригнаны" к энергетическим свойствам внешнего мира... Мы можем сказать, что активное отражение изначальных свойств внешнего неорганического мира в основных структурных формах животных является абсолютным законом жизни" [Там же. С. 29]. Как мы увидим далее, при рассмотрении Экологической Теории Восприятия Дж.Гибсона, в психологии этот принцип пригнанности органов чувств к энергетическим свойствам внешнего мира формулируется как Экологический подход к восприятию. Экологический подход означает, что понятия животного и экологической среды его обитания - понятия комплементарные.

"...Пространство и время являлись особенно фундаментальными постоянными факторами, которые уже с момента зарождения жизни воздействовали на все живое" [Там же]. "Любое тело, живое или неживое, находится в непрерывно меняющемся трехмерном пространственно-временном континууме... поэтому мы полагаем, что отношение живого к внешнему миру нужно понимать как непрерывную переработку информации в протоплазме или - на высших уровнях эволюции живого - в его нервной системе, *как обработку континуума воздействий, не имеющего скачкообразного разрыва в пространстве и во времени*" [4. С. 31]. Заметим, что **все излагаемые далее физиологические и психологические теории предполагают существование пространственно-временного континуума нашего поведения**. "Современная нейрофизиология на основе нейрохимических молекулярных процессов доказывает, что жизненная значимость отдельных событий представлена в мозгу даже в специфических химических процессах мозга, которые как бы засекают "шаги" этих жизненно важных событий. Так, например, мы имеем различную химию страдания, тоски, страха, радости и других существенных эмоциональных переживаний и событий в жизни животных и человека. Существенность всех этих явлений в жизни человека и эпизодический прорыв их в сознание приводит к тому, что **истинный пространственно-временной континуум нашего поведения субъективно не воспринимается нами как континуум**" [Там же. С. 33].

Из предыдущих рассуждений, а также многочисленных экспериментальных данных, проведенных его школой, П.К.Анохин делает следующий вывод: "Очевидно, мы должны будем принять в качестве основного закона работы мозга следующее: *Абсолютный и универсальный закон неорганического мира - развитие явлений в пространственно-временном континууме - в процессе эволюции живого привел к тому, что мозг животных как специальный орган отражения и приспособления приобрел свойство непрерывного течения его процессов в полном соответствии с компонентами этого континуума в пространстве и во времени*" [Там же. С. 35].

Далее из сформулированного закона П.К.Анохин выводит принцип опережающего отражения действительности, переходя на нейронный уровень рассмотрения.

"...Хотелось бы обратить внимание... на те нейроны, а их в головном мозгу большинство, которые имеют следовую активность, простирающуюся на целые секунды после прекращения раздражения. Как должны были бы вести себя эти клетки в случае непрерывной смены внешних раздражений в микроинтервалах (времени. - Е.В.), т.е. по крайней мере в интервалах, определяемых миллисекундами? Прямые эксперименты с употреблением парных раздражений или целого ряда раздражений показывают, что происходит неизбежное наложение возбуждений, их суммация и значительное пролонгирование активного состоя-



ния нервной клетки... Факт перекрытия активностей определенных нервных клеток мозга не подлежит сомнению" [Там же. С. 36, 37]. "Теперь сделаем другое допущение, что в этом ряду пространственно-временного континуума внешних раздражений один из раздражителей оказался чрезвычайно опасным для жизни или целостности организма, т.е. вызвал сильнейшее болевое ощущение. Тем самым конкретный раздражитель возбудил весь комплекс врожденных биологически значимых процессов в области ствола мозга и гипоталамуса. Эти возбуждения восходят до самой коры, и в данном случае они возбуждают положительно все клетки коркового уровня. Во всяком случае трудно найти такую клетку, которая бы не отреагировала учащением или торможением своих разрядов на возбуждение ретикулярной формации и гипоталамуса... Благодаря этому совпадению следов от предшествующих индифферентных раздражений с генерализованным возбуждением от ретикулярной формации и гипоталамуса происходит интересная картина: где бы ни был предшествующий раздражитель, он неминуемо будет "настигнут" генерализованным болевым возбуждением и произойдет в такой же степени неминуемая встреча двух химических процессов в протоплазме одной и той же нервной клетки. Это и есть момент химического сцепления всех предшествовавших "химий" с "химией" болевого возбуждения... К чему приведет такая встреча и, главное, каков химический результат этой встречи? В каждом случае, когда повторяется последовательность тех же самых внешних воздействий, процесс пойдет по нервным связям, химически уже фиксировавшимся (ранее в результате такой встречи. - Е.В.)... хотя вся последующая цепь возбуждений (от данной последовательности до возникновения болевого возбуждения. - Е.В.), предшествующих болевому раздражению, не была подкреплена (еще. - Е.В.) соответствующим им конкретным воздействием. Иначе говоря, мы имеем *подлинное опережение компонентов пространственно-временного континуума внешнего мира специфическим химическим мозговым процессом*" [4. С. 40]. **Непрерывное в пространстве и во времени опережение компонентов пространственно-временного континуума внешнего мира специфическим химическим мозговым процессом - это и есть принцип опережающего отражения действительности.** В дальнейшем мы выведем из него один из ведущих принципов работы мозга: "мозг - это универсальное предсказывающее устройство". Чтобы вывести этот принцип, надо, во-первых, убедиться, что на его основе можно объяснить всю организацию целенаправленной деятельности, рассмотрев Теорию Функциональных Систем, и, во-вторых, на основе Информационной Теории Эмоций сделать заключение, что опережающее отражение действительности имеет характер **вероятностного прогнозирования**.

Активная целенаправленная деятельность также подчиняется принципу опережающего отражения действительности: "Не изменяя принципиального содержания взаимозависимости химического континуума от пространственно-временного континуума внешнего мира, свободное движение создает тем не менее условия для огромного скачка в развитии приспособительного поведения у животных. В самом деле, теперь уже само животное, двигаясь самостоятельно в различных направлениях, создает континуум внешних раздражений своих анализаторов, как бы подставляя себя под их действие. Континуум уже непосредственно начинает влиять на построение целевого или целенаправленного поведения, сводящегося к активному поиску таких компонентов внешнего континуума, которые определяют удовлетворение каких-либо потребностей организма" [Там же. С. 41]. Для организации целенаправленного поведения надо предположить, что мозг сам может давать команды к действию, которые одновременно являются входными воздействиями, поступая по коллатералиям в различные отделы мозга. Тогда по принципу опережающего отражения действительности мозг сразу может знать, к чему приведет то или иное действие в той или иной конкретной обстановке, а также предпринимать это действие или нет. Детальная схема такой реализации принципа опережающего отражения действительности разработана в Теории Функциональных Систем.

## 2. Понятия Задачи и Цели

Теория Функциональных Систем работы мозга основана на двух принципах: принципе опережающего отражения действительности, который в дальнейшем будет представ-

лен как принцип: "мозг - универсальное предсказывающее устройство" и принципе "мозг - устройство для решения Задач", к формулировке которого мы сейчас и перейдем.

Понятие Задачи было сформулировано и формализовано Ю.Л.Ершовым и К.Ф.Самохваловым в работе [5] в связи с исследованиями в основаниях математики. Оно является следствием математического анализа следующей парадоксальной ситуации, которая, как мы увидим далее, имеет место и в работе мозга:

"Я хочу пить" - что это значит? Нет, конечно, никакой ошибки полагать, что слова "я хочу пить" означают просто вот *это*, где *это* - определенное состояние сознания, которое я переживаю сейчас и которое я именую жаждой. Но тогда возникает новый вопрос: как ощущение жажды (хотения) связано с фактическим питьем (удовлетворением хотения)? Откуда я знаю, что удовлетворить жажду можно питьем? Содержится ли в самом переживании жажды сознание того, чем эту жажду можно удовлетворить? Вполне вероятно, что ощущение жажды как-то включает в себя воображаемую картину питья. Но тогда каким образом воображаемое питье содержит информацию о фактическом питье? Ведь как бы сильно не походила воображаемая картина на факты, все равно в фактическом питье *что-то* должно быть такое, чего не доставало в воображаемом; и это отсутствующее в воображении *нечто* и есть в данном случае самое существенное. Иначе мы могли бы утолить жажду сразу - одним воображением... Возникает убеждение, что и вообще: удовлетворение *любого* желания - новость. Причем в чем-то самом существенном - *абсолютная* новость, эмпирический *постфактум*, который ни в коем случае не был дан заранее. А вместе с тем столь же несомненно, что когда я хочу не просто чего-то "новенького вообще", а хочу чего-то *определенного*; что следовательно, это "*чего-то*" каким-то образом *предопределяется* характером ощущения желания, не будучи данным мне до тех пор, пока я только хочу и еще не удовлетворил свое хотение... **Знать желание не означает знать желаемое, а означает знать способность узнать желаемое**, как только этому представится случай. Иными словами, вы *понимаете* какое-либо свое желание (а не просто "томитесь" им) только тогда, когда этому желанию вы сопоставили чувство уверенности в том, что любое будущее состояние сознания вы сумеете убедительным и безошибочным образом распознать как состояние удовлетворения желания или состояние неудовлетворения... Хотя (следует еще раз подчеркнуть) при этом я не обязательно знаю, *чем* это утоление будет достигнуто. По прошлому опыту ожидаю, что водой, но, быть может, какая-нибудь таблетка тоже утолит мою жажду" [Там же. С. 142,143].

Полученный вывод о том, что "знать желание не означает знать желаемое, а означает знать способность узнать желаемое" позволяет уточнить понятие задачи: "Любую задачу можно мыслить себе в терминах: "Я хочу знать..."... Поэтому задача - частный случай желания, и все сказанное о последнем относится также и к ней. А именно: мы понимаем **задачу** только тогда, когда ей сопоставили обоснованное чувство уверенности в том, что всякое состояние нашего сознания мы сумеем **убедительным и безошибочным образом распознать** как такое, когда решение найдено, или как такое, когда решение не найдено" [5. С. 143]. Заметим, что если последнее условие не выполнено, тогда любое состояние сознания можно принять за решение.

Поэтому главным в понятии Задача является критерий ее решенности. Нам дана Задача, если прежде всего дан **Критерий Решенности Задачи**. Предположим, что у нас есть некоторый текст. Представляет ли он собой "убедительное и безошибочное" изложение решения задачи? В математических теориях Критерием Решенности Задачи является **Доказательство** того, что данный текст является решением. Но позволяет ли Доказательство в рамках некоторой формальной системы *S* для любого текста "убедительно и безошибочно" определить, является он решением или нет? Этот вопрос и был тщательно проанализирован в работе [5]. Оказалось, что только в "слабых" формальных системах Доказательство является критерием решенности Задач.

Понятие Задачи позволило ее авторам сформулировать новый подход к основаниям математики, состоящий в радикальном изменении программы Гильберта обоснования математики. Автор надеется, что обращение внимания на этот результат и его аналогию с работой мозга инициируют дальнейшие исследования по формализации понятия Задачи. Кроме того, такого рода результаты дают объективные ограничения на возможные способы формализации работы мозга.

Опишем кратко, в чем, по мнению авторов работы [5], должен состоять пересмотр программы Гильберта.

"Как известно, Гильберт считал, что, вообще говоря, не все высказывания какой-либо математической теории имеют смысл. При этом неявно он предполагал, что разбиение множества всех высказываний рассматриваемой теории на осмысленные ("реальные") и бессмысленные ("идеальные") вполне определяется *видом* самих высказываний и, следовательно, является фиксированным для всех теорий с одним и тем же синтаксисом и сигнатурой. **Согласно новой парадигме** это разбиение на осмысленные и бессмысленные высказывания зависит не только от синтаксиса и сигнатуры рассматриваемой теории, но и от класса Задач, с которым предназначается иметь дело этой теории. С этой точки зрения, одна и та же **теория как математическое исчисление** *содержательно* будет иметь *разные* множества осмысленных высказываний, если она предназначена для обработки разных классов Задач. Иными словами, математическая теория рассматривается просто как "резервуар" для более "бедных" формальных систем, по отдельности "извлекаемых" из всей теории в зависимости от той или иной имеющейся Задачи. Сама по себе, безотносительно к возможным Задачам (и, следовательно, безотносительно к своей роли быть упомянутым "резервуаром"), теория не имеет практического значения, и поэтому не представляет самостоятельного интереса вопрос, противоречива она в целом или нет" [Там же. С. 141].

Для удобства введем следующее разграничение: математическая теория безотносительно к возможным Задачам является просто некоторым **математическим языком**, на котором можно формулировать различные утверждения, а действительно математическими теориями будем считать только те, которые отвечают за осмысленность формулируемых в них Задач.

В теореме, приведенной в работе [5], доказано, что **Задачи осмысленно могут решаться только в слабых формальных системах**: "Что можно сказать об этой теореме? Вспомним, что нас интересовал вопрос, может ли встретиться такая задача, для решения которой понадобятся знания, кодифицируемые какой-нибудь богатой теорией всей в целом? Наша теорема говорит о том, что если для решения какой-нибудь задачи нам нужны знания, кодифицируемые не в слабой системе, то такая задача не может иметь для нас смысла. Следовательно, для решения любой *осмысленной* задачи мы **не имеем права** выделить из какой-нибудь теории столь большой фрагмент, чтобы он не был слабой системой. Таким образом, ответ на рассматриваемый вопрос отрицателен. А так как для слабых систем не проходит доказательство теоремы Геделя о неполноте, то вопрос о непротиворечивости в любом интересном с точки зрения рассматриваемой парадигмы случае оказывается не столь острым, как это имеет место относительно первоначальной программы Гильберта. В этом смысле обсуждаемая теорема свидетельствует о том, что модификация программы Гильберта, соответствующая новой парадигме, является радикальной и, по-видимому, ведущей к разрешению эпистемологического кризиса в основаниях, ощущаемого с начала века и по сию пору" [5. С. 146,147].

В качестве примера математических теорий, в которых можно осмысленно формулировать Задачи, в работе [5] приводится логическое программирование: "В частности, в рамках новой парадигмы выглядит весьма естественным так называемый "логический подход к программированию"... согласно которому следует создавать языки спецификаций не только программ, но и задач" [Там же. С. 147].

Приводимая ниже формализация принципа работы мозга: "мозг - система для решения задач" осуществлена именно в рамках логического подхода к программированию и таким образом учитывает доказанную в работе [5] теорему как результат математического анализа данного принципа работы мозга.

Сформулируем вытекающий из предыдущих рассуждений парадокс. Он состоит в следующем: "знать желание не означает знать желаемое, а означает знать способность узнать желаемое, как только этому представится случай". Модифицируем данный парадокс так, чтобы не апеллировать к субъективным состояниям сознания и, тем самым, иметь возможность применять его к работе мозга как к кибернетической системе. Нетрудно заметить, что более общим понятием, так же сталкивающимся с этим парадоксом, является понятие Цели. **Цель нельзя достичь, не имея критерия ее достижения**, иначе всегда можно считать, что она уже достигнута - поди проверь. Хотеть чего-то - частный случай

Цели. **Целью является удовлетворение моего желания.** Как мы увидим из Теории Функциональных Систем, каждая потребность организма ставит перед ним Цель - удовлетворить данную потребность, при этом критерий достижения Цели фиксируется соответствующим рецепторным аппаратом.

Определим **Цель как некоторый критерий наличия.** Мы ставим перед собой Цель (Задачу) только тогда, когда сформулировали некоторый критерий наличия (критерий наличия решения) и убедились, что этого наличия в данный момент нет. При таком определении Цели сразу видно, что оно просто бессмысленно без критерия наличия, так как без него мы не можем убедиться, что этого наличия нет уже сейчас и, значит, Цель как то, чего нет сейчас, но что мы хотели бы иметь, имеет смысл ставить перед собой. Такое определение Цели позволяет определить **Результат достижения Цели или решения Задачи** - это то, что удовлетворит критерий наличия, когда Цель будет достигнута или Задача решена. Между понятиями Цели (Задачи) и Результата имеется следующая связь: Результат получен, когда Цель достигнута и срабатывает критерий наличия. Но когда Цель (Задача) ставится или она еще не достигнута, мы имеем Цель (Задачу), но не имеем Результата. Далее понятия Цели и Задачи, стоящей перед организмом, будут пониматься как синонимы. Их различное употребление будет связано только с тем, что они часто ассоциируются с разными словами.

В чем **парадоксальность определения Цели** с точки зрения здравого смысла? Она состоит в следующем: Цель как критерий наличия принципиально не требует никаких дополнительных знаний о том, чем должен быть Результат. В частности, **можно определить Цель, не определяя, ни как ее достигнуть, ни чем, ни когда.** Эту парадоксальность понятия Цели назовем **Парадоксом Цели.** Как мы увидим из Теории Функциональных Систем, мозг при целенаправленном поведении постоянно действует в условиях парадокса Цели, определяя, чем, как и когда можно достичь Цель, часто не зная этого заранее, а зная только параметры конечного результата, фиксирующего достижение Цели. Поэтому Теория Функциональных Систем и есть теория работы мозга как системы для достижения Целей в нашем определении, т.е. принципом этой теории является принцип: "мозг - система для достижения Целей (решения Задач)".

### 3. Теория Функциональных Систем работы мозга

Понятие Цели является центральным в Теории Функциональных Систем, где анализируется физиологический механизм Цели и целеполагания. Решение сложных Задач осуществляется в Теории Функциональных Систем путем организации "иерархии Результатов" (Целей), "многопараметричности Результатов", "моделей Результатов" и т.д., но все это можно рассматривать как **различные способы разрешения мозгом Парадокса Цели.**

П.К.Анохин также говорит о понятии Задачи: "Когда человек решил **задачу**, на каком основании он убежден, что решение правильно? Параметры правильности решения должны быть определены заранее, ведь неудачи коллег дали ему опыт "нерешенности" и позволили определить, что именно он будет считать решением. Следовательно, он не предвидел **Результата**, но он предвидел, каким условиям должно удовлетворять решение" [6. С. 13]. Это определение схоже с формулировкой понятия Задачи, приведенного в работе [5], но оно менее точно и не доведено до формального результата.

Кратко изложим Теорию Функциональных Систем по монографии одного из ведущих учеников П.К.Анохина - директора Научно-исследовательского института нормальной физиологии им. П.К.Анохина АМН РФ чл.-корр. К.В.Судакова [7]. Здесь подводится итог (после смерти П.К.Анохина) не только работ самого П.К.Анохина, но и всей его школы. Цитаты П.К.Анохина внутри цитат из [7] будем выделять символом #<sup>3</sup>.

"#Функциональной системой мы называем комплекс нервных образований с соответствующими им периферическими рабочими органами, объединенный на основе выполнения какой-либо вполне очерченной и специфической функции организма. К таким очер-

---

<sup>3</sup> Символом # будем выделять также цитаты других авторов внутри приводимых цитат.

ченным функциям можно отнести, например, локомоцию, дыхание, глотание, плавание и т.д. # И далее: #Состав функциональной системы не может быть определен каким-либо анатомическим принципом. Наоборот, самые разнообразные "анатомические системы" могут принимать участие и объединяться на базе одновременного возбуждения при выполнении той или иной **функции организма**# [7. С. 19].

Таким образом, **единицами деятельности организма являются не отдельные органы, а функции организма**. Выполнение какой-либо функции организма - это и есть **Задача Деятельности Организма**. Поэтому Теория Функциональных Систем является теорией решения организмом Задач по выполнению своих функций.

"Наиболее значительным, по нашему мнению, моментом (в истории развития понятия Функциональной Системы. - Е.В.) является формирование понятия "*Результат действия*" (в 1966 г.). П.К.Анохин теперь уже пишет о Результатах действия как о самостоятельной физиологической категории" [Там же. С. 27].

"#Пожалуй одним из самых **драматических моментов в истории изучения мозга** как интегративного образования **является фиксация внимания на самом действии, а не на его Результатах**... мы можем считать, что Результатом "хватательного рефлекса" будет не само хватание как действие, а та совокупность афферентных раздражений, которая соответствует признакам "схваченного" предмета (Результат действия)#" [Там же].

Заметим, что именно таким образом понимаемый Результат действия является признаком достижения Цели - схватить предмет, а критерием достижения Цели является "совокупность афферентных раздражений, соответствующая признакам схваченного предмета" [Там же]. Следовательно, понятие Результата действия физиологически фиксирует критерий достижения Цели и тем самым критерий решения организмом некоторой Задачи. Драматическая ситуация в изучении мозга, о которой пишет П.К.Анохин, продолжается до сих пор, так как никакая другая теория, кроме Теории Функциональных Систем, не исследует механизмы достижения Результата в этом смысле. Заметим также, что под действием должно пониматься любое действие, включая движения глаз, настройку хрусталика и т.д., т.е. любые действия, которые инициируются активностью мозга.

"**Основным постулатом Теории Функциональных Систем является положение** о том, что **ведущим системообразующим фактором**, организующим функциональную систему любого уровня организма, **служит полезный для организма и системы в целом приспособительный Результат**. Именно Результат благодаря постоянной обратной афферентации о его состоянии производит своеобразную "мобилизацию" центральных и исполнительных образований **в функциональную систему**" [7. С. 35].

Таким образом, единицы деятельности организма - **функциональные системы** - являются объединениями различных органов с **Целью** достижения некоторых полезных для организма Результатов и тем самым **определяются этими Результатами**.

"Любая функциональная система различного уровня организации строится по **принципу саморегуляции**... Процесс саморегуляции всегда циклический и осуществляется по золотому правилу: **всякое отклонение от жизненно важного уровня** какого-либо физиологически значимого фактора служит сигналом к немедленной мобилизации многочисленных аппаратов соответствующей функциональной системы, вновь восстанавливающих этот **жизненно важный приспособительный Результат**" [Там же. С. 37].

Процесс саморегуляции является частным случаем Задачи, когда приспособительным Результатом является удержание на определенном уровне некоторого жизненно важного физиологического показателя, а Целью восстановление жизненно важного уровня физиологически значимого фактора.

Как взаимосвязаны между собой Результаты различных функциональных систем в процессе жизнедеятельности целого организма?

"Говоря о **метаболических Результатах**, мы обратили внимание на то, что постоянство почти всех жизненно важных показателей организма определяется уже в кровеносном и лимфатическом русле... является поразительным примером защитных предупредительных реакций организма, поскольку вся саморегуляция внутренних констант осуществляется задолго до реальных изменений в обмене веществ в тканях организма. В результате этого **каждому конечному приспособительному Результату по каскадному принципу может предшествовать несколько** так называемых "*предконечных Результатов*", которые уже сами по себе могут определять все условия конечного Результата" [Там же. С. 39].

Предконечные Результаты - тоже Результаты. Их получение необходимо для обеспечения гарантии получения жизненно важных Результатов.

"Поскольку метаболизм организма всегда многосторонен, **общая метаболическая потребность организма** часто **многопараметрична**, отражая тем самым различные стороны процесса обмена веществ... Однако всегда имеется ведущий параметр общей метаболической потребности - **доминирующая потребность**, наиболее важная для выживания особи, ее рода или вида. Она возбуждает **доминирующую функциональную систему** и строит поведенческий акт, направленный на ее удовлетворение. Удовлетворение ведущей потребности приводит к тому, что начинает доминировать другая важная для сохранения вида или рода потребность" [7. С. 40].

Тем самым порядок решения различных Задач упорядочивается в зависимости от их важности для организма в каждый данный момент. Это упорядочение определяется многими факторами. В полной мере они учитываются только "переключающей функцией эмоций" Информационной Теории Эмоций П.В.Симонова.

"Каждая **потребность**, даже при незначительном отклонении жизненно важной функции от оптимального для метаболизма уровня (в чем, собственно, и состоит потребность. - Е.В.), немедленно воспринимается **специальными рецепторными аппаратами**". "Наличие рецепторов в каждой функциональной системе, "стоящих на страже" конечного приспособительного Результата, **является исходным пунктом в механизмах саморегуляции**. Меньшее отклонение Результата от оптимального для метаболизма уровня вызывает меньшее возбуждение рецепторов и, соответственно, меньшую сигнализацию в нервную систему" [Там же. С. 43,44].

"Соотношение функций рецепторов с приспособительным Результатом - это основной "узел саморегуляции". Соотношение между конечным Результатом и рецептором напоминает тип комплементарных связей" [Там же. С. 44].

Поскольку каждая функциональная система определяется соответствующим приспособительным Результатом, состоящим в удержании на определенном уровне некоторого жизненно важного физиологического показателя, а сам Результат фиксируется соответствующим рецепторным аппаратом, то именно такими рецепторными аппаратами и организуются функциональные системы, задачей которых является удержание определенного уровня данных показателей. Целью функциональных систем является в этом случае нормальный уровень важного физиологического показателя, а критерием наличия и, значит, достижения Цели - отсутствие возбуждения соответствующего рецепторного аппарата.

"...**Сигнализация о потребности несет двоякую функцию**. С одной стороны, она играет пусковую роль, возбуждая специальные аппараты саморегуляции, а с другой, она постоянно информирует эти же центры о Результатах действий, совершенных функциональной системой. Поскольку эта сигнализация заключает в себе **информацию о конечном Resultate**, о его отклонениях от оптимального для метаболизма уровня или (его. - Е.В.) восстановлении... она была названа *обратной афферентацией*" [Там же. С. 45].

Двоякая функция потребности означает, во-первых, **постановку Задачи** по восстановлению нарушенного метаболизма и, во-вторых, **энергетическое обеспечение решения Задачи по достижению Цели** путем возбуждения механизмов саморегуляции. **Целью как критерием наличия** является получение обратной афферентации о восстановлении нормального уровня некоторого физиологически важного показателя. Если же нормальный уровень нарушен, то возникает Потребность, которая **ставит перед организмом Цель - удовлетворить соответствующую потребность**. В этом случае Цель как критерий наличия, во-первых, **сигнализирует** посредством обратной афферентации об отсутствии нормального уровня некоторого показателя и, следовательно, **об отсутствии этого наличия в данный момент, что, собственно, и означает наличие Потребности**; во-вторых, **ставит Цель** как ожидание получения сигнализации о восстановлении нормального уровня некоторого показателя, которая будет означать в момент получения сигнализации удовлетворение потребности (решения организмом своей Задачи и получения Результата); и, в-третьих, **энергетически обеспечивает** и фактически вынуждает организм достичь Цели, возбуждая специальные аппараты саморегуляции. **Физиологическим механизмом Целеполагания и является возникновение Потребности**. Таким образом, **Потребность и есть Цель**, ставящаяся перед организмом.

"Для удержания полезного приспособительного Результата на оптимальном для организма уровне и его возвращения к этому уровню в случае отклонений каждая функциональная система объединяет специальные **периферические исполнительные аппараты**... При этом нередко разные функциональные системы для достижения различных приспособительных Результатов могут использовать одни и те же внутренние органы. Так, работа сердца может быть использована как для поддержания постоянного уровня кровяного давления, так и для обеспечения газообмена и т.д." [7. С. 46,47].

"В отличие от рецепторов Результата, которые, как указывалось выше, обладают подчеркнутой специфичностью и консервативностью, другие элементы функциональных систем *пластичны* и могут гибко заменять друг друга. Внутри каждой функциональной системы для достижения полезного приспособительного Результата имеются широкие возможности чрезвычайной взаимозаменяемости, взаимокompенсации. При выходе из строя одного или нескольких компонентов функциональной системы обеспечение ее конечного приспособительного Результата может осуществляться другими ее компонентами" [Там же. С. 48].

**Пластичность** еще раз подчеркивает важность понятия Задачи для Теории Функциональных Систем, так как главное - достижение Результата, а каким образом он будет достигнут - это уже дело второстепенное.

"В отличие от **классической физиологии**, которая изучает механизмы жизнедеятельности отдельных органов и динамику их работы, физиология функциональных систем изучает организм как совокупность системных организаций в их динамике и взаимосвязи" [Там же. С. 51].

Таким образом, Классическая Физиология не просто не утруждает себя вопросом: для чего органы работают и что их связывает в целом организме, но даже не может этого сделать, так как в противном случае, как следует из Теории Функциональных Систем, ей пришлось бы пересмотреть все свои основания и ввести множество новых понятий. Поэтому классическая физиология принципиально не в состоянии что-либо сказать об организме в целом.

"Важное значение приобретает вопрос о **принципах взаимодействия отдельных функциональных систем в целом организме**. Такими принципами является **иерархическое и мультипараметрическое взаимодействие**" [Там же. С. 53].

"Нетрудно заметить, что **Результаты поведенческой деятельности**, направленные на удовлетворение внутренних потребностей организма, могут рассматриваться как "**под-результаты**" функциональных систем, обеспечивающих основные жизненно важные внутренние метаболические показатели. Точно так же результаты социальной деятельности человека в значительной степени нередко удовлетворяют его биологические потребности" [Там же].

**Принцип доминанты** - существование в каждый данный момент только одной доминирующей функциональной системы - определяет упорядоченность работы функциональных систем во времени. Более точно принцип упорядочения функциональных систем во времени будет рассмотрен при изложении переключающей функции эмоций.

Рассмотрим, как функциональные системы взаимодействуют в некоторый данный момент времени.

"Взаимодействуя **по принципу иерархии Результатов**, различные функциональные системы составляют в конечном счете слаженно работающий целостный организм. Однако эта целостность не является простым соединением деятельности разных функциональных систем. Это динамическое объединение, в котором все время наблюдается доминирование той или иной функциональной системы, имеющей в данный момент наиболее важное значение для организма. Так, у голодного кролика доминирует функциональная система, деятельность которой направлена на поиск пищи. В это время другие функциональные системы, определяющие, например, кровяное давление, дыхание, выделение, направлены на лучшее обеспечение доминирующей пищедобывательной функциональной системы" [Там же. С. 54].

"Именно **по отношению к каждой доминирующей функциональной системе все другие функциональные системы выстраиваются в определенном иерархическом порядке**, начиная от молекулярного, вплоть до организменного и социально-общественного уровня. Иерархия функциональных систем... прежде всего включает **ие-**

**рархическое взаимодействие Результатов их действия, когда Результат деятельности одной функциональной системы входит в качестве компонента в Результат деятельности другой**" [Там же]. С точки зрения решения Задач иерархическое взаимодействие Результатов означает **иерархическое разбиение Задач на подзадачи и Целей на подцели**.

**Принцип иерархии Результатов одновременно означает Принцип иерархии Целей.** Но Цель как потребность есть не только критерий достижения Результата, но и энергетическое обеспечение его достижения. Однако доминирующая потребность одна, а для достижения наивысшего в иерархии Результата, связанного с этой доминирующей потребностью, необходимо достичь всех Целей данной иерархии, каждая из которых должна получить свое химически специфичное энергетическое обеспечение в необходимом объеме. Следует отметить, что принцип доминанты только упорядочивает потребности по силе их проявленности, но это не означает, что организм сразу же переключится на удовлетворение этой потребности. Принятие решения (см. подразд. 3.2) о достижении Цели по удовлетворению доминирующей потребности должно учесть все энергетические затраты, с которыми оно связано. Мы часто отказываемся от Целей, связанных с большими энергетическими затратами в пользу более легко достижимых Целей.

Однако не всегда взаимодействие функциональных систем сводится к их иерархии по принципу иерархии Результатов. Встречаются и более сложные случаи.

"В отличие от функциональных систем с одним регулируемым показателем такие функциональные системы (имеются в виду функциональные системы с **многопараметрическими Результатами**, например, функциональная система дыхания. - Е.В.) принципиально не способны сохранить при действии возмущающего фактора постоянство всех параметров своего Результата. При отклонении одного из регулируемых параметров Результата, по отношению к которому действует возмущающий фактор, такие функциональные системы осуществляют перестройку других регулируемых параметров" [Там же. С. 56]. Этот случай можно считать обобщением предыдущего, если предположить, что в иерархическом взаимодействии Результатов некоторые подчиненные Результаты вынуждены изменять свои значения.

"В целом организме каждая функциональная система, стремясь обеспечить прежде всего свой конечный Результат, влияет на деятельность других функциональных систем, при этом вносит соответствующие возмущения в процессы их саморегуляции. Поскольку эти эффекты взаимны и все функциональные системы взаимодействуют друг с другом, то конечные Результаты деятельности взаимосвязанных функциональных систем существенно отличаются от тех Результатов, которые имели бы отдельные функциональные системы, если бы они существовали и действовали порознь. В то же время для деятельности каждой функциональной системы необходимо функционирование всех других функциональных систем и организма в целом" [7. С. 58]. "Межсистемные отношения функциональных систем **одного уровня иерархии** должны удовлетворять возможности получения **обобщенного Результата**, обеспечивающего достижение конечного Результата в функциональной системе следующего, **более высокого уровня иерархии**" [Там же. С. 57].

Вспомним, что функциональные системы пластичны с точки зрения включения в них тех или иных эффекторных механизмов достижения Результата, поэтому функциональные системы одного уровня иерархии могут согласованно распределять между собой различные эффекторные механизмы для достижения одного обобщенного Результата.

**"По отношению к доминирующей функциональной системе все другие функциональные системы организма по принципу многосвязного взаимосодействия выстраиваются в иерархическом порядке** в соответствии с их биологической значимостью и значимостью для социальной деятельности человека" [Там же].

В этом и состоит **результатирующий принцип взаимодействия функциональных систем**.

"При заболевании возможно отклонение самых различных физиологических констант. Однако причины этих отклонений могут быть не однозначны. Одни из жизненно важных показателей смещаются под влиянием возмущающего фактора, первично действующего на определенную функциональную систему. Отклонение других физиологических показателей может возникать вторично, как следствие влияния через сопряженные межсистемные механизмы. Все это приводит к перестройкам во многих функциональных



системах, что неизбежно заканчивается смещением с оптимального для здорового организма уровня различных жизненно важных показателей. Поэтому в диагностике и при лечении заболеваний следует выявлять функциональную систему, на которую первично оказал воздействие патогенный фактор, и функциональные системы, вторично вовлеченные в патологический процесс" [Там же. С. 58].

При многосвязном взаимодействии функциональных систем это непростая задача. Тем более важно знать как организуется такое взаимодействие, чем и должна в первую очередь заниматься **Медицина**. Но такого рода вопросы в Медицине даже не ставятся. Единственное, что может делать Медицина, основанная на классической физиологии - это лечить симптомы или поражения отдельных органов.

Перейдем к рассмотрению **целенаправленной деятельности**.

"С категорией Результата тесно связано другое ведущее понятие целенаправленной деятельности - понятие исходной потребности. Потребность всегда выступает в инициативной роли формирования любых форм поведения. **Потребность и ее удовлетворение представляют**, таким образом, те ведущие **критические пункты** системной организации любых форм поведения, **с которых возникает и которыми заканчивается любой поведенческий акт**. Удовлетворение потребностей в свою очередь осуществляется при постоянной оценке организмом достигнутых Результатов с помощью обратной афферентации, постоянно поступающей в центральную нервную систему от параметров достигнутых Результатов" [7. С. 71,72].

**Потребность и Результат** - основные понятия Теории Функциональных Систем. Наше определение Цели как Потребности включает в себя понятие Результата как Результата достижения Цели и удовлетворения критерия наличия. Поэтому **наше определение Цели объединяет понятия Потребности и Результата** и, как мы покажем далее, лучше работает.

"Согласно П.К.Анохину, центральные механизмы функциональных систем, обеспечивающих целенаправленные поведенческие акты, имеют однотипную архитектуру" [Там же. С. 73]. Опишем данную архитектуру.

### 3.1. Афферентный синтез.

3.1.1. **Мотивационное возбуждение**. "Начальную стадию поведенческого акта любой степени сложности составляет афферентный синтез. Ведущим возбуждением этой стадии, определяющим целенаправленную деятельность даже животных, является **мотивационное возбуждение**, формирующееся на основе ведущей (доминирующей. - Е.В.) внутренней потребности" [Там же]. "**Доминирующая потребность** всегда воспринимается комплексом специфических рецепторов, расположенных как на периферии, так и непосредственно в центральной нервной системе. С их участием появляется ответственный момент формирования целенаправленного поведения - **процесс трансформации внутренней потребности в соответствующее возбуждение мозга**. Так возникает **доминирующая мотивация**. Последняя всегда сопровождается специфическим **эмоциональным ощущением**. Иными словами, в процессе формирования мотивационного возбуждения материальная метаболическая потребность трансформируется в процесс возбуждения мозговых структур, порождающий **субъективное ощущение как идеальное отражение этой потребности**" [Там же. С. 113].

Заметим, что возбуждения от рецепторов, фиксирующих некоторую потребность, и мотивационное возбуждение - это разные возбуждения, хотя одно приводит к возникновению другого. Напомним, что сигнализация о потребности ставит перед организмом Цель - удовлетворить соответствующую потребность. В случае целенаправленного поведения постановка Цели сопровождается мотивационным возбуждением и отрицательными эмоциями. Более подробно понятие потребности и положительные эмоции будут рассмотрены в разд. 5 "Информационная Теория Эмоций П.В.Симонова".

"**Отрицательная эмоция**, сопровождающая мотивацию, имеет важное биологическое значение. Она **мобилизует усилия** животного на удовлетворение возникшей потребности. Сопровождающие мотивационное возбуждение отрицательные эмоциональные ощущения способствуют более быстрому нахождению животным подкрепляющего агента. Неприятные эмоциональные переживания усиливаются во всех случаях, когда поведение животного во внешней среде не ведет к удовлетворению возникшей потребности, т.е. к

соответствующему подкреплению" [Там же. С. 91], и тем самым - к достижению Результата.

"Удовлетворение потребности (действие **подкрепляющего раздражителя** на организм (сигнализирующего о достижении Результата. - Е.В.)), наоборот, всегда связано с **положительными эмоциональными переживаниями**. Биологическое значение *положительной эмоции* при удовлетворении потребностей понятно, поскольку они как бы санкционируют успех поиска. Однако этим такое значение не ограничивается. Положительные эмоции фиксируются в памяти и впоследствии как своеобразные "представления" о будущем Resultate появляются всякий раз при возникновении соответствующей потребности. Обученный неоднократным удовлетворением своих потребностей организм впоследствии стимулируется к целенаправленной деятельности не только отрицательной эмоцией мотивационного состояния, но и представлением о той положительной эмоции, которая связана с возможным будущим подкреплением" [7. С. 91,92].

Следует подчеркнуть, что подкрепляющий раздражитель и положительное эмоциональное переживание, так же как и мотивационное возбуждение и отрицательные эмоции, - это разные возбуждения. Именно поэтому мы можем предвосхищать положительные эмоциональные возбуждения и ощущать предвосхищение положительной эмоции в виде "аппетита", еще не достигнув Resultata и не имея самого подкрепляющего раздражителя. В этом смысл **удвоения возбуждений** как для потребности, так и для подкрепляющего возбуждения. Положительные эмоциональные переживания также оказывают энергетическое влияние на достижение Цели. Поэтому, если мы **знаем, как достичь Цели**, например, знаем, что "утолить жажду можно водой", и знаем, как это сделать, то достижение этой Цели будет обеспечиваться не только воздействием мотивационного возбуждения, но и энергетическим влиянием от предвосхищения положительной эмоции. В этом случае достижение Цели будет обеспечиваться сразу двумя эмоциональными воздействиями - положительным и отрицательным, так сказать, "**кнутом и пряником**".

Каждая доминирующая мотивация характеризуется не только специфической химией возбуждений, но и специфическим возбуждением нейронов: "...Доминирующая мотивация отражается в характерном распределении межимпульсных интервалов в нейронах различных отделов мозга. Распределение межимпульсных интервалов носит характер, специфический для различного биологического качества мотиваций" [Там же. С. 170].

Как происходит достижение Цели в случае отсутствия опыта? "Возникшее на основе той или иной биологической потребности поведение новорожденного животного строится в полном смысле слова **методом "проб и ошибок"** с помощью выраженной **ориентировочно-исследовательской деятельности**... Поражает направленный поиск новорожденными **специальных раздражителей внешней среды, с которыми они практически никогда не встречались**. Следовательно, они должны иметь **врожденные модели**, в которых запрограммированы свойства удовлетворяющих их потребности раздражителей, с которыми осуществляется постоянное сравнение достигнутых Resultatov" [Там же. С. 74].

"...Наблюдения, проведенные на лосях в естественных условиях существования... показали, что непосредственно после рождения первой целенаправленной деятельностью лосенка является освоение вертикальной позы, затем движение в сторону матери, поиск соска, сосание и, наконец, реакция следования" [Там же. С. 85].

"Однако по мере неоднократного удовлетворения животным однотипной потребности механизмы генетической памяти все в большей степени начинают обогащаться индивидуальным опытом данного животного" [Там же. С. 74]. Подробнее об этом и об ориентировочно-исследовательской реакции будет сказано далее.

**3.1.2. Память.** Память - второй компонент афферентного синтеза. "...Извлечение прошлого опыта из памяти происходит по той же нейрохимической трассе, по которой он был зафиксирован в момент приобретения опыта (при действии подкрепляющего раздражителя, означающего факт достижения Resultata. - Е.В.)" [7. С. 91].

"Каждая мотивация строится специфическими по своему химическому метаболизму восходящими активирующими влияниями соответствующих подкорковых центров на кору головного мозга. А это в свою очередь приводит к тому, что с помощью мотивационных влияний животные производят **активный отбор только специальных раздражителей внешнего мира** для удовлетворения своих доминирующих потребностей. Только при наличии доминирующей мотивации животные реагируют на специальные (условные) раз-

дражители соответствующей реакцией. При отсутствии мотивации животные не реагируют на внешние пусковые стимулы. Вот почему у накормленных собак в ответ на действие условных сигналов не проявляются выработанные пищевые условные рефлексы и у них практически невозможно выработать новые рефлексы" [Там же. С. 79,80].

**3.1.3. Обстановочная афферентация.** "В условиях взаимодействия животного с раздражителями окружающей его среды еще одним существенным компонентом стадии афферентного синтеза является *обстановочная афферентация*" [Там же. С. 74].

"...Биологические мотивационные возбуждения на стадии афферентного синтеза приходят в тесное взаимодействие с механизмами памяти и возбуждениями, обусловленными действием на организм внешних обстановочных (в том числе у человека) социальных факторов. Все это создает предпосылки формирования на стадии афферентного синтеза **высших социальных мотиваций**, связанных у человека с субъективными потребностями в образовании, приобретении профессиональных навыков и т.д." [Там же. С. 113].

Обстановочная афферентация при взаимодействии с извлеченным из памяти опытом определяет, **что и как** можно делать в данной обстановке для достижения Цели.

**3.1.4. Пусковая афферентация.** "Четвертым компонентом афферентного синтеза, по П.К.Анохину, является *пусковая афферентация*. Ее значение заключается в том, что специальные раздражители вскрывают сформированную на основе взаимодействия мотивационного, обстановочного возбуждения и механизмов памяти так называемую предпусковую интеграцию. Эти пусковые раздражители приурочивают, таким образом, целенаправленную деятельность к определенному месту и времени" [Там же. С. 75].

"Итак, на стадии афферентного синтеза решается несколько вопросов: **что** (можно. - Е.В.) делать (на основе сопоставления внешних и внутренних раздражителей), **как** делать (на основе памяти) и **когда** делать (на основе действия пусковых раздражителей)" [Там же. С. 80].

Таким образом, на стадии афферентного синтеза в значительной степени разрешается парадокс Цели и определяется, что, как и когда можно делать для достижения Цели.

### **3.4. Теория Функциональных Систем и парадокс Цели.**

Вспомним, что возникновение Потребности ставит перед организмом Цель - удовлетворить соответствующую потребность. В случае целенаправленного поведения понятие Цели конкретизируется следующим образом:

1) **потребность сигнализирует** посредством обратной афферентации об отсутствии нормального уровня некоторого показателя и, следовательно, как критерий наличия она сигнализирует об отсутствии этого наличия в данный момент, что, собственно, и **означает наличие потребности**. При целенаправленном поведении внутренняя потребность трансформируется в **доминирующую мотивацию**, которая извлекает из памяти, ввиду своеобразия "химии" мотивационного возбуждения, весь опыт, связанный с достижением Цели. Поскольку доминирующая мотивация воспринимается человеком, обученным некоторым навыкам, нормам, культуре и т.д., то она трансформируется не только в мотивационное возбуждение, но и в социальные и тем самым - в **"высшие мотивации"**;

2) **потребность ставит Цель как ожидание** получения сигнализации о восстановлении нормального уровня некоторого показателя, что, собственно, и означает удовлетворение потребности (решения организмом своей Задачи и получения Результата). Мотивация как отсутствующее нечто никогда не существует без знания того, что мы хотим достичь, т.е. без критерия наличия этого нечто (в данном случае получения вполне определенной сигнализации о достижении Конечного Результата). "Высшая мотивация", являясь трансформацией исходной мотивации с учетом обстановки, опыта, навыков, норм, обучения, культуры и т.д., одновременно производит соответствующую трансформацию Цели (как трансформацию самого критерия наличия, общего как для мотивации, так и для Результата) и ожидаемого Результата в **"Высшую Цель"** и **"Высший Результат"**;

3) в соответствии с принципом опережающего отражения действительности положительные эмоции, возникающие при удовлетворении потребности, после неоднократных повторений начинают включаться в аппарат Акцептора Результатов действия и воспроизводятся по опережающему принципу, сразу после возникновения соответствующей потребности. Формируется эмоциональное предвкушение удовлетворения потребности - **аппетит**. Поэтому **ожидание достижения конечного Результата** при наличии опыта по

удовлетворению данной потребности должно сопровождаться предвидением удовлетворения этой потребности в форме аппетита. Таким образом, возникает эмоциональный **"кнут и пряник"** в виде мотивации и аппетита;

4) эмоциональный "кнут и пряник" не только "вынуждает" организм достичь "Высшей Цели", но и **энергетически обеспечивает** ее достижение. Хотя следует иметь в виду, что только в процессе принятия решения, когда будет определен конкретный **План Действий** по достижению Цели и вся последовательность и иерархия Результатов, требуемых для достижения "Высшей Цели", и, следовательно, **вся совокупность требуемых энергетических затрат**, станет ясно, достаточно ли имеющееся энергетическое обеспечение для достижения Цели. Если нет, то конкретный способ достижения Цели не будет принят, хотя эмоциональный "кнут и пряник" и энергетическое обеспечение будут определены.

Таким образом, **еще до принятия решения и определения Плана Действий Цель как потребность с учетом обучения, опыта, навыков, норм, культуры и т.д. трансформируется в "Высшую Цель"**;

5) **доминирующая мотивация извлекает из памяти**, ввиду своеобразия "химии" мотивационного возбуждения, **весь опыт**, связанный с достижением Цели. Отсутствующее нечто воспринимается в некоторой конкретной обстановке, которая задается обстановочной и пусковой афферентацией, **определяющей, что, как и когда можно сделать для достижения Цели в данных условиях и обстоятельствах**. Поэтому из памяти извлекается весь опыт, применимый в данной обстановке. Обстановка у человека воспринимается с учетом всего имеющегося опыта: обучения, навыков, норм, культуры и т.д.;

6) процесс принятия решения должен выбрать такой **План Действий**, который с **наименьшими суммарными энергетическими затратами** приведет к удовлетворению "Высшей мотивации", достижению "Высшей Цели" и получению ожидаемой **"Высшей" Положительной эмоции**, связанной с достижением "Высшей Цели". **Планом Действий является вся последовательность и иерархия Задач, которые нужно решить для достижения "Высшей Цели"**. Если некоторый План Действий принят для достижения Цели, то тем самым определены и все дополнительные энергетические затраты и соответствующие мотивации, которые должны возникнуть при решении каждой из промежуточных Задач, требуемых для достижения Цели. Все эти дополнительные мотивации назовем **Мотивациями Плана Действий**. **Формирование Плана Действий конкретизирует "Высшую" Цель** применительно к имеющемуся опыту ее достижения, обстановке, имеющимся энергетическим ресурсам, навыкам, нормам, культуре и т.д. **Он определяет, что, как и когда нужно сделать для достижения "Высшей Цели"**. Конкретизация "Высшей Цели" дает нам **Конкретную Цель**, для достижения которой надо реализовать План Действий, т.е. **Конкретная Цель является такой Целью, которая содержит план своего достижения**;

7) достижение каждого промежуточного Результата плана должно завершаться получением обратной афферентации о достигнутом Resultate. **Предвосхищение всей совокупности обратных афферентаций от всех промежуточных Результатов до конечного Результата включительно, вызываемое из памяти мотивационным возбуждением Конкретной Цели, и есть Акцептор Результатов Действия**. Он действительно является моделью всех ожидаемых в будущем Результатов и "последовательно программирует весь пространственно-временной континуум параметров этапных Результатов, приводивших животное в прошлом к удовлетворению... доминирующей потребности, до параметров конечного Результата включительно" [7. С. 84]. И в этом смысле **он является "комплексным рецептором"**, включающим все рецепторы, которые должны дать обратную афферентацию при получении каждого промежуточного Результата. Таким образом, Акцептор Результатов Действия есть **Результат достижения Конкретной Цели**.

### 3.5. Эффекторные механизмы функциональных систем.

Как выполняется План Действий? "Стадия формирования Акцептора Результатов действия динамически последовательно сменяется формированием самого целенаправленного действия. Однако ему предшествует стадия, когда действие уже сформировано как центральный процесс, но внешне еще не реализуется... По-видимому, наиболее удачно отражает семантический смысл этой стадии название *"стадия эфферентного синтеза"*. На этой стадии за счет центральных возбуждений осуществляется динамическое объединение

соматических и вегетативных функций в целостный поведенческий акт. Поскольку эта стадия предшествует собственно действию, она включает в себя в первую очередь динамическую интеграцию соматических и вегетативных компонентов, обеспечивающих позиционные возбуждения. Завершаясь в каждом случае определенным "эффекторным интегралом", эта стадия поведенческого акта и приводит к целенаправленному действию. Последнее представляет собой активное взаимодействие животных с раздражителями внешнего мира, направленное на удовлетворение их ведущих потребностей" [7. С. 88].

**"Оценка Результата действия** происходит с помощью активной ориентировочно-исследовательской деятельности и эмоциональных ощущений. Ориентировочно-исследовательская реакция возникает и усиливается во всех случаях, когда Результат совершенного действия неожиданно не соответствует свойствам сформированного на основе афферентного синтеза Акцептора Результатов действия, т.е. при возникновении **"рассогласования"** в поведенческой деятельности. Благодаря включению такой реакции **немедленно перестраивается афферентный синтез, принимается новое решение, строится новая программа действия** и поиск продолжается в новом направлении до тех пор, пока Результаты совершенного действия не совпадут полностью или в значительной степени со свойствами Акцептора Результатов действия" [Там же. С. 90,91].

Заметим, что **при рассогласовании** поступающей "обратной афферентации" с ожидаемой Акцептором Результатов действия афферентацией происходит перестройка афферентного синтеза и принимается новое решение, что означает **формирование новой Конкретной Цели**, хотя "Высшая Мотивация" и "Высшая Цель" остаются теми же.

"Кроме этого, динамически **по различным параметрам происходит оценка этапных Результатов совершаемого действия**. За счет всех этих процессов постоянного сравнения поведения и его Результатов во внешней среде и коррекции афферентного синтеза с помощью ориентировочно-исследовательской реакции осуществляется удовлетворение доминирующей потребности - достижения конечного приспособительного Результата. **Целенаправленный поведенческий акт**, таким образом, **заканчивается** последней **санкционирующей стадией**. На этой стадии при действии раздражителя, удовлетворяющего ведущую потребность, - **подкрепления в общепринятом смысле** - параметры достигнутого Результата через раздражения соответствующих рецепторов... вызывают потоки обратной афферентации, которая по всем своим свойствам соответствует ранее запрограммированным свойствам подкрепляющего раздражителя в Акцепторе Результатов действия. При этом удовлетворяется ведущая потребность и поведенческий акт заканчивается" [Там же. С. 89,90].

При подкреплении каждый раз фиксируется "след" всех возбуждений, приведших к достижению Результата, и тем самым **реализованный План Действий "вносится" в Память**.

#### 4. Принцип системного квантования поведения животных и человека. Формирование функциональных систем. Системогенез поведенческого акта;

##### 4.1. Принцип системного квантования поведения.

"П.К.Анохин обосновал положение о "вписанности" живых существ в пространственно-временной континуум окружающего их мира... указывал на то, что наиболее важные в плане выживаемости раздражители, удовлетворяющие, например, ведущие биологические потребности животных, делают окружающий их пространственно-временной континуум дискретным" [7. С. 109].

"Континуум поведенческой деятельности оказался дискретным также благодаря периодически возникающим у животных метаболическим потребностям. Именно биологические, а у человека социальные потребности выступают в роли критических моментов непрерывного континуума поведенческой деятельности живых существ, превращая его в дискретную форму. Удовлетворение потребности - другой критический момент континуума поведенческой деятельности. Как правило, он знаменует собой переход к иной форме деятельности, к возникновению и удовлетворению другой потребности" [Там же. С. 110].

"Общебиологические представления П.К.Анохина о дискретной "вписанности" живых существ в пространственно-временной континуум внешнего мира позволили нам сформулировать **принцип системного квантования поведения**... Суть нашей концепции... в том, что **весь континуум поведенческой деятельности любого живого существа от его рождения до смерти может быть расчленен на отдельные дискретные отрезки - "кванты"**. Каждый такой поведенческий "квант", как мы полагаем, формируется той или иной потребностью организма и завершается **различной степенью** ее удовлетворения" [Там же]. "Следовательно, системные "кванты" целенаправленного поведения включают формирование соответствующей внутренней потребности, возникновение на ее основе доминирующей мотивации, целенаправленную деятельность по удовлетворению данной потребности, *этапные* и конечные Результаты деятельности и их постоянную оценку организмом за счет обратной афферентации" [Там же. С. 111]. Заметим, что **возникновение ориентировочно-исследовательской реакции**, если оно связано с рассогласованием в Результатах действий, **прерывает "квант" поведения. "Квант" не прерывается только тогда, когда действие осуществляется в точном соответствии с "планом" действий**, выработанным в процессе принятия решения, **под строгим контролем Акцептора Результатов действия**.

#### 4.2. Системная организация врожденных форм поведения.

"С точки зрения рассматриваемых нами представлений о системном квантовании **инстинктивное поведение** включает в себя все элементы "квантов": потребность, мотивацию, целенаправленную деятельность и подкрепление. Однако особенностью инстинктивного поведения является то, что все указанные компоненты "кванта" инстинктивной целенаправленной деятельности генетически детерминированы" [Там же. С. 117].

"**Характерно, что при невозможности достижения этапного Результата и отсутствии соответствующей информации о достигнутом Resultate животные, действующие по врожденным программам поведения, не переходят к следующему этапу деятельности, а продолжают бесчисленное число раз пытаться достигнуть неосуществленный этапный Resultat**" [Там же. С. 119]. Например: "Данный "квант" деятельности оса начинает с того, что в определенном месте роет норку, всегда определенной формы. Затем улетает на охоту, находит и парализует сверчка, нанося ему три жалящих удара в главные нервные узлы. Подтащив сверчка к норке, оса оставляет его около норки на поверхности, а сама (возможно, с целью проверки) залезает в норку. После этого оса втаскивает в норку сверчка и откладывает на его грудку яйцо... Ж.А.Фабр неоднократно отодвигал сверчка, оставленного осой у входа во время "проверки" норки. В этом случае, выбравшись из норки и обнаружив добычу на слишком далеком расстоянии, оса хватается ее, подтаскивает к входу, а затем спускается в норку, но снова одна. Исследователь 40 раз отодвигал добычу, и каждый раз оса подтаскивала добычу к входу, но обязательно, оставив сверчка у входа, "проверяла" норку и лишь затем возвращалась за сверчком" [7. С. 119,120].

#### 4.3. Импринтинговая гипотеза формирования Акцептора Результатов действия.

Данная гипотеза была выдвинута учениками П.К.Анохина для объяснения формирования Акцептора Результатов действия с помощью принципа опережающего отражения действительности.

"...Удалось объективно зафиксировать процесс ожидания параметров пищевого подкрепления и, следовательно, прямо отнести их к аппарату Акцептора Результатов действия. Такими оказались **нейроны**, которые у голодных животных проявляли выраженную **пачкообразную активность**. Было установлено, что практически все нейроны с такой формой активности немедленно переходят на регулярную разрядную деятельность, как только животные удовлетворяют свою доминирующую пищевую потребность... Причем было отмечено, что когда голодное животное видит пищу, пачкообразная активность заменяется на регулярную преимущественно у нейронов зрительной области коры мозга, при введении пищи в ротовую полость - у нейронов таламической области, при поступлении пищи в желудок - у нейронов гипоталамической области, при введении глюкозы в кровь - у нейронов ствола мозга. Это еще раз подтверждает многоуровневую организацию Акцептора Результатов действия" [Там же. С. 180].

"Показано, что подкрепляющее возбуждение "адресуется" именно возбужденным исходной мотивацией нейронам" [Там же. С. 183].

"Характерно, что реакции нейронов различных отделов мозга на подкрепляющее возбуждение могут быть самыми разнообразными: фазическими, типа учащения или торможения исходной активности или "рассыпания" исходной пачечной активности. Однако у всех нейронов в ответ на подкрепляющее раздражение выявляется *общая закономерность* - они начинают проявлять более **регулярную импульсную активность**. Следовательно, **подкрепляющее воздействие упорядочивает активность нейронов**, возбужденных доминирующей мотивацией. Можно думать, что при каждом воздействии подкрепляющее возбуждение в системе функционально объединенных доминирующей мотивацией нейронов оставляет специфический отпечаток, или "след". В этом случае формируется специфическая "энграмма подкрепления". Ведущим фактором, выявляющим соответствующие энграммы подкрепления, всегда выступает доминирующая мотивация. **В этом, собственно, и заключается процесс "извлечения опыта из памяти"** [Там же. С. 184].

"Общий смысл развиваемой импринтинговой гипотезы формирования Акцептора Результатов действия в пищевой функциональной системе по мере неоднократного удовлетворения пищевой потребности может быть представлен следующим образом. Мотивационное возбуждение производит избирательную настройку нейронов различного уровня мозга к подкрепляющим воздействиям. **Возбуждения, поступающие в мозг от различных параметров принимаемой пищи, "адресуются" различным группам этих нейронов, находящихся на разных уровнях мозга, и при каждом воздействии оставляют "след" в их деятельности**. Сформированная на основе импринтингового механизма архитектура подкрепляющего воздействия воспроизводится всякий раз пищевым мотивационным возбуждением по опережающему принципу, что составляет механизм Акцептора Результатов действия - постановки Цели в широком смысле слова" [7. С. 184].

"Таким образом, **Акцептор Результатов действия формируется как системная организация избирательно возбужденных нейронов различного уровня центральной нервной системы на основе воздействия подкрепляющих возбуждений на систему нейронов, возбужденных исходной мотивацией**. Каждое такое возбуждение подкрепляющих возбуждений оставляет специфический "след" на функциональной структуре мотивационного возбуждения, который каждый раз выявляется в виде опережающих возбуждений при возникновении соответствующей мотивации. **Такой "импринтинговый" принцип формирования Акцептора Результатов действия проявляется, по-видимому, при всех формах обучения до формирования человеческой личности включительно**" [Там же. С. 184,185]. Как следует из Информационной Теории Эмоций, о которой будет сказано ниже, для подкрепления нужны не только мотивация и санкционирующая афферентация (подкрепление), но и положительные эмоции.

Импринтинговый механизм формирования Акцептора Результатов действия дополняется специальной деятельностью - **ориентировочно-исследовательской реакцией, без которой достаточно полное обогащение аппарата Акцептора Результатов действия невозможно**.

#### **4.4. Ориентировочно-исследовательская реакция и ее роль в обогащении Акцептора Результатов действия.**

"Прежде всего надо установить, что ориентировочно-исследовательская реакция является целостной реакцией, специфической деятельностью целого организма. Она является столь же целостной, важной и всеобъемлющей реакцией, как всякая другая целостная деятельность, будь то оборонительная, пищевая или какая-нибудь другая реакция" [8. С. 338].

"...В каком соотношении ориентировочно-исследовательская реакция находится с другими деятельностями организма и какое место она занимает в цепи различных других деятельностей организма?.. Форм соотношений ориентировочно-исследовательской реакции с другими деятельностями можно назвать три... Первая форма - это конфликтные взаимоотношения, развертывающиеся на основе правила исключительности. Ориентировочно-исследовательская реакция, раз возникнув, в зависимости от силы составляющих ее процессов возбуждения **может "вытормозить" все другие деятельности**, имевшиеся в данный момент... Вторая форма отношения ориентировочно-исследовательской реакции к текущим деятельностям организма может состоять в том, что ориентировочно-исследовательская реакция **может быть ассимилирована текущей деятельностью**, т.е. возбуждение ориентировочно-исследовательской реакции может суммироваться с доми-

нирующей деятельностью. В данном случае ориентировочно-исследовательская реакция по своей направленности обслуживает предшествовавшее доминантное состояние... не тормозит текущую деятельность, а наоборот, усиливая ее возбуждения, направляется на адекватные для нее внешние факторы... Наконец, третья форма отношения ориентировочно-исследовательской реакции к другим деятельности состоит в том, что ориентировочно-исследовательская реакция **оказывается трансформированной, она выявляет не текущую доминанту, а какую-то скрытую доминанту** (извлекая тем самым весь имеющийся опыт и его оценку. - Е.В.), которая до этого времени не проявлялась... Так, например, если животное в данной экспериментальной обстановке всегда (несколько лет) получало только пищевое безусловное подкрепление, то, какие бы раздражители вы ни применили в качестве новых в этой обстановке, они вызывают ориентировочно-исследовательскую реакцию, которая служит предуготовленной доминанте. Но если в этой обстановке хоть однажды раздражали собаку электрическим током и, таким образом, дали возможность образоваться скрытой оборонительной доминанте, то оказывается, что теперь всякий новый раздражитель, даже если он применен через месяц после оборонительного электрокожного раздражения, провоцирует скрытую оборонительную доминанту, но не пищевую, имеющую место при обычной обстановке эксперимента" [8. С. 341,342].

"Электрическая деятельность коры больших полушарий показывает, что **ориентировочно-исследовательская реакция, которая развивается в зависимости от подачи какого-то раздражителя**, скажем оборонительного, **всегда ведет к десинхронизации электрической активности коры**, т.е. происходит переход медленных и высокоамплитудных колебаний в высокочастотные, часто выражающиеся на записи почти прямой линией. Эта десинхронизация является общепризнанным Результатом **активности ретикулярной формации ствола мозга**. Мы знаем по многим примерам, что десинхронизирующее влияние со стороны подкоркового аппарата является выражением **энергетического влияния** на кору больших полушарий... При действии нового раздражителя ретикулярная формация ствола мозга создает активированное состояние коры больших полушарий, а тем самым поддерживает и афферентную активность, характерную для ориентировочно-исследовательской реакции" [Там же. С. 346,347].

"**В новой неизвестной обстановке... поведение строится с использованием выраженной ориентировочно-исследовательской деятельности.** На основе имеющейся потребности животные активно исследуют все ранее неизвестные раздражители окружающей среды и оценивают их в плане, способствующем или, наоборот, препятствующем удовлетворению доминирующей потребности. Информация о каждом этапном Результате действия фиксируется в памяти. Но особенно сильный след оставляет подкрепляющее воздействие, удовлетворяющее доминирующую потребность. Характерно, что навык по удовлетворению одной потребности может переноситься на удовлетворение других потребностей" [7. С. 124].

"Пусть а будет избранный нами условный сигнал, скажем звонок, тогда b,c и d соответственно будут стуком кормушки, видом хлеба и действием хлеба на вкусовые рецепторы языка (безусловный раздражитель)... Первоначально каждый из последовательно действующих раздражителей, связывающих непрерывной цепью сигнал с кормлением, вызывает специфическую ориентировочно-исследовательскую реакцию... Но уже после нескольких сочетаний сигнала (следовательно, и этой цепи раздражений) с кормлением происходит постепенное объединение их возбуждений в коре головного мозга в одну непрерывную линию a,b,c,d. В результате такой связи достаточно подействовать раздражителю а, как процесс возбуждения немедленно распространится до последнего звена - d, что и вызывает условную секрецию... Специальное внимание следует обратить на тот факт, что **в конечной фазе выработки рефлекса все ориентировочно-исследовательские реакции, возникавшие на промежуточных этапах... устраняются (угасают)**, и процесс условного возбуждения беспрепятственно распространяется до конечного звена - d ("корковое представительство безусловного подкрепления")" [8. С. 348]. "...**Связывание их (раздражителей a,b,c,d. - Е.В.) и есть функция** (и Результат. - Е.В.) **ориентировочно-исследовательской реакции**" [Там же. С. 349].

"Этот процесс **автоматизации** постепенно наступает в результате того, что мы называли "**сужением афферентации**". Количество афферентирующих моментов извне, которые раньше животное активно выискивало, теперь уменьшается, и процесс идет **авто-**



**матически** по всему ряду связанных центров... Смысл этого опережения в том, что "заготовленное" условное возбуждение, приобретенное прежним опытом, теперь **в точности совпадает с возбуждением от подкрепления (с Акцептором Результатов действия. - Е.В.). При этих условиях ориентировочно-исследовательская реакция не возникает.** Афферентный аппарат, предвосхищающий действие, и само действие оказываются адекватными по комплементарному принципу. **Но если вы имеете расхождение** в этой части, т.е. подготовлено одно возбуждение, а в качестве подкрепляющего фактора дается другое возбуждение, **немедленно возникает ориентировочно-исследовательская реакция...** Был проделан такой опыт. Вместо обычного подкрепления - хлеба - мы внезапно дали мясо. Этого факта было достаточно, чтобы заготовленное, образно выражаясь, "хлебное" возбуждение от прежних подкреплений оказалось в **противоречии** с вновь возникшей обратной афферентацией и животное дало отчетливую ориентировочно-исследовательскую реакцию и даже могло отказаться от мяса" [Там же. С. 349,350].

**"Подготовка этого опережающего процесса и есть прямая функция ориентировочно-исследовательской реакции.** Я считаю важнейшей ролью ориентировочной реакции то, что она должна создать такой афферентный аппарат, который возбуждается по предварительному сигналу, но соответствует тому, что последует после сигнала. Сопоставить эти моменты во времени, а затем **сделать из этого автоматизированный цепной процесс - это и есть фазовая функция ориентировочной реакции**" [Там же. С. 350].

"Мне кажется... что без этого активирующего действия со стороны ретикулярной формации отдельные **афферентные раздражения**, приходящие в кору, **были бы** в значительной степени **изолированными** и не могли бы **вступить между собой в непосредственную тесную связь** так легко, как они **вступают при повышении тонуса коры через подкорковое возбуждение ориентировочно-исследовательской реакции**" [Там же. С. 351].

#### 4.5. Системная организация приобретенного поведения.

"В отличие от жесткого квантования поведения, которое наблюдается у животных, приспособленных к относительно стабильным условиям существования, **в меняющейся среде** квантование поведенческой деятельности строится с помощью приобретенных механизмов. **Генетические механизмы составляют** только начальный, довольно бедный **"скелет"** таких **"квантов"**" [7. С. 121].

"Как показали многочисленные исследования этологов... обучение на первых стадиях онтогенеза происходит по принципу запечатления, **импринтинга**. По нашему мнению, **импринтинг способствует обогащению Акцепторов Результата действия. Каждый фактор внешней среды, особенно несущий жизненно важную информацию для организма в плане удовлетворения его ведущих потребностей, оставляет своеобразный "след", только ему присущий "след" на структуре возбужденных соответствующей потребностью нервных элементов**" [Там же. С. 122]. "В обучении на ранних стадиях Онтогенеза важная роль принадлежит родителям" [Там же С. 122].

**"Процесс обучения** в первую очередь затрагивает механизмы **предвидения Результатов, удовлетворяющих ведущие потребности организма, а также совершенствование способов и средств достижения жизненно важных Результатов.** Самостоятельному обучению в значительной степени способствуют игры. В играх формируются и совершенствуются двигательные навыки" [Там же].

**"Животные обучаются выделять сигналы (объекты!), способствующие или препятствующие удовлетворению их ведущих потребностей.** По отношению к этим сигнальным раздражителям строятся динамические программы поведения, включающие в себя опережающие действительные события реакции" [Там же. С. 122,123].

"В отличие от инстинктивных форм поведения в данном случае программирование осуществляется не жестко, а динамично, **с ориентацией во внешней среде только на определенные, жизненно важные (условные) в плане удовлетворения ведущих потребностей раздражители.** Менее значимые раздражители, ранее сопровождавшие удовлетворения потребностей, могут при этом не учитываться. Кроме того, как показали исследования И.П.Павлова, **значение условных раздражителей может меняться в зависимости от их связи с подкрепляющими раздражителями;** они могут сохранять или утрачивать свою сигнальную роль" [Там же. С. 123].

"Все указанные выше механизмы и формируют динамические программы поведения в меняющихся условиях существования. Отличительной особенностью этих программ является то, что они гибкие и, как правило, **включают в себя предвидение только наиболее значимых (опорных) раздражителей внешней среды**, имеющих наиболее важное значение для удовлетворения ведущих потребностей организма" [Там же. С. 124].

"Совершенствование "кванта" поведения в процессе обучения животных и общения с окружающей средой **наряду с обогащением аппарата программирования поведения - Акцептора Результата действия - включает совершенствование исполнительного аппарата**, тех средств, с помощью которых индивидуум достигает жизненно важных Результатов, удовлетворение индивидуальных или общественных потребностей" [Там же. С. 126].

"Совершенствование "квантов" поведения по мере обучения индивидов удовлетворению их жизненно важных потребностей определено нами как *системогенез поведенческого акта* (К.В.Судаков, 1979)" [Там же].

#### 4.6. Системогенез и понятие Цели.

Кратко суммируем последовательность обогащения функциональных систем в процессе приобретения опыта. Рассмотрим этот процесс по пунктам.

4.6.1. **Основой формирования полноценной функциональной системы являются генетически определенные "кванты", "скелеты" или доминанты.** При этом главной частью каждого "скелета" является Результат и "поиск вполне определенных раздражителей внешней среды". "Наиболее важная черта доминанты заключается в способности **отвечать одной и той же реакцией на самый широкий круг стимулов**, в том числе - на раздражители, впервые встретившиеся в жизни субъекта" [9. С. 37]:

"Только что вылупившиеся цыплята начинают клевать любые контрастирующие с фоном предметы, соизмеримые с величиной их клюва. Постепенно они обучаются клевать только те, которые могут служить кормом [Hailman, 1967]" [Там же. С. 36].

"Итак, по нашему мнению, **элементарной единицей поведения** (его "кирпичиком", "тактом", "квантом" по терминологии других авторов) **является система, состоящая из поисковой доминанты и исполнительного безусловного... рефлекса**" [9. С. 37].

Целью является в данном случае доминанта, включающая безусловный рефлекс, достигаемый Результат, способ деятельности и энергетическое обеспечение. В отличие от Результата, который определен достаточно жестко соответствующей санкционирующей афферентацией, способ деятельности определен наименее жестко и часто является методом проб и ошибок или ориентировочно-исследовательской реакцией.

4.6.2. Ориентировочно-исследовательская реакция возникает всякий раз, как только появляются новые раздражители, т.е. она обеспечивает следующий принцип работы мозга: **"все раздражители должны быть известны"**. Тем самым обеспечивается возможность формирования условных связей с **любым раздражителем внешней среды**.

4.6.3. Всякий новый раздражитель десинхронизацией электрической активности коры извлекает весь опыт, связанный с данной ситуацией. Это проявляется в активации скрытых (прошлых) доминант поведения, которые в свою очередь могут привести к поиску соответствующих им раздражителей. Тем самым лишний раз проверяется, не упущены ли из виду какие-нибудь раздражители, которые существенны для достижения Результата.

4.6.4. Десинхронизация электрической активности вместе с **активирующим влиянием ретикулярной формации фактически обеспечивает возможность установления условных связей с любыми раздражителями внешней среды**. Но сама десинхронизация не формирует условные рефлекс. Она обеспечивает только равномерную активацию всех возможных условных раздражителей и возможность замыкания условных связей между ними и обратной афферентацией от последующих Результатов (на энцефалограмме десинхронизация выглядит как почти прямая линия, указывающая на равномерность возбуждения нейронов коры). Сама же условная связь формируется по импринтинговому механизму как "след" от действия подкрепляющего раздражителя.

4.6.5. "Связывание раздражителей" ориентировочно-исследовательской реакцией и переход от цепочки возбуждений а о b о с о d к цепочке а о d приводит к сужению афферентации и нахождению **условного "стимула-первопричины"** - самого первого стимула, появление которого необходимо для получения Результата (промежуточного или конечно-

го). Так как ориентировочно-исследовательская реакция обеспечивает возможность формирования условных связей с любым раздражителем внешней среды, то "стимул-первопричина" всегда будет найдена среди всех воспринимаемых мозгом стимулов. Условных "стимулов-первопричин" - может быть множество. Для достижения конечного Результата животному (человеку) может потребоваться выполнение множества условий. Вместо линейной цепочки, как правило, требуется целое дерево "стимулов-первопричин" - с корнем в конечном Resultate. Каждая ветка является поддеревом с корнем в некотором промежуточном Resultate.

4.6.6. **Чем является условный стимул с точки зрения понятия Цели?** Очевидно, он является условием продолжения "кванта" деятельности. **Resultat предыдущей деятельности** (соответствующая обратная афферентация) также в силу его необходимости и информативности **является пусковым для продолжения деятельности**. Поэтому условными "стимулами-первопричинами" - будут также обратные афферентации от Resultатов предыдущих действий и всех тех действий, которые способствуют достижению конечного Resultата. Следовательно, **Resultat является условным "стимулом-первопричиной"**. Верно и обратное: условный "стимул-первопричина" - является Resultатом. Так как Акцептор Resultатов действия представляет собой ожидание всех существенных для продолжения деятельности афферентаций, то условные стимулы также входят в Акцептор Resultатов действия и обогащают его. Он начинает включать в себя "предвидение только наиболее значимых (опорных) раздражителей внешней среды". "Животные обучаются выделять сигналы (объекты!), способствующие или препятствующие удовлетворению их ведущих потребностей". Поэтому афферентация от условных стимулов становится обратной афферентацией, а **условный стимул - новым, требуемым для продолжения действий Resultатом**. Таким образом, каждый условный "стимул-первопричина", - требуемый для достижения Resultата, также становится Resultатом и обогащает Акцептор Resultатов действия. Так как Resultаты связаны с понятиями Задачи и Цели, а "стимулы-первопричины" - с принципом опережающего отражения действительности, то в определении условного стимула эти понятия связываются так, что Resultаты начинают определяться через "стимулы-первопричины" и, значит, через принцип опережающего отражения действительности (подробнее это объяснено в разд. 7).

4.6.7. Ориентировочно-исследовательская реакция не исчезает после того, как будут найдены все условные "стимулы-первопричины". Она исчезает только тогда, когда "Афферентный аппарат, предвосхищающий действие, и само действие оказываются адекватными по комплементарному принципу. Но если вы имеете расхождение в этой части, т.е. подготовлено одно возбуждение, а в качестве подкрепляющего фактора дается другое возбуждение, немедленно возникает ориентировочно-исследовательская реакция" [8. С. 349, 350]. Таким образом, **ориентировочно-исследовательская реакция должна не только найти все "стимулы-первопричины" действий, но и обеспечить полноту предвосхищения (точность предсказания) Resultата**. Как это делается? Как мы уже отмечали в пп. 4.6.2, 4.6.3, ориентировочно-исследовательская реакция делает известными все раздражители и возможность установления с ними условных связей. Но из этого еще не следует, что включение в условную связь всех стимулов, фиксирующихся при подкреплении, даст нам гарантию достижения Resultата и позволит сделать этот процесс автоматизированным. Скорее, такое включение просто лишит нас возможности делать прогноз, так как какие-то из включенных условий в данной ситуации не будут выполнены. Это можно сделать только специальным вероятностным учетом раздражителей. Как это происходит, будет объяснено после изложения Информационной Теории Эмоций и анализа понятия вероятностного прогнозирования.

4.6.8. Если в цепочке  $a \rightarrow b \rightarrow c \rightarrow d$  возбуждения  $a$ ,  $c$  - собственные действия,  $b$  - афферентация о Resultатах промежуточного действия,  $d$  - конечный Resultat, то возникновение такой цепочки, **полно предвосхищающей Resultat**, означает, что мы в результате проб и ошибок или обучения нашли такое действие  $a$  и такой контроль за достигнутым Resultатом  $b$  и такое последующее действие  $c$ , что, если осуществить действие  $a$  и получить обратную аффертацию  $b$ , а потом выполнить действие  $c$ , то мы получим требуемый Resultat. Нахождение таких условных связей **объясняет и совершенствование действий**: "Совершенствование "кванта" поведения в процессе обучения наряду с обогащением

аппарата программирования поведения - Акцептора Результатов действия - включает совершенствование исполнительного аппарата" [7. С. 126].

## 5. Информационная Теория Эмоций П.В.Симонова

### 5.1. Формула эмоций.

Информационная Теория Эмоций П.В.Симонова, как утверждает сам автор, является уточнением Биологической Теории Эмоций П.К.Анохина: "Ответ на вопрос об отношении нашей теории к теории П.К.Анохина можно сформулировать очень четко: *Информационная Теория Эмоций представляет обобщение более широкого масштаба, куда Биологическая Теория (Эмоций. - Е.В.) Анохина входит в качестве частного случая*" [9. С. 61]. Мы не будем здесь описывать подробно дискуссию между П.В.Симоновым и П.К.Анохиным, а только отметим основные различия их взглядов и далее будем излагать Информационную Теорию Эмоций П.В.Симонова так, чтобы она являлась прямым обобщением Биологической Теории Эмоций П.К.Анохина.

Основной смысл Информационной Теории Эмоций П.В.Симонова в том, что в отличие от Биологической Теории Эмоций П.К.Анохина она утверждает, что для объяснить эмоции и подкрепление нельзя, ограничившись одним только достижением Результата, необходимо еще знать и вероятностную оценку достижимости Результата.

Уже после опубликования П.В.Симоновым своей теории К.Прибрам сформулировал близкую точку зрения: "Изменения вегетативных функций могут быть измерены как информация... Таким образом, мы должны признать, что модель активационной теории эмоций 1967 г. строится на измерении неопределенности... Такую теорию лучше назвать "теорией неопределенности", или теорией зависимости эмоций от степени неопределенности" [9. С. 15]. "Эмоции выражают отношения между восприятием и действием... **Эмоции связаны с информационными процессами и механизмами контроля...** На базе опыта **эмоции возникают всякий раз, как только вероятность подкрепления действий представляется низкой**" [там же].

П.В.Симонов критикует недостаточность Биологической Теории Эмоций П.К.Анохина следующим образом.

"...Подавляющее большинство концепций рассматривало несовпадение *семантики* Цели ("Акцептора действия", "нервной модели стимула", "установки", "модели потребного будущего" и т.д. и т.п.) с реально полученным Результатом. Такого **семантического рас-согласования вполне достаточно для возникновения отрицательных эмоций**. Что же касается **положительных эмоциональных состояний**, то они традиционно рассматривались и продолжают рассматриваться как результат удовлетворения потребности, то есть совпадения прогноза ("Акцептора", "афферентной модели" и т.д.) с наличной афферентацией" [10. С. 89].

"Ни в одной из работ П.К.Анохина мы не нашли упоминания о том, что **наряду с содержанием (семантикой) Цели мозг всякий раз прогнозирует вероятность ее достижения**. Что касается нашей теории, то для нее этот момент является **ключевым**... Введение категории **вероятностного прогнозирования** [Фейгенберг, 1963] сразу же расширяет пределы применимости теории к реально наблюдаемым фактам. Феномен вероятностного прогнозирования позволяет понять, почему **эмоции возникают не только в процессе осуществления действий (теория Анохина), но и до начала каких-либо действий**, как это имеет место в подавляющем большинстве случаев... Прогнозирование вероятности достижения Цели (удовлетворения потребности) объясняет механизм возникновения положительных эмоций" [9. С. 60], вернее, существенно более полно **объясняет причины возникновения положительных эмоций**.

П.В.Симонов отмечает, что его точка зрения не нова: "Литература переполнена экспериментальными данными, свидетельствующими о **зависимости эмоционального напряжения от величины потребности (мотивации) и прогнозирования вероятности ее удовлетворения**. Например, было установлено, что частота пульса у банковских служащих зависит от степени их ответственности (счет банкнотов различного достоинства) и количества информации, содержащейся в одной операции... Наибольшее эмоциональное

напряжение у собак (визг, лай, чесание, царапанье кормушки) наблюдалось при вероятности подкрепления 1:4, а по мере продолжения опыта - при 1:2. Значение информационного фактора выступает особенно отчетливо в опытах со спаренными животными, когда оба партнера получают равное количество ударов током, но только один из них может предотвратить наказание соответствующей инструментальной реакцией. Показано, что именно у этого животного постепенно исчезают признаки страха" [9. С. 19].

"Имеются сведения и о том, что **две составляющие эмоционального напряжения (мотивация и вероятностное прогнозирование. - Е.В.) по-разному сказываются на величине различных вегетативных сдвигов.** В опыте с участием человека величина побуждения (размер платы за правильное решение) преимущественно влияла на частоту пульса, дыхания и уровень электрического сопротивления кожи, а трудность задачи (количество выборов) - на объемный пульс и кожногальванический рефлекс" [Там же].

"Опираясь на свои экспериментальные исследования, мы настаиваем, что **для возникновения положительных эмоций, так же как для возникновения эмоций отрицательных, необходимы неудовлетворенная потребность и рассогласование между прогнозом и наличной действительностью.** Только теперь речь идет не об одной лишь семантике (содержании, качествах) Цели, но о *вероятности ее достижения*. Именно прогнозирование вероятности позволяет получить положительное рассогласование, превышение полученного над ожидаемым. **Введение параметра вероятности достижения Цели,** делающее возможным положительное рассогласование, представляет *зерно нашей концепции эмоций*" [10. С. 89,90].

Суммируем различия между теориями П.К.Анохина и П.В.Симонова, касающиеся физиологии эмоций.

1. Введение параметра вероятности достижения Цели позволяет объяснить возникновение эмоций до всяких действий на стадии афферентного синтеза, извлечения опыта из памяти и принятия решения, а не только в процессе действий по достижению Результата и получению положительной (отрицательной) эмоции в результате совпадения (либо несовпадения - рассогласования) Результатов действия с заготовленным (предвосхищенным) в Акцепторе Результатов действия возбуждением. Введение вероятностного прогнозирования позволяет предвосхищать до любых действий **возможность** достижения Цели.

Заметим, что "аппетит", рассматриваемый в Теории Функциональных Систем, есть и предвосхищение удовлетворения потребности (санкционирующей афферентации), и предвосхищение связанной с ней положительной эмоции.

"**Удовольствие** всегда есть Результат уже происходящего (контактного) взаимодействия (удовлетворения потребности. - Е.В.), в то время как **радость** (эмоция. - Е.В.) **есть ожидание удовольствия в связи с растущей вероятностью удовлетворения потребности**" [Там же. С. 90].

В Теории Функциональных Систем говорится о том, что возникновение положительной эмоции, связанное с удовлетворением потребности, также может предвосхищаться по опережающему принципу и входить в "аппетит". Но такое объяснение возникновения эмоций еще до любых действий не объясняет их очень важную и активную роль в организации и оценке всего целенаправленного акта, о чем говорится в теории П.В.Симонова. Поэтому в дальнейшем под "аппетитом" мы будем понимать только предвосхищение удовольствия, связанного с удовлетворением потребности.

2. Возникновение положительных эмоций в Теории Функциональных Систем, связанное с удовлетворением потребности и совпадением достигнутого Результата с его предвосхищением в Акцепторе Результатов действия, объясняется и исходя из Информационной Теории Эмоций, но несколько иначе - как увеличение вероятности достижения конечного Результата вследствие его фактического достижения (оценка вероятности становится равной 1).

"Информационная Теория Эмоций справедлива не только для сравнительно сложных поведенческих и психических актов, но и для **генезиса любого эмоционального состояния.** Например, **положительная эмоция при еде** возникает за счет интеграции голодового (потребность) с афферентацией из полости рта, **свидетельствующей о растущей вероятности удовлетворения данной потребности.** При ином состоянии потребности та же афферентация окажется эмоционально безразличной или генерирует чувство отвращения" [9. С. 27].

Как мы увидим в подразд. 5.3 "Подкрепляющая функция эмоций", положительные эмоции так же приводят к подкреплению совершенного действия, поэтому с точки зрения подкрепления Информационная Теория Эмоций обладает большей объясняющей силой. Разница в том, что подкрепление всегда связано с положительными эмоциями, но положительные эмоции не всегда связаны с подкреплением, поэтому **необходимым условием подкрепления является уже не действие подкрепляющего возбуждения (санкционирующей афферентации), как в Теории Функциональных Систем, а действие положительных эмоций.**

3. Зерно Информационной Теории Эмоций - возникновение положительных эмоций в Результате положительного рассогласования - действительно не может быть объяснено без вероятностного прогнозирования и является существенным дополнением Информационной Теории Эмоций по сравнению с Теорией Функциональных Систем.

Продолжим изложение Информационной Теории Эмоций.

"Суммируя результаты собственных опытов и данные литературы, мы пришли в 1964 г. к выводу о том, что *эмоция есть отражение мозгом человека и животных какой-либо актуальной потребности (ее качества и величины) и вероятности (возможности) ее удовлетворения, которую мозг оценивает на основе генетического и ранее приобретенного индивидуального опыта*" [Там же. С. 20].

"В самом общем виде правило возникновения эмоций можно представить в виде структурной формулы

$$\mathcal{E} = f[\Pi, (I_{\Pi} - I_{\mathcal{C}}), \dots],$$

где  $\mathcal{E}$  - эмоция, ее степень, качество и знак;  $\Pi$  - сила и качество актуальной потребности (потребность имеет свой знак; потребность, приводящая к мотивации, имеет отрицательный знак. - Е.В.);  $(I_{\Pi} - I_{\mathcal{C}})$  - оценка вероятности (возможности) удовлетворения потребности на основе врожденного и онтогенетического опыта;  $I_{\Pi}$  - информация о средствах, прогностически необходимых для удовлетворения потребности;  $I_{\mathcal{C}}$  - информация о средствах, которыми располагает субъект в данный момент.

Разумеется, эмоция зависит и от ряда других факторов, одни из которых нам хорошо известны, а о существовании других мы, возможно, еще и не подозреваем... Но все перечисленные и подобные им факторы обуславливают лишь вариации бесконечного многообразия эмоций, в то время как **необходимыми и достаточными** являются два, только два, **всегда и только два фактора: потребность и вероятность (возможность) ее удовлетворения.** " [9. С. 20].

В дальнейшем мы сформулируем более точное правило вычисления знака и величины  $(I_{\Pi} - I_{\mathcal{C}})$ , поэтому данной формулой будем пользоваться только для иллюстрации теории П.В.Симонова.

"Термин **"информация"** мы используем, имея в виду его прагматическое значение, т.е. **изменение вероятности достижения Цели (удовлетворения потребности) благодаря получению данного сообщения.**

Таким образом, речь идет не об информации, актуализирующей потребность (например, о возникшей опасности), но об информации, необходимой для удовлетворения потребности (например, о том, как эту опасность избежать). **Под информацией мы понимаем отражение всей совокупности средств достижения Цели: знания, которыми располагает субъект, совершенство его навыков, энергетические ресурсы организма, время достаточное или недостаточное для организации соответствующих действий и т.д.** Спрашивается, стоит ли в таком случае пользоваться термином "информация"? Мы полагаем, что стоит, и вот почему. Во-первых, мозг, генерирующий эмоции, имеет дело не с самими навыками (куда входит и тренировка периферического исполнительного аппарата), не с самими энергетическими ресурсами организма и т.д., а с афферентацией из внешней и внутренней среды организма, то есть с информацией об имеющихся средствах. Во-вторых, все многообразие сведений, необходимых для удовлетворения возникшей потребности и реально имеющихся в данный момент у субъекта трансформируется мозгом в единый **интегральный показатель - в оценку вероятности достижения Цели (удовлетворения потребности).** Оценка же вероятности по самой природе своей есть категория *информационная*" [Там же. С. 20, 21].

Информационность подхода П.В.Симонова вынуждает его ввести определения потребности, мотивации, поведения и т.д. бихевиористски, чтобы они легко интерпретирова-

лись информационно через понятия внешней среды, описывающие поведение и вероятностную возможность достижения Целей. Но, как мы увидим, такие определения мало что дают. Поэтому, изложив их, **мы тем не менее будем придерживаться физиологических определений этих терминов.**

*"По нашему мнению, потребность есть избирательная зависимость живых организмов от факторов внешней среды, существенных для самосохранения и саморазвития, источник активности живых систем, побуждение и Цель их поведения в окружающем мире. Соответственно поведение мы определим как такую форму жизнедеятельности, которая может изменить вероятность и продолжительность контакта с внешним объектом, способным удовлетворить имеющуюся у организма потребность" [Там же. С. 21].*

**"Если информационная оценка ситуации сообщает эмоции ее знак, делает эмоцию отрицательным (минимизируемым) или положительным (максимизируемым) состоянием, то потребность придает эмоции ее качественную специфику"** [10. С. 90].

**"Мотивация** представляет второй этап организации целенаправленного поведения по сравнению с актуализацией потребности... ее можно рассматривать как "определенную потребность". Не существует мотивации без потребностей, но вполне **возможно встретить потребность, не ставшую мотивацией.** Так, человек может испытывать острейшую потребность в витаминах и не быть мотивированным, поскольку он не знает о причине своего состояния... Итак, *мотивация есть физиологический механизм активирования хранящихся следов (энграмм) тех внешних объектов, которые способны удовлетворить имеющуюся у организма потребность, и тех действий, которые способны привести к ее удовлетворению*" [9. С. 22].

Данная попытка бихевиористски определить мотивацию не выдерживает критики. В нашем определении потребности и мотивации как Цели, которая ставится перед организмом, Цель является сугубо **внутренней** для мозга постановкой Задачи и первоначально может быть совершенно не связана с тем, как, чем и когда можно достичь этой Цели. Например, новорожденный лосенок вполне способен достигать Целей не имея никаких следов (энграмм) внешних объектов. Поэтому мы будем пользоваться не данным определением потребности и мотивации, а своими определениями.

Иллюстрацией возникновения положительной эмоции в Результате положительного рассогласования является следующий эксперимент.

"В наших опытах на экране, установленном перед испытуемым, проецировались наборы из пяти цифр - единиц и нулей. Испытуемого предупреждали, что некоторые из кадров, содержащие общий признак (например, два нуля подряд), будут сопровождаться гудком. Задача испытуемого состояла в обнаружении этого общего признака... До возникновения первой (как правило, ошибочной) гипотезы относительно подкрепляемого признака ни новые кадры, ни гудок не вызывали КГР (кожногальванический рефлекс. - Е.В.)... Возникновение гипотезы сопровождается КГР... После формирования гипотезы возможны две ситуации, которые мы рассматриваем в качестве экспериментальных моделей отрицательной и положительной эмоциональных реакций... Гипотеза не верна, и кадр... содержащий подкрепляемый признак (и, следовательно, не подтверждающий гипотезу. - Е.В.), не вызывает КГР. Когда же гудок показывает испытуемому, что он ошибся, регистрируется КГР как Результат рассогласования гипотезы с наличным раздражителем - случай, предусмотренный концепциями "Акцептора Результата действия" П.К.Анохина, "нервной модели стимула" Е.Н.Соколова и им подобными. Испытуемый несколько раз меняет гипотезу, и в какой-то момент она начинает соответствовать действительности. Теперь уже **само появление подкрепляемого кадра вызывает КГР, а его подкрепление гудком приводит к еще более сильным кожногальваническим сдвигам.** Как понять этот эффект? Ведь в данном случае произошло полное совпадение гипотезы ("Акцептора Результата действия", "нервной модели" и т.д.) с наличным стимулом. Отсутствие рассогласования должно было бы повлечь за собой отсутствие КГР и других вегетативных сдвигов. На самом деле в последнем случае мы также встречаемся с рассогласованием, но рассогласованием иного рода, чем при проверке ложной гипотезы. **Формирующийся в процессе повторных сочетаний прогноз содержит не только афферентную модель Цели, не только ее семантику, но и вероятность достижения этой Цели.** В момент подкрепления кадра... гудком прогнозируемая **вероятность решения Задачи** (правильность гипотезы) **резко возросла,**

**и это рассогласование прогноза с поступившей информацией привело к сильной КГР как вегетативному компоненту положительной эмоциональной реакции" [9. С. 26].**

В Информационной Теории Эмоций эмоции имеют различные функции.

### **5.2. Переключающая функция эмоций.**

"С физиологической точки зрения эмоция есть активное состояние системы специализированных мозговых структур, побуждающее изменить поведение в направлении минимизации или максимизации этого состояния. **Поскольку положительная эмоция свидетельствует о приближении удовлетворения потребности, а отрицательная эмоция - об удалении от него, субъект стремится максимизировать (усилить, продолжить, повторить) первое состояние и минимизировать (ослабить, прервать, предотвратить) второе" [9. С. 28].**

**"Зависимость эмоций не только от величины потребности, но и от вероятности ее удовлетворения чрезвычайно усложняет конкуренцию сосуществующих мотивов, в результате чего поведение нередко оказывается переориентированным на менее важную, но легко достижимую Цель: "синица в руках" побеждает "журавля в небе" [Там же].**

### **5.3. Подкрепляющая функция эмоций.**

"Под **подкреплением** Павлов подразумевал действие биологически значимого раздражителя (пищи, вредоносного раздражителя и т.п.), которое придает сигнальное значение другому, сочетанному с ним несущественному в биологическом отношении раздражителю" [Там же. С. 31].

"При этом надо иметь в виду, что стимул, кажущийся безразличным для экспериментатора, может быть экологически важным для животного данного вида, не говоря уже о том, что исследовательская потребность (любопытство) чрезвычайно сильна у многих животных и делает "индифферентные" события "жизненно важными" [Там же].

**"В строгом смысле подкреплением следовало бы называть действие второго по порядку сочетания во времени стимула, благодаря которому первый стимул начинает вызывать ранее не свойственную ему реакцию" [Там же].**

П.В.Симонов показывает, что **необходимым условием подкрепления является не действие подкрепляющего раздражителя (санкционирующей афферентации), а воздействие положительных эмоций.** Это значительно расширяет число случаев подкрепления следов действий в памяти по сравнению с Биологической Теорией Эмоций П.К.Анохина.

"Всесторонне проанализировав природу выработки инструментальных рефлексов, В.Выржбицка (1975) пришла к выводу о том, что непосредственным подкреплением в этом случае является не удовлетворение какой-либо потребности, но получение желательных (приятных, эмоционально положительных) или устранение нежелательных (неприятных) стимулов. В зависимости от их интенсивности, функционального состояния организма и характеристик внешней среды приятными могут оказаться самые разнообразные "индифферентные" раздражители - световые, звуковые, тактильные, проприоцептивные, запаховые и т.п. С другой стороны, животные нередко отказываются от жизненно необходимых ингредиентов пищи, если она невкусная. У крыс не удалось выработать инструментальный условный рефлекс при введении пищи через канюлю в желудок (т.е. минуя вкусовые рецепторы (дающие санкционирующую афферентацию. - Е.В.)), хотя такой рефлекс вырабатывается при введении морфина, который очень быстро вызывает у животного положительное эмоциональное состояние" [Там же. С. 32].

"По мнению Т.Н.Ониани, **подкреплением** может быть раздражение только тех структур мозга, которые в естественных условиях активируются внешними факторами (страх), а не интероцептивными импульсами (голод, жажда)" [Там же. С. 33].

"Раздражение пищевых и питьевых систем мозга у накормленных и не испытывающих жажды животных вызывает стереотипные акты еды и питья без вовлечения нервных механизмов эмоций, что исключает выработку условных рефлексов" [Там же]. Это говорит о том, что без мотивационного возбуждения выработка условного рефлекса невозможна.

**"Однако ни афферентация из полости рта, ни голодовое возбуждение сами по себе не могут играть роль подкрепления, обеспечивающего формирование инструментального условного рефлекса. Только интеграция голодового возбуждения от фактора, способного удовлетворить данную потребность, т.е. механизм, генерирующий положительную эмоцию, обеспечивает выработку условного рефлекса" [9. С. 34].**



Таким образом, для подкрепления необходимыми являются два фактора - **мотивационное возбуждение и увеличение вероятности достижения Цели** после действия реального фактора (обратной афферентации о достигнутом этапном Результате или зрительной афферентации от вида пищи, воды, жилища и т.д.), ведущего к возникновению положительной эмоции.

#### 5.4. Потребности как основа и движущая сила человеческого поведения.

"Допущение каких-то иных источников мотивации, существующих рядом с потребностями и независимых от них, возникает, по нашему мнению, по двум причинам. Во-первых, мы нередко забываем, что **установки, ценности, интересы, Цели субъекта являются производными от потребностей**, порождаются ими [Дилигенский, 1977]. Во-вторых, **мы все еще недооцениваем богатства и разнообразия потребностей**, упорно сводя их к ограниченному числу материально-биологических потребностей в пище, одежде, жилище и т.п... Вместе с тем в настоящее время убедительно показано, что **потребность в информации** (в новизне, изменчивости внешней среды) является одной из древнейших и самостоятельных потребностей живых систем. Опыты с так называемой сенсорной депривацией у животных и человека, исследование феноменов информационного голодания и скуки служат убедительным тому подтверждением [Berlyne, 1974]" [Там же. С. 145].

"Разрабатывая совместно с П.М.Ершовым свою **классификацию потребностей**, мы исходили из следующих основополагающих критериев.

Во-первых, мы опирались на идею В.И.Вернадского об освоении окружающего мира, которое включает в себя:

- 1) физическое заселение путем роста и размножения (место в геосфере);
- 2) необходимость занимать определенную позицию среди других живых существ своего и других видов (место в биосфере, которое на уровне человека становится местом в социосфере);
- 3) интеллектуальное освоение мира путем присвоения уже имеющихся культурных ценностей и познания... (место в ноосфере).

Во-вторых, **наличие положительных и отрицательных эмоций указывало на скрывающиеся под ними две основные группы потребностей, первые из которых обеспечивают сохранение живых систем и результатов их деятельности, а вторые - делают возможным развитие, совершенствование этих систем, усложнение их внутренней организации.** Эти две группы мотиваций вслед за Г.Олпортом и А.Маслоу можно назвать "**потребностями нужды**" и "**потребностями роста**" [Там же. С. 150]. **Большую побуждающую силу потребностей роста по сравнению с потребностями нужды давно отметила народная наблюдательность в известной поговорке... "охота пуще неволи".** Как и все другие потребности, нужда и рост индивидуально варьируются у разных людей. По-видимому, именно относительное преобладание одной из этих потребностей ведет к тому, что при исследовании так называемого уровня притязаний испытуемые делятся на две группы: на тех, кто стремится к успеху, и на тех, кто главным образом избегает неуспеха" [9. С. 155].

Приводимая ниже классификация потребностей, хотя и является с точки зрения авторов "**наиболее обоснованной и непротиворечивой**", отражает однако только полную неразработанность данного вопроса. С точки зрения автора более адекватный подход разработан в аналитической психологии, включающей мотивы бессознательного. Приведем классификацию потребностей для полноты картины.

"Исходя из перечисленных принципов, мы можем предложить **классификацию потребностей человека**, которая, с нашей точки зрения, является наиболее обоснованной и непротиворечивой.

...**Биологические** и продиктованные ими материальные потребности в пище, одежде, жилище, в технике, необходимой для создания материальных благ, в средствах защиты от вредных воздействий, в обеспечении своего индивидуального и видового существования.

...**Социальные** потребности в узком и собственном смысле слова (поскольку социально детерминированы все побуждения человека). В данном случае речь идет о потребности принадлежать к социальной группе (общности) и занимать в этой группе определенное место, пользоваться привязанностью и вниманием окружающих, быть объектом их уважения и любви.

...Идеальные (духовные, культурные) потребности познания в самом широком смысле: познания окружающего мира и своего места в нем, познания смысла и назначения своего существования на земле. Так называемая эстетическая потребность, безусловно, относится к данной группе" [Там же. С. 152, 153].

Важность социальных и духовных потребностей иллюстрируется следующим фактом: "Что бы ни явилось непосредственной причиной депрессии - измена любимого человека, утрата служебного положения и т.п., не сама разлука, не само крушение карьеры формируют депрессивное состояние, но несправедливость случившегося, надругательство над жизненными идеалами, присущими данной личности, **их обесценение**" [Там же. С. 154].

"Наконец на вершине иерархической пирамиды потребностей мы встречаем мотивации, которые обслуживаются почти исключительно положительными эмоциями. Такова потребность познания и ее разновидность - трудно формулируемая словами потребность в создании и восприятии произведений искусства, так называемая эстетическая потребность" [Там же].

"Творчество всегда окрашено положительными эмоциями на этапе возникновения гипотез. Механизм этой закономерности хорошо объясняется Информационной Теорией Эмоций. Ведь новая догадка, предположение, замысел субъективно повышают вероятность достижения Цели вплоть до того момента, когда логическая или экспериментальная проверка установят их истинную ценность. **"Муки творчества"** характерны для стадий поиска и отбора, столь часто завершающегося полнейшим разочарованием" [Там же. С. 155].

"Принципиальное различие между положительными и отрицательными эмоциями обнаруживается при удовлетворении даже сравнительно элементарных потребностей, например, потребности в пище. **Сильный голод**, переживаемый субъектом как отрицательная эмоция, **побуждает удовлетворить его любыми съедобными веществами**, лишь бы избавиться от мучительного для субъекта состояния. **Удовольствие**, получаемое от пищи, с необходимостью **требует ее разнообразия**, поиска новых питательных веществ, их новых комбинаций и способов приготовления. Иными словами, даже на уровне пищевой потребности **положительные эмоции играют творчески-поисковую роль**, содействуя освоению новых сфер окружающей действительности" [Там же. С. 154].

"Наличие потребностей нужды и роста, сохранения и развития объясняет тот повседневно наблюдаемый факт, что удовлетворение потребности в одних случаях редуцирует, ослабляет эту потребность, а в других - индуцирует, усиливает ее [Магун, 1978]" [Там же. С. 153]. Это высказывание не совсем точно. Его смысл станет ясен из дальнейшего анализа понятия Цели.

"Для правильного понимания закономерностей человеческого поведения важно помнить, что хотя **все перечисленные потребности** тесно связаны друг с другом и редко обнаруживаются в изолированном, чистом виде, они **принципиально не выводимы друг из друга и не заменяют друг друга**. Любая степень удовлетворения одного типа потребностей не избавляет человека от необходимости удовлетворять потребности другого типа" [Там же. С. 156].

#### 5.5. Положительные эмоции, потребности роста и Цель.

Парадоксальность Цели в том и состоит, что Цель как критерий наличия принципиально ничего не говорит о том, чем, как и когда можно достичь Цели. **Положительные эмоции в значительной степени разрешают парадокс Цели**. Если потребности и мотивации, связанные с отрицательными эмоциями, ставят перед организмом недостаточно дифференцированную Цель, как например, сильный голод или сенсорная депривация (которая буквально означает желание "чего-то новенького вообще" [5]), то **удовлетворение потребностей, связанное с положительными эмоциями, сильно дифференцировано по силе в зависимости от того, чем, как и когда мы удовлетворили Цель**, и тем самым в значительной степени **берет на себя оценку достигнутого Результата** и желательности того конкретного объекта или способа действия, которым была достигнута Цель.

Действительно, было бы неразумно, если бы мотивация ставила перед организмом слишком конкретную Цель. Доминанты или генетически заложенные врожденные "скелеты" функциональных систем ставят перед организмом максимально общие Цели, позволяя в процессе ориентировочно-исследовательской деятельности или обучения обогатить эти

функциональные системы вплоть до автоматизированных действий. Для функциональных систем типа "нужды", таких как реакция на боль, чихание, дыхание и т.д., такого обучения достаточно. В этих функциональных системах Результат прост, и если "нужда" будет устранена, то этого будет вполне достаточно.

Но когда **Результат может быть Качественно различным** при различных способах, путях, объектах достижения Цели, то нас должно интересовать не только достижение Цели, но и **Качество получаемого Результата**. Но как это сделать, если мы принципиально не можем включать элементы качества в постановку Цели? **Знать о возможном качестве Результата можно только после его получения.** Поэтому невозможно ставить в качестве Цели некоторый Качественный Результат просто потому, что мы еще не знаем, что это такое. **Определить качество Результата и дать ему оценку и есть функция положительных эмоций.** Но как эта оценка может служить в дальнейшем для постановки новых более "Высоких" Целей по достижению более Качественных Результатов, если до достижения Результата мы даже не знаем, какими качествами он может обладать? Поскольку положительные эмоции имеют не только определенную силу, но и качество соответствующей санкционирующей афферентации, а также соответствующее энергетическое воздействие, то они сами и должны (и могут) ставить Цель по достижению вызывающего их Результата. Но каким возбуждением ставится Цель, если нет Результата и, следовательно, вызываемых им положительных эмоций (если следовать логике Биологической Теории Эмоций эмоций)? Здесь-то и проявляется тот принципиальный момент Информационной Теории Эмоций, согласно которому эмоции возникают не только после достижения Результата, но и до возникновения всякого Результата на основании одного лишь вероятностного прогнозирования достижимости Результата в данных обстоятельствах. **При наличии опыта по достижению Результата определенного Качества Цель может быть поставлена самой положительной эмоцией, возникающей сразу же, как только будет получен вероятностный прогноз достижимости данной Качественной Цели в данных условиях.** Поэтому Качественный Результат сам ставит Цель по своему достижению. При этом критерием наличия будет не тот Результат, который ставился мотивационным возбуждением, а **Результат определенного Качества** и соответствующей ему более богатой санкционирующей афферентации.

Поэтому обучение функциональных систем с многообразными Результатами не заканчивается достижением Результата, ставящегося мотивационным возбуждением. Результат, ставящийся мотивационным возбуждением, является в этом случае только первой ступенькой среди Качественных Результатов. Дальнейшее развитие функциональных систем берут на себя положительные эмоции, которые начинают свою работу с эмоциональной оценки получаемых Результатов. В этом случае достижение по крайней мере такого же Результата, какой был достигнут в предыдущем случае, **гарантировано опытом.** Следовательно, **Задача сводится к тому, чтобы получить по крайней мере такой же Результат,** что возможно только если каждый раз оценивать Результат (уже после его достижения), т.е. **оценивать во всей полноте санкционирующую афферентацию Результата.** В этом случае действительно должно быть выполнено правило "охота пуще неволи", чтобы не терять достигнутого уровня притязаний, иерархии в обществе, достигнутого качества жизни (пищи, жилья, комфорта) и т.д. Это значит, что положительные эмоции имеют достаточно сильную энергетическую поддержку, чтобы несмотря на большие энергетические затраты, которые, как правило, требуются для достижения Качественного Результата, стремиться к наиболее Качественному Результату.

Несмотря на свою силу, положительная эмоция практически всегда действует в паре с соответствующей менее дифференцированной отрицательной эмоцией. Сама по себе положительная эмоция консервативна. Научившись достигать Результаты определенного качества, мы не знаем (и принципиально не можем знать), что можно достигнуть существенно лучшего, и вполне можем ограничиваться достигнутым уровнем, пока случайно что-нибудь новое (опыт других, поездки и т.д.) не покажет нам, что мы "много потеряли", не умея что-то делать лучше. Не останавливаться на месте и не удовлетворяться достигнутым заставляют отрицательные эмоции, которые обладают безусловной побудительной силой. Сенсорный голод (сенсорная депривация), жажда впечатлений, скука и т.д. являются примерами **наименее дифференцированных, но эмоционально отрицательных мотива-**

ций, приводящих к необходимости постоянно "поднимать планку" качества достигаемых Результатов.

#### 5.6. Компенсаторная функция эмоций.

"...При возникновении эмоционального напряжения объем вегетативных сдвигов (учащение сердцебиений, подъем кровяного давления, выброс в кровяное русло гормонов и т.д.), как правило, превышает реальные нужды организма. По-видимому, процесс естественного отбора закрепил целесообразность этой избыточной мобилизации ресурсов. В ситуации прагматической неопределенности (а именно она так характерна для возникновения эмоций), когда неизвестно, сколько и чего потребуется в ближайшие минуты, лучше пойти на излишние энергетические траты, чем в разгар напряженной деятельности - борьбы или бегства - остаться без достаточного обеспечения кислородом и метаболическим "сырьем" [9. С. 35].

**"Но компенсаторная функция эмоций не ограничивается гипермобилизацией вегетатики.** Возникновение эмоционального напряжения сопровождается переходом к иному, чем в спокойном состоянии, формам поведения, принципам оценки внешних сигналов и реагирования на них. Физиологически суть этого перехода можно определить как возврат от тонко специализированных условных реакций к реагированию по принципу доминанты А.А.Ухтомского" [Там же].

"Если процесс упрочения условного рефлекса сопровождается уменьшением эмоционального напряжения и одновременно переходом от доминантного (генерализованного) реагирования к строго избирательным реакциям на условный сигнал, то возникновение эмоций ведет к вторичной генерализации. #Чем сильнее становится потребность, - пишет Ж.Нюттен [1975], - тем менее специфичен объект, вызывающий соответствующую реакцию#. При этом **усиление потребности скорее повышает реактивность к внешним стимулам, чем просто усиливает двигательное беспокойство.** В информационно обедненной среде двигательная активность голодных крыс возрастала всего на 10 %, в то время как в обычных условиях она увеличивалась в четыре раза [Хайнд, 1975]. **Наращение эмоционального напряжения, с одной стороны, расширяет диапазон извлекаемых из памяти энграмм, а с другой стороны, снижает критерии "принятия решения" при сопоставлении этих энграмм с наличными стимулами. Так, голодный человек начинает воспринимать неопределенные стимулы в качестве ассоциирующихся с пищей** [Mc Clelland, Atkinson, 1948]" [9. С. 38].

"Совершенно очевидно, что предположительное доминантное реагирование целесообразно только в условиях прагматической неопределенности. Вот почему эволюция сформировала механизм зависимости эмоционального напряжения и характерного для него типа реагирования от размеров дефицита прагматической информации, механизм элиминирования отрицательных эмоций по мере ликвидации информационного дефицита. Подчеркнем, что эмоция сама по себе не несет информации об окружающем мире, недостающая информация пополняется путем поискового поведения, совершенствования навыков, мобилизации хранящихся в памяти энграмм. **Компенсаторное значение эмоций заключается в их замещающей (недостающую информацию. - Е.В.) роли"** [9. С. 38, 39].

Как мы покажем после изложения гипотезы о формальной модели нейрона, такая компенсаторная функция эмоций совершенно необходима для обеспечения достижимости Результатов в информационно бедной среде, когда весь имеющийся опыт не может помочь в достижении Результата.

"Что касается положительных эмоций, то их компенсаторная функция реализуется через влияние на потребность, инициирующую поведение. В трудной ситуации с низкой вероятностью достижения Цели даже небольшой успех (возрастание вероятности) порождает положительную эмоцию воодушевления, которая усиливает потребность достижения Цели согласно правилу  $P = \Delta / (I_D - I_C)$ , вытекающему из формулы эмоций. В иных ситуациях положительные эмоции побуждают живые существа нарушать достигнутое "уравновешивание с окружающей средой". Стремясь к повторному переживанию положительных эмоций, живые существа вынуждены активно искать неудовлетворенные потребности и ситуацию неопределенности, где полученная информация могла бы превысить ранее имевшийся прогноз. Тем самым положительные эмоции компенсируют недостаток неудовлетворенных потребностей и прагматической неопределенности, способных привести к застою, к деградации, к остановке процесса самодвижения и саморазвития" [9. С. 39].

### 5.7. Психофизиология воли.

"...Трудность постижения подлинных мотивов поведения и породила убеждение в наличии каких-то сверхрегуляторов, которые управляют потребностями, хотя и не всегда справляются с ними. Необходимость таких регуляторов диктуется и переключающей функцией эмоций. Поскольку эмоции зависят не только от потребности, но и от вероятности ее удовлетворения, **возникает угроза хронической переориентации поведения на менее значимые, но легко достижимые Цели**. Тем более должен существовать регулятор, контролирующий поведение и определяющий последовательность и допустимость удовлетворения той или иной потребности. **В качестве таких регуляторов традиционно рассматривают волю и сознание**. Ниже мы постараемся показать, что воля не управляет потребностями, а присоединившись к какой-либо из них, содействует ее удовлетворению. Что касается **сознания**, то оно занято вооружением потребностей средствами и способами их удовлетворения. Таким образом, и воля, и сознание есть результат трансформации потребностей, этап их дальнейшей разработки" [Там же. С. 160].

"По мнению Сеченова, #...ни обыденная жизнь, ни история народов не представляют ни единого случая, где одна холодная безличная воля могла бы совершить какой-нибудь нравственный подвиг. Рядом с ней всегда стоит, определяя ее, какой-нибудь нравственный мотив, в форме ли страстной мысли или чувства... (Воля) одна, сама по себе, действовать не может, а действует лишь во имя разума или чувства...#[Сеченов, 1952]" [Там же. С. 161]. "#Воля бессильна, пока она не вдохновится страстным хотением#, - утверждал К.С.Станиславский [1957]" [Там же].

"Мы полагаем, что филогенетической предпосылкой волевого поведения является "рефлекс свободы", описанный И.П.Павловым. В сопротивлении собаки ограничить ее двигательную активность Павлов увидел несравненно большее, нежели разновидность защитной реакции. **"Рефлекс свободы"** - это самостоятельная форма поведения, для которой **препятствие служит** не менее адекватным **стимулом**, чем корм для пищедобывательных действий, боль - для оборонительной реакции, а новый и неожиданный раздражитель - для ориентировочной. #Не будь его (рефлекса свободы), - писал Павлов, - всякое малейшее препятствие, которое встречало бы животное на своем пути, совершенно прерывало бы течение его жизни#[Павлов, 1951]" [Там же. С. 162].

**"Столкнувшись с преградой** на пути к пище, **животное начинает использовать** не те варианты действий, которые раньше приводили к пищевому подкреплению, но **хранящиеся в памяти способы преодоления сходных препятствий**. Именно характер преграды, а не первичный мотив определяет состав действий, перебираемых в процессе организации поведения, способного обеспечить достижение Цели... Активность вызванная преградой, в определенных случаях может оттеснить первоначальное побуждение на второй план, и тогда мы встретимся с упрямством, с поведением, где преодоление стало самоцелью, а исходный мотив утратил свое значение и даже забыт" [9. С. 162].

"Для человека преграда - это не обязательно внешнее препятствие. Преградой может стать и конкурирующая потребность. Тогда доминирование одного из конкурирующих мотивов будет определяться не только их соотносительной силой, но и возникновением активности, по отношению к которой субдоминантный мотив есть препятствие, "Внутренняя помеха". С подобной ситуацией мы практически встречаемся во всех случаях, когда принято говорить о "волевом подавлении" эмоций, а точнее, обусловивших эти эмоции потребностей" [Там же].

"Итак, **воля есть потребность преодоления препятствий**. Как всякая иная потребность она может явиться источником положительных или отрицательных эмоций, обусловленных самим фактом преодоления (или непреодоления) преграды до того, как будет достигнута конечная Цель" [Там же]. Заметим, что это физиологическое определение не претендующее на психологические и философские обобщения. Физиологически воля необходима для умения последовательно добиваться своих Целей.

"Здесь следует напомнить, что конкуренция между потребностями протекает на уровне их трансформации в соответствующие эмоции" [Там же. С. 163].

"Заметим, что вмешательство воли не отменяет универсальную регулируемую функцию эмоций, поскольку воля вмешивается в конкуренцию мотивов опять-таки на уровне эмоций - отрицательных в случае неспособности преодолеть "внутреннюю помеху" и положительных в случае "победы над собой"" [Там же].

6. Взаимосвязь между двумя принципами работы мозга  
"мозг - универсальное предсказывающее устройство"  
и "мозг как система решения Задач".

Критика гипотезы суммации возбуждений на единичном нейроне.

Новая формальная модель нейрона;

6.1. Взаимосвязь парадокса Цели и вероятностного прогнозирования. Взаимосвязь между двумя принципами работы мозга: "мозг - универсальное предсказывающее устройство" и "мозг - система решения Задач".

Рассмотрим, как связан парадокс Цели с вероятностным прогнозированием. Определяя Цель, мы тем самым определяем и Результат. Из Теории Функциональных Систем следует, что иерархия функциональных систем определяется иерархией Результатов, и, следовательно, каждая Задача разбивается на серию подзадач, приводящих в совокупности к конечному Результату. Получаемые дерево Целей, дерево Результатов и дерево Задач образуют ту логическую схему достижения Цели, которая разрешает парадокс Цели и определяет способ ее достижения. Эта схема является логической, так как достижение Цели и получение Результата вполне описывается логически - Цель может быть либо достигнута, либо нет, и Результат может быть либо получен, либо нет, в противном случае это не Результат. Из теоремы о формализуемости Задач [5] в рамках некоторой слабой формальной системы следует, что достижение любых Целей может быть описано логически в рамках иерархии некоторых слабых формальных систем и тем самым принцип работы мозга: "мозг - система решения задач" вполне может быть формализован в рамках такой иерархии. Но этого, как мы увидели из Информационной Теории Эмоций П.В.Симонова, недостаточно для описания способа достижения мозгом своих Целей. Такое рассмотрение, как правильно отмечает П.В.Симонов, по существу обходится без эмоций, т.е. без вероятностного прогнозирования, что неоправданно снижает их роль. Эмоции в Теории Функциональных Систем играют роль "контролеров" в достижении Целей и не участвуют в процессе Принятия Решения, т.е. в процессе решения, какую Цель достигать (какую Задачу решать). Для учета эмоций необходимо включить процесс вероятностного прогнозирования в иерархию слабых формальных систем.

Когда процесс обучения закончен и действие становится **автоматизированным** (без эмоций и ориентировочно-исследовательской реакции), когда Результаты действий точно совпадают с ожидаемыми, вероятностное прогнозирование сводится к логическому выводу, и процесс достижения Цели вполне может быть описан логически. Логика (**Математическая логика**) как раз и предназначена для точного описания автоматизированных действий.

В таких областях, как Искусственный Интеллект, Философская Логика, Принятие Решений и др., рассматривается именно логическая схема достижения Результатов. А как же тогда осуществляется вероятностное прогнозирование? **Во всех перечисленных областях вероятностные оценки предсказания осуществляются "вдогонку" (параллельно) логическому выводу.** К чему это приводит, мы обсудим ниже.

Из Информационной Теории Эмоций однозначно следует, что **главной целью работы мозга, наоборот, является стремление максимизировать положительные и минимизировать отрицательные эмоции, т.е. максимизировать или минимизировать соответствующие вероятностные оценки.**

Действительно, если вероятность достижения некоторой Цели мала, то зачем ее достигать? Не лучше ли сначала попытаться предпринять какие-то действия для обеспечения надежности достижения Результата или вообще изменить Цель, а уж потом ее достигать? **Поэтому достижение наилучшей вероятностной оценки Результата является главной Целью работы мозга.** Достижение этой Цели происходит с обязательным участием эмоций.

Таким образом, **во всех существующих работах на первое место ставится логический вывод, т.е. принцип решения Задач, а вероятностные оценки вычисляются в соот-**

ветствии с полученной иерархией Задач. Тем самым вероятностное прогнозирование и принцип опережающего отражения действительности ставится в подчинение принципу решения Задач. **А в работе мозга все наоборот.** Следует понять, что мозг - это не логическое, а прежде всего предсказывающее устройство. Но, как мы увидим, **Теории Предсказания и Вероятностного вывода нет и быть не может, пока логический вывод ставится на первое место.**

## 6.2. Критика аксиоматического подхода к знаниям.

Проанализируем подробнее, что известно о вычислении вероятностных оценок предсказания в Искусственном интеллекте, Экспертных системах и Вероятностных логиках. **Во всех этих областях безоговорочно принимается аксиоматический подход к знаниям.** Имеются в виду не идеализированные знания, например, математические, а эмпирические, имеющие некоторую степень достоверности, вероятности, подтвержденности и т.д. В дальнейшем всегда будут иметься в виду именно **эмпирические знания.**

**Аксиоматический подход к знаниям предполагает,** что если некоторые знания каким-то образом установлены (вместе с оценками их вероятности, достоверности и т.д.), например, каким-либо индуктивным методом, методом обучения, "извлечены" из эксперта опросом и т.д., то все утверждения, **получаемые из них с помощью правил логического вывода, также являются знаниями.** Оценки их вероятности (достоверности и т.д.) могут быть получены по правилам вероятностной логики (нечеткой логики и пр.).

Рассмотрим вероятностные оценки знаний. Что известно об оценках вероятности выводимых знаний? Вычислению этих оценок посвящены работы по вероятностной логике [11 - 24]. Есть работы, в которых вероятность (достоверность и пр.) рассматривается как значение истинности утверждений, а процесс логического вывода обобщается до так называемой "количественной дедукции" [12 - 14, 24]. В работах [14 - 16] описываются довольно богатые формальные системы, содержащие как частные случаи основные известные "количественные дедукции". Но несмотря на значительный прогресс в разработке формальных систем, принцип их построения остается тем же: все оценки вычисляются параллельно, "вдогонку" процессу логического вывода.

Анализ изменения оценок вероятности утверждений в процессе логического вывода показывает, что они всегда уменьшаются, причем, как правило, существенно (за исключением случая, когда условная вероятность или вероятность равна 1), и полученные оценки нельзя улучшить. Даже если ограничиться использованием правил с условной вероятностью не меньшей, чем 1-е, как это сделано в работе [21], это все же не избавляет нас от существенного уменьшения вероятности в процессе логического вывода. Случайно ли это? Нет, не случайно.

Дело в том, что **использование математической логики и, в частности, правил вывода неявно предполагает абсолютную достоверность (или гипотетичность) используемых в выводе знаний и отвечает требованиям сохранения истинности, но не вероятности.** Это подтверждается тем фактом, что при применении правила вывода *modus ponens*: из  $A, A \rightarrow B$  следует  $B$ , вероятность  $m(A)$  всегда строго больше оценки вероятности  $m(B)$ , вычисленной, используя  $m(A)$  и  $m(B/A)$ , по правилам вероятностной логики (за исключением случая  $m(B/A) = 1$ , когда  $m(A) = m(B)$ ), иными словами, только достоверное знание не уменьшает вероятность, в любом другом случае она строго уменьшается. Только при достоверном знании можно применять правила вывода **неограниченное количество раз**, и только в этом случае они действительно являются правилами вывода - сохраняют некоторую оценку (истинности или  $m(A)=1$ ). Неограниченное применение правил вывода к вероятностным знаниям может приводить к знаниям, имеющим сколь угодно низкую оценку вероятности и уже фактически не являющиеся **Невозможность** получения "хороших" вероятностных оценок предсказания (или хотя бы сохранения их на некотором уровне) при аксиоматическом подходе к знаниям является следствием того, что **здесь главной целью является логический вывод (Результатов), а вероятностные оценки играют вспомогательную роль и вычисляются параллельно процессу логического вывода. В работе же мозга главной целью является получение наилучших вероятностных оценок, а вывод должен быть подчинен этой Цели.**

Таким образом, анализ таких областей, как Искусственный Интеллект, Экспертное оценивание, Вероятностные логики с точки зрения приведенных двух принципов, показы-

вает, что во всех этих областях главенствующую роль всегда играл принцип Результатов, формально представленный **Аксиоматическим Методом**. **Перенос аксиоматического метода на эмпирические знания неправомерен**, поэтому **необходимо изменить существующую парадигму - аксиоматический подход к знаниям - и построить такую формализацию, где главной Целью знания являлись бы их оценки предсказания, вероятности (достоверности и т.д.)**. Только в таких формальных системах можно пытаться строить формальную модель работы мозга. **В рамках старой парадигмы, где главенствующую роль играет принцип Результатов, это принципиально невозможно**. Но в настоящее время Математическая Логика развита настолько, что давно уже переросла рамки аксиоматического метода, и в ней существуют самые разнообразные формальные системы. Выясним, какая формализация соответствует главному принципу работы мозга.

### **6.3. Семантический подход к формализации главной Цели работы мозга - вероятностного прогнозирования и предсказания.**

Таким образом, для получения максимальных вероятностных оценок предсказания необходимо отказаться от аксиоматического подхода к знаниям и использования правил вывода. Как этого добиться?

Первый шаг к получению вероятностных оценок предсказаний был сделан в "количественных дедукциях", где значения истинности были обобщены до значений вероятности (достоверности и пр.). Но в количественных дедукциях сохраняется **очевидное несоответствие: при обобщении значений истинности не обобщаются правила вывода**. **Правила вывода применяются для сохранения значений истинности, но если значения истинности обобщены до вероятности, то и правила вывода должны быть обобщены так, чтобы сохранять эти обобщенные значения, а не старые значения истинности**. Однако в количественных дедукциях это не предусмотрено. Каким же образом можно обобщить правила вывода?

Рассмотрим процесс вычисления с точки зрения **"семантического" подхода к программированию** [22]. Идея семантического программирования состоит в том, что процесс вычисления, обобщающий логический вывод, рассматривается как проверка истинности утверждений (включая возможное использование логического вывода) на некоторой модели. При таком взгляде на процесс вычисления **процедуру логического вывода можно обобщить, определяя новые взаимоотношения высказываний и модели**, рассмотреть процесс вычисления не как проверку истинности, а, например, как проверку предсказуемости, подтверждаемости, достоверности высказываний на модели. **Такой обобщенный вывод будем называть семантическим**. Для семантического вывода проверку истинности можно заменить на поиск максимальной предсказуемости (имеющей наибольшую оценку условной вероятности), наиболее сильно подтверждающих фактов, наиболее достоверных фактов и т.д. Это возможно потому, что истинность имеет только два значения, а вероятность, подтвержденность, достоверность и т.д. имеют континуум значений. Следовательно, мы можем выйти за пределы узких рамок только двух значений истинности и искать наилучшие значения в континууме значений, не обременяя себя правилами вывода.

**Конкретизируем принцип "мозг - универсальное предсказывающее устройство" следующим образом: "мозг способен автоматически определять всю информацию, дающую максимальные оценки вероятности достижимости Результатов"**. Если мы определим такой семантический вероятностный вывод, который способен обеспечить данный принцип, то его можно взять в качестве основы для формализации принципа работы мозга и построения формальной модели нейрона. Покажем, что семантический вероятностный вывод можно определить даже в рамках таких слабых формальных систем, которые рассматриваются в логическом программировании и в которых в соответствии с работой [5] можно осмысленно ставить Задачи.

Такая формализация семантического вероятностного вывода в виде специально определенного **вероятностного вывода**: была осуществлена в работах автора [25, 26]. Данный вывод может быть положен в основу формальной модели нейрона, которая обеспечивает выполнимость сформулированного принципа работы мозга. Ниже мы кратко приведем полученные в данных работах результаты и дадим их интерпретацию как формализацию сформулированного принципа работы мозга, не являющегося тем не менее окончательным принципом работы мозга, который будет сформулирован после изложения пси-



хологических теорий. Однако данный принцип и его формализация являются составной частью окончательного принципа (и его формализации, которая будет приведена в заключительной третьей математической части).

Прежде чем интерпретировать работы [25, 26] в физиологических и нейрофизиологических терминах, **необходимо коснуться еще одного научного заблуждения - гипотезы суммации возбуждений на уровне нейрона, господствующей в Neuroscience**. Данная гипотеза была подвергнута критике П.К.Анохиным еще в 1974 г. [27]. Работа была переведена на английский язык, но в Neuroscience до сих пор придерживаются этой гипотезы суммации. Полнейшая ее абсурдность следует из самой работы. Ниже мы кратко приведем вывод из этой работы П.К.Анохина. Гипотеза суммации господствует уже более трех десятилетий, и вероятно, только потому, что никто не знает, что вместо нее можно предложить.

#### 6.4. Критика гипотезы суммации возбуждений на уровне нейрона.

**В Neuroscience все исследования по моделированию работы формальных нейронных сетей основаны на формальной модели работы нейрона, в которой сигналы, поступающие на нейрон, суммируются** (хотя, возможно, и с разным весом). Эта формальная модель появилась в результате формализации гипотезы суммации возбуждений на единичном нейроне. Приведем критику этой гипотезы, осуществленную П.К.Анохиным в работе [27].

"Следовательно, **теория электрической суммации**... признает наличие:

- а) возможности распространения отрицательных и положительных потенциалов по мембранам дендрита и тела нервной клетки;
- б) возможности их алгебраических суммационных объединений при встрече на поверхности нейрона;
- в) возможности адекватного воздействия этой суммы мембранных изменений на генераторный пункт нейрона.

**Благодаря огромному авторитету упомянутых выше исследователей теория "электрической суммации", призванная объяснить интегративную деятельность нейрона, почти безоговорочно принята подавляющим большинством нейрофизиологов, хотя вообще к этому не было никаких оснований, поскольку она никогда не обсуждалась и не аргументировалась достаточно серьезным образом"** [27. С. 357].

П.К.Анохин выясняет причину возникновения этой "гипотезы".

*"...Произошел тот незаметный перенос выработанной ранее традиционной логики исследовательского процесса на проводящих образованиях (нервных волокнах. - Е.В.) к исследованию синапсов и самой нервной клетки. Кодовое выражение "проведение возбуждения через синапс" лучше всего характеризует эту ошибку сделанного обобщения. Выражаясь более точно, можно сказать, что примат мембранных процессов, справедливо принятый нейрофизиологами безоговорочно для проводящих структур (нервных волокон. - Е.В.), автоматически был перенесен и в качестве примата (!) на синапсы, на дендриты и на нервные клетки... Так возник первый "парадокс", определивший всю дальнейшую логику исследований по нейрофизиологии: синапс, дендриты и нервная система были приняты как часть системы, проводящей (!) нервный импульс по мембране нервной клетки от синапса к аксонному холмику, т.е. к выходу на аксон" [27 С. 361].*

Что позитивного, кроме критики, утверждается в Теории Функциональных Систем по поводу нейронной активности? К сожалению немного - только общее утверждение о системоспецифичности нейронов: "В разнообразных видах поведения, регистрируемого с помощью различных отметок и видеозаписи, мы исследовали активность нейронов моторной, зрительной, париетальной и лимбической области коры, гиппокампа, обонятельной луковицы и ретикулярной формации мозга. Эти исследования показали... что в стереотипном поведении многие **нейроны различных областей мозга являются системоспецифичными**, т.е. **активируются и тормозятся при реализации тех или иных функциональных систем**" [28. С. 14].

Однако, ничего, кроме абстрактного утверждения об уменьшении числа степеней свободы нейронов, в Теории Функциональных Систем о работе нейронов не сказано.

**6.5. Формализация принципа мозг способен автоматически определять всю информацию, дающую максимальные оценки вероятности предсказания Результатов.**

Под информацией, поступающей на "вход" мозга, мы будем понимать всю воспринимаемую мозгом афферентацию: мотивационную, обстановочную, пусковую, обратную, санкционирующую афферентацию, афферентацию об осуществленных действиях, поступающую по коллатерали на "вход", и т.д. Любая афферентация, поступающая на вход по некоторому аксону, имеет два состояния - возбуждение или отсутствие возбуждения (существуют и другие параметры возбуждения, такие как сила возбуждения - число импульсов, частота, связанная с вероятностью сигнала, пачкообразность, связанная с мотивацией, и, возможно, еще некоторые другие, но мы будем учитывать (пока) только наличие возбуждения и его вероятность). Поэтому определим поступающую информацию одноместными предикатами, которые фиксируют бинарное свойство возбуждения либо не возбуждения некоторого аксона, передающего афферентную информацию. Возбуждение нейронов и передачу этого возбуждения на их аксоны также определим одноместными предикатами. Возбужден или не возбужден нейрон так же определяется однозначно. Как мы увидим из Экологической Теории Восприятия Дж.Гибсона, информация может пониматься как любая воспринимаемая характеристика энергетического потока, например, света, звука, поступающая на вход мозга. Признаки, свойства, характеристики и пр. - вторичные по отношению к информации образования. **В дальнейшем мы будем предполагать, что вся афферентная информация задается некоторым множеством одноместных предикатов**, значения которых соответствуют возбуждениям или отсутствию возбуждений некоторых аксонов. Нейрон определим как преобразование  $\langle P_1, \dots, P_K \rangle$  о  $P_0$  значений предикатов  $P_1, \dots, P_K$ , обозначающих входные возбуждения нейрона (все возбуждающие синапсы на дендритах нейрона), в значение предиката  $P_0$ , обозначающего выход нейрона. Известно, что каждый нейрон имеет рецептивное поле, стимуляция которого возбуждает его безусловно. Однако информация - это не только возбуждения рецептивного поля, но и гораздо более богатый класс стимуляций (и не только безусловных)<sup>4</sup>.

Для рассмотрения вероятностного прогнозирования необходимо определить вероятность, но только для событий, фиксируемых отдельными нейронами, так как именно нейроны осуществляют всю обработку информации и, в частности, вероятностное прогнозирование. Вероятность должна определяться на каждом наборе  $\langle P_1, \dots, P_K, P_0 \rangle$  одноместных предикатов, соответствующем некоторому нейрону, и фиксировать такие события, как: были ли возбуждены какие-то входы  $P_1, \dots, P_K$  некоторого нейрона и/или генерируемый им выход  $P_0$  непосредственно перед действием на него подкрепляющего возбуждения. Частота  $h$  некоторого события  $P_{i1} \& \dots \& P_{iK}, P_{i1} \& \dots \& P_{iK} \text{ и } P_0$  из множества  $\{P_1, \dots, P_K, P_0\}$  будет равна  $h = n/N$ , где  $N$  - число подкреплений нейрона, а  $n$  - число случаев подкрепления, когда одновременно были возбуждены все предикаты  $P_{i1}, \dots, P_{iK}$ . Будем считать, что при рассмотрении некоторого нейрона  $\langle P_1, \dots, P_K \rangle$  о  $P_0$  у нас определены вероятности всех событий на  $\langle P_1, \dots, P_K, P_0 \rangle$ .

Что мы будем понимать под фиксацией "следа"? Ни в Теории Функциональных Систем ни в Информационной Теории Эмоций не говорится, что и как должно фиксироваться в виде "следа" после воздействия положительных эмоций (или уменьшения отрицатель-

---

<sup>4</sup> Может показаться, что данное определение функции нейрона слишком упрощено и не учитывает такой важной функции возбуждения, как возбуждение тормозных синапсов, оказывающих тормозное действие на нейрон. Но известно, что аксон, ветвясь, передает свое возбуждение на один и тот же нейрон через множество синапсов как возбуждающих, так и тормозных. Поэтому каждое возбуждение, передаваемое нейрону, передается как через возбуждающие синапсы, так и через тормозные. Тормозные синапсы нужны для того, чтобы затормозить нейрон и прекратить его активность. Эта функция, как мы увидим в дальнейшем, нужна для "вытормаживания" альтернативных образов восприятия, признаков, свойств и т.д., которые в соответствии с обнаруживаемыми "тормозными закономерностями", тормозящими нейрон, не должны быть у воспринимаемых объектов. Иными словами, они нужны при анализе конкуренции целостных "Схем", образов, планов действий и т.д. Для анализа того, как возбуждение передается со входа нейрона на его выход, учет тормозных синапсов не обязателен. В заключительной математической части работы тормозные синапсы будут включены в виде своеобразного отрицания. Здесь же нам достаточно использовать работы [25, 26], в которых осуществлена формализация передачи возбуждений без учета тормозных синапсов.

ных). Ясно, что "след" фиксирует некоторую область мозга, активность которой привела к увеличению вероятности предсказания достижимости конечного Результата и, значит, к положительным эмоциям или уменьшению отрицательных эмоций. Определим "след" в общем виде как **модель фиксируемой области** - множество  $M$  всех преобразований  $M = \{ \langle P_1, \dots, P_K \rangle \circ P_0 \}$  для всех нейронов данной области. Фиксация следа эмоциями достаточно точна по времени и может фиксировать "след" практически без задержки во времени, а следовательно, без наложения моделей. Ориентировочно-исследовательская реакция увеличивает "объем" фиксируемой модели, включая в нее практически все множество стимулов и облегчая образование с ними условных связей.

Как мы покажем в дальнейшем, **предсказание является более фундаментальным понятием, чем логический вывод**, и поэтому позволяет обобщить его, после чего предсказание будет включать в себя не только логический вывод как предельный случай предсказания по "достоверным знаниям", но и, что гораздо важнее, формализацию **Интуиции** в виде "Вероятностной Теории".

Используя введенные понятия, **конкретизируем** сформулированный в начале подраздела **принцип работы мозга**. С этой целью в работе [25] определяются "**лучшие для предсказания правила**". В чем их суть? Это высказывания вида  $\langle P_1, \dots, P_K \rangle \circ P_0$ , где  $P_0$  - предикат, максимальную оценку предсказания которого требуется найти,  $P_1, \dots, P_K$  - такие предикаты, выбранные среди всех имеющихся, конъюнкция которых обеспечивает **неулучшаемую оценку предсказания**. Оценкой предсказания является условная вероятность истинности (возбудимости)  $P_0$  при истинности посылки  $P_1 \& \dots \& P_K$  (одновременной возбудимости  $P_1, \dots, P_K$ ). Неулучшаемость оценки означает, что эта оценка **локально максимальна**, т.е. ее нельзя улучшить ни добавлением новых предикатов в посылку (уточнением условия), ни удалением одного или нескольких предикатов из посылки (обобщением условия). Обозначим множество всех "лучших для предсказания правил" через  $PR(M)$ .

Таким образом, **сформулированный принцип конкретизируется в виде следующего принципа: "мозг должен уметь обнаруживать множество правил  $PR(M)$ "** (но не только их). Найти все такие максимально точные и детальные условия  $P_1 \& \dots \& P_K$  нужно, кроме того, в условиях, когда мы не знаем вероятностей, а знаем только статистику, по которой можем вычислять некоторые оценки. При малой статистике оценка, например условной вероятности предсказания, не может быть достаточно хорошей, чтобы можно было говорить о ее локальной максимальной. Как же тогда мозг может обнаружить множество  $PR(M)$ ? Это оказывается возможным потому, что **можно организовать направленный поиск локально-оптимальных условий**. Им является семантический вероятностный вывод, определяемый для вероятностей, который значительно менее чувствителен к недостатку статистики и, как показывает машинное моделирование (ссылки приведены ниже), вполне приемлем практически.

Определим **семантический процесс вычисления - вероятностный вывод**, в котором вычисление осуществляется путем построения "уточняющего" графа: правила, начиная с  $P_0$  и, "уточняясь" добавлением предиката (или конъюнкции предикатов) в посылку так, чтобы условная вероятность строго возросла и, кроме того, полученное правило было бы **вероятностной закономерностью** - из правила нельзя было бы удалить какой-нибудь (другой) предикат (или другую конъюнкцию предикатов) так, чтобы условная вероятность еще раз повысилась либо не уменьшилась<sup>5</sup>. "Уточнение" ветви графа завершается, когда невозможно далее добавить какой-нибудь предикат (или конъюнкцию предикатов) так, чтобы условная вероятность увеличилась и полученное правило было вероятностной закономерностью. В конце каждой ветви графа мы получаем "наилучшее для пред-

---

<sup>5</sup> В работе [25] рассматривается общий случай, когда язык содержит функциональные символы, а правила содержат термы, но если предположить, что функциональных символов нет, то данное определение вероятностного вывода получается из определения работы [25] как частный случай. На самом деле мы здесь немного упрощаем формализацию, не вводя функциональные символы. Для полной формализации, когда необходимо "извлечение инвариантов" как обнаружение мозгом законов, функциональные символы нужны. Эта более подробная формализация будет приведена в заключительной математической части работы.

сказания правило". Результатом вычисления является данное "наилучшее для предсказания правило" и достигнутое значение условной вероятности предсказания. **Такой вывод полностью определяется целью, вытекающей из принципа опережающего отражения действительности - достижения наилучших вероятностных оценок предсказания.** Включим во множество  $PR(M)$  все вероятностные закономерности, которые получаются на промежуточных этапах вероятностного вывода. Такое включение необходимо по трем причинам: во-первых, оно не ухудшает возможности получения максимальных оценок предсказания в случае наличия полной информации, так как предсказание всегда осуществляется в первую очередь по закономерностям, имеющим максимальные оценки предсказания среди всех применимых в данной ситуации; во-вторых, в случае дефицита информации или новизны ситуации (объекта), когда самые сильные закономерности неприменимы из-за невыполнения условий, промежуточные закономерности могут быть с успехом использованы, хотя и имеют немного меньшие оценки вероятности; в-третьих, промежуточные вероятностные закономерности так же удовлетворяют основному требованию на закономерности: отсутствия "несущественной" для предсказания информации, т.е. удаление любого предиката или их конъюнкции из посылки закономерности приводит к строгому уменьшению условной вероятности. Как следует из определения, "лучшее для предсказания правило" всегда является вероятностной закономерностью (для более сложного случая это специально доказывается в [25]). **Поэтому множество  $PR(M)$  - это множество всех вероятностных закономерностей. Тогда принцип работы мозга конкретизируется следующим образом: мозг должен уметь обнаруживать все вероятностные закономерности.**

В работе [25] доказано, что с точки зрения предсказания **множество вероятностных закономерностей  $PR(M)$  превосходит** (дает лучшие оценки условных вероятностей) **любой логический вывод** (с параллельным вычислением оценок условных вероятностей по правилам вероятностной логики). Точнее, для любого доказательства некоторого предиката  $P_0$  по правилам из  $PR(M)$  и некоторому множеству фактов в  $PR(M)$  найдется только одна вероятностная закономерность  $P_1 \& \dots \& P_k$  о  $P_0$ , предсказывающая на тех же фактах заведомо не хуже, чем с помощью этого доказательства. Таким образом, **для целей предсказания множество  $PR(M)$  всех вероятностных закономерностей сильнее логического вывода.** Это доказывает, что если Целью вывода является достижение максимума некоторых оценок, а не сохранение значений истинности, как в логическом выводе, то мы получим принципиально другой вывод, дающий лучшие оценки, чем логический (с параллельным вычислением этих оценок). Таким образом, требуемая модификация вывода и аксиоматического подхода найдена.

**Множество  $PR(M)$  является в определенном смысле "полным" и "минимальным" множеством вероятностных знаний,** обеспечивающим любой вероятностный вывод и максимальную оценку предсказаний. Таким образом, оно полностью соответствует сформулированному принципу работы мозга.

Множество  $PR(M)$  дает нам в определенном смысле **"Вероятностную Теорию" - Теорию предсказания** предметной области. Анализ множества  $PR(M)$  показывает, что его невозможно получить никакими правилами логического вывода. Вероятностная Теория выводится вероятностным выводом, не основанным на правилах вывода. "Вероятностная Теория" понимается здесь не как формальная система, объединяющая теорию вероятностей и логику первого порядка, как это до некоторой степени делается в работах по вероятностной логике и "количественным дедукциям" [14, 15, 20], а **ближе к логике, как множество утверждений с максимальными значениями истинности или оценок** (в нашем случае максимальными значениями оценок условных вероятностей).

В заключение отметим, что множество  $PR(M)$  не является слишком большим. Понятие вероятностной закономерности было введено автором с целью разработки метода обнаружения закономерностей [29]. Автор был детально знаком с Теорией Функциональных Систем еще до разработки этого метода, и поэтому метод [29] рассматривался автором так же, как реализация формальной модели нейрона. Метод обнаружения закономерностей был реализован и успешно применялся для решения большого числа практических задач [29 - 35]. Опыт решения задач показал, что множество  $PR(M)$  эффективно решает практические задачи даже на малых ЭВМ.

#### **6.6. Новая формальная модель нейрона.**

**Гипотеза: Функция нейрона состоит в вероятностном выводе всех вероятностных закономерностей между его входом и выходом** (для всех функциональных систем, в которые он вовлечен). У каждого нейрона есть рецептивное поле, стимуляция которого всегда безусловно возбуждает его выход. Вероятностные закономерности обнаруживают закономерные связи между входными возбуждениями, приходящими из разных отделов мозга на его синапсы, и выходными возбуждениями. **Нейрон реагирует на те и только те возбуждения входов, которые являются либо возбуждениями от рецептивного поля, либо условиями хотя бы одной из выработанных им вероятностных закономерностей.**

Нейрон даже по своему внешнему виду похож на дерево вывода: на выходе у него один прогнозируемый предикат, а на входе - несколько тысяч синапсов. Функция нейрона состоит в ассоциации вероятностными закономерностями входных сигналов с выходным.

Нейроны в разных состояниях возбудимости коры (бодрствование, мотивация, эмоция, ориентировочно-исследовательская реакция, сон и т.д.) имеют разный порог срабатывания. **Под порогом срабатывания нейрона** будем понимать то минимальное значение условной вероятности закономерности, которое в состоянии возбудить нейрон. Таким образом, при пороге нейрона а только закономерности с оценкой условной вероятности не ниже чем а в состоянии возбудить нейрон. **Эмоции и ориентировочно-исследовательская реакция способны изменять этот уровень.**

Известно, что в процессе выработки условных связей, а также при замыкании условных связей на уровне отдельного нейрона скорость проведения импульса от условного раздражителя к аксону нейрона, т.е. **скорость ответа нейрона на условный сигнал, тем выше, чем выше вероятность получения полезного Результата** в ответ на данный условный сигнал. Быстро проведенный импульс может затем затормозить активность других клеток. Это доказывает, что **мозг интересуется прежде всего высоковероятная прогнозирующая информация.** Поэтому нейрон всегда срабатывает прежде всего на самые сильные закономерности, имеющие максимальные оценки условной вероятности.

## 7. Вывод основных свойств Теории Функциональных Систем и ориентировочно-исследовательской реакции из новой формальной модели нейрона;

### 7.1. Объяснение ориентировочно-исследовательской реакции.

Смысл ориентировочно-исследовательской реакции состоит в том, чтобы понизить уровень возбудимости нейронов так, чтобы заставлять возбуждаться нейрон даже в ответ на слабые закономерности (с невысокой условной вероятностью, естественно, при отсутствии более сильных). В этом случае **фиксируемая модель как множество возбужденных нейронов становится достаточно большой, и общее число возбуждений сильно увеличивается**. Поскольку все эти возбуждения могут участвовать в выработке условных связей, то объем информации и число предикатов, которые могут использоваться для "усиления" вероятностных закономерностей, резко возрастает. Это облегчает выработку условных связей между возбуждениями, расположенными далеко друг от друга и не имеющими возможности вступить в контакт в обычных условиях. Как только условная связь закрепится и условная вероятность предсказания выхода нейрона приблизится к 1, для возбуждения нейрона уже не потребуется специальное понижение уровня срабатывания, поэтому ориентировочно-исследовательская реакция угасает, а множество поступающих на вход нейрона возбуждений падает. Остаются только те предикаты, которые закрепились и могут вызвать реакцию нейрона при высоком уровне срабатывания.

При выработке условных связей на стимулы a, b, c, d с участием ориентировочно-исследовательской реакции происходит следующее. Пусть a - избранный нами условный сигнал, например, звонок, тогда b, c и d - стук кормушки, вид хлеба и действие хлеба на вкусовые рецепторы языка (безусловный раздражитель) соответственно. Предположим, что на вход нейрона с выходом d приходят все три стимула a, b, c. В условиях ориентировочно-исследовательской реакции это вполне возможно. В соответствии с нашей гипотезой этот нейрон автоматически вероятностным выводом находит первое по времени событие, которое обеспечивает с вероятностью близкой к 1 предсказание события d, т.е. он устанавливает условную связь от события a к событию d. При этом участие промежуточных событий b, c в выработке условной связи не требуется, так как они практически не увеличивают условной вероятности и как "несущественные" для предсказания предикаты будут исключены из вероятностной закономерности. Таким образом, традиционная логика рассуждений  $a \text{ Ю } b \text{ Ю } c \text{ Ю } d$  "обходится" мозгом, и вся цепочка вывода автоматически заменяется одной связью  $a \text{ Ю } d$ . Происходит "сужение афферентации". Замена всех логических цепочек рассуждений одной связью выполняется нейроном автоматически.

### 7.2. Объяснение свойств Теории Функциональных Систем исходя из новой формальной модели нейрона.

**7.2.1. Афферентный синтез.** Если после успешного действия, приведшего к увеличению вероятности удовлетворения потребности и положительным эмоциям (или уменьшению отрицательных), закрепился "след" возбуждения, то он прежде всего ассоциировал мотивационное возбуждение, которое обозначим MB, санкционирующую афферентацию (от эмоций) и другие возбуждения с выходом нейрона. Поэтому "следом" будет множество M нейронов, получивших эмоциональное подкрепление  $M = \{ \langle \langle MB, P_{i1}, O_{i1}, \dots, O_{ik} \rangle \text{ о } P_{i0} \rangle_i \}$ ,  $i \in O \text{ I}$ , где  $P_{i1}$  - возбуждение от двигательного нейрона, поступающее по коллатералям, I - множество подкрепленных нейронов. Множество всех предикатов  $\{O_{i1}, \dots, O_{ik}\}$ , где  $i \in O \text{ I}$ , представляет собой всю обстановочную афферентацию (но не только ее), фиксирующую обстановку возникновения данного "следа". В процессе выработки условного рефлекса в одной и той же экспериментальной обстановке закрепляется множество различных "следов" и соответственно различные пересекающиеся множества I нейронов. В результате будут обнаружены закономерные связи, отражающие взаимосвязь обстановки и получаемого Результата. В закономерности будут входить только те возбуждения обстановки, которые действительно связаны с предсказанием Результата и всегда присутствуют в ней.

Какие это возбуждения? Это прежде всего обстановочная афферентация. Если нет всего комплекса возбуждений, соответствующих обстановке эксперимента, то Результата и подкрепления не будет. **Поэтому весь комплекс возбуждений, соответствующий обстановке, будет обнаружен в закономерных связях нейронов.** Более того, закрепятся

становке, будет обнаружен в закономерных связях нейронов. Более того, закрепятся все взаимопредсказания элементов обстановки, которые стандартно соответствуют эксперименту, так как вся эта информация одновременно присутствует в экспериментальной обстановке и, значит, возбуждает все соответствующие нейроны. Поэтому малейшие изменения в данной обстановке сразу же приведут к рассогласованию между предсказанием и наличной стимуляцией. **Рассогласование воспринимается единичным нейроном как его одновременное возбуждение и торможение разными закономерностями, т.е. как противоречие.** В результате возникнет **ориентировочно-исследовательская реакция**, которая исследует возникшее изменение. Следует заметить, что весь комплекс возбуждений, соответствующий обстановке, - это не "фотографическая" фиксация обстановки, а закономерная. При фотографической фиксации в каждом эксперименте отличалось бы большое количество признаков - одежда экспериментатора, погода, различные шумы и т.д., но эти признаки случайно меняются и поэтому не войдут в закономерности, вырабатываемые нейронами по статистическим соображениям. Войдут в закономерности только те признаки (и именно для их выделения нужно время обучения), которые почти всегда присущи экспериментальной обстановке. Они-то и составляют комплекс возбуждений, соответствующий обстановке эксперимента.

**Пусовая афферентация является частью обстановочной, только приуроченной к определенному моменту во времени.** Она также будет обнаружена в закономерностях нейронов.

Но не только обстановочную афферентацию, которую будем обозначать  $\{O_{i1}, \dots, O_{ik}\}$ , содержат возбуждения нейрона  $i$  О. I. Среди этой информации есть также афферентация от всех совершенных действий, поступающая от нейронов, дающих команды к действию (например, активация мышц, команды на внутренние органы, тонические влияния и т.д.), и афферентация от суставов, мышц, внутренних органов, тактильная афферентация, фиксирующая последствия совершенных действий. Каков смысл обнаружения закономерностей между этой афферентацией и возбуждениями нейронов? **Смысл этих афферентаций в том, чтобы автоматически формировать модель Акцептора Результатов действий.** Как это происходит? Если после возбуждения  $P_{i1}$  некоторого моторного нейрона будет возбуждена афферентация  $AP_{i1}$ , фиксирующая напряжение мышц или состояние сустава, сообщающая о том, что требуемый для успешного осуществления следующего действия  $P_{i2}$  Результат  $AP_{i1}$  предыдущего действия  $P_{i1}$  достигнут, и если действие  $P_{i2}$  приблизит Цель и тем самым увеличит вероятность прогноза о достижимости конечного Результата, то сочетание стимулов  $P_{i1} \& AP_{i1}$  закрепится возникающей от увеличения вероятности достижимости конечного Результата положительной эмоцией. Получим закономерность вида  $\langle MB, P_{i1}, AP_{i1}, O_{i1}, \dots, O_{ik} \rangle \circ P_{i2}$ , фиксирующую необходимость предыдущего действия  $P_{i1}$  и "контроля" достигнутого Результата  $AP_{i1}$  для возбуждения нейрона  $P_{i2}$ . Так как условия  $P_{i1}, AP_{i1}$  действительно необходимы для успешного осуществления следующего действия  $P_{i2}$  и вероятно "существенны" для его предсказания (удаление любого из условий уменьшает вероятность предсказания Результата), то они автоматически будут обнаружены нейроном  $\langle MB, P_{i1}, AP_{i1}, O_{i1}, \dots, O_{ik} \rangle \circ P_{i2}$  как вероятностная закономерность. Поэтому **Акцептор Результатов действия - афферентация о достигнутом Результате - всегда автоматически формируется как необходимая для высоковероятного прогноза достижимости результата дополнительная афферентация.** Функция "контроля" достижения Результата предыдущего действия осуществляется автоматически, так как нейрон  $\langle MB, P_{i1}, AP_{i1}, O_{i1}, \dots, O_{ik} \rangle \circ P_{i2}$  просто не сможет "сработать" (возбудить выход  $P_{i2}$ ), если не выполнено одно из его условий  $AP_{i1}$  - "контроль" достижения Результата (несмотря на существующую обстановочную афферентацию  $O_{i1}, \dots, O_{ik}$ ). П.К.Анохин писал, что Акцептор Результатов действия есть аппарат, как предвосхищающий достижение Результатов, так и ожидающий их получения и сравнивающий ожидание с полученной афферентацией. Такое предвосхищение и ожидание и осуществляется данным нейроном.

Если для достижения некоторой конечной Цели  $P_{i0}$  мы на этапе принятия решений установили, что надо совершить последовательность действий  $P_{i1}, P_{i2}, \dots, P_{i0}$ , то вероятность прогноза достижения Цели может быть определена по закономерности  $\langle MB, P_{i1}, P_{i2}, \dots, P_{i0} \rangle \circ P_{i0}$ , формируемой нейроном  $P_{i0}$ . В этой закономерности у нас нет обратных афферентаций о совершенных действиях, поэтому ее вероятность может быть не слишком высока. Если же мы успешно завершим хотя бы первое действие  $P_{i1}$  и получим

обратную афферентацию  $AP_{i1}$  о его успешном завершении, то сможем предсказать достижимость конечного Результата уже по более сильной вероятностной закономерности  $\langle MB, P_{i1}, AP_{i1}, P_{i2}, \dots, P_{in} \rangle$  о  $P_{i0}$ . Более сильная закономерность увеличивает вероятность достижимости конечного Результата и поэтому вызывает положительные эмоции, которые закрепляют связку  $P_{i1} \& AP_{i1}$  в закономерностях  $\langle MB, P_{i1}, AP_{i1}, O_{i1}, \dots, O_{ik} \rangle$  о  $P_{i2}$  и  $\langle MB, P_{i1}, AP_{i1}, P_{i2}, \dots, P_{in}, O_{i1}, \dots, O_{ik} \rangle$  о  $P_{i0}$ . Следовательно, **Результаты как факторы, увеличивающие вероятность прогноза достижимости конечных Результатов, всегда автоматически фиксируются в вероятностных закономерностях и автоматически обнаруживаются нейронами. Стремление к положительным эмоциям, получаемым при увеличении вероятности достижимости Результата после достижения некоторого промежуточного Результата, одновременно означает стремление к достижению всех промежуточных Результатов, найденных закономерностями. Так что стремление к положительным эмоциям заставляет достигать Результаты. Поэтому все промежуточные Результаты определяются вероятностным прогнозированием, и только достижение именно этих промежуточных Результатов, максимально увеличивающих вероятность прогноза, вызывает положительные эмоции.**

Теперь можно определить, что такое условный "стимул-первопричина". Это такая афферентация, которая в соответствии с определением вероятностной закономерности максимально увеличивает вероятность предсказания достижимости конечного Результата. Она, естественно, является первой по времени, на которую обращает внимание животное, человек, так как именно первая существенно увеличивает предсказание достижимости конечного Результата. С точки зрения вероятностного прогнозирования нет разницы между афферентацией от Результатов и от условных "стимулов-первопричин".

**Перейдем к объяснению Теории Функциональных Систем.**

**Рассмотрим этапы афферентного синтеза.**

**7.2.1.1. Мотивационное возбуждение.** Под мотивационным возбуждением будем понимать некоторое выделенное возбуждение, удовлетворяющее следующим условиям:

1) если оно сильно, то вызывает отрицательные эмоции - специальное возбуждение, которое тем сильнее, чем меньше вероятность предсказания удовлетворения потребности, т.е. мотивационное возбуждение тем сильнее, чем меньше вероятность возбуждения санкционирующей афферентации (в том числе санкционирующей афферентации определенного качества) и последующего торможения ею мотивационного возбуждения (или, если нет санкционирующей афферентации, чем меньше прогнозируемая вероятность прямого торможения мотивационного возбуждения);

2) отрицательные эмоции усиливаются всякий раз при уменьшении вероятности предсказания удовлетворения потребности. Это усиление фиксирует как "ложный след" все нейроны, активность которых привела к такому действию. В этом случае частота  $h = n/s$  сработавших (возбудивших нейрон) закономерностей изменяется до  $h = (n-1)/s$ , где  $s$  - число тех случаев подкрепления, когда были выполнены условия закономерностей, т.е. когда были возбуждены все предикаты посылки;

3) если какое-либо действие привело к увеличению вероятности возбуждения санкционирующей афферентации (в том числе определенного качества), то это вызывает положительные эмоции, фиксирующие "след";

4) фиксация "следа" происходит также в случае совершения таких действий, которые приводят к увеличению вероятности прямого торможения мотивационного возбуждения;

5) сила мотивационного возбуждения и связанной с ней отрицательной эмоции падает (тормозится тормозными синапсами) при получении высоковероятного прогноза о будущем торможении мотивационного возбуждения, прямом или санкционирующей афферентацией;

6) при высокой вероятности достижения Результата определенного качества отрицательных эмоций как реакции на невозможность или малую вероятность достижимости Результата может вообще не быть, могут существовать только положительные эмоции как реакция на высоковероятный прогноз санкционирующей афферентации определенного качества. Но отрицательные эмоции возникают сразу же и фиксируют "ложный след", как только происходит уменьшение вероятности достижения Результата определенного Качества.



7.2.1.2. **Память.** Если Результат достигался в разных обстановках, то **мотивационное возбуждение автоматически извлечет только тот опыт, который соответствует данной обстановке, так как возбудиться смогут только те нейроны, закономерности которых содержат в качестве условий возбуждения, соответствующего данной обстановке.**

Если обстановка является новой и никакой опыт не извлекается из памяти, то тогда нет прогнозирования достижимости Результата, и это сразу же вызывает отрицательные эмоции, которые в силу их компенсаторного действия вызывают понижение уровня срабатывания нейронов и тем самым позволяют возбуждаться нейронам по слабым закономерностям. Это приведет к извлечению из памяти по данным закономерностям способов действия, свойственных менее похожим на данную обстановку ситуациям. В крайнем случае сильные эмоции могут привести к выбору действий по доминанте, что означает безусловное возбуждение нейронов доминанты и игнорирование приобретенного опыта.

7.2.1.3. **Обстановочная афферентация.** Как мы видели, она естественным образом учитывается при извлечении опыта из памяти - извлекается только тот опыт, который применим в данной обстановке.

7.2.1.4. **Пусковая афферентация.** Она является разновидностью обстановочной, только приуроченной к определенному моменту во времени.

7.2.2. **Принятие решений.** После извлечения из памяти всего опыта, применимого в данной обстановке для достижения Цели, происходит принятие решения о выборе конкретного Плана действий. **Оценкой Плана при его выборе является предвосхищение получаемой в результате эмоции** (энергетические затраты также учитываются эмоциями). Мысленный перебор возможных способов достижения Цели осуществляется предвосхищением метода проб и ошибок. Воображение, как это следует из психологических теорий, - это и есть предвосхищение, которое осуществляется так же, как и вероятностное прогнозирование.

7.2.3. **Акцептор Результатов действия.** Автоматическое формирование Акцептора Результатов действия было объяснено выше.

7.2.4. **Эфферентный синтез.** Следует отметить, что совершенствование исполнительного аппарата и эффективности осуществленных действий происходит по тем же механизмам, что и формирование Акцептора Результатов действия и поиск условных "стимулов-первопричин". Только в случае эффекторных механизмов это приводит к автоматическому поиску наиболее адекватных и точных афферентаций о Результатах совершенных действий и, по существу, к поиску афферентаций, максимально точно контролирующих все этапы совершения действий.

Переход к более совершенным способам действий требует также изменения и активностей командных нейронов, что означает замену плана действия на более эффективный. Это осуществляется на этапе принятия решения. Для того что бы принять решение о максимально эффективном действии, есть достаточно информации, когда нейроны хорошо обучены.

7.3. **Первичность Предсказания и Принципа опережающего отражения действительности по отношению к Принципу мозг как система решения Задач.**

Как следует из предыдущего изложения, в процессе обучения нейроны сами находят ту обратную афферентацию, которая адекватно отражает достижение определенного Результата, поэтому **обратная афферентация о достигнутом Resultate** также определяется требованиями достижения максимального предсказания. **С точки зрения понятия Цели сами Критерии Достижения Результатов - обратная афферентация - начинают определяться требованиями наилучшего Предсказания.** Тем самым вся система промежуточных Результатов, их иерархия и модель также определяются в процессе обучения функциональных систем требованиями максимального предсказания конечного Resultata. Для начала обучения функциональных систем достаточно "скелетов" функциональных систем, доминант и импринтинга. Никакие другие действия не нужны. Более того, они помешали бы выработать адекватную обстановке, сложившейся экосистеме, биогеоценозу, популяции функциональную систему.

Если в процессе формирования функциональной системы некоторое действие может быть **автоматизировано**, как, например, вождение автомобиля, езда на велосипеде, плавание и т.д., то ориентировочно-исследовательская реакция и эмоции исчезают. Это в точ-

ности соответствует теоретическому результату в работе [25] о том, что когда вероятностный вывод уже более невозможен потому, что оценки предсказания стали практически равны 1, полученные правила по существу становятся логическими и вполне подчиняются **логическому выводу**. Следовательно, **автоматизация действий означает переход от вероятностного вывода к логическому**. Поэтому **логический вывод, иерархия и модель Результатов являются конечными Результатами процесса обучения и вероятностного вывода, а не начальной стадией описания Задач и ситуаций, как принято считать в области Искусственного Интеллекта**. Таким образом, **первопричиной является предсказание, а логический вывод появляется только в самом конце обучения**.

Когда же действие не может быть полностью автоматизировано в силу принципиального вероятностного характера достигаемых Результатов, связанных с вероятностной характеристикой внешней среды, например, при выполнении сложных навыков, ловле дичи, поиске пищи и т.д., тогда оно всегда сопровождается некоторой ориентировочно-исследовательской реакцией, эмоциями и вниманием. Несмотря на вероятностный характер достигаемых промежуточных Результатов, обратная афферентация о достижении этого результата как условный "стимул-первопричина" всегда определен практически однозначно тем, что это та афферентация, которая максимально позволяет прогнозировать достижение конечного Результата. **Достижение неавтоматизированных Результатов всегда сопровождается эмоциями как награда (наказание) за увеличение (уменьшение) вероятности достижения Результата**. Таким образом, **эмоции играют двойную роль**: во-первых, определяют сами Результаты путем определения обратной афферентации как "стимулов-первопричин", а, во-вторых, в случае, когда достижение Результата имеет вероятностный характер, постоянно "санкционируют" достижение Результата и тем самым, с одной стороны, "награждают" ("наказывают") успех (неуспех) достижения Результата, с другой - постоянно продолжают (своим санкционирующим действием) искать более сильные закономерности и пытаются автоматизировать процесс. Это ведет к постоянному непроизвольному совершенствованию **навыков и интуиции**, т.е. профессионализации навыков.

Что означает **совершенствование интуиции**? Это лучше всего продемонстрировать на примере знаний экспертов. В рамках направления Искусственный Интеллект сформировалось направление Экспертные Системы, основной задачей которого является "извлечение" знаний из эксперта. Принципиальная трудность построения экспертных систем состоит в том, что очень часто эксперт не в состоянии сказать, по каким неуловимым признакам он ставит, например, диагноз. Опытный врач получает большой объем информации уже при первом взгляде на больного. Известен, например, такой эксперимент: мужчинам показывали фотографии женщин, у некоторых из которых были чуть подретушированы (увеличены) зрачки. Такие фотографии нравились больше, хотя никто не в состоянии был ответить почему. Автоматически выискивая дополнительную информацию, позволяющую лучше предсказывать, человек автоматически, бессознательно находит множество дополнительной информации, инвариантов по Дж.Гибсону. При этом он принципиально не в состоянии их осознать. Более того, попытка заставить эксперта вербализировать, осознать или сформулировать эти признаки приводит к тому, что эксперт "портит" свою интуицию. Он оказывается в положении сороконожки, которую заставили задуматься, как она ходит. Поэтому при "извлечении" знаний из эксперта "инженерам по знаниям" запрещено "пытаться" эксперта или заставлять его задумываться.

Однако **интуиция** как автоматический поиск условных "стимулов-первопричин" проявляется не только в обогащении профессиональных навыков эксперта. **Она проявляется также во "вживании" в родные места, в близких людей и т.д.** В этом процессе также выявляются такие тончайшие характеристики внешней стимуляции, которые позволяют сразу же предсказывать всю "гамму" эмоций, связанных с определенными явлениями, родными местами или близкими людьми.

**Интуиция** состоит не только из множества неуловимых признаков. Более интересное ее свойство, также вытекающее из принятой формальной модели нейрона, состоит, как утверждают феноменологи, в **"интуитивном усмотрении сущностей"**. Но этот эффект может быть и будет объяснен только после изложения психологических теорий.

## Библиографический список

1. Гибсон Дж. Экологический подход к зрительному восприятию. М.: Прогресс, 1988. С. 462.
2. Найсер У. Познание и реальность. Смысл и принципы когнитивной психологии. М.: Прогресс, 1981. С. 230.
3. Анохин П.К. Опережающее отражение действительности // Философские аспекты теории функциональных систем. М.: Наука, 1978. С. 7 - 27.
4. Он же. Философские аспекты теории функциональных систем // Философские аспекты теории функциональных систем. М.: Наука, 1978. С. 27 - 48.
5. Ершов Ю.Л., Самохвалов К.Ф. О новом подходе к философии математики // Структурный анализ символьных последовательностей. Новосибирск, 1984. С. 141 - 148. Вып. 101: Вычислительные системы.
6. Анохин П.К. Проблема принятия решения в психологии и физиологии // Проблемы принятия решения. М.: Наука, 1976. С. 7 - 16.
7. Судаков К.В. Общая Теория Функциональных Систем М.: Медицина, 1984. С. 222.
8. Анохин П.К. Роль ориентировочно-исследовательской реакции в образовании условного рефлекса // Анохин П.К. Системные механизмы высшей нервной деятельности: Избр. тр. М.: Наука, 1979. С. 338 - 352.
9. Симонов П.В. Эмоциональный мозг. М.: Наука, 1981. С. 140.
10. Он же. Высшая нервная деятельность человека (мотивационно-эмоциональные аспекты). М.: Наука, 1975. С. 173.
11. Fitting M.C. Logic Programming on a Topological Bilattices // Fundamenta Informatica. 1988. V. 11. P. 209 - 218.
12. Shapiro E. Logic Programs with Uncertainties: A Tool for Implementing Expert Systems // Proc. IJCAI '83, Williams Kauffman. 1983. P. 529 - 532.
13. Kifer M., Subrahmanian V.S. Theory of Generalized Annotated Logic Programming and its Applications // Research report. University of Maryland, USA, 1990.
14. Ng R.T., Subrahmanian V.S. Probabilistic reasoning in Logic Programming // Proc. 5th Symposium on Methodologies for Intelligent Systems, Knoxville. North-Holland, 1990, P. 9 - 16.
15. Ng R.T., Subrahmanian V.S. Annotation Variables and Formulas in Probabilistic Logic Programming // Technical Report CS TR-2563. University of Maryland, 1990.
16. Gaifman H. Concerning measure in first order calculi // Israel journal of Math. 1964. V. 2. N 1. P. 1 - 18.
17. Nilsson Nils J. Probability logic // Artif. Intell. 1986. V. 28. N 1. P. 71 - 87.
18. Hailperin T. Probability Logic // Notre Dame J. of Formal Logic. 1984. V. 25. N. 3. P. 198 - 212.
19. Halpern J.Y. An analysis of first-order logics of probability // Artificial Intelligence 1990. V. 46. P. 311 - 350.
20. Scott D.S. Krauss P. Assigning Probabilities to Logical Formulas // Aspects of Inductive Logic. (ed. J. Hintikka, P. Suppes). N. Holland, 1966. P. 219 - 264.
21. Adams Er.W. The logic of conditionals // An application of probability to deductive logic // Synthese Library. 1975. V. 86.
22. Goncharov S.S., Ershov Yu.L., Sviridenko D.I. Semantic programming // 10th World Congress Information Processing 86, Dublin, Oct., 1986. Amsterdam, 1986. P. 1093 - 1100.
23. Shapiro E. Algorithmic Program Debugging // MIT Press. 1983. P. 204.
24. Van Emden M.N. Quantitative deduction and its fixpoint theory // J. Logic Programming. 1986. V. 3. N. 1. P. 37 - 53.

25. Витяев Е.Е. Семантический подход к созданию баз знаний. Семантический вероятностный вывод наилучших для предсказания ПРОЛОГ-программ по вероятностной модели данных // Логика и семантическое программирование. Новосибирск, 1992. С. 19 - 49. Вып. 146: Вычислительные системы.
26. Он же. Предсказание и индуктивный синтез ПРОЛОГ-программ по вероятностной модели данных (Prediction and inductive synthesis of PROLOG-pogamms by a pobabilistic model of data). // Новосибирск, 1990. С. 34. Препр. N 24.
27. Анохин П.К. Системный анализ интегративной деятельности нейрона // П.К.Анохин. Очерки по физиологии функциональных систем. М.: Медицина, 1975. С. 444.
28. Швырков В.Б. О системных основах психофизиологии // Системный подход к психофизиологической проблеме. Наука, М.: 1982. С. 10 - 22.
29. Витяев Е.Е. Метод обнаружения закономерностей и метод предсказания // Эмпирическое предсказание и распознавание образов. Новосибирск, 1976. С. 54 - 68. Вып. 67: Вычислительные системы.
30. Он же. Закономерности в языках эмпирических систем и законы классической физики // Эмпирическое предсказание и распознавание образов. Новосибирск, 1979. С. 45 - 56. Вып. 79: Вычислительные системы.
31. Он же. Обнаружение функциональных зависимостей с одновременным формированием понятий: Тез. докл. Вторая Всес. конф. по автоматизации поискового конструирования. Новосибирск, 1980. С. 171, 172.
32. Витяев Е.Е., Подколотный Н.Л. От экспертных систем к системам, создающим теории предметных областей // Компьютерный анализ структуры, функции и эволюции генетических макромолекул. Новосибирск, 1989. С. 264 - 282.
33. Витяев Е.Е. Логико-операционный подход к анализу данных // Комплексный подход к анализу данных в социологии: Тр. Ин-та Социол. исслед. АН. М., 1989. С. 113 - 122.
34. Он же. Обнаружение закономерностей (методология, метод, программная система SINTEZ). 1. Методология // Методологические проблемы науки. Новосибирск, 1991. С. 26 - 60. Вып. 138: Вычислительные системы.
35. Витяев Е.Е., Москвитин А.А. Введение в теорию открытий. Программная система DISCOVERY // Логические методы в информатике. Новосибирск, 1993. С. 117 - 163. Вып. 148: Вычислительные системы.

## Содержание

Предисловие	4
1. Принцип опережающего отражения действительности	7
2. Понятия Задачи и Цели	10
3. Теория Функциональных Систем работы мозга	13
3.1. Афферентный синтез	19
3.1.1. Мотивационное возбуждение	19
3.1.2. Память	20
3.1.3. Обстановочная афферентация	21
3.1.4. Пусковая афферентация	21
3.2. Принятие решения	21
3.3. Акцептор Результатов действия	21
3.4. Теория Функциональных Систем и парадокс Цели	23
3.5. Эффекторные механизмы функциональных систем	25
4. Принцип системного квантования поведения	26
4.1. Принцип системного квантования поведения	26
4.2. Системная организация врожденных форм поведения	27
4.3. Импринтинговая гипотеза формирования Акцептора Результатов действия	27
4.4. Ориентировочно-исследовательская реакция и ее роль в обогащении Акцептора Результатов действия	28
4.5. Системная организация приобретенного поведения	30
4.6. Системогенез и понятие Цели	31
5. Информационная Теория Эмоций П.В.Симонова	33
5.1. Формула эмоций	33
5.2. Переключающая функция эмоций	38
5.3. Подкрепляющая функция эмоций	38
5.4. Потребности как основа и движущая сила человеческого поведения	39
5.5. Положительные эмоции, потребности роста и Цель	41
5.6. Компенсаторная функция эмоций	42
5.7. Психофизиология воли	44
6. Взаимосвязь между двумя принципами работы мозга	
6.1. Взаимосвязь парадокса Цели и вероятностного прогнозирования	45
6.2. Критика аксиоматического подхода к знаниям	46
6.3. Семантический подход к формализации главной Цели работы мозга - вероятностного прогнозирования и предсказания	47
6.4. Критика гипотезы суммации возбуждений на уровне нейрона	48
6.5. Формализация принципа "мозг способен автоматически определять всю информацию, дающую максимальные оценки вероятности предсказания Результатов"	49
6.6. Новая формальная модель нейрона	53
7. Вывод основных свойств Теории Функциональных Систем	54
7.1. Объяснение ориентировочно-исследовательской реакции	54
7.2. Объяснение свойств Теории Функциональных Систем исходя из новой формальной модели нейрона	54
7.2.1. Афферентный синтез	54
7.2.1.1. Мотивационное возбуждение	56
7.2.1.2. Память	57
7.2.1.3. Обстановочная афферентация	57

7.2.1.4. Пусковая афферентация	57
7.2.2. Принятие решений	57
7.2.3. Акцептор Результатов действия	58
7.2.4. Эфферентный синтез	58
7.3. Первичность Предсказания и Принципа опережающего отражения действительности по отношению к Принципу "мозг как система решения Задач"	58
Библиографический список	60

Евгений Евгеньевич Витяев

Принцип работы мозга  
и процесс познания в науке и искусстве

Часть 1.

Физиологические теории.

Редактор О.В.Волохова

Подписано в печать  
Печать офсетная.  
Тираж 200 экз.

Заказ N

Формат 60х84/16.  
Уч.-изд.л. 4,25.  
Цена

Редакционно-издательский отдел Новосибирского университета; участок оперативной полиграфии НГУ; 630090, Новосибирск-90, ул. Пирогова, 2.

