

Н. М. АМОСОВ

М

МОДЕЛИРОВАНИЕ

**МЫШЛЕНИЯ
И ПСИХИКИ**

Н. М. АМОСОВ

МОДЕЛИРОВАНИЕ МЫШЛЕНИЯ И ПСИХИКИ



КИЕВ—1965

Т 534660

В книге видного советского ученого члена-корреспондента АМН СССР лауреата Ленинской премии Н. М. Амосова излагаются принципы переработки информации и моделирования в сложных живых системах. Предлагая свою оригинальную информационную гипотезу о программах психической деятельности человека (эмоции, сознание, подсознание, воля, творческий процесс), автор намечает пути моделирования их на современных электронно-вычислительных машинах.

Книга рассчитана на лиц, занятых в области кибернетики, медицины, психологии а также на более широкий круг читателей.

НИКОЛАЙ МИХАЙЛОВИЧ АМОСОВ
Моделирование мышления и психики

Печатается по решению Редакционной коллегии научно-популярной литературы АН УССР

Редактор С. М. Хазанет, Художественный редактор В. П. Кузь, Оформление художника А. П. Фаерчука. Технический редактор А. М. Лисовец, Корректор Л. П. Блажевич

БФ 02344. Зак. № 1186. Изд. № 263. Тираж 12000. Формат бумаги 70×108¹/₃₂. Печ. физ. листов 9,5. Условно-печатных листов 13,3. Учетно-издательских листов 12,76. Подписано к печати 19. VIII 1965 г. Цена 38 коп. Т. п. 1965, поз. 299.

Издательство «Наукова думка», Киев, Репина, 3.

Областная книжная типография Львовского областного управления по печати, Львов, Стефаника, 11.

ВВЕДЕНИЕ

Проблемы мышления и психики человека привлекали мыслителей всех времен. Ими занимались философы древности, естествоиспытатели средневековья, энциклопедисты эпохи Возрождения и ученые во все позднейшие века. И ныне психику изучают физиологи высшей нервной деятельности, психологи, психиатры и философы различных толков.

Маркс, Энгельс, Ленин в свое время прочно определили материалистическую сущность процессов мышления в философском плане: субстратом мышления является мозг, и все поведение человека определяется им. Однако некоторые ученые, придерживающиеся идеалистических взглядов, до сих пор не согласны с этим тезисом. Они утверждают, что в мышлении участвуют какие-то нематериальные в обычном понимании этого слова силы. В качестве примеров приводятся факты телепатии.

Объявить подобные наблюдения вымыслом было бы ненаучно. Поскольку есть сомнения в методической чистоте опытов по телепатии, нужно их проверить, используя достижения современной техники. Возможно, некоторые факты подтвердятся и будет зарегистрирована передача сведений без посредства обычных материальных носителей. Разумеется, это еще не дает оснований отказываться от материализма. Просто нужно искать новые физические силы, которые, возможно, проявляются только на уровне высокоорганизованных живых

существ. Подобное положение исключить нельзя, поскольку было бы ошибочным рассматривать процессы жизни только как результат взаимодействия таких крупных частиц, как атомы и молекулы. Если физика допускает существование более мелких элементов материи, чем элементарные частицы, то их участие в живых системах обязательно. Возможно, организм является тем индикатором, который позволяет обнаружить их действие при некоторых особых условиях.

Я допускаю возможность «беспроволочной» передачи психических воздействий, но полагаю, что значение их в поведении человека невелико.

Впрочем, пока это лишь рассуждения, так как достоверность телепатии все еще требует подтверждения.

Важно другое. Слишком мало признавать мозг материальным субстратом психики. Нужно показать, каков механизм его деятельности, как управляет он поведением человека. Тогда само собой отпадет множество сомнений и исчезнет желание привлекать чудеса для объяснения некоторых наших поступков. Сделать это очень трудно. Мозг состоит из многих миллиардов различных нервных клеток. В свою очередь каждая клетка построена из огромного числа молекул разных типов. Мы уже не сомневаемся в том, что взаимоотношения этих клеток и молекул определяют поступки людей. Но окончательным, все проясняющим доказательством явятся модели, которые представят структуру мозга и воспроизведут его функцию, то есть поведение человека.

Мне кажется ошибочным утверждение некоторых философов, будто целостная деятельность очень сложной системы не может быть сведена к сочетанной функции составляющих ее более простых элементов. Такая точка зрения делает принципиально невозможной ис-

кусственную модель, воспроизводящую основные функции сложной системы. Утверждать так — все равно что заявлять: «Мозг материален, мышление — его функция, но понять его деятельность невозможно». Высшая форма понимания системы — это воспроизведение ее структуры и функции если не полностью, то, по крайней мере, в главных проявлениях, и человеку оно под силу.

До недавнего времени о действующих моделях сложных систем, состоящих из астрономического числа элементов, нельзя было даже мечтать. «Детали», из которых человек строит свои модели, были слишком крупными и «мертвыми», неспособными к изменениям. Теперь положение изменилось или, во всяком случае, изменяется.

Техника дает нам новые элементы: вначале электронные лампы, затем полупроводники, ныне — тонкие пленки и микроминиатюрные схемы. Появилась реальная возможность создавать искусственные действующие системы огромной сложности, высокой надежности и колоссального быстродействия. Принципиально возможно создать модель, приближающуюся по сложности к мозгу. Все дело в том, как расположить в ней элементы, чтобы при их взаимодействии она более или менее полно повторяла живой организм. Иначе говоря, задача состоит в том, чтобы создать машины, имеющие такие же программы деятельности, как и мозг.

К сожалению, на этом пути есть еще много препятствий. Прежде всего — мы плохо знаем структуру и функцию мозга. Физиологи имеют лишь очень приблизительные модели, изображаемые схемами на бумаге и описанные словами. Большого от них пока нельзя и требовать, так как их средства моделирования — познания весьма ограничены. В самом деле, чрезвычайно трудно разобраться в сложнейшей схеме мозга — этого

аппарата, состоящего из миллиардов элементов и во много раз большего числа связей между ними, заключенных в объеме, чуть превышающем кубический дециметр. В ближайшем обозримом будущем нельзя рассчитывать на получение схемы мозга и описание его программ.

Что же, значит моделирование человеческого мышления и психики нужно отложить на неопределенное время? Признать, что в его работе участвуют «высшие силы» или что это принципиально невозможно из-за качественных особенностей психики, будто бы несводимой поэтому к расчету?

Нет оснований для такого пессимизма. Не стоит ожидать, пока анатомы и физиологи расшифруют мозг. У науки есть другой путь — изучать поведение человека как целостной системы и моделировать его элементами техники, даже не пытаясь соблюсти анатомическое или физиологическое подобие составным частям мозга. Природа изобрела много интересного, но человеческий гений вполне успешно конкурирует с ней.

Однако можно ли уже сейчас приступить к моделированию психики человека как целостной системы? Имеется ли для этого достаточно данных?

К сожалению — нет.

Поведение человека изучают две науки — психология (объектом ее являются здоровые люди) и психиатрия (объект — больные). Обе они находятся на таком уровне развития, что пока не могут дать материалов для моделирования. Дело в том, что обязательным условием создания всякой модели является расчет, количественные закономерности. Названные же науки до сих пор манипулировали почти исключительно качественными понятиями. Для описания своих систем они пользовались словами, несложными графическими схе-

мами и лишь очень редко — цифрами (да и то в сугубо частных вопросах).

Пожалуй, психологов и психиатров в этом винить не стоит: поведение человека очень сложно и разнообразно. Оно определяется множеством различнейших влияний — внешних и со стороны тела. До недавнего времени разнообразие это улавливалось только органами чувств и описывалось словами. Инструментальные средства восприятия и регистрации были весьма ограничены.

Ныне возможности объективного изучения психики человека резко возросли. Сложные технические системы — универсальные или специальные вычислительные машины — способны одновременно воспринимать и запоминать самую разнообразную информацию в течение длительного срока. Существуют методы обработки этой информации, позволяющие быстро отобрать необходимые сведения либо найти неизвестные. Правда, еще нет оснований преувеличивать возможности этих машин в отношении логических операций, но они возрастают с каждым годом. Уже сейчас машины могут активно хранить в памяти столько сведений, касающихся пока более или менее узких вопросов, сколько не в состоянии запомнить человек. И самое важное — они могут быстро ими манипулировать.

Все это позволит выразить сущность человека набором цифр, тем большим, чем подробнее мы хотим ее отобразить. Конечно, еще очень далеко то время, когда цифровая модель будет исчерпывающей, но ее вероятность, то есть степень совпадения с оригиналом, уже теперь может быть значительно выше, чем вероятность моделей, хранящихся в нашей памяти и выражаемых словами.

Предварительно, разумеется, нужно разработать методику исследований, опирающуюся на соответствующие технические средства, и коды, позволяющие шифровать цифрами получаемые результаты. Нужны также программы для обработки получаемого цифрового материала. Все это, вместе взятое, можно назвать современной инструментальной или, быть может, «кибернетической» психологией.

Чтобы приступить к созданию этого нового направления в науке, необходима какая-то гипотеза о механизмах, или программах, поведения человека. Каждое исследование должно иметь цель, поставленную исходя из некоторых догадок. С помощью даже совершенной техники нельзя бессистемно изучать все, что регистрируют датчики, поскольку человек слишком сложен, чтобы можно было надеяться быстро нащупать ценные данные. Кроме того, психология и физиология уже накопили достаточно фактов и выдвинули немало предположений, позволяющих в общих чертах представить психику человека. Дальнейшие исследования на новом уровне, опираясь на количественные данные, должны обосновать одни предположения и отвергнуть другие.

В общем, нужна гипотеза о мышлении и поведении человека.

Гипотеза — это уже модель, выраженная словами или схемами. Она может быть широкой — обнимающей много сторон поведения системы-оригинала, либо узкой — описывающей частные вопросы. Она может быть общей или детальной. Так, например, задача физиологической гипотезы, расшифровывающей значение и взаимодействие различных анатомических и функциональных отделов мозга, в итоге сводится к характеристике поведения человека как целостной системы. Я уже говорил, что время для такой широкой и углуб-

ленной гипотезы еще не пришло, и я сомневаюсь в том, что ее можно будет построить, пользуясь старыми средствами. Однако многие частные гипотезы о влиянии тех или иных анатомических образований мозга на поведение человека достаточно обоснованы и пригодны для использования уже сейчас.

Можно составить гипотезу в чисто «информационном» плане. Это — построение психологическое, не опирающееся на анатомию мозга, а имеющее основой только наблюдение, по которому и создана некая структурная схема внутренних отношений, обеспечивающих необходимый эффект, по возможности похожий на поведение человека. Пожалуй, правомерно сказать, что это выдуманный человек, функционирующий как настоящий.

В предлагаемой читателю книге делается попытка изложить проект подобной гипотезы. К моделированию она имеет самое непосредственное отношение, поскольку:

1. Всякая гипотеза есть модель системы, выраженная разными кодами и средствами. Мы попытались сделать нашу модель более широкой и подробной.

2. Наша модель является алгоритмической, то есть по ней можно создать программы для вычислительных машин или технические задания для разработки специальных устройств, которые смогут воспроизвести в действующей искусственной системе те или иные положения гипотезы. Другими словами — это алгоритмы для эвристического моделирования. Разумеется, для получения их необходимо задаться многими цифрами, количественно характеризующими гипотетические взаимоотношения.

Эвристическое моделирование — столь же полноправный путь познания, как и экспериментальные ис-

следования. Эксперименты дают нам факты, на основании которых выводятся заключения о поведении системы; по этим заключениям проверяется гипотеза. Можно поступить наоборот: задаться некоторыми фактами и, построив на основании их гипотезу поведения, получить новые факты. Если они совпадут с данными последующих опытов — гипотеза верна.

Общая задача, стоящая перед всеми гуманитарными науками современности, заключается в повышении их точности: нужно отойти от качественных описаний и перейти к количественным моделям. Все это относится и к психологии. Ее задача — создать модели поведения человека. Разумеется, они будут вероятностными и притом многочисленными. Но для того и существует техника — чтобы суметь запомнить и выбрать. Нужно создать методы испытания психики, позволяющие оценить ее количественно с тем, чтобы иметь возможность отнести человека к той или иной модели. Лишь после этого мы сможем рассчитывать поведение отдельного человека и, что еще важнее, поведение коллектива различных людей при определенных условиях. Я убежден, что без таких расчетов в будущем станет невозможным планирование важных государственных мероприятий.

НЕКОТОРЫЕ ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ КИБЕРНЕТИКИ

Кибернетика дает общие закономерности деятельности естественных и искусственных систем. Я попытаюсь представить их в кратких чертах (считаю нужным оговориться, что некоторые положения не совпадут с общепринятыми). Начнем с основных понятий.

Система, программа, информация. Система представляет собой некоторое количество одинаковых или различных элементов, объединенных связями в нечто целое. В этой формулировке все условно, поскольку в качестве элементов можно рассматривать системы с прочными внутренними связями. В химических системах элементами являются атомы, в биологических — атомы и молекулы, в сложных организмах, кроме того, клетки. В человеческом обществе элемент — человек, а также, возможно, вещи, созданные им. Следовательно, элемент может быть очень сложным и поведение его далеко не определяется простыми законами физики и химии. Однако поведение это можно охарактеризовать статистически, в некоторых вероятностных границах. Элемент системы совсем не обязательно представлять как нечто строго структурное. Он обладает некоторой структурой и некоторой энергией, сложные зависимости между которыми различны для разных элементов.

В очень сложных системах элементы объединяются в подсистемы — группы, внутренние связи в которых прочнее внешних. Видимо, возможно количественное определение подсистемы в системе.

Связи — это воздействия элементов друг на друга, за счет которых последние объединяются в системы. Понятие воздействия совершенно условно. Проще всего под ним понимать передачу какой-то энергии. Однако воздействия осуществляются также через материальные частицы и тела (быть может, пока нет смысла глубоко вдаваться в этот вопрос). Жизненная практика подсказала некоторые представления о характере связей: различают внутренние и внешние, прочные и слабые связи. Внутренние соединяют элементы внутри системы, внешние тянутся к другим системам. Прочность связей, видимо, можно определить как количество энергии, которое передается от одного элемента к другому в процессе их взаимодействия, или как отношение этой энергии к общему ее количеству. Однако все это весьма относительно. Так, например, прочность связей между людьми нельзя выразить через энергию или материю в обычном их смысле.

Выделяются еще связи жесткие и гибкие. Чаще всего эти представления ассоциируются с пространственными отношениями между материальными элементами. При жесткой связи сохраняется постоянство пространственных отношений, при гибкой оно необязательно.

Наконец, очень важно понятие о прямых и обратных связях. Прямая связь представляет собой воздействие одного элемента на другой, при обратной происходит ответная реакция. Правда, при этом подразумевается и временное различие: сначала действует прямое влияние, потом возникает обратное, являющееся следствием первого. К сожалению, на практике далеко не всегда есть

возможность разграничить их: обратные воздействия могут быть сильнее первичных, а короткие разрывы во времени зачастую затушевывают причинную зависимость между ними.

Обратные связи делят на положительные и отрицательные. При положительной связи обратное воздействие суммируется с первичным и тем самым усиливает эффект на «выходе», при отрицательной, наоборот, обратное воздействие вычитается из первичного и уменьшает конечный эффект.

Если внешний раздражитель действует на систему, включающую положительные обратные связи, возможный предел конечного эффекта достигается быстро. При отрицательных же связях эффект на выходе нарастает медленно. Впрочем, многое зависит от так называемого коэффициента обратной связи, определяющего, какая часть эффекта на выходе возвращается на «вход», а также от времени (фазы) этого возвращения. При определенных условиях система может прийти в колебательное состояние или «пойти в разнос» и разрушиться.

Несмотря на кажущуюся условность понятий «элемент», «связь», «система», их можно выразить количественно в различных единицах, однако арсенала физики и химии для этого недостаточно. Необходимо привлечение новых понятий из теории информации.

В мире все изменяется. Внутри и вне систем, воздействуя друг на друга, иначе говоря, обмениваясь энергией или материальными частицами, элементы (и целые системы, что все равно) сами изменяются: иными становятся их структура, энергетический потенциал, способность оказывать влияние на другие системы.

Изменения системы не беспорядочны. Прежде всего они определяются ее структурой: свойствами элемен-

тов, характером связи между ними. В зависимости от этого система может воспринимать те или иные внешние воздействия и сама их оказывать. Одни системы воспринимают один вид энергии, другие — другой.

Возможное изменение системы в будущем, определяемое ее структурой, мне кажется удобным назвать программой. Каждая система, большая или малая, имеет множество программ. Все зависит от сложности структуры системы и ее восприимчивости к различным внешним воздействиям. Из многих программ реализуется та, которая включается данным внешним воздействием.

Можно представить бесконечное разнообразие программ. Чем сложнее система, тем их больше. Система, состоящая из двух элементов, имеет минимально возможное число вариантов их расположения. В системе, состоящей из миллиардов элементов, разнообразие их отношений бесконечно.

Однако в действительности возможное разнообразие изменений системы во много раз меньше теоретически мыслимого. От простого скопления элементов система отличается тем, что ее составные объединены внутренними связями: они вступают друг с другом в определенные, а не любые отношения. Поэтому число программ даже наиболее сложной системы конечно. Вероятность реализации каждой из них зависит от вероятности соответствующих внешних воздействий.

Выполнение программы — это изменение структуры системы. Уже первый шаг в реализации программы ведет к изменению системы. Но в свою очередь это означает, что изменились и возможные дальнейшие программы системы. Правда, существуют циклические изменения системы — с периодическим возвращением к первоначальному состоянию.

Каждое изменение элемента системы в процессе выполнения программы подчиняется законам физики. Чем меньше элемент (например, атомы в живом организме), тем короче его возможные программы. Сложные системы имеют сложные программы, охватывающие большие отрезки времени.

Программы сложной системы складываются из программ ее составных — элементов, подсистем. Все они носят вероятностный характер: выполнение их зависит от внешних воздействий прямо на данный элемент или через посредство других элементов.

Элементы и любые сложные системы взаимодействуют между собой через поля, частицы, тела. Если так можно выразиться, это физический аспект Вселенной. Однако кроме него есть и другой аспект — информационный. Особенно наглядно последний проявляется при взаимодействии сложных систем, когда они воздействуют друг на друга не только непосредственно самим физическим фактором, но и изменением его во времени или пространстве, взятым отдельно от физического носителя и выраженным другими физическими структурами. Можно сказать, что в этих случаях действует информация, выделенная из физического воздействия. Итак, информация — это изменение физического воздействия (или параметра системы) в пространстве и времени, взятое отдельно от его физического носителя. Она присуща всякому предмету, телу, системе, начиная от элементарных частиц и кончая космическими системами, поскольку они могут воздействовать на другие системы.

Однако выделить информацию из воздействия может только сложная система, способная отразить ее в собственной структуре в виде модели. В основе деятельности таких систем лежат физические явления взаимопре-

вращения различных видов энергии. Естественные и искусственные системы в состоянии выразить одни параметры через другие. Например, количество электрической энергии, проходящей через проводник, определяется через количество выделяющегося при этом тепла. Поскольку кванты света изменяют течение химических реакций, по результатам последних измеряют световой поток. Подобные превращения осуществляются в эквивалентных отношениях, однако далеко не всегда точно и по линейным зависимостям. В общем значительные изменения можно выразить через малые эквиваленты.

Информация и ее коды. Информация выделяется некоторой сложной системой, имеющей свою структуру и свои программы. Это значит, что система может изменяться определенным образом в силу присущих ей внутренних механизмов (программ), которые включаются или изменяются под влиянием внешних воздействий.

Моделирующие (информационные) системы могут характеризоваться совершенно различной сложностью структуры, а следовательно, и программ. Однако в самом общем виде программам выделения информации присущи общие черты. В них можно отметить следующие этапы:

1. Восприятие внешнего воздействия. В специальном блоке, состоящем из молекул (или более сложных частиц), происходит превращение воспринимаемой энергии (кванты, поле, механическая энергия колебаний) в какую-то иную, собственную, присущую этому блоку.

2. Накопление изменившихся под воздействием извне структур. Комплекс этих структур представляет собой временную модель внешнего воздействия за определенный отрезок времени. Процесс накопления таких моде-

лей можно назвать временным запоминанием, кратковременной памятью.

3. Сравнение временной модели воспринятого воздействия с постоянными моделями-эталопами. Для этой цели в памяти (постоянной структуре) хранятся какие-то комплексы-эталон. Количество их может быть самым различным в зависимости от сложности моделирующей системы (в простейшем случае — только один эталон). Кроме того, есть программа сравнения временной модели воспринятого воздействия с моделью-эталоном, которая может быть осуществлена во множестве вариантов.

Совпадение моделей при сравнении включает следующий элемент системы, формирующий «знак» — «порцию» собственной энергии системы, которая выдается вовне.

Таким образом, в результате выполнения своей программы информационная система превращает энергию воздействия в собственную, выделяет информацию и передает ее определенным кодом — порциями информации, представленными новыми физическими явлениями или структурами.

Эти наиболее общие черты выделения информации присущи любой системе — от простейшего датчика, отвечающего изменением электрического тока на колебания температуры, до самой сложной — человека, который на разнообразные внешние воздействия реагирует еще более разнообразно. В основе деятельности всех систем лежат собственные программы (то есть циклы изменений), определяющиеся структурой и характером включения извне. Этот общий тип программы одинаково присущ элементам, как первично выделяющим информацию, так и перерабатывающим ее на высших этажах сложной системы. Так, например, рецептор

превращает световой или тепловой поток в нервные импульсы, частота которых отражает интенсивность внешнего воздействия. С другой стороны, где-то на высших этажах нервной системы из этого потока импульсов выделяется новая информация, определяющая, светло или темно, холодно или горячо.

Количество выделяемой информации зависит от сложности программ воспринимающей информационной системы. Тем не менее целый ряд свойств объединяет системы, способные выделять информацию:

1. Первичные воспринимающие и кодирующие системы обычно чувствительны к одному виду энергии, и именно его они выбирают из многих других ее видов, возможно, действующих одновременно с одного объекта.

2. Программы систем таковы, что они обеспечивают разные отношения между воздействием и выдаваемыми порциями информации. Избирается не только вид энергии, но и ее пределы — «пороги». Кроме того, внутри этих пределов существуют различные количественные зависимости между входом и выходом, иначе говоря, различные степени нелинейности. В свою очередь нелинейность не постоянна — на нее оказывают влияние другие собственные программы системы. Всем известна чувствительность датчиков, зависящая от их «возраста», температуры и пр. В еще большей мере это относится к рецепторам, чувствительность которых определяется состоянием организма. Схематически такой процесс можно представить как изменение размеров (или вида) модели того эталона, с которым сравнивается временная модель порции воздействия. Кроме того, изменяется скорость формирования нового знака кода информации, например нервного импульса в рецепторе.

3. Отношения между величиной энергии, получаемой на входе, и энергией сигналов (знаков кода) на выходе бывают самыми различными. Система может работать как усилитель, превращая ничтожные внешние энергии в довольно сильные сигналы. Так действуют рецептор глаза и радиоприемник. В других случаях, наоборот, из очень сильного воздействия выделяется маломощный сигнал. Например: человек получает сильный удар, от которого он падает. Однако, помимо того, нервная система его через свои рецепторы выделяет информацию в виде массы слабых импульсов. Точно так же амперметр выделяет информацию о силе тока в кабеле, пропускающем тысячи ампер.

4. Важнейшим свойством является различие в кодах выделяемой информации. Сигналы на выходе информационной системы (датчика, рецептора, клетки высших этажей) соответствуют различным параметрам (или их изменениям) сигналов на входе. Так, например, датчик или рецептор может посылать импульсы пропорциональные: а) интенсивности воздействия, то есть количеству (иначе — скорости) энергии, воспринимаемому в единицу времени; б) общей сумме воспринятой энергии, начиная с момента ее поступления и до определенного предела насыщения; в) изменению интенсивности (ускорению) воздействия во времени или еще более высшим производным. Кроме перечисленных можно предположить несчетное число других вариантов: ответ на сумму или разность двух воздействий — по принципу суммирования в пространстве, ответ на разные комбинации из перечисленных параметров. Во всех случаях сигнал системы, иначе говоря, выделенная ею информация, определяется собственными программами этой системы.

Код — это сигнал на выходе моделирующей системы и одновременно его значение, то есть та порция

внешнего воздействия, которой он соответствует согласно программе выделения информации.

Если представить себе график функции $x=f(y)$, по которому изменяется внешнее воздействие, то при различных программах воспринимающей системы из него можно выделить очень много различных кодов информации. Например, несколько производных, интеграл (площадь) между определенными значениями можно изменить в зависимости от смещения осей координат, что соответствует суммированию с какими-то постоянными величинами. Наконец, зная другую функцию $y=\psi(z)$, можно получить суммарную зависимость и т. д.

Таким образом, количество информации, выделенное системой из внешнего воздействия, определяется только воспринимающей системой и может быть сопоставимо лишь при условии, что сравниваются подобные системы. Так, из внешнего вида и речи человека каждый из нас выделяет собственную информацию, собака — свою, муха — опять-таки свою, а, скажем, сложный аппарат — никакой, если у него нет соответствующей программы.

Информацию можно выделить из любого предмета, независимо от того, заложена ли она туда сознательно, как таковая.

Всякое выделение информации есть физический процесс, и потому само это понятие довольно условно и искусственно. Однако использование информационных понятий удобно и на современном уровне науки очень выгодно. Информация заменяет истинные физические явления их эквивалентами, также выраженными физическими знаками, но во многом более простыми и удобными для действий с ними. Животные и до недавнего времени люди пользовались информацией, не подозревая о ее существовании. В частности, вся математика,

да и любая наука вообще — чистая информация. Теперь ее «познали» и стали сознательно пользоваться главным образом для моделирования с помощью новых технических средств. В основе выделения информации лежат модель и память.

Модель — это структура (физическая модель, существующая самостоятельно или составленная из элементов более сложной моделирующей установки), в которой отражено изменение внешнего воздействия в пространстве или времени (информация). Степень сходства между моделью и объектом определяется программой создания данной модели в процессе выделения информации об объекте. Модель составляется из каких-то структурных элементов — из определенной последовательности «маленьких моделей»: знаков кода, эталонов.

Модели хранятся в памяти. Память — понятие сложное, имеющее несколько значений. С одной стороны, это — «хранилище» моделей: структура, в которой модели запечатлены, либо просто собрание их как физических систем. С другой стороны, память — это свойство сложных систем накапливать (хранить) информацию о воздействиях. Кратковременная память представляет собой совокупность моделей только что воспринятой информации, выраженной в структурах «входного кода». Они могут исчезать сразу после сравнения с постоянными (как в датчике) или оставаться еще на некоторое время (как модели образов в мозгу). Постоянная память хранит модели знаков кода, эталонов, модели программ (см. ниже). Наконец, система может иметь «выходную память», в которой отражена информация уже не в виде моделей входного кода, а в виде последовательности моделей знаков собственного кода.

В естественных моделирующих системах (в меньшей степени в механических) модели в памяти не остаются неизменными. Элементы, их составляющие, «живут» по своим программам и могут изменяться со временем. Отсюда — изменение моделей.

Переработка информации. Как уже говорилось, выделение информации — процесс физический. Знаки кода информации — физические величины (например, нервные импульсы, звуки, порции химических веществ). Если информация, выраженная физическими знаками-сигналами, передается по какой-то связи, то она вполне может рассматриваться как самостоятельное физическое воздействие, такое, в которое никто преднамеренно информацию не закладывал. Так, для мухи колебания воздуха, производимые человеческим голосом, ничем не отличаются от дуновения ветерка, хотя в первом случае в эти колебания вложена информация, а во втором — нет.

Отсюда поток первичной информации можно подвергнуть такой же обработке, как и любое физическое воздействие, иначе говоря, выделить из него новую информацию.

Вторичная информация выделяется по тем же принципам, что и первичная:

1. Воздействие (информация, выраженная физическими величинами) воспринимается, и из него создается временная модель, разбитая на порции.

2. По определенной программе производится сравнение моделей этих порций с моделями—эталоном знаков нового кода, хранящимися в постоянной памяти.

3. Каждый совпавший знак выдается на выход, в результате чего первичный поток информации поступает на новый канал связи уже перекодированным новым высшим кодом.

4. Вторичная информация может быть отражена в памяти в виде модели, составленной из последовательности новых знаков кода.

Из первичной информации можно выделить также множество вторичных кодов, как из первичного физи-

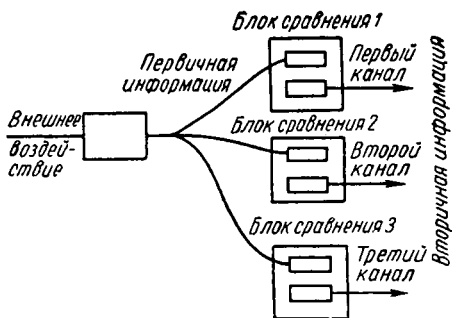


Рис. 1. Выделение вторичной информации.

В блоках сравнения 1, 2, 3 временная модель первичной информации сравнивается с моделями-эталонами разных кодов-качеств. Вторичная информация выдается тремя разными кодами.

ческого воздействия — мгновенную величину, сумму за промежутков времени (интеграл), производные, суммы и разности с другими функциями и т. д. Все дело в программе информационной системы и в знаках соответствующих кодов (рис. 1).

Для примера рассмотрим, как перерабатывается информация, выделяемая из звуков речи.

Орган слуха воспринимает колебания, кодирует их нервными импульсами, которые направляются в кору

головного мозга. На первом этаже ее формируется временная «модель звуков» — модели (образы) отдельных звуков, соединенных во времени. Интервалами она расчленена на порции, соответствующие словам. Последние сравниваются с постоянными моделями слов, которым соответствует свой код: каждому слову — комплекс клеток. В результате сравнения информация кодируется новым кодом — кодом слов и передается на следующий этаж коры. Там формируется новая временная модель информации, записанная уже более экономным кодом слов. Снова производится сравнение с моделями кода, на сей раз — кода фраз, и информация передается на следующий этаж. Там произойдет то же самое: выделение и моделирование высшего кода — смысла. На каждом этаже информация становится все более общей, абстрактной, но занимает все меньше места в памяти.

В речи используется только один код — звуков и соответствующих им букв. Выделение информации высших этажей производится в коре головного мозга каждого человека. Однако принципиально возможно составить код слов и даже код фраз. Конечно, полученное в результате этого множество знаков трудно было бы запомнить, но информация записывалась бы очень экономно. Собственно, именно это и производится в вычислительных машинах, пользующихся соответствующими «алфавитами» слов, понятий.

Очень важным является вероятностный принцип перекодирования. Порции информации, записанной низшим кодом, лишь приблизительно, а не точно соответствуют знакам высшего кода. Один высший знак может соответствовать нескольким вариантам низших моделей. Например, многие варианты фраз могут иметь приблизительно один смысл, многие варианты произ-

несения звуков соответствуют одному слову. При перекодировании информации высшим кодом часть ее неизбежно теряется: записанные слова утрачивают выразительность, свойственную произнесенным. Если бы можно было записать речь «смысловым кодом», исчезли бы различные оттенки фраз. Так, пересказанное содержание книги всегда беднее ее самой.

Существуют разные степени «жесткости» перекодирования, то есть степени вероятности (приблизительности) соответствия модели, записанной низшим кодом, знаку высшего кода. Так, слова жестко соответствуют буквам (менее жестко — звукам), а соответствие смысла фраз их начертанию — весьма приблизительно.

Можно сформулировать некоторые положения, определяющие перекодирование информации высшими кодами (алфавитами):

1. Код характеризует качество информации и качество системы. Поэтому можно говорить о коде-качестве.

2. Высший код получается при интегрировании информации, переданной низшим кодом.

3. Чем выше код, тем больше он содержит знаков (или их моделей).

4. Всякий высший код является более емким, экономным. При переходе к высшему коду большие порции информации заменяются одним знаком кода.

5. Выделение знаков высшего кода из информации, переданной низшими кодами, осуществляется по принципу вероятностного, а не тождественного сравнения с моделями знаков (эталонов).

6. Из одной и той же информации, переданной низшими кодами, можно выделить много высших моделей, если использовать различные системы знаков высших кодов.

7. При перекодировании информации высшим кодом часть ее неизбежно теряется. Потери можно частично компенсировать, если пользоваться несколькими системами высших кодов.

8. Высшие коды абстрактны по отношению к низшим.

9. Полнота информации о системе достигается только при наличии моделей, составленных из знаков низшего кода.

10. Из информации (модели), представленной низшим кодом, можно вывести высшие коды, если известен способ перекодирования. Обратная процедура невозможна без значительной потери информации.

11. Чем сложнее система, тем большее число этажей кодов и моделей информации она может выделить из получаемых воздействий.

Этажная обработка информации выгодна потому, что требует меньшего объема памяти и облегчает выборку необходимых сведений — грубый отбор при ней идет по моделям высшего кода, а уточнение последовательно осуществляется на низших моделях (нечто аналогичное имеет место при составлении библиографии).

Системы взаимодействуют между собой только через физические факторы, а информация выделяется внутри воспринимающей системы. Хотя в физическое воздействие может быть вложена память, но обнаружить ее можно, лишь обладая способностью к моделированию.

Процесс выделения моделей нескольких этажей связан с искажением информации, объективно содержащейся в воздействии или непосредственно вложенной в него передающей системой. Источники искажения следующие:

1. Восприятие сложного воздействия ограничено возможностями воспринимающего устройства, количеством

и характеристиками рецепторов-датчиков. Например, человек воспринимает только определенные частоты звуковых колебаний и некоторую часть светового спектра, а электромагнитные колебания не воспринимает совсем. При этом, поскольку характеристики рецепторов нелинейны, изменения физического воздействия отражаются непропорционально их величине.

2. Объем воспринимаемой информации определяется запасом моделей знаков кода. Те порции воздействия, для которых при сравнении не нашлось эталона, пропускаются. Это всем известно: слушая сложный доклад, мы воспринимаем из него только то, что доступно нашему пониманию, — то, для чего есть соответствующие знаки смыслового кода.

3. Вероятностный принцип сравнения порции информации с моделями знаков кода также является источником искажения, так как одной порции, записанной низшим кодом, могут приблизительно соответствовать несколько знаков высшего кода с разной степенью вероятности. Выбор одного из них определяется программой моделирующей установки.

Интересен вопрос о количестве, качестве и ценности информации. В последнее время очень увлекаются расчетами количества информации в битах. Мне кажется это мало обоснованным: информацию нельзя приравнивать ни к материи, ни к энергии, поскольку она имеет качество. Мерить информацию одной меркой — все равно что приравнивать значение килограмма мозга к килограмму камня, формально считая, что там и тут одинаковая масса.

Мне кажется, что качество информации определяется кодом, которым пользуется моделирующая система при ее выделении. Пример: осматривая предмет, мы определяем его форму, окраску, освещенность.

Все это — качества предмета, которые выделяются моделированием в коре головного мозга светового потока, отражающегося от предмета в глаз. В коре поток этот обрабатывается с использованием разных кодов-качеств: один — для выделения и узнавания формы, другой — для цвета и т. д. Система кодов чрезвычайно разнообразна, поэтому и качеств можно выделить бесконечно много. Нельзя провести точной границы между свойствами и качествами. Я думаю, что свойства описываются информацией с «параллельными» кодами — в частности, форма, цвет. Обе системы кода лежат на одном этаже выделения информации, так же как из физического воздействия можно выделить величину, производную и интеграл. Система качественных кодов отражает новый этаж информации. Например, для информации о предмете таким этажом будет оценка его способности к перемещению или изменению формы. Еще более высоким этажом явится информация о способности предмета (объекта), например, к обучению. Для того чтобы выделить такую информацию, нужно переработать на высшем этаже коры головного мозга внешние признаки поведения объекта — его движения в зависимости от окружающих условий.

Разумеется, между кодами свойств и кодами качеств нет четкой грани.

Количество информации формально можно выразить числом знаков кода, переданным за некоторое время. Однако такое определение мало что дает. Так, в коде букв каждая буква — единица. Если бы существовал код смысла фраз — скажем, выраженный письменными знаками, — то, конечно, какое-то число таких сигналов по количеству заложенной в них информации во много раз превосходило бы соответствующее число букв. В свою очередь и слова, как единицы смыс-

ловых кодов, содержат совершенно неравное количество информации (к примеру, в слове «революция» ее неизмеримо больше, чем в слове «камень»).

При некоторых искусственных ограничениях можно подсчитать количество информации, содержащейся в сигнале, пользуясь математической теорией информации. Если меру информации понимать как меру уменьшения неопределенности, то для ее подсчета искусственно выделяются два соседних этажа. Так, в процессе составления слова, обозначающего определенное понятие, иначе говоря, являющегося знаком высшего кода, каждая последующая буква несет разное количество информации, выраженной в единицах более низкого — буквенного кода.

В общем, количественные расчеты информации мне кажутся малооправданными, за исключением узких областей применения.

Особняком стоит понятие ценности информации. Общеизвестны примеры, иллюстрирующие разную ценность одного и того же сообщения для разных лиц. Это естественно: информация выделяется отдельно каждой информационной системой и может сравниваться только при сравнении этих систем. Ценность информации для данной системы определяется теми изменениями, которые произойдут в ней после получения сигналов, иначе говоря, программами, включенными этими сигналами. Чтобы определить информацию количественно, нужно выразить в каких-то единицах состояние до и после получения сигналов или, вернее, соотношение предшествующих и последующих программ. Пример: человек здоров. В нем заложены программы деятельности, которые можно условно выразить в единицах труда, выполняемого вплоть до наступления естественной

старости. Вдруг он получает сообщение о смерти очень близкого человека. Результат — тяжелое психическое заболевание, изменение всех программ, резкое ограничение трудоспособности, следовательно, уменьшение количества труда. Разница в программах до и после получения информации — это выражение ее ценности. Конечно, все это очень условно, поскольку не так просто подсчитать программы, которые также выражаются в понятиях информации, имеющих этажный принцип построения.

Итак, этажный принцип информации, ее кодов и моделей затрудняет или даже делает невозможным измерение количества информации какой-то одной мерой, равно пригодной и для низших и для высших этажей. Измерение возможно только в пределах одного этажа (одного кода-качества) или при сравнении одинаковых систем.

Программы, их сущность и развитие. Выше уже было дано общее определение программы: возможность изменения системы, заложенная в ее структуре. Иначе программу можно определить как последовательность действий, выполняемых системой в отношении всех окружающих ее систем.

Понятие это кажется мне основным, так как программа определяет собой:

1. Физическое воздействие на другие системы.
2. Информационные воздействия на них.
3. Выделение информации из получаемых воздействий.

Таким образом, все «поведение» системы как в части анализа окружающего мира, так и в части воздействия на него определяется программой.

Разумеется, это понятие исходит из общего принципа причинности. Правда, в отношении элементарных

частиц он подвергается критике, но применительно к системам более крупным, подчиняющимся статистическим закономерностям, он не вызывает сомнений.

Развитие систем шло в сторону все большего усложнения их структуры, а следовательно, и возрастания разнообразия программ. Материальные частицы при случайных столкновениях в благоприятных обстоятельствах вступают в соединения — более или менее устойчивые против последующих внешних воздействий со стороны других систем. Поскольку основу материи составляют различные частицы с разными возможностями соединения, поскольку неограничены перспективы образования систем с любой степенью разнообразия — в отношении как набора, количества, так и способов соединения частиц. При усложнении систем каждая частица (или большинство их) еще сохраняет какую-то способность соединяться с другими; отсюда вытекает неограниченное возрастание числа возможных изменений системы — ее программ. Простой анализ эволюции природы и человеческого прогресса легко подтверждает это.

Общий порядок развития систем до недавнего (с точки зрения геологии) времени был следующим: случайные изменения структуры, ведущие к изменению программ, и закрепление изменений в процессе «естественного отбора». Жизнеспособными оказались системы, обладавшие одновременно достаточной устойчивостью в сохранении своих форм и изменчивостью, необходимой для того, чтобы «не отстать» в борьбе за существование от других систем, изменяющихся по тем же принципам.

Однако в период истории человеческой цивилизации принцип случайности изменений был нарушен и, чем дальше, тем больше, подменяется целенаправленным

изменением мира путем создания новых систем с заранее запланированными свойствами.

В общих чертах эволюцию систем в сторону их усложнения можно представить состоящей из ряда таких этапов.

Сначала возникли молекулы простых органических соединений. Затем некоторые из них приобрели способность соединяться друг с другом, образуя длинные цепи, способные к размножению путем деления «поперек» либо удвоения по длине. Современным прототипом таких цепей являются молекулы ДНК и РНК. Это длинные цепочки из аминокислот и сахаров, способные перерабатывать информацию с повышением уровня кода. В самом деле: они присоединяют к себе сравнительно простые молекулы радикалов, а «выдают» сложную систему, способную к таким же действиям. Видимо, переработка информации с повышением уровня кода — главное отличие живых систем. Правда, информационный аспект в деятельности простейших линейных систем еще весьма незначителен.

Следующим этапом, видимо, было возникновение плоских систем: несколько длинных линейных цепей не разошлись после деления, а остались связанными, образуя систему, имеющую какие-то общие программы — в передвижении, обмене веществ и воспроизведении себе подобных. «Поперечные» связи между цепями создали дополнительные возможности в усложнении программ, а следовательно, и придали устойчивость системам.

Новым шагом в эволюции было появление «надстройки» — второго этажа, знаменовавшее собой возникновение пространственных систем (рис. 2).

Если в линейных и плоских системах *все* первичные цепи (подсистемы) выполняли «рабочие» функции по

обмену частицами с внешней средой, то в новых системах уже появляются комплексы молекул, несущих только регулирующие функции. От нижнего этажа они получают информацию о его состоянии, зависящем от внешних воздействий, перерабатывают ее и действуют

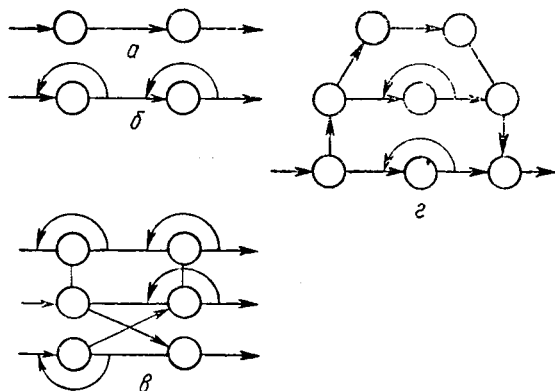


Рис. 2. Эволюция систем:

a — простая линейная система; *б* — линейная система с обратными связями; *в* — несколько линейных систем, соединенных поперечными связями (плоская система); *г* — многослойная система.

«сверху вниз», изменяя программы нижнего, рабочего этажа в благоприятную сторону, обеспечивающую наилучшую приспособляемость к изменяющейся внешней среде.

Пожалуй, простейшим примером такой этажной системы, построенной из сложных молекул, является клетка. Нижний этаж ее—цепи рабочих реакций, обеспечивающих захват и переработку пищи, передвижение

и т. д. Они реагируют непосредственно на внешние раздражители. Второй этаж — регулирующий. В нем накапливается информация о длительных и медленных изменениях внешней среды и закладываются программы регулирования действий нижнего этажа в зависимости от этих изменений. Наконец, третий этаж, видимо, определяет программу перестройки, связанную с процессами размножения. Современная цитология уже выявила химические структуры, соответствующие по своей функции этим этажам, — различные ДНК и РНК.

Одноклеточное существо представляет собой весьма сложную систему с большими возможностями этажной переработки информации. Тем не менее степень его разнообразия не столь уж велика, так как ограничена размерами клетки.

В развитии органического мира одноклеточные организмы составили первый уровень систем.

Дальнейшее усложнение живых существ выразилось в появлении систем второго уровня, в которых структуры из молекул дополнены структурами из клеток. Разные клетки, имеющие кроме одинаковых обще-клеточных программ еще и «специализированные» (усиление способности к сокращению, перевариванию или восприятию внешних воздействий), объединяются в одну систему, обладающую значительно большим разнообразием, а следовательно, более сложными программами. В дальнейшем происходит разделение клеточных структур на этажи — обособляются рабочие и регулирующие органы, за счет чего значительно возрастает число программ.

Природа создала огромное количество видов многоклеточных — вплоть до человека.

Следующим этапом в усложнении систем явились сообщества живых существ. Однако только для некото-

рых видов, например для насекомых, сообщества эти превратились в относительно устойчивые системы. Пожалуй, муравейники и ульи лишь условно можно считать более усложненными по сравнению с отдельными особями, поскольку по разнообразию они никак не превосходят какое-нибудь высшее млекопитающее.

Совсем другими стали сообщества людей. Они действительно превратились в очень сложную, вполне устойчивую систему нового, третьего уровня. В человеческом обществе как системе четко выделяются три уровня разнообразия: структуры из молекул представляют собой клетки, структуры из клеток — индивидуумы и структуры из людей — общество. К этому нужно добавить еще вещи — модели, созданные человеком, которые занимают прочное место в общей системе «человечество». Таким образом, возникла очень сложная система с колоссальным разнообразием, а следовательно, и программами.

Можно отметить некоторые закономерности в процессе развития систем:

1. Отделение структур, получающих и обрабатывающих информацию, от других — моделирующих и осуществляющих собственно действия, то есть выдающих информацию вовне. Разумеется, это обособление нельзя представлять себе полным, так как всякая обработка информации, как получаемой, так и отдаваемой, осуществляется по программам, имеющим много общего. В изучении внешнего мира всегда есть элементы активного воздействия на него, а в действиях с целью изменения внешнего мира постоянно присутствует элемент изучения эффекта с целью внесения коррективов в программы (обратная связь). Тем не менее такое разделение имеется, хотя оно и выражено по-разному в системах различных уровней. Как на пример можно

указать на разграничение «чувствующих» и двигательных отделов нервной системы — от нервов до коры головного мозга.

2. Системы в процессе усложнения не создавались совершенно заново, а составлялись из уже имевшихся более простых, которым были присущи собственные программы. В результате — противоречивость естественных сложных систем. С одной стороны, после такого объединения появляются целостные программы новой системы, а с другой — сохраняются программы ее составных, нередко вступающие в противоречие с «главной». В процессе эволюции древние программы не уничтожаются, а лишь ограничиваются и подавляются.

Иначе обстоит дело с искусственными системами, создаваемыми человеком: хотя в них тоже есть частные и общие программы, но противоречия между ними значительно менее остры.

Вопросы взаимодействий программ в сложных системах требуют более подробного рассмотрения.

Прежде всего, отношения между рабочими и «информационными», управляющими этажами. Их можно представить как два цикла сложных химических реакций со своими прямыми и обратными связями, обеспечивающими саморегулирование. Оба цикла связаны друг с другом «вертикальными» воздействиями — например, в виде каких-то конечных или промежуточных химических веществ. Воздействия «снизу вверх» отображают выделение информации, «сверху вниз» — управление действиями, рабочими программами. При этом можно представить себе различные степени зависимости обоих химических циклов — от 0 до 1. В первом случае при разрыве связей реакции могут протекать почти без изменения, во втором — они немедленно прекратятся. Это — энергетическая зависимость, или

физический аспект связи. Другой аспект — информационный. Второй этаж выделяет информацию из программ первого. Этот процесс возможен при ничтожном обмене энергией. Информация может быть более или менее полной — в зависимости от программы переработки ее и от видов воспринимаемых воздействий. В самом простом случае верхний, информационный этаж воспринимает только «да» или «нет» в отношении каких-то изменений на нижнем. С другой стороны, он несет управляющие функции в отношении нижнего, рабочего. Последние также могут иметь разный объем — от простого включения либо исключения деятельности до детального управления многими процессами с различной градуальностью.

Следовательно, в отношениях между первым и вторым этажами могут иметь место различные энергетические (физические) и информационные зависимости. Код выделяемой «наверху» информации определяет воздействия, направляющие различные стороны деятельности рабочих элементов нижнего этажа.

Подобными могут быть отношения и между «соседними» структурами-программами, каждая из которых имеет свои рабочие функции и, кроме того, воспринимает информацию о «соседке» и воздействует на нее в энергетическом и информационном (регулирующем) планах.

Гамма перекрестных воздействий соседних и этажных структур в системе и их программ беспредельно богата, но в ней можно выделить некоторые типичные направления:

1. Субординация — соподчинение программ нижних этажей верхним. В верхнем этаже заложена модель программы регулирования нижних этажей, которая не подменяет в деталях деятельность нижнего этажа, но

направляет ее, воздействуя на какие-то звенья химических цепей превращения.

2. Синергизм — параллельная деятельность соседних структурных образований (подсистем), при которой программы дополняют друг друга. Применительно к живым системам это означает обмен промежуточными продуктами, в результате которого выигрывают обе системы, взаимно стабилизирующие деятельность друг друга: недостаточность одной программы восполняется другой.

3. Антагонизм (борьба, противоречия). В этом случае одна подсистема тормозит деятельность другой. В плане химии живых существ антагонизм проявляется выделением специальных веществ, задерживающих некоторые химические реакции (ингибиторы), в любых других системах — действием специальной информации на разных уровнях. Борьба может выражаться физическими отношениями: она проявляется в соотношении физических сил, действующих противоположно, либо в информационных воздействиях — сигналах, блокирующих одни программы и возбуждающих другие.

4. Помехи. Бывают случаи, когда выполнение программы затрудняется из-за посторонних воздействий, не представляющих собой антагонистического сигнала, но искажающих полезную информацию. В технике такие явления обозначаются как помехи, или шумы. Видимо, это понятие применимо ко всяким этажным программам. В зависимости от уровня происхождения выделяют несколько типов помех. При помехах «снизу» выполнение программы какого-то высшего этажа затрудняется собственными программами низших структурных единиц, которые оказываются несоответствующими высшим управляющим воздействиям. Пример: все клетки человеческого организма своей деятель-

ностью должны обеспечить выполнение целостных (главных) программ, включаемых корой мозга. Но клетки мышц и внутренних органов имеют свои программы, накладывающие ограничения на главные: печень дает мало глюкозы, мышцы сердца — недостаточно крови, в результате чего мозг испытывает кислородное голодание и вынужден изменить свои программы.

Кроме такого прямого «программного» несоответствия этажей, существуют физические помехи, идущие «снизу». Дело в том, что на выраженные физическими явлениями сигналы, передающие информацию, могут наслаиваться другие физические воздействия в виде сигналов совершенно иного, низшего уровня. Особенно демонстративно это выглядит в электронной аппаратуре — речь идет о так называемых шумах. Искажение сигналов одной подсистемы возникает и в случае, если на них физически наслаиваются целесообразные сигналы подобной же соседней системы. Пример — одновременный разговор нескольких человек.

С «точки зрения» данной подсистемы, имеющей собственные программы, как помехи могут рассматриваться управляющие сигналы, которые поступают с верхнего этажа. Пример: мышечные клетки после работы «хотят» отдыхать, в них накопились продукты распада. А человеку нужно работать, и он заставляет мышцы сокращаться до полного изнеможения, то есть явно в ущерб клеточным программам.

Разумеется, все перечисленные представления о взаимоотношениях программ очень условны и их нельзя четко разграничить. В частности, нельзя обособить друг от друга антагонизм и помехи на одном уровне или помехи «сверху» и управляющие сигналы. Ясно одно: все, что мешает выполнению данной программы определенной структуры, можно трактовать как помехи.

В сложных многоэтажных естественных системах всегда есть все компоненты отношений между программами. Их соотношением определяется главное качество системы — ее устойчивость против внешних разрушающих воздействий.

Взаимоотношения программ внутри системы усложняются еще и тем, что одни и те же элементы (или подсистемы) могут участвовать в выполнении разных программ, входить в разные модели. Это объясняется многообразием связей между элементами (если они сложны) или подсистемами. Поэтому «степень независимости», или устойчивость, разных моделей-программ внутри системы весьма различна. Есть «прочные» модели и соответственно — отработанные программы, но есть и множество иных, реализующихся лишь при определенных благоприятных условиях, когда входящие в них элементы «не заняты» в других программах.

Каждая четко сформированная сложная система имеет свои главные программы, характеризующие ее как единое целое и отличающие от других систем — высших и низших. Например, главные программы одноклеточного существа — движение, рост и размножение; современного человека — способность к труду, изготовление вещей. Конечно, кроме главных сложные системы имеют еще и множество второстепенных программ. Поскольку программа — это физическое действие, выделение внешней информации, постольку для реализации себя ей нужен специальный код. У микроба им являются молодые особи, передвижение либо разрушающее воздействие на другие живые существа. Основной код сложных животных — физические движения: ими они воздействуют на окружающий мир. Код движений человека, как продукта общества, еще более усовершенствовался и превратился в код речи, код вещей. Это

самый высший код, обладающий огромным разнообразием знаков.

Код определяет качество системы — код-качество. Системы неодинаковой сложности и специфичности разнятся кодом передаваемой вовне информации: в этом их качественное отличие. Поскольку у сложной системы много программ, постольку у нее и множество качеств. Однако не все программы характеризуют «новизну» системы, так как большинство из них не отличается от программ других, более низких систем. Большая часть программ деятельности внутренних органов человека не отличается от подобных программ других высших млекопитающих, и только программы поведения, привитые обществом, делают человека тем, чем он стал.

Главные программы сложной системы не есть что-то новое, возникшее «из ничего». Они являются результатом суммирования или, правильнее, интегрирования многих более простых программ нижних этажей структуры, а потому их можно охарактеризовать через физику этих структурных единиц. Например, речь — очень сложная программа, но ее описывают частными программами нервных клеток, управляющих мышцами гортани и дыхания. Знание низших программ подсистем позволяет вывести высшую программу целой системы. Однако это никак не означает, что простое собрание низших программ равноценно высшей. Получить последнюю можно, только создав модель в виде каких-то структур. Так, умение произносить звуки еще не определяет речи: для этого в коре головного мозга должна быть высшая модель, в которой запечатлена последовательность включения частных моделей произнесения отдельных звуков. Над ними в свою очередь располагается множество этажей смысла, в которых заложены

модели тех или иных сочетаний слов и простых фраз. Иначе: в состав сложной системы должна входить определенная структура (модель), являющаяся носителем высшей программы, определяющей качество системы. У человека — это модели смысла движений, обнимающие большие промежутки времени действий, у животных — подобные же модели, но не столь разнообразные и лишь для коротких отрезков времени. В обществе как системе носителями высших программ являются физические модели их — вещи, книги, аппараты, в которых запечатлены история, наука, искусство. Одновременно программы эти выражаются и через людей, представляющих собой «управляющую структуру» общества, — его политических деятелей, ученых, точно так же как клетки коры и корковые модели из них представляют собой структурные единицы, управляющие поведением человека.

По частным программам всех составных сложной системы можно построить ее главную программу. Однако наоборот поступить нельзя — по главной программе частные не воспроизводятся. Вернее, можно изобрести новые системы и новые программы, которые в сумме дадут данную высшую, но это будет уже иная система с иными низшими программами. Так, в наших возможностях записать речь, но по ней мы не воспроизведем точно программы нервных клеток и мышц гортани, которые при совместной деятельности обеспечивают произнесение слов. Мы можем лишь заново изобрести искусственные органы, моделирующие нашу речь, но действовать они будут по программам, совершенно отличным от программ живой системы.

Возможное разнообразие сложных систем необозримо. Любая высшая программа может быть получена путем сочетания различных низших программ. Вопрос

только в том, что одно сочетание низших программ даст лучший вариант данной системы, другое — худший. Все высшие программы строятся в информационном плане, и поэтому для их создания можно использовать различные физические элементы. Процесс мышления и сложных действий человека — высшая программа, построенная за счет определенных сочетаний множества элементов — нервных и мышечных клеток, имеющих свои клеточные программы. Но главное не в клетках как сложных биологических системах, а в их соединениях, в структурах из них, обеспечивающих модель переработки информации. Поэтому вполне возможно создание искусственной мыслящей системы, построенной из других элементов, но в итоге воспроизводящей ту же высшую программу — мышление. Другое дело, что эта новая система будет занимать громадный объем и не сможет выполнять иные программы, присущие человеку. Теоретически не исключена возможность создания «искусственного человека», обладающего всеми целостными программами прообраза, но построенного из других, технических, а не биологических элементов.

Сложные системы с большой способностью к самоорганизации, иначе говоря, не обладающие жестко закрепленной структурой, могут выполнять одни и те же общие программы разными «частными» средствами. В человеке, поскольку его структура жестка, принцип самоорганизации не является выраженным, и только в коре головного мозга за счет выбора связей из числа многих избыточных образуются новые функционирующие структуры. Тем не менее и человек может выражать свою мысль разными средствами — речью, письмом, мимикой. Писать он может не только правой рукой, но и левой, ногами... В такой подвижной структуре, как общество, высшие программы (например, из-

менение в определенную сторону) могут реализоваться совершенно различными частными путями. Весь вопрос в том, насколько быстро и экономично.

Понятие «сложности» системы весьма условно. Сложность — это не только количество и разнообразие входящих в систему элементов и подсистем, но и разнообразие и сложность программ поведения.

Есть ли критерии для определения сложности системы? Видимо, таковая выясняется только при сравнении с другими системами либо в процессе борьбы между ними. Однако сравнивать следует только однородные системы. Что общего между горой и человеком? Гора может раздавить человека, но и человек, как часть общества, вооруженный его техническими средствами, может взорвать гору. Пожалуй, для однородных систем главным критерием их сложности является выживаемость в борьбе и распространенность либо устойчивость против внешних воздействий. Во всяком случае, при крайнем разнообразии систем и их программ сравнение возможно только через их моделирование с определенными степенями упрощения, когда выделяется какое-нибудь одно качество и в пределах его производится количественное определение информации. Общий «уровень сложности» системы можно оценить по продолжительности ее программ, модели которых заложены в управляющих органах. Животное планирует свои действия вперед на минуты или часы, ребенок — на дни, взрослый — иногда на всю жизнь или, по крайней мере, на годы.

Впрочем, все эти критерии весьма условны.

Главные целостные программы сложной системы, определяющие ее качества, обеспечиваются целым рядом частных программ переработки информации. Здесь

я ограничусь лишь перечислением некоторых из главных программ (подробно они будут рассматриваться на примере поведения человека):

1. Основное качество сложных программ — их гибкость. Это означает, что общей модели программы высшего этажа соответствует несколько вариантов программ на низшем этаже; из них выбирается тот, который наиболее выгоден в данный момент в зависимости от различных местных условий, воспринятых обратной связью и сообщенных «наверх». Пример: у человека на высшем этаже коры головного мозга есть идея двигательного акта, преследующего определенную цель. Выполнение ее, то есть выбор конечности и мышц, которые осуществляют этот акт, определяется условиями к моменту начала движения (одна рука занята, болит палец и пр.). Выбор происходит автоматически, на периферии.

2. Программа «предвидения» — действие, прежде чем начаться, прорабатывается на моделях. Выбор оптимального варианта производится, таким образом, уже не на периферии, а «в центре».

3. Программа «цели» — мобилизация дополнительных средств для завершения, вопреки помехам с разных уровней, какой-то одной почему-либо выбранной программы.

4. Противоположная ей программа выбора наиболее эффективного действия в зависимости от внешних раздражителей данного момента. Ориентируясь на изменение обстановки, осуществляет переключение с одной программы на другую.

Наилучшая программа — это сочетание условий, названных в двух последних пунктах: главная программа сохраняется, а изменяющиеся обстоятельства только варьируют «подпрограммы» для ее выполнения.

5. Выполнение главной программы в трудных условиях, когда есть угроза существованию системы, обеспечивают «программы аварийного усиления», включающие подачу резервов и регулирующие их расходование за короткий отрезок времени.

6. Важнейшей программой самых сложных систем является «творчество» — создание новых моделей из элементов старых. Оно осуществляется сначала в недрах моделирующей системы, а затем в виде физических моделей — вещей.

7. Программа самообучения — учет опыта выполнения предыдущих программ для выбора оптимального варианта в новых, но похожих условиях.

8. К сожалению, ввиду ограниченности объема памяти системы обучаемости противостоит забывание — стирание старых моделей: тех, которые длительно «не употребляются» либо не имеют значения для выполнения главной в данное время программы.

По всей вероятности, этим не исчерпывается перечень важных программ, присущих сложным системам.

Познание как моделирование. Всякое познание — это моделирование информации о другой системе через программы моделирующей установки, познающей систему. Этот процесс возможен только при наличии связей (взаимодействия) между объектом и субъектом познания. Результаты его — модели — определяются тем и другим, хотя и не в равной степени.

Модель — это структура, существующая отдельно или внутри сложной моделирующей установки, которая в некоторой степени воспроизводит структуру и программы объекта, однако никогда не бывает тождественной копией его. Одновременно в модели отражены и программы субъекта — моделирующей установки.

Процесс познания-моделирования — это программа выделения информации. Как уже упоминалось выше, она состоит из следующих этапов:

1. Восприятие физического воздействия какого-нибудь одного вида энергии и перекодирование его первичным кодом информации.

2. Моделирование порций информации в виде временной модели.

3. Программа сравнения временной модели с моделями постоянных эталонов — выделение информации высшего этажа.

4. Запоминание новой модели в виде структуры, состоящей из последовательности моделей знаков нового кода.

У очень сложных систем, как например у человека, есть еще программы воспроизведения корковых моделей в виде физических — вещей, рисунков, письма.

На всех этапах создания системной модели лежит печать субъективности: модель отражает программы не только объекта, но и субъекта. В самом деле — каждый датчик обычно воспринимает один вид энергии, который он и выделяет из общего воздействия объекта, пренебрегая другими, может быть, более важными. Перекодирование его первичным кодом производится по нелинейным зависимостям, к тому же не постоянным, а зависящим от состояния субъекта. Так же изменчивы и все другие этапы моделирования — программа сравнения, эталоны знаков нового кода, программы воспроизведения моделей. Это равно относится и к естественным, и к искусственным моделирующим системам.

Степень сходства модели с оригиналом может быть совершенно различной. Ее проверяют выделением других моделей информации о системе. Так, например, ри-

сунок паровоза, сделанный ребенком, весьма далек от оригинала, а чертежи и другая техническая документация точно, в деталях, воспроизводят его, что и подтверждается изготовлением по ним нового экземпляра той же машины.

Поскольку различны программы создания моделей, постольку всякую систему можно отразить бесконечным числом их. В самом деле, органы чувств или датчики в зависимости от видов воспринимаемой энергии (излучение, колебания воздуха) выделяют разные виды первичной информации. Характер датчиков (рецепторов) определяет характер первичных моделей. Обработка первичной информации по различным программам (сравнение ее с разными системами кодов-эталонов) даст в свою очередь множество этажных моделей. Далее: на высших этажах возможно суммирование во времени или в пространстве информации, полученной от различных первичных кодов (зрение, слух), и создание объединенных суммарных моделей. Количество возможных моделей и степень их совпадения с объектом прямо определяются программами моделирования-познания, присущими моделирующей установке — субъекту. Пример: в коре головного мозга человека, рассматривающего какой-нибудь предмет, формируются разные модели его — для света, цвета, формы, подвижности, размеров, отдельных свойств, назначения, связей с другими системами и пр.

По своей структуре модели весьма разнообразны. Поскольку они отражают только один или несколько кодов передаваемой системой информации или ее программ, то внешнее сходство модели и объекта, если понимать его как зрительный образ, может совершенно отсутствовать.

Модели делятся на две большие группы: а) модели в естественных моделирующих системах — образы и б) физические модели, сделанные человеком.

Первые проще всего представить себе как образы, хранящиеся в коре головного мозга. Это структуры из нервных клеток, соединенных проводниками с «проторенными» синапсами. Однако такое определение далеко не полное. Каждая живая система, имеющая многоэтажную структуру, способна выделять информацию, то есть создавать модели. В любой клетке создаются модели внешнего воздействия — хотя бы в примитивном виде, отражающем динамику изменения его частоты. Даже при минимальной степени сходства с внешним фактором отображение это будет моделью, поскольку оно вызовет изменение жизнедеятельности клетки.

Каждый уровень сложных систем имеет свои типы моделей. В клетке они выражены структурами из молекул, в сложном организме — структурами из клеток, а в обществе — физическими моделями: книгами, вещами. Этот второй тип моделей представляет особый интерес.

Человек пользуется различными средствами для создания физических моделей или, вернее, для воспроизведения своих корковых моделей. Перечислим их:

1. Описание словами. Это — универсальная форма, пригодная для воспроизведения модели любого этажа и любого первичного кода энергии. Можно описать зрительный и звуковой образы: подробная их характеристика составит низший код, пересказ содержания либо только идеи — высший код. Однако во всех случаях сходство модели и оригинала будет весьма относительным, а степень субъективности — велика.

2. Рисунки, чертежи. Возможности этого кода огра-

ничены зрительными моделями, то есть восприятием энергии света и выведения из него моделей. Обычно это низший код, так как попытки представить смысл отдельно от формы не увенчались успехом. Смысл находит зритель, и делает это он очень субъективно.

3. Физические модели. Разнообразие их велико — от простого воспроизведения формы и пространственных отношений до выражения совсем другими (от субъекта) физическими элементами отдельных программ объекта.

4. Математические модели — описание чисто информационных зависимостей с помощью различных «математических» эталонов: чисел, формул, уравнений, систем уравнений. Это точные модели в определенных граничных условиях. Однако описать математически очень сложные системы не представляется возможным: трудно получить точные зависимости и трудно связывать различные программы. Кроме того, решение сложных математических задач — с тем чтобы, зная математическое выражение программы, найти конкретные параметры системы при заданных условиях, — требует массу времени и до появления ЭВМ часто было вообще невозможным.

5. Модели, созданные с помощью вычислительных машин. Они заслуживают особого внимания. По существу, в них отражены математические модели в явной форме — в случае, когда программируются готовые уравнения, либо в неявной, когда в программу закладываются только зависимости между отдельными «кусками» точных математических программ. Так или иначе, ЭВМ позволяют получить большие, точные или приближенные, модели отдельных программ очень сложных систем, чего нельзя достигнуть другими средствами — кодами.

6. Очень сложные физические модели отдельных программ системы-объекта создаются современными средствами электроники, так как параметры электрического тока очень удобно моделируют параметры сложных систем, выраженные другими физическими единицами. Электронные моделирующие установки в виде стандартных машин или специальных устройств в отличие от всех других средств позволяют создать «действующую» модель системы, в которой программа как изменения во времени выражается наглядно и может быть использована для познания и управления. Несомненно, что это — высший тип физических моделей.

Любая моделирующая установка имеет предел своих возможностей (предел познания), определяющихся ее структурой, количеством и разнообразием элементов и их связей. Моделируя (познавая) систему большой сложности, ограниченная установка в силах воспроизвести либо упрощенную общую модель ее, либо сравнительно подробные модели каких-нибудь частных программ или структур. Моделирующая установка не в состоянии подробно смоделировать систему более сложную, чем она сама. Простой пример: в человеческом организме насчитывается 10 000 млрд. клеток. Кора головного мозга — моделирующая система, состоящая из 10—14 млрд. клеток. Разумеется мозг человека, даже при наилучшем использовании своих клеток, не создаст подробной модели организма. Если же учесть, что моделирование организма нужно начинать не с клеток, а с молекул, из которых они построены, то попытки познания организма с помощью мозга выглядят явно несостоятельными. Кора может обобщенно моделировать лишь высшие этажи программ человека, подробно же воспроизвести ей под силу только модели его составных частей.

Следует заметить, что предел сложности познаваемых моделирующей установкой систем зависит не только от числа входящих в ее состав элементов. Не менее важна структура их соединений, которая определяет программы моделирования. Она означает прежде всего способность выделять модели высших этажей, а также общее количество разнообразных моделей, определяющих качества системы в зависимости от наличия кодов-качеств.

Учитывая сказанное, можно говорить о следующих возможностях, или пределах, моделирующей установки:

1. Величина познаваемых систем — понимая под этим общий объем запоминаемой на каком-то низшем этаже информации. Иначе: предельная величина системы, которую можно запомнить, то есть смоделировать ее структуру. Пример: величина схемы сложной электрической сети или простое количество фактов, относящихся к одной или нескольким системам. Сказанное касается не только низшего этажа информации, но и любого высшего. Если снова обратиться к примеру, то это не только объем буквально запомненных текстов книг (нижний этаж), но и число книг, содержание которых запомнено (более высокий этаж).

2. Предел способности выделения моделей высших этажей, или способность «понять смысл» программ сложных систем. Согласно общей программе выделения этажных моделей для этого нужно запомнить временную модель воспринятого воздействия (или информации) и сравнить ее с моделями эталонов знаков кода. Известно, что чем выше этаж, тем большее количество знаков насчитывает код. Следовательно, моделирующая установка, способная «понимать смысл», должна обладать гораздо большей памятью, чем установка, про-

сто запоминающая первичную или низкоэтажную информацию. Есть люди, которых называют «ходячей энциклопедией» и которые тем не менее ничего не дают науке, так как не имеют программы выделения высшего смысла из хранящейся в их памяти информации.

Конечно, говоря о выделении высших смысловых моделей, я под этим понимаю способность выделять многие модели-качества, а не один какой-то «высший смысл».

3. Предел скорости восприятия и переработки информации. Он зависит от всех звеньев системы — от программы рецепторов, воспринимающих физическое воздействие и перекодирующих его низшим информационным кодом, от программ выделения высших этажных моделей. «Быстродействие» машины зависит не только от принципа работы ее элементов, но и от программы. Так, например, для постановки диагноза заболевания сердца ЭВМ требуется больше времени, чем опытному врачу, хотя скорости электронной машины несравнимы с физиологическими.

Рассмотрим теперь вопрос о полноте познания (моделирования) какой-либо системы. Казалось бы, пределом полноты моделирования системы является создание точно такой же новой системы с той же структурой и, следовательно, теми же программами. Однако это не совсем так. Начать с того, что создать систему *одинаковую* с моделируемой практически невозможно даже в самом простом случае воспроизведения машин. На каком-то низшем уровне копии все-таки будут различаться структурой молекул, атомов, даже элементарных частиц. Другое дело, что эти различия окажутся второстепенными с точки зрения выполнения *главных* программ — основной работы. Но они скажутся в другом — в долговечности, при работе в необычных условиях.

Практически всякое моделирование приходится начинать с какого-то нижнего уровня; применительно к организму — с уровня органов, клеток, молекул, из которых они построены. Невозможно представить моделирующую установку, воссоздающую систему в точности — начиная с уровня атомов или элементарных частиц.

Точно так же нельзя наметить и верхний уровень моделирования. В самом деле, любая данная система, какой бы независимой она ни казалась, является частью, элементом других, более высоких систем. Ее жизнь, поведение, конкретные (а не возможные) программы зависят не только от собственной структуры, но и от высших и соседних систем. Следовательно, для того чтобы смоделировать будущее системы, нужно знать не только структуру ее в настоящий момент, но и все воздействия, которые ожидают ее в дальнейшем и которые изменяют эту структуру, а отсюда, и последующие программы. Рассмотрим такой пример. Моделирование микроба начиная с уровня молекул как будто проясняет все его программы: питание, размножение, способность приспосабливаться к изменяющейся внешней среде. Эти программы продолжатся и после деления клетки. Однако возможно ли предугадать судьбу ее будущих поколений? Быть может, они погибнут от каких-то вредностей или приспособятся к ним в силу присущей им изменчивости? Быть может, в ДНК одной из дочерних клеток попадет космическая частица и возникнет новый тип микроба? Всего этого узнать мы не сможем, изучив самое только микробную клетку. Структура ее в данный момент позволит нам определить лишь возможные, а не действительные программы—те, которые реализуются вследствие воздействия внешних условий, то есть высших систем. Нельзя забывать тезис:

структура — это возможные программы. Из них реализуется одна — включенная воздействиями. В результате выполнения первой программы изменится структура, а следовательно, и последующие программы.

Поэтому всякое моделирование (познание) является только вероятностным. Другое дело, что вероятность тоже поддается расчету, хотя опять-таки неточному.

Всякое познание преследует какие-то цели, и ими определяется круг программ, которые необходимо моделировать. Это будут, во-первых, главные программы и, во-вторых, ряд других программ, от которых те зависят.

Главные — это обычно высшие программы целостного поведения всей системы. Однако отсюда вовсе не следует, что они являются главными для познающей системы. Так, для врача-дерматолога, изучающего и лечащего различные кожные заболевания, программы нарушения жизни клеток кожи — главные. Даже исследуя что-нибудь просто из любопытства, человек и тогда ставит себе какие-нибудь более узкие цели, а не занимается исследованием вообще.

Поскольку невозможно промоделировать все низшие и высшие программы системы, приходится ограничивать их круг в зависимости от поставленных целей. При этом всегда нужно заранее учитывать, что полученные модели будут вероятностными, а не точными. Вопрос — в степени их точности. Здесь все зависит от объекта и специфики тех его программ, которые предполагается моделировать, и, конечно, моделирующих возможностей субъекта. Дело в том, что в системах степень независимости разных программ различна. Одни подсистемы (структуры), обеспечивающие выполнение какой-то программы, очень тесно связаны с другими структурами, и поэтому их программы целиком зависят от со-

седних — в порядке ли синергизма, соподчинения либо помех. Так, программы деятельности кишечника в большой мере зависят от воздействий со стороны регулирующих систем и желудка, а сердце как орган обладает значительной долей самостоятельности.

Для того чтобы получить достоверные модели какой-нибудь одной программы в сложной системе, необходимо либо изолировать соответствующую структуру — носительницу ее, либо одновременно моделировать те соседние высшие и низшие программы, которые оказывают воздействие на первую. Если система очень сложна и сделать это по условиям моделирующей установки невозможно, следует поступить иначе. Моделируемую программу нужно воспроизвести в доступных познающей системе пределах, а все остальные представить в виде помех, смоделированных статистически. Разумеется, точность при этом весьма страдает, но, к сожалению, иного выхода нет.

Возвращаясь к вопросу о полноте моделирования, надлежит отметить следующее: наибольший объем информации заключен в подробных моделях нижнего этажа. Как уже говорилось, имея программу переработки информации, из них можно выделить множество высших моделей. Однако из этого не следует, что для познания сложной системы основными являются низкоэтажные подробные модели. Связные фразы, записанные на пленку, и есть такая подробная модель, тем не менее без выделения высших смысловых моделей они мало что дадут для восприятия и понимания речи. Поэтому, в зависимости от цели познания, необходим какой-то оптимум сочетания моделей низших и высших этажей.

Примеры. Для понимания такой болезни, как порок сердца, нет особой нужды спускаться до моделирования

молекулярного уровня обмена клеток, так как описание программ работы целого сердца как гидромеханической системы дает достаточно данных для суждения о патологии. Другое дело, если мы хотим произвольно управлять работой сердца. Для этого нужно знать интимные биохимические процессы в его мышечных волокнах и проводящей системе, с тем чтобы планировать воздействия на них в нужном направлении. При выяснении же природы иного заболевания — рака — без моделирования молекулярного уровня клеток совершенно не обойтись, так как, видимо, причина болезни заключается в нарушениях программы клеточного деления, носителями которой являются молекулы ДНК — управляющая система клеток.

Еще пример. Для создания автомата — искусственной «думающей» системы — достаточно смоделировать высшие программы поведения и мышления человека. Зная их, из совсем иных элементов, нежели нервные клетки, можно построить новые структуры. Но если бы понадобилось воссоздать живого человека, то потребовались бы модели многих этажей, поскольку для этого нужно было бы воспроизвести «технология» синтеза сложных молекулярных и клеточных структур.

Итак, моделирующие возможности человеческого мозга ограничены. Он не в состоянии понять сложные системы с исчерпывающей полнотой, необходимой, скажем, для управления ими либо для создания новых подобных систем. Правда, эти возможности значительно расширились с момента формирования новой высшей системы — человеческого общества. До того кора головного мозга человека использовалась совершенно недостаточно. По всей вероятности, это имеет место еще и сейчас; рациональным ранним обучением и воспита-

нием можно намного увеличить ее моделирующие возможности.

С тех пор как человек научился воспроизводить свои корковые модели в вещах — искусственных физических системах, открылись новые перспективы познания мира. Особенно много дало развитие письменности. Слова, записанные буквами, стали моделями, имеющими собственную «жизнь». Книги, вещи служат средством накопления моделей для общества и средством обучения его новых членов. Кроме того, с помощью книг и вещей человек расширяет собственную память, спасая свои мысли-модели от неизбежного забывания. Правда, для того чтобы потом их использовать, нужно снова восстановить повторением уже раз усвоенные сведения, но зато это легко активизирует в памяти старые модели, которые, вообще говоря, никогда не стираются совсем. Книги и вещи создали человечество, так как именно они обеспечили возможность коллективного познания и преемственности в развитии знаний.

Однако они полностью не разрешают проблему ограниченности моделирующих способностей мозга. Коллектив людей при современных средствах тоже не в состоянии создать сколько-нибудь полные модели очень сложных систем. Попытаемся в этом разобраться.

Когда перед коллективом ученых ставится задача изучения очень сложной системы со многими программами, к примеру живого организма, то вполне логично пойти по пути разделения труда. Одни изучают клетки, определяя, при посредстве каких «внешних» кодов информации они взаимодействуют друг с другом. Другие ученые занимаются органами, в которых суммируются клеточные потоки информации и создаются органные. Третьи формируют модели систем органов (например, сердечно-сосудистой или нервной системы). Наконец,

кто-то суммирует «системную» информацию и получает модели поведения целого организма. Приблизительно по такому плану стали бы работать инженеры, если бы им понадобилось изучить какую-нибудь сложную техническую установку (скажем, электростанцию), не имея технической документации. Так они и поступают на практике, создавая сложнейшие конструкции — вроде проекта большого корабля или завода. Объем информации в таких случаях настолько велик, что одному человеку охватить его невозможно, но коллективу конструкторов это под силу. К сожалению, самая простая живая клетка сложнее любой технической системы, об организме же высших животных и человека нечего и говорить. Именно поэтому успехи медиков и биологов в создании теории столь бедны. В живом организме чрезвычайно велико число элементов и подсистем, тесно связанных друг с другом. Потоки информации идут не только «снизу вверх» — от клеток к целому, но и «сверху вниз» — от высших этажей к низшим. Поведение целого организма является результатом суммирования частных клеточных программ, однако и условия существования клеток прямо зависят от поведения всего организма. Пример — голод или перегрузка.

Для того чтобы понять организм, нужно создать его *действующую* модель, в которой были бы отражены если не все, то по крайней мере главные связи и зависимости. И не качественно, а количественно, как это принято в технике. Средствами описания этого достигнуть невозможно. Ученые в общем установили возможные связи между структурами и их программами деятельности. Однако до тех пор, пока эти сведения не обретут количественного выражения, значение их оценить нельзя. Пока не будет выяснен удельный вес той или иной регулирующей системы в выполнении программ различ-

ных функциональных актов или патологических процессов, до тех пор не прекратятся попытки предлагать всевозможные универсальные теории медицины, вроде кортико-висцеральной Быкова или эндокринной Селье.

Учитывая огромную сложность живых систем, трудно себе представить возможность создания целостной модели организма наподобие, например, проекта электростанции. Однако привлечение точных методов исследования и использование математического подхода к изучению явлений помогут значительно повысить точность современной описательной модели. Однако и при этом условии модели не достигнут подробностей, необходимых хотя бы для воспроизведения (создания) новых организмов. Даже возможности управления останутся ограниченными, так как некоторые программы, скажем старость, требуют моделирования с молекулярного уровня.

Для моделирования сверхсложных систем нужны новые технические средства. Такими средствами явятся моделирующие машины будущего.

Уже на современном этапе развития вычислительной техники ЭВМ позволяют решать научные и практические задачи, ранее недоступные человеку. Сам факт обработки большого объема информации в ограниченное время не только облегчает выполнение технической работы, но и позволяет получить некоторые новые зависимости, которые невозможно было бы открыть и доказать, пользуясь старыми методами «ручной» обработки материала.

К сожалению, сам принцип работы современных вычислительных машин ставит пределы сложности решаемых ими задач. Им присущи следующие недостатки:

1. Программы машин носят линейный характер. Это значит, что в каждый данный момент импульсы после-

довательно переходят с одного элемента на следующий, а все другие модели из памяти не участвуют в действиях. Иначе: в машине выполняется только одна программа, которая может быть очень длинной и сложной в смысле количества переключений, но все они выполняются последовательно.

Совсем иначе функционируют естественные сложные системы — организмы. В них одновременно осуществляется огромное число — миллионы — программ, в которых участвует в данный момент значительная часть структурных элементов. Информация перерабатывается сразу по многим параллельным и этажным линиям. Хотя скорости обработки информации в организме по сравнению с ЭВМ очень малы, но по объему одновременно перерабатываемой информации он во много раз превосходит даже самую сложную и быстродействующую ЭВМ.

Линейный принцип построения программ в машинах чрезвычайно затрудняет выборку нужных сведений, так как в поисках их необходимо просматривать всю перерабатываемую информацию.

2. В современных машинах есть «узкие» места, снижающие эффективность их работы. Помимо сравнительной медленности выборки нужных данных из внешней памяти, это еще малые скорости ввода и выдачи информации.

Самый главный недостаток машин, опять-таки вытекающий из основного принципа их действия, состоит в чрезвычайной усложненности этажной обработки информации. Получение моделей высших этажей требует настолько большой счетной работы, что тем самым обесценивается эффективность машин. Даже такая сравнительно простая задача, как распознавание образов, решается ими с трудом. Выделение же отвлеченных и

абстрактных понятий пока встречается непреодолимые препятствия.

4. Моделирование на машинах сложных программ представляет большие трудности для программистов, так как требует превращения этажных (объемных) моделей в линейные.

5. Современные машины громоздки и недостаточно надежны в работе. Поскольку программа «вытянута в одну линию», выход из строя хотя бы одного элемента уже приводит к остановке машины.

Перечисленные недостатки очень серьезны, однако они вполне преодолимы. За это говорят достижения последних лет. Быстро совершенствуются методы составления программ. Уже есть общие «программы для составления программ» — их своеобразный высший код. Разрабатываются методы параллельной обработки информации сразу по нескольким программам. Наконец, создаются новые малогабаритные элементы и схемы из них, обладающие высокой надежностью за счет использования дублирующих и резервных цепей.

Электроника и вычислительная техника быстро развиваются, и можно не сомневаться в том, что в недалеком будущем будут созданы весьма совершенные информационные системы, способные превзойти пределы человеческого мозга.

Для успешного развития этой работы очень важно попытаться раскрыть программы переработки информации человеком хотя бы на уровне высших этажей, иначе говоря, выраженные в общем виде и не привязанные к конкретным клеточным структурам коры и подкорки.

ЭВОЛЮЦИЯ ЖИВЫХ СИСТЕМ И ИХ ПРОГРАММ ДО ЧЕЛОВЕКА

Любую систему и процесс ее развития можно рассматривать в двух планах: физическом и информационном. В первом случае мы стараемся проникнуть в физическую сущность происходящих в системе процессов, в результате которых она изменяется во времени и оказывает воздействие на другие системы. Во втором — ограничиваемся описанием общих закономерностей изменений системы, положив в их основу изменения во времени и пространстве каких-нибудь внешних признаков или их комплекса.

Разумеется, в обоих вариантах мы *изучаем* систему, то есть строим ее модель. Разница чисто количественная: физический план требует подробной модели начиная с возможно более низкого этажа — атомов или молекул. При изучении системы в информационном плане моделирование начинается прямо с программ высших этажей, совершенно отвлекаясь от сущности физических процессов, лежащих в их основе.

Конечно, физический план полнее и ценнее. Однако нужно учитывать возможности моделирующей системы. Например, для того чтобы познать клетку, лучше всего смоделировать все входящие в ее состав атомы, молекулы и их связи: тогда будет совершенно понятно поведение клетки — ее обмен, движения, размножение, болезни. Тем не менее пока это нам не под силу. По-

этому приходится начинать моделирование прямо с высшего этажа — с деятельности клетки как целого.

Как уже говорилось, существуют различные взаимоотношения между этажами программ в сложных системах. Любая частная программа, в том числе и высшая, может быть более или менее зависимой от соседних и низших. Поскольку для характеристики системы в информационном плане достаточно смоделировать только часть ее программ, степень ценности полученных моделей будет определяться зависимостью данной программы от других, не вошедших в модель. Кроме того, важна цель. Если она состоит в изучении физиологии мозга, недостаточно ограничиться описанием внешних признаков поведения животного. Если же мы собираемся построить робот, предназначенный для выполнения ряда рабочих функций животного или даже человека, информационный план даст нам все.

Общие законы развития живых систем. В информационном плане эти законы достаточно познаны наукой. Их два: мутации и естественный отбор. В последнее время наметились модели физической стороны обеих программ: расшифрована структура ДНК и установлено, что в ней закодированы все качества будущего организма. Правда, отсюда далеко до «частной» модели — карты признаков и программы их формирования. Может статься, что она окажется слишком сложной для человеческого мозга и воспроизвести ее будет под силу только вычислительным машинам. Однако — это вопрос будущего.

Борьба за существование происходит главным образом в макром мире, а потому легче доступна изучению. Однако для количественного выражения (познания) этого крайне сложного и разнообразного процесса нужна мощная моделирующая установка.

Причиной мутаций являются изменения в структуре ДНК, вызванные физическими или химическими воздействиями (преимущественно космическим излучением). Таким образом, изменения эти лежат в физическом плане. Чем проще организм, тем больше его изменчивость, поскольку при сравнительно простой программе развития легче осуществляются целесообразные изменения. С другой стороны, легче выявляются и последствия этой изменчивости: жизнь простых организмов коротка и размножение весьма интенсивно.

Чем сложнее организм, тем труднее осуществляется изменение его структуры. Программа формирования высшего животного или человека весьма сложна, и нарушение ее модели в абсолютном большинстве случаев приводит к настолько острым противоречиям между составными частями, что плод становится нежизнеспособным. «Удачные» мутации для высших организмов весьма маловероятны. При существующей их частоте невозможно представить себе, как мог сформироваться столь сложный и целесообразный мир. По всей вероятности, в отдаленном прошлом космическое излучение было более интенсивным, а потому и мутации происходили чаще.

Что касается передачи приобретенных признаков, то она еще допустима для растений и простейших, где расстояния между рабочими структурами и теми, в которых заложена наследуемая информация, невелики. В отношении же высших животных просто невозможно согласиться с тем, что, например, гипертрофия какой-нибудь группы мышц вследствие упражнений может изменить структуру ДНК в половой клетке.

В процессе изменчивости организмы создаются случайно, «без плана». Поэтому не следует думать, что все их структуры, а следовательно, и программы вза-

пмоувязаны. Нет, между ними остается достаточно противоречий. В главном получается удачно, а в деталях — коллизии.

Обычно системы усложняются за счет упрочения связей между ранее существовавшими элементами, а не за счет образования новых элементов. Многоклеточные организмы возникли потому, что в силу каких-то изменений в наследственных структурах укреплялись связи между дочерними клетками, появляющимися при делении одноклеточного. Человеческое общество как прочная система — результат усиления связей между людьми. Следовательно, при возникновении системы нового уровня сложности сохранившиеся частные программы входящих в нее элементов лишь несколько видоизменяются новыми условиями существования, а потому не всегда соответствуют новым программам целого. В этом второе противоречие сложных систем — между этажами.

Системы создаются не только в результате прямого действия мутаций — когда изменяется структура организма, но и благодаря изменившимся вследствие этого программам внешней деятельности. Последнее в свою очередь влечет изменение отношений между уже существующими организмами: распадаются старые и создаются новые высшие организации.

Основные программы сложной системы. Как уже говорилось, понятие «система» условно. Для ее создания нужны какие-то элементы и связи — взаимодействия. Системы выделяются из «общего мира» на основании количественной оценки прочности связей, или сил взаимодействий, между их частями.

Клетка в сложном организме — это система, элементами которой являются молекулы. Многоклеточный организм — система из клеток. Семья, род — простей-

шая система из организмов, связанная поступками ее членов. Биологический вид также допустимо рассматривать как систему, состоящую из первичных ячеек — семей, родов (однако связи внутри нее весьма слабы и выделяются лишь искусственно). Живые существа, населяющие какую-нибудь географическую территорию (остров), — опять-таки система, хотя и состоящая из совершенно разнородных элементов. В конце концов все живое на Земле можно рассматривать как систему.

Система — это структура. Структура — это программы. В каждой системе, сложная она или простая, заложены программы низших систем, из которых она состоит, и высших, в которые она входит. С большей или меньшей точностью эти программы можно выделить. Рассмотрим их в самом общем виде:

1. Собственные программы — «для себя». Понятие «жизнь системы» объединяет комплекс целостных программ, которые, реализуясь, обеспечивают возможность сохранения себя в дальнейшем и тем спасают систему от распада. Например, для животного — это инстинкты со всеми входящими в них рефлексам, для общества — отношения между людьми.

2. Низшие программы — собственные программы элементов или частей системы. В конце концов из них составляются целостные программы системы. Однако для этого необходима строго определенная структура из частей.

3. Высшие программы, обеспечивающие собой существование и «жизнь» высшей системы, в которую данная входит только как часть. Таких программ может быть несколько — в зависимости от количества уровней высших систем, расположенных над данной.

На примерах это выглядит так. Клетка в сложном организме имеет собственные программы — «для себя»

как индивидуума. Это получение энергии из питательных веществ, синтез новых структур, защита (например, в виде химических реакций, обезвреживающих некоторые яды). Низшие программы сводятся к частным химическим изменениям в молекулярных структурах клетки — ядре, органоидах, оболочке. Высшие программы можно представить в двух этажах. Размножение клетки составляет программу «для рода»: для ткани, органа. Специфическая деятельность (например, сокращение объема или нервные импульсы) складывается из программ, необходимых для существования высшей системы — организма. Самой клетке они совершенно не нужны. В культуре, вне организма, структуры, обеспечивающие специфическую деятельность, атрофируются; в этих условиях клетка живет лишь своей «животной» жизнью и размножается для продолжения рода.

Иной пример — человек. Его программы «для себя» представлены инстинктом самосохранения (питание, защита) с высшими этажами в коре головного мозга. Программы следующей высшей системы, будь то семья или род, — это инстинкт продолжения рода: половой, родительский. Наконец, программы высшей системы «общество» («вид») представляют собой комплекс корковых программ, определяющих общественное поведение человека. С другой стороны, человеческий организм имеет программы низших систем — внутренних органов.

Как уже говорилось, в развитии сложных систем можно выделить три уровня: одноклеточные, в которых разнообразие достигается сочетаниями молекул; многоклеточные — вплоть до человека, — суммирующие разнообразие из молекул с разнообразием из клеток. Третий уровень представлен человеческим обществом или видом животных, сочетающим разнообразие структур

из молекул, клеток и организмов. На каком бы уровне ни находилась система, она содержит все типы программ — «для себя», «для рода» и «для вида». Каждая из них представлена различными этажами структур, обеспечивающими этажное построение программ. Бактерия, например, — структура первого уровня, но в ней есть все три типа программ — индивидуума, рода и вида. Человек относится к системам второго уровня. Он имеет те же три типа многоэтажных программ, только во много раз более сложных, чем у бактерии. Каждая программа включает в себя восприятие и обработку получаемой и моделирование отдаваемой информации.

Система как целое характеризуется количеством и этажностью программ, то есть в конце концов разнообразием своей структуры.

Общее направление прогресса — в сторону формирования все более сложных систем: повышается их уровень и возрастает количество этажей в пределах каждого. Так, например, клетка млекопитающего гораздо сложнее первичной клетки простейшего одноклеточного. Биологический вид — система третьего уровня. Однако по количеству и этажности программ человеческое общество стоит несоизмеримо выше, скажем, волчьей стаи или муравейника.

Поведение системы определяется ее высшим этажом, но он остается тесно связанным с низшими. Он моделирует их, воздействует на них, но и сам подвергается воздействию и изменению.

Основные этапы эволюции. Разберем более подробно программы живых существ по мере их эволюции, всюду ограничиваясь информационным планом. Исходя из этого плана, мне кажется удобным выделить следующие этапы развития живых систем:

1. Первичные молекулы.
2. Одноклеточные.
3. Многоклеточные до формирования коры головного мозга.
4. Многоклеточные с корой головного мозга, исключая человека.

Появление каждой из этих систем означало появление новых программ, качественно отличающихся от предыдущих.

Я не буду вдаваться в теории возникновения жизни на Земле. О них достаточно сказано многими крупными учеными (Опарин и др.). Видимо, возможно несколько вариантов существования первичной сложной «живой» молекулы. Первый вариант: «живые» молекулы образуются из более простых органических молекул при благоприятных условиях и разрушаются при неблагоприятных. Собственно, программа жизни только и заключается в процессе соединения молекул. По всей вероятности, их даже нельзя назвать живыми, поскольку они не обладают таким атрибутом жизни, как размножение. Второй вариант: раз образовавшись, сложная молекула «живет», размножается, то есть сама создает себе подобных, если для этого есть благоприятные условия — наличие подходящих простых молекул. Однако жизнь для нее еще не является обязательной. При отсутствии соответствующих условий молекула неактивна и ведет себя как любая другая устойчивая молекула простого неорганического или органического соединения.

Пример таких существ представляют собой вирусы: они состоят из молекулы ДНК, окруженной молекулами белка. Размножаются они, только внедряясь в живую клетку, где есть соответствующий материал для удвоения ДНК и создания новых белков. Вне организма ви-

рус — просто конгломерат сложных молекул, образующих кристаллы, не подающие признаков жизни. Разумеется, вирусы не могут рассматриваться как первичные «живые» молекулы, с которых началась жизнь на Земле. Возможно, что это — их потомки, приспособившиеся к миру сложных живых существ и паразитирующие на нем.

Таким образом, у первичных «живых» молекул есть две сочетающиеся программы — питание и размножение. Одна — «для себя», вторая — «для рода и вида». Код получаемой информации — простые молекулы, отдаваемой — одна сложная («живая»).

Программа моделирования себе подобных, начиная с молекул, выглядит примерно так, как это происходит с ДНК вирусов. Длинная молекула ДНК при определенных условиях разделяется по длине надвое, и каждая половинка дополняется за счет свободных нуклеотидов.

Разумеется, есть еще более низкий этаж программы, в котором участвуют атомы и их элементы. Именно ими объясняется сам механизм разрушения одних связей и создания других.

Одноклеточные существа в природе представлены микроорганизмами. Хотя они и называются простейшими, но на самом деле это сложно организованные структуры, имеющие соответственной сложности программы. Среди последних можно выделить по крайней мере два типа: программы «для себя» — питание, движение, защита, «для рода и вида» — размножение. Каждая из них имеет этажное строение, приспособленное для выделения различных кодов информации и соответствующего планирования действий. По всей вероятности, можно выделить три этажа программ и соответственно — кодов информации (рис. 3).

Первый этаж — рабочие программы. Они сводятся к следующим основным видам:

1. Питание — процессы захватывания и разложения питательных веществ с образованием энергии или частиц, пригодных для синтеза своих структур.

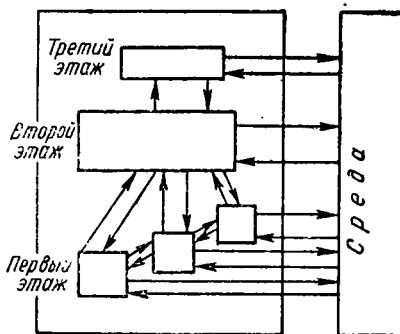


Рис. 3. Схема программ клетки.

Первый этаж — программы рабочих реакций, связанные друг с другом прямыми и обратными связями. Второй этаж — пластические реакции, осуществляющие процессы приспособления путем регулирования рабочих реакций нижнего этажа. В третьем этаже заложены программы размножения и наследуемая информация. Каждый этаж может иметь связи с внешней средой, которая стимулирует или тормозит соответствующие реакции.

2. Защита, выражающаяся главным образом в обезвреживании ядовитых веществ, а также в сопротивлении вредным физическим агентам.

3. Движение — изменение формы под воздействием внешних и внутренних раздражителей.

Все эти программы осуществляются по общим принципам химических превращений: фиксация (восприятие) первого вещества — знака низшего кода, накопление его до определенных пределов (временное запоминание).

сравнение с матрицей-эталоном, что соответствует превращению в новое вещество — знак нового, высшего кода. В результате этого первая модель — накопление первого вещества — исчезает. Знаки высшего кода — новое вещество — могут накапливаться, образуя новую модель внешнего воздействия.

Все превращения в живых клетках осуществляются

с помощью ферментов и происходят на специальных структурах — моделирующих подсистемах клетки. Существуют определенные зависимости скоростей течения реакций от характера внешних раздражителей. Обычно это реакции саморегулирующиеся, с обратными связями.

Отдельные программы связаны друг с другом поперечными связями в какое-то общее «хозяйство».

Второй этаж осуществляет регулирование первого в зависимости от медленных изменений внешнего мира, которые не улавливаются первым этажом, не имеющим длительной памяти. По обычным представлениям, второй этаж осуществляет реакции приспособления, усиливает одни функции, ослабляет другие, изменяет зависимости величины эффекта от силы раздражителя, иначе — изменяет характеристики процессов первого этажа.

С этой целью второй этаж выделяет разные модели информации из быстро изменяющихся внешних воздействий, воспринимаемых первым этажом. Возможно выделение нескольких кодов: по сумме, скорости, ускорению, соотношению между разными раздражителями. Принцип выделения информации обычный — восприятие, временное запоминание, сравнение с эталонами знаков кода, выдача нового знака. Возможно накопление информации в памяти — модели из знаков нового кода.

Кроме программы переработки информации на втором этаже есть и программа воздействий — модель второго этажа программ. Суть ее в изменении скорости химических реакций первого, рабочего этажа. В живых клетках второй этаж можно себе представить в виде РНК, которые синтезируют белки — ферменты для рабочих химических реакций. Скорость синтеза определяется нелинейной зависимостью от наличия фермента, а

последнее — его затратами в процессе выполнения рабочих реакций, вызванных внешними воздействиями. Ферменты — это код информации, выдаваемой вторым этажом клетки.

Третий этаж клеточных структур — ядро — в принципе должен выделять высший уровень информации — модели еще более медленных изменений внешнего мира. Возможно, что это так и есть: в хромосомах клеточных ядер имеются молекулы ДНК, на которых синтезируются РНК для второго этажа. Нельзя считать, что ядро осуществляет только функцию размножения, оно участвует и в «обычной» жизни клетки, хотя и непостоянно. Известно, что после удаления ядра клетка через несколько недель погибает.

Таким образом, в программах «для себя» третий этаж регулирует процессы второго, выделяя высшие коды информации.

Однако главное назначение третьего этажа состоит в осуществлении программы размножения — программы «для рода и вида». Конечно, не следует думать, что вся эта программа заложена только здесь. Она имеет свои второй и первый этажи, так как именно в результате ее реализации происходят процессы роста клетки, изменения ее структуры и обмена в ходе деления. Но все-таки — это отдельная программа, отличная от обычной деятельности.

Включение программы размножения, так же как и любой другой, осуществляется по сигналу. Им является накопление каких-то структур в результате процессов роста — то есть запоминание информации. Момент созревания клетки фиксируется системой обратной связи, которая сигнализирует об этом на высший этаж — в ядро. В ответ на сигнал там включается программа размножения — всех структурных пертурбаций, в ре-

зультате которых вместо одной старой появляются две молодые особи. Программа эта жесткая, поскольку к началу таковой клетка имеет все необходимое для ее реализации.

Можно сформулировать некоторые общие свойства программ одноклеточных существ:

1. Моделирование внешнего мира осуществляется за счет молекулярных структур и, возможно, в весьма ограниченных пределах. Количество воспринимаемых воздействий (видов энергии и веществ) невелико и соответственно незначительны возможности выделения высших кодов (изменение во времени, сочетания). Вследствие этого приспособляемость к изменениям внешнего мира мала, а степень точности моделей низка.

2. Число программ клетки невелико. Основное свойство их — значительная жесткость при небольшой этажности и ограниченных возможностях саморегулирования.

3. Программы «для себя» слабы и не обеспечивают высокой выживаемости. Это компенсируется интенсивным размножением — программой «для рода и вида».

4. Ограниченная приспособляемость индивидуумов к изменению внешних условий компенсируется значительной изменчивостью — за счет частых мутаций и, возможно, за счет наследования приобретенных признаков. Частая «удачность» мутаций объясняется сравнительной простотой программы размножения и роста, нарушения которой редко сопровождаются непреодолимыми противоречиями между составными частями структуры, как это бывает у сложных многоклеточных.

5. Коды внешней информации разные для разных типов программ. Кодом программы «для себя» являются движения, выделение химических веществ (то и другое в виде определенных немногочисленных комплексов во

времени), программы «для рода и вида» — новые особи.

Формирование многоклеточных бескорковых организмов в процессе эволюции произошло также за счет мутаций. Какие-то изменения в структуре ДНК послужили причиной того, что процесс деления одноклеточного организма не завершился, и дочерние клетки остались вместе, не обособились, оказывая значительное влияние друг на друга. В дальнейшем чрезвычайно усложнялась их программа размножения и роста, что привело в конце концов к возникновению многоклеточных существ с дифференцированными клетками. Трудно представить, что в ДНК хромосом зародышевой клетки запечатлены все мельчайшие — до молекул — детали строения каждой клетки сложного организма. Нужно полагать, что программа развития многоэтажна, жестка, но с обратными связями, которые включают новые звенья по мере выполнения предыдущих. Для каждой вновь образуемой клетки отдельно формируются программы рабочих реакций и программы размножения в комплексе целого организма. Обратные связи останавливают размножение по достижении определенных количественных отношений.

Многоклеточные организмы относятся к системам второго уровня, а поэтому среди их программ нужно различать клеточные и целостные.

Клетки в сложном организме имеют программы тех же трех видов, что и весь он в целом:

1. «Для себя» — рабочие реакции основного обмена, снабжения энергией, защиты от вредностей. Эти программы тесно связаны друг с другом и имеют те же, по крайней мере, три этажа, что и программы одноклеточного организма.

2. «Для рода» — программы роста и размножения, также трехэтажные.

3. «Для организма» (высшей системы) — программы специализированной деятельности. Пример такой деятельности — сокращение мышечной клетки, выдача нервных импульсов или выделение гормонов клетками железы. В таком количестве клетке этого совсем не нужно. Она лишь выполняет задания организма, подчиняясь определенным воздействиям с его стороны. Программы специализированной деятельности развились из элементов программ «для себя»: сокращения — из движений одноклеточного за счет его сократительных элементов, гормоны или нечто похожее нужны были самой клетке для управления своими отдельными программами. Эти простые программы изменились в сторону большей эффективности и управляемости, как правило, в ущерб каким-то другим программам из комплекса «для себя».

Через свои регулирующие системы, состоящие из специализированных клеток, организм может воздействовать на любой этаж всех клеточных программ. Тем не менее клетки сохраняют некоторую самостоятельность — различную в разных случаях. Даже программа размножения, строго блокированная целостными влияниями, в некоторых случаях выходит из повиновения, следствием чего являются опухоли.

Программы целого организма определяются структурами из клеток и их специализированной деятельностью. Их можно разграничить на те же три типа:

1. «Для себя» — питание, защита.

2. «Для рода» — размножение, воспитание потомства.

3. «Для вида» — соотношение первой и второй про-

грамм, обеспечивающих вместе возможности вида в борьбе за существование.

Каждую из программ в свою очередь можно поделить еще на два компонента, тесно взаимодействующих друг с другом, — внешнюю и внутреннюю подпрограммы. Первая определяет воздействия на окружающий мир. Основной ее код — движения, меньшее значение имеет выделение химических веществ. Вторая состоит во взаимодействии между внутренними органами и их клетками, обеспечивающем целесообразную мышечную деятельность. Коды внутренних подпрограмм — химические вещества во всем их разнообразии.

Все программы и их составляющие — этажны. Структуры из специализированных клеток образуют этажи, по которым перерабатывается поступающая и моделируется выдаваемая вовне информация. Количество этажей зависит от степени сложности животного. Этажи внешних программ взаимосвязаны строгой подчиненностью, что обеспечивает в каждый данный момент выполнение только одной из них за счет заторможенности всех остальных. Внутренние программы чрезвычайно многообразны, протекают параллельно и обладают значительной автономностью.

Высший этаж всех перечисленных программ представлен инстинктами. Их два: самосохранения (составные программы его «питание» и «защита») и продолжения рода (составные программы «размножение» и «воспитание», иначе говоря, половой и родительский инстинкты). Модели этих программ заложены во внутренней сфере, в клетках регулирующих систем — эндокринной и нервной. Они включаются из внешней среды (защита) или изнутри (голод, половое чувство).

Нижние этажи представлены различными безусловными рефлексам и клеточными реакциями.

Все модели рефлексов и инстинктов достаточно жесткие, их структуры — врожденные. Они рассчитаны на определенные внешние воздействия среды, как у автоматов. Приспособляемость к изменениям внешнего мира по типу условных рефлексов обеспечивается за счет некоторого количества избыточных связей между нервными клетками в жестких структурах и за счет программ клеточного приспособления — в частности, гипертрофии и адаптации клеток. Однако возможности обоих этих механизмов в отношении пределов и времени приспособления ограничены. Опытами биологов доказано, что условные рефлексы могут быть выработаны у бескорковых животных и даже у одноклеточных, однако последнее удастся лишь в небольших пределах и только после огромного числа сочетаний раздражителей, формирующих рефлекс, — тысячи и более.

Сложность жестких врожденных структур резко возрастает с увеличением объема перерабатываемой ими информации, разнообразия двигательных актов и их продолжительности во времени. Иначе: при жестких программах для каждого внешнего раздражителя нужна своя врожденная структура. Лишь возможность предусмотреть множество различных внешних условий, а следовательно, наличие множества структур-программ обеспечивает высокую приспособляемость. Количество сочетаний внешних раздражителей, для восприятия которых нужны особые программы, возрастает пропорционально квадрату числа отдельных воздействий. Отсюда следует, что при жестких программах очень трудно обеспечить гибкость в приспособлении к разнообразным, постоянно изменяющимся внешним воздействиям. Выживаемость этих сравнительно примитивных видов объясняется высокой плодовитостью или наличием специфических сильных средств защиты либо нападения.

В процессе возникновения и изменения новых видов природа создала исключительное разнообразие структур, а следовательно, и программ — еще на стадии низших, бескорковых животных. Обозреть их все невозможно. Я попытаюсь выделить типы и охарактеризовать их в информационном плане.

Как и во всякой живой системе, в них можно обособить восприятие внешних воздействий с выделением из них информации и собственно программы деятельности. Остановимся на каждом из этих свойств.

Низшие животные воспринимают лишь некоторые виды энергии, иначе говоря, имеют немногочисленные типы рецепторов. Последние действуют в ограниченном диапазоне изменений энергии.

Переработка информации в мозгу или нервных ганглиях обеспечивает выделение ограниченного числа степеней силы раздражения. «Узнавание» раздражителя достигается разграничением нервных путей, идущих от рецепторов, которыми он воспринят, и выделением степеней силы воздействия путем «наложения» на некоторые эталоны. Разумеется, узнаются только простые образы, модели которых заложены в нервной системе от рождения.

Выделение этажных моделей производится, но количество их ограничено, так же как и точность. Таким путем определяются качества раздражителя — например, скорость движения, величина и т. д.

Условные рефлексы, то есть запоминание временных сочетаний раздражителей, осуществляются только за счет тренировки соответствующих нервных клеток: в результате многократного повторения одних и тех же сочетаний изменяются пороги возбудимости и зависимость частоты импульсов от силы воздействия. Возмож-

но, что при этом проторяются какие-то резервные нервные пути и за счет их создаются условные связи, как в коре мозга.

Бескорковые животные способны производить не слишком сложные и продолжительные во времени двигательные акты. Довольно сложные произвольные движения обеспечиваются наличием в программах деятельности следующих компонентов:

1. Этажность моделей. Верхние этажи включают и выключают модели нижних.

2. Каждой модели верхнего этажа соответствует несколько вариантов ее на нижнем. Включается тот из вариантов, который наиболее готов по «местным» условиям.

3. Обратная сигнализация о выполнении очередного этапа программы или сопротивления. Сигналы обратной связи необходимы для включения следующего этапа программы, усиления ее или переключения на другую.

4. По всей вероятности, существует контрольная «следающая система», которая по обратным сигналам сверяет действительное выполнение программы с «должным» — установленным от рождения и лишь несколько измененным тренировкой. В случае рассогласования могут быть включены дополнительные программы.

5. Возможно, существует подпрограмма «подготовки». Суть ее состоит в том, что в ходе выполнения сложного двигательного акта заранее включаются на режим подготовки звенья, которые должны работать следующими.

6. Дополнительные программы «усиления», включающиеся при получении со следающей системы сигнала о рассогласовании. Таковыми являются специальные «аварийные» программы чрезвычайных кратковремен-

ных усилениях ценой непроизводительной затраты энергетических запасов. Их можно условно назвать программами «эмоций».

На уровне бескорковых животных, наверное, не существует специальных устройств, запоминающих каждую выполненную программу с целью корректирования существующей модели ее. Однако какие-то следы остаются, по всей вероятности, в тренировке участвующих в модели клеток.

Следует особо остановиться на «программе внимания» — выделении в каждый данный момент одной программы, наиболее важной для организма. Для двигательных программ должен существовать такой механизм, иначе невозможными были бы целесообразные движения — они все время искажались бы другими, одновременно включаемыми при воздействии иных раздражителей. На уровне спинного мозга такие программы существуют в виде так называемого реципрокного торможения, когда выполнение одного рефлекса автоматически выключает другие, действующие противоположно. В головном мозгу возможно наличие программы доминирования, тормозящей при возбуждении одной модели (например, высшей) все прочие. По выполнении первой программы остальные растормаживаются и приводятся в готовность для включения.

Что касается программы переработки воспринимаемой информации, то вполне вероятно, что она осуществляет усиление одних каналов восприятия в ущерб другим. Преимущество захватывают каналы, испытывающие воздействие наиболее сильных раздражителей либо особо важные для существования системы.

Бескорковое животное можно рассматривать как сложный автомат, имеющий большой набор программ переработки воспринимаемой информации и набор мо-

делей двигательных актов, которые включаются от чувственной сферы — образами, представляющими собой модели внешних и внутренних раздражителей, заранее закодированных в управляющих системах организма. Единственными «двигателями» его поведения являются высшие этажи программ уже названных ранее инстинктов — самосохранения и продления рода. Модели этих программ заложены в высших центрах нервной системы, которые собирают информацию о состоянии внутренней сферы и, в частности, находятся под постоянным влиянием эндокринной системы. Возбуждение их изменяет «настройку» моделей-эталонов, служащих для сравнения с моделями внешнего мира, либо варьирует пороги возбудимости соответствующих чувствительных центров. Таким образом осуществляется выборочная, субъективная обработка информации применительно к состоянию организма в данный момент (голод, цикл размножения и т. д.).

То же самое относится и к двигательной сфере: возбуждение инстинктов ведет к повышению возбудимости некоторых моделей действий, обеспечивающему их доминирование над другими, менее важными в данный момент.

Пожалуй, следует остановиться на «чувствах» низших животных.

Структуры из нервных клеток, осуществляющие восприятие внешних и внутренних воздействий, выделение из последних информации и переработка ее с образованием этажных моделей — все это обнимается понятием «чувственная сфера». Чувства представляют собой возбуждение некоторых нервных центров (моделей), получающих воздействия со стороны тела и извне. Пример: запах врага вызывает у бескоркового животного возбуждение определенных нервных структур, с кото-

рых оно затем переходит на модели двигательных актов — программ (скажем, бегство). Чувство может быть слабым или сильным — в зависимости от интенсивности раздражителя, а также от настройки центров, определяемой состоянием организма. Весьма важно, что модели «чувств» закладываются в процессе формирования животного, до его рождения; вообще слово «чувство» в строгом его значении мало применимо к большинству низших живых существ.

Программы действий, включаемые от «чувств», вызванных внешним раздражителем, зависят от специфики и силы последнего. В одних случаях это легкие движения, ограниченные участием лишь нескольких мышц, в других, с распространением возбуждения по всей нервной системе, они выражаются мобилизацией на короткий срок всех возможностей организма. Пожалуй, такое состояние общего возбуждения можно назвать «эмоциями». При этом не только включаются специальные двигательные акты — например, движения защиты или нападения, но и перенастраивается регулирование всей внутренней сферы для обеспечения максимальных возможностей снабжения мышц (внутренний компонент программы «эмоций»). «Эмоции» — это не что иное, как резервные аварийные программы, включаемые при чрезмерных раздражителях, угрожающих жизни, когда для спасения ее не приходится считаться с затратами. По всей вероятности, низшим животным присущи только отрицательные «эмоции» — страха и гнева, которые являются производными программы инстинкта самосохранения. Тем не менее «чувства», связанные с размножением, то есть возбуждение каких-то центров-моделей, у них тоже могут быть достаточно сильными, хотя и не столь выраженными, как у высших животных, размножающихся половым путем. Возможно, что по-

давление программы размножения (определяемое обратными связями и «следящей системой») опять-таки вызывается «эмоциями» гнева.

В общем, «чувства» и «эмоции» у низших животных — это возбуждение чувствительных центров раздражителями, круг которых ограничен врожденными возможностями организма. Интенсивность возбуждения определяется силой раздражителя и настройкой центра со стороны внутренних воздействий тела. Это аналогично процессам переработки информации в соответствующих частях автомата, воспринимающих и анализирующих внешние воздействия, прежде чем включить механизмы действий.

По обилию вариантов программ группа корковых животных весьма разнообразна, быть может, даже в большей степени, чем предыдущая. Разумеется, рассматривать под таким углом зрения всю группу в целом допустимо только с оговорками. Тем не менее есть ряд программ общих для всех видов, входящих в нее.

Низшие корковые животные мало чем отличаются от высших представителей предыдущей группы. Кора головного мозга у них настолько мала, что удаление ее почти не сказывается на их жизнедеятельности. Программы корковых животных, как и любой живой системы, подразделяются на три типа — «для себя», «для рода», «для вида». Каждая имеет несколько вариантов, много этажей и две подпрограммы — внутреннюю и внешнюю. Как видим, схема построения программ такая же, как и у предыдущей группы. Разница заключается в количестве этажей, в принципах переработки информации и в удельном весе различных программ. Так, например, здесь уже резко возрастает значение

программы «для рода»: инстинкт размножения дополняется инстинктом воспитания детенышей. Программы «для вида» представлены поведением стадных животных, необходимостью общения, а не просто соотношением инстинктов размножения и самосохранения индивида.

Как уже отмечалось, в соответствии с общими законами эволюции каждый вновь возникший вид живых систем несет одновременно старые и новые программы. Программы коры головного мозга, которая представляет собой новый этаж структур, обеспечивающий гораздо более широкие возможности в переработке информации и создании моделей программ действий, наслаиваются на программы бескорковых животных, значительно изменяя, но не уничтожая их.

Основное назначение коры у животных — переработка внешней и внутренней информации с выделением моделей разных этажей, в которых запоминаются изменяющиеся отношения разнообразных внешних раздражителей к организму. Кора является моделирующей установкой, создающей модели внешнего мира, внутренних программ организма и отношений между ними. Тем самым наличие ее значительно увеличивает приспособляемость животного к изменяющимся внешним условиям, что обеспечивает лучшие возможности для выживания индивидуума и рода.

Восприятие разнообразия внешнего мира у бескорковых животных ограничивается количеством врожденных моделей. Разумеется, последнее невелико, и поведение особи поэтому часто теряет целесообразность. Представляя собой большой клеточный массив, кора позволяет не только увеличить число таких моделей, но

и запечатлевать в них изменения внешнего мира во времени и отношениях к индивидууму. Она является самообучающейся системой.

Основные программы деятельности коры головного мозга — выделение этажной информации, модели действий, чувственная сфера, внимание — у животных и человека в целом одинаковы. Описаны они будут подробно, с указанием сходства и различий, в следующей главе.

ОСНОВНЫЕ ПРОГРАММЫ ПОВЕДЕНИЯ ЧЕЛОВЕКА

В этой главе я попытаюсь изложить общие положения гипотезы о программах поведения человека — механизмах его мышления и психики. Разумеется, их можно рассматривать только как предположения, требующие серьезного обсуждения. В своем изложении я буду стараться придерживаться информационного плана и ограничусь лишь редкими и поверхностными экскурсами в область физиологии высшей нервной деятельности (мне кажется, что время для физиологической гипотезы мышления еще не пришло).

Однако перед тем нужно остановиться на некоторых вопросах развития человека. Я изложу их так, как они мне представляются.

Формирование человека как члена общества. Все виды живых существ развивались и подвергались изменениям в течение тех миллионов лет, которые пережила Земля. Но ни один из них даже отдаленно не подошел к уровню человека. В самых общих чертах с точек зрения анатомической и физиологической нелегко найти принципиальные отличия человека от высших млекопитающих. Сравнение же в информационном плане сразу дает возможность определить эти отличия. Одно из таковых заключается в способности человека выделять из внешних воздействий информацию с более высокими и многообразными кодами-качествами. Это позволяет ему видеть и понимать то, что недоступно животным, хотя у них и более развиты органы чувств. Второе от-

личие — быть может, оно даже важнее — состоит в способности создавать в коре головного мозга новые этажные модели и умения воплощать их в вещи с помощью прекрасно развитого двигательного аппарата.

Почему же человек так возвысился над своими собратьями? Как на причину этого можно указать на два анатомических фактора.

Во-первых, головной мозг человека значительно отличается от головного мозга всех других животных, в том числе и обезьяны. Дело не столько в его объеме, то есть количестве клеток, сколько в структуре самих полей: большей поверхности коры за счет извилин, развитии лобных и височных областей, которые не имеют непосредственной связи с рецепторами или эффекторами и выполняют роль надстройки над «старой корой». Именно они являются структурами, обеспечивающими выделение высших кодов информации.

Во-вторых, — что, по-видимому, не столь уж важно, — непосредственное управление скелетной мускулатурой у человека в отличие от животных перенесено из подкорки в кору: отростки пирамидных клеток двигательной зоны коры у него доходят непосредственно до мотонейронов спинного мозга. Поскольку клеток в коре человека гораздо больше, постольку у него возможно создание более сложных моделей двигательных актов.

Анатомические особенности человека возникли в результате ряда последовательных удачных мутаций, закрепленных естественным отбором. Мало оснований считать, что передача признаков, приобретенных в ходе развития, играла в эволюции большую роль: слишком длинна цепь передачи информации от мышцы, гипертрофировавшейся в результате упражнения, до молекулы ДНК в генах зародышевой клетки, определяющей структуру этой мышцы у потомства.

По всей вероятности, анатомия обгоняла функцию. Можно предполагать, что человеческий мозг почти в том же варианте, как и ныне, сформировался очень давно и в течение многих тысячелетий не использовался в должной мере. Пожалуй, его возможности не исчерпаны до конца еще и сейчас. (Не исключено, что такое положение существует у некоторых животных, скажем у дельфинов).

Структура мозга — только предпосылка для развития человечества. Дело в том, что в высших этажах коры, присущих человеку, нет моделей программ, готовых к переработке информации. Они существуют только в нижних этажах — в виде продольных связей. Направляясь по ним из подкорки в кору, информация отражается в корковых анализаторах. Поперечные связи, не проторенные к моменту рождения, только обеспечивают создание временных условных связей между моделями внешнего мира, отпечатанного в анализаторах за счет готовых функционирующих продольных связей. Таким образом, имеется сеть врожденных каналов, по которым течет информация; постепенно в процессе приобретения опыта «квадратики» пространства между ними заполняются моделями внешнего мира, впрочем, только такими, которые «вписываются» в готовую сеть. Такую систему (моделирующую установку) можно определить как обучающуюся.

Высшие отделы коры, по всей вероятности, построены иначе. Конечно, и тут есть продольные связи, соединяющие их со «старой корой». Но проходимость этих врожденных связей недостаточна для того, чтобы прямо выделять высшие коды информации. Здесь превалируют беспорядочные связи: множество избыточных проводников образует сложную нервную сеть, по которой возбуждение, идущее «снизу», сначала распространяется

диффузно. Каналы для движения информации формируются в процессе упражнения одних и тех же линий связи — сначала за счет случайного совпадения во времени, а затем по следам, оставшимся от первых потоков. Следовательно, структура высших этажей коры создается и изменяется в ходе ее тренировки. Пройдя период обучения, она приобретает способность сама себя создавать в зависимости от задач, которые перед ней ставятся, и от побочных внешних воздействий. Таким образом, это самоорганизующаяся система.

Однако необходимым условием деятельности такой системы является предварительный этап обучения, тренировки. Путем повторения одинаковых сочетаний раздражителей нужно сначала проложить какие-то «магистральные» каналы, по которым будет течь информация; затем вокруг них организуются другие, «боковые», каналы и создается сеть — структура, предопределяющая программы переработки информации с выделением высших этажных кодов.

Очень важно, оказывается, чтобы такое предварительное обучение было проведено в раннем возрасте, по возможности — в период роста и созревания новой коры, который, как известно, занимает несколько лет. Если же сроки упущены, обучение дается с большим трудом и не приводит к желаемым результатам.

В обычных условиях это положение проверить нельзя, поскольку даже в наиболее малокультурных семьях ребенок получает минимальный комплекс уроков. Однако жизнь поставила естественный эксперимент. Известны случаи, когда в джунглях находили 4—8-летних детей, украденных и выращенных дикими зверями. Совершенно уподобившись животным, они передвигались на четвереньках, не знали речи, предпочитали общество четвероногих. Самое же главное заклю-

чается в том, что обучить их, привить элементарные человеческие навыки было не только чрезвычайно трудно — это оказалось возможным лишь в ограниченных пределах. Потребовалось несколько лет для того, чтобы воспитать у них привычку держаться вертикально и научить 30—50 словам.

Подобные наблюдения показывают, что «анатомическая кора» — только предпосылка для формирования человека таким, каким мы его знаем. Человек создается в результате воспитания, а для этого нужно общество — как высшая система, способная накапливать информацию и передавать ее своим членам.

Можно предполагать, что путь становления человечества был мучителен и долог. Видимо, мозг человека возник очень давно — тогда, когда наши далекие предки еще не знали расовых отличий. Они возникли позднее — цвет кожи, особенности скелета. Трудно себе представить, что каждая раса имела «своего» прародителя либо что в результате многочисленных, но независимых мутаций у всех рас сформировался одинаковый мозг, но разные внешние черты. Скорее, все произошло наоборот: сначала возник мозг, затем люди расселились по планете и лишь впоследствии приобрели расовые черты. Впрочем, это пока что гипотеза, еще требующая множества доказательств.

Не только ум человека, но и его внешний облик формируется в процессе воспитания. Я не уверен, что мы ходим на двух ногах лишь потому, что так «положено» в силу анатомических особенностей нашего тела. Вспомним, с каким трудом учится ходить ребенок и как легко, с каким удовольствием он передвигается на четвереньках. Если бы вокруг не было двуногих и они не заставляли бы его становиться на ноги, он, наверное, так бы и остался на четвереньках. Доказательство —

все те же воспитанники джунглей. Разумеется, вертикальная поза накладывает печать на формирование скелета, внутренних органов и даже мозга. Однако факт, что первобытный человек частенько помогал себе при ходьбе руками, еще не доказывает несовершенства его мозга — таковой не использовался из-за отсутствия воспитания.

Признание «скачкообразного» возникновения мозга не исключает допущения его последующей «доработки» через многочисленные небольшие мутации. То же можно сказать и относительно других частей тела, постепенно приобретавших современный облик. Большую роль в этом процессе сыграли естественный отбор и общественное формирование «идеалов» — критериев, составивших его основу. Вертикальной позе человек обязан и рождением нового идеала красоты. Отныне, если в силу мутаций рождались длинноногие и короткорукые, они получали преимущество в браках, а это оказывало влияние на последующее формирование соответствующего расового типа. То же относится к форме головы и, конечно, к мозгу, поскольку он определял ум — очень важный фактор отбора в зарождающемся первобытном обществе, когда уже нужно было изобретать, запоминать, уметь создавать вещи.

Итак, возник мозг и выделил человека из окружающих его животных. Важнейшим качеством, проявление которого не требовало воспитания, являлся сильный «рефлекс подражания». Это — врожденная программа «считывания», выражение чувственной модели, образа двигательными средствами. Элементы творчества — создание собственных, индивидуальных моделей движений — присущи многим высшим животным. Но обычно эти новшества не перенимаются другими особями и поэтому умирают вместе с «изобретателем». Человек бо-

лее способен к подражанию, и таким путем в роду стали накапливаться приобретенные или, вернее, изобретенные движения. Прежде всего это касалось использования естественных предметов (палки, камня) в качестве орудий. Затем или одновременно развивалась речь — условный код, высший этаж. Кто-нибудь из членов рода изобретал звук, и, если он оказывался удобным, его перенимали другие.

Видимо, периодически обстоятельства благоприятствовали формированию и длительному существованию отдельных человеческих родов и племен, внутри которых возможны были накопление и передача изобретенных движений и навыков в изготовлении и применении вещей. Такие роды и племена стали первыми ячейками человеческого общества — как новой высшей системы, имеющей свои программы переработки и накопления информации. Поскольку они были разобщены значительными расстояниями и трудностью передвижения, то и культуры у них создавались разные. Это касалось быта, орудий и особенно языка, как наиболее отвлеченной системы сигналов-моделей. Наверное, большая часть таких зачатков культуры погибла, не достигнув высокого уровня; некоторые из них остановились в своем развитии и дошли до наших дней в «диком состоянии».

Основу прогресса человеческих обществ составляет накопление вещей и совершенствование обучения детей. Первыми этапами такого прогресса были: использование естественных предметов в качестве орудий борьбы и труда и формирование речи — нового высшего кода сигналов, экономно передающего информацию. Именно благодаря речи появилась возможность прокладывать магистральные каналы в высших отделах коры головного мозга и тем самым начать ее освоение — фор-

мирование моделей программ. Рисунок представил собой новый код, позволивший хранить информацию помимо человеческой памяти. Рождение письма, еще одного кода, заменяющего звуки человеческой речи, знаменовало резкий скачок в процессе накопления информации и обучения. Последующее развитие шло быстро: понимание внешнего мира — моделирование его разными кодами, создание новых моделей — вещей, орудий, машин. И все это в ходе непрерывного совершенствования воспитания и обучения, которые обеспечивали освоение высших этажей новой коры у каждого члена общества. Не будь последнего условия — человек остался бы животным, только, быть может, более способным и понятливым.

Характеристика человека как системы. Человек представляет собой систему, способную воспринимать внешние воздействия, выделять из них информацию, перерабатывать ее с формированием многочисленных этажных моделей и оказывать воздействия на окружающий мир по многоэтажным программам. В самом общем виде человек — это автомат с программным управлением. Его программы очень сложны. Часть из них заложена от рождения, другие приобретаются в течение жизни. Эти программы обеспечивают ему возможности самонастройки, обучения, самосовершенствования. Иначе: человек — это самообучающаяся и самонастраивающаяся система. Разумеется, как и каждая моделирующая установка, мозг его имеет пределы в переработке информации, в том числе и пределы обучаемости и самонастройки. Все изменения программ развиваются во времени и зависят от окружающих воздействий — как физических, так и информационных.

Я полагаю, что не нужно пугаться слова «автомат», когда его употребляют применительно к человеку. Пре-

дела сложности искусственных автоматов необозримы уже в настоящее время, а ведь они только начали свой путь. С другой стороны, это слово подчеркивает, что человек не может внезапно выдавать чудесных решений и действий, которые не были бы обусловлены его

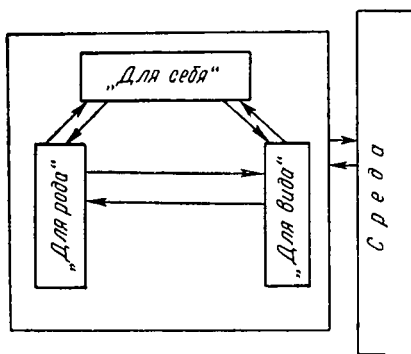


Рис. 4. Взаимоотношение программ «для себя», «для рода», «для вида».

врожденными возможностями и предшествовавшей историей обучения и развития, что в основе деятельности человека лежит программа, заложенная в нем самом, а не где-то вне его, и что ни о какой «свободе воли» как противоположности детерминизма не может быть и речи.

Согласно нашим общим представлениям, каждая сложная система имеет множество программ, которые можно разделить на группы, положив в основу классификации некоторые признаки. Так, например, как уже говорилось, программы каждого живого существа в зависимости от точки их приложения, эффекта в отношении самой системы и окружающего мира группируются следующим образом (рис. 4):

1. «Для себя» — обеспечивающие существование данного индивида.
2. «Для рода» — размножение и воспитание потомства.
3. «Для вида» — обеспечивающие сохранение и распространение вида.

У животных действуют программы первых двух типов, а третьи являются лишь их следствием. Для человека, наоборот, третьи программы, видимо, наиболее важны, так как именно они создали человечество.

Границы программ условны, и поэтому можно выделить еще более высокие типы их, например обеспечивающие существование жизни на Земле или что-нибудь в этом роде. Однако если подходить статистически, то целесообразно ограничиться перечисленными тремя.

Хотя основные типы программ уже рассматривались в главе об эволюции, тем не менее следует остановиться на них еще раз, чтобы подчеркнуть их специфику у человека.

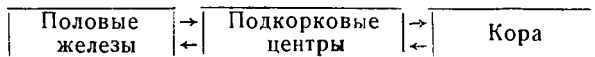
Комплекс программ «для себя» на высшем этаже у него представлен инстинктом самосохранения, который в свою очередь можно поделить на два компонента: «питание» и «защиту». Каждый из них состоит из очень большого числа частных программ — рефлексов различной сложности, модели программ которых заложены на разных этажах организма. Есть чисто клеточные программы защиты и питания, например всасывание в кишечнике или обезвреживание некоторых ядов специальными клетками. Разумеется, и в этих программах защиты участвуют регулирующие системы, но только в лице своих низших этажей. До коры головного мозга сигналы могут и не доходить.

Наоборот, такие программы, как добывание пищи, у человека целиком находятся в сфере компетенции коры. «Снизу» поступают лишь сигналы, включающие и регулирующие эту программу. То же касается и общих программ защиты. Есть серия безусловных рефлексов, выполняемых бессознательно за счет деятельности спинного мозга, есть более сложные — за счет врожденных моделей в подкорке, в мозжечке. Однако они яв-

ляются только низшими этажами, «кирпичиками», на которых построены сложные произвольные двигательные акты, целиком создаваемые в коре за счет общих программ обучения и самосовершенствования. Тем не менее в регулировании этих произвольных актов определенную роль играют и подкорковые программы чувств и эмоций.

В целом программы «для себя» можно считать «животными», потому что они в равной степени присущи всем животным. Разница между ними у различных видов только количественная. В реализации этих программ-инстинктов кора головного мозга у человека, как и у животных, выполняет функцию вычислительной машины, обеспечивающей выбор наилучшего варианта защиты, нападения или добывания пищи. Центры таких программ — в теле, в его низших регулирующих системах. В последних заложены механизмы (снова-таки программы) поддержания постоянства внутренней среды, защиты от вредностей, способных нанести ущерб индивиду либо уничтожить его.

Программы «для рода» также можно отнести к ряду «животных», поскольку они принципиально не отличаются от сложных рефлексов, обеспечивающих у высших млекопитающих размножение. В основе этих программ лежит инстинкт продолжения рода, компонентами которого являются половой и родительский инстинкты. Центральное звено первого находится в половых железах, откуда исходят основные стимулирующие воздействия в виде гормонов, действующих на подкорку и далее — на кору. Вся программу в общем виде можно изобразить следующей схемой:



В отличие от животных у человека во многих звеньях сложной цепи двигательных актов, объединенных комплексом «размножение», корковые модели играют главенствующую роль. Подкорка дает только смутные чувства — влечения, беспокойства, поиска, желания, все же оформление в виде двигательных актов прививается обучением и творчеством. Кора стимулирует, тормозит и реализует инстинкт. Может быть, только такой процесс, как беременность, протекает по древним автономным моделям, в которых кора принимает минимальное участие.

Родительский инстинкт, пожалуй, более «человечен». Чувства к ребенку носят биологический характер: центры их находятся в подкорке, и программы включаются от вида, запаха, прикосновений, у женщин — от сосков при кормлении. Эндокринный компонент, наверное, невелик, так как инстинкт сформировался сравнительно поздно — на стадии высших животных. Особенно это касается мужчин. Тем не менее все воплощение инстинкта в виде кормления, воспитания и обучения детей является чисто корковым комплексом актов, привитым родителям воспитанием и обучением. Оно находится в прямой связи с программами третьего типа.

Внутри каждой врожденной программы — инстинкта нет полной гармонии. Она составлялась постепенно; на старые модели простых актов наслаивались новые, более сложные, не уничтожая, а подавляя прежние. Поэтому наряду с синергизмом и субординацией существуют также противоречия и помехи. Кора только усугубила их. Примеры: программы защиты, включаемые воздействием внешних раздражителей, нередко вступают в противоречие с программами питания, побуждаемыми изнутри голодом или жаждой; корковые програм-

мы оценки партнера по любви тормозят слепое половое влечение, диктуемое действием гормонов.

Программы «для вида» у человека можно назвать социальными. За счет их существует общество как высшая система, оказывающая огромное влияние на свои элементы — людей.

В зачаточном состоянии эти программы есть и у высших стадных животных, но на гораздо более низком уровне. Социальные программы не проявление инстинкта, каковой можно предполагать у насекомых, живущих колониями, — пчел, муравьев. Это действия для общества, привитые воспитанием через кору головного мозга. Подкорка с ее чувственной сферой участвует в реализации этих программ — но вторично. Кора вызывает чувства, они включают побуждения, желания и дальше — снова через кору — действия. Впечатление таково, что человек совершает поступки для себя, для удовлетворения некоторых своих чувств, а на самом деле он выполняет задания общества, привитые ему воспитанием. Кора здесь выступает уже не в роли вычислительной машины, только выбирающей оптимальный вариант для реализации инстинктов — программ подкорки, а в качестве самостоятельной структурной единицы, способной навязать свои программы подкорке, телу, даже вопреки его биологическим требованиям. Такая «власть» над телом — следствие не врожденной мощи коры головного мозга человека, а тренировки ее в процессе воспитания и обучения. Другое дело, что в отличие от животных кора человека имеет необходимую анатомическую предпосылку для самосовершенствования: в ней есть области, способные благодаря особенностям своих клеточных программ воспринимать тренировку и усиливать свою активность до значительных пределов.

Поскольку все корковые программы реализуются через тело, то в них всегда присутствуют компоненты низших регулирующих систем с обратными воздействиями на кору. Это — обратные связи всякой программы, в равной степени характерные и для социальных.

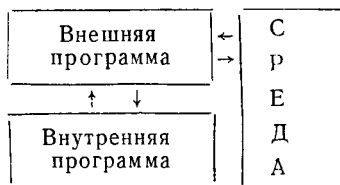
Взаимодействие программ основных трех типов осуществляется по общим принципам, уже изложенным в первой главе. Это — независимость, синергизм, противоречия, помехи. Пожалуй, можно утверждать, что программы всех типов действуют одновременно и непрерывно. Дело только в том, что всегда, в каждый данный момент, какая-нибудь из них является главной — доминирует над другими. Впрочем, это не исключает спокойного «сосуществования» разнотипных программ на низших этажах (например, беременность уживается с работой для общества, питанием, защитой). Что же касается высших программ мышечной деятельности, то опять-таки в каждый данный момент реализуется, как правило, только одна из них; в случае одновременного осуществления нескольких таких программ все равно доминирует какая-то одна — главная. Это и понятно: в двигательном акте принимает участие множество мышечных групп и поэтому трудно представить возможность одновременного выполнения нескольких действий при сохранении их общей целесообразности для организма как целого. Исключения касаются случаев, когда параллельно выполняются два движения, в которых участвуют совершенно различные мышцы. Пример: человек говорит и совершает какое-то действие.

Зато бывают другие положения — когда один двигательный акт одновременно служит двум типам программ. Так, выполнение работы имеет общественное и частное значение — результат служит обществу и в то же время индивиду и его семье.

Все программы деятельности человека имеют некоторые общие черты. Самое главное их качество — этажность. В любом действии участвует весь организм, со всеми его клетками и органами. Иное дело — степень, удельный вес этого участия. Он может быть исчезающе мал либо весьма значителен. Современный кибернетический подход к живым организмам означает необходимость количественной оценки степени и характера участия каждой составной части их. Только после этого можно решить, чем допустимо пренебречь в построении моделей, необходимых для управления поведением или лечения заболеваний.

Клеточный уровень и регулирующие системы. В этой книге я не даю подробной характеристики низших этажей организма — его клеток, органов и регулирующих систем. Эти сведения нужны в большей мере для медицины, чем для психологии, и они сообщены в книге «Регуляция жизненных функций и кибернетика» (1964 г.). Однако некоторые схемы необходимо привести, поскольку значение «животных» функций весьма велико даже в чисто психических программах.

Общая схема любой программы следующая:



Человек получает воздействия извне через органы чувств и воздействует на окружающий мир главным образом через движения. Это — его внешняя деятельность. Она осуществляется за счет программ, заложен-

ных в коре мозга и в меньшей степени — в подкорке. Однако они не независимы. Внешней деятельности всегда сопутствует внутренняя — функции всех других клеток и внутренних органов. Как уже отмечалось, в большинстве случаев именно внутренние программы являются главными: они включают и регулируют внешнюю деятельность.

Сравнительно подробный анализ структур организма в связи с его деятельностью позволяет выделить несколько уровней, правда, с довольно условными границами: это — клетки, органы и функциональные системы. Может быть, более целесообразно говорить о клеточном уровне и уровне регулирующих систем, поскольку последние осуществляют координацию деятельности клеток и органов, без чего невозможно выполнение определенных программ.

Все физиологические акты можно представить в виде программ. В самом «низу» находятся клеточные программы, подразделяющиеся на три этажа: первый — низший уровень рабочих реакций, второй — обеспечивающий реакции приспособления и третий — управляющий размножением (см. рис. 3). В сложном организме все три этажа имеют связи с внутренней средой его (но внешней для клетки), которая поставляет вещества для обмена и включает рабочие функции. Иначе: среда регулирует работу второго и третьего этажей, то есть активно влияет на способность клетки к приспособлению и делению. В ходе эволюции многие клеточные программы в большой мере специализировались; это касается клеток как рабочих органов, так и регулирующих систем. Другие клетки, например соединительнотканые и эпителиальные, остались на более низкой ступени развития и, являясь составной частью сложного организма, сохранили значительную способ-

ность к перестройке и приспособлению. В дифференцированных клетках — нервной, мышечной — все четче разграничивались две фазы деятельности: активная, выполняющая специальные задачи для организма, и пассивная, восполняющая затраты и осуществляющая неспецифические клеточные программы.

Изучение клеточных программ сложного организма весьма важно, поскольку вся его деятельность осуществляется в конце концов через клетки. Представляя собой низший этаж всех программ, они несут наибольший объем информации. К сожалению, нет возможности смоделировать все клетки; да это и не обязательно, хотя следует предполагать, что они имеют значительные индивидуальные особенности. Смоделировать клеточный уровень — значит создать модель условной клетки, с тем чтобы включить ее в общую модель высшего этажа. Конечно, все это осуществимо в пределах, лишь приближенных к действительным, особенно если речь идет о моделировании клеток нервной системы.

Изучение клеточного уровня — задача весьма сложная, так как вообще добраться до клетки не просто, а тем более трудно получить из нее информацию, не нарушив ее жизнедеятельности.

Нервная клетка (нейрон), особенно коры головного мозга, является типичным представителем высоко специализированной системы. Ее структура определяется назначением воспринимать, хранить и передавать информацию. Поэтому клетка имеет длинные отростки — аксоны — для связи с рецепторами, эффекторами и прочими нервными клетками. Физиологию ее, достаточно изученную в последние годы с помощью микроэлектродной методики, я не буду описывать и ограничусь лишь информационным планом.

Обычно это система с многими входами и одним или несколькими выходами. В ней четко разграничены состояние покоя и функции генерирования нервных импульсов. Импульс представляет собой сложный физико-химический процесс, развивающийся во времени по определенной рабочей программе. Так же он распространяется и по аксонам — к выходу. Импульс возникает как реакция с положительными обратными связями, отсюда его взрывной характер. Вырабатывается он при некоторых условиях в теле клетки, в частности, в определенном месте ее потенциал должен достичь уровня 80 мв. Повышение потенциала является следствием поступления импульсов с других клеток — через синапсы либо при воздействии на окончания данной клетки какой-нибудь специфической энергии — света, давления и пр. На одно раздражение клетка может отвечать более или менее продолжительной группой импульсов различной частоты. По всей вероятности, при частых раздражениях она способна гипертрофироваться, иначе говоря, возбудимость ее может повышаться. Если импульсы поступают на клетку все время через какой-нибудь один вход — синапс, в нем происходят местные изменения, увеличивающие «проводимость» энергии. Некоторые клетки обладают противоположным гипертрофии свойством — адаптацией. Это значит, что клетка стремится поддержать какой-то оптимальный режим своей активности, возникающей в ответ на раздражитель. Если последний по параметрам силы или частоты выходит за определенную для данной клетки верхнюю границу, то она сначала реагирует частыми импульсами, а затем, «привыкнув», отвечает обычно. Программа привыкания у клеток в отношении количественных характеристик различна.

Кроме указанного главного свойства клетки, состоящего в способности генерировать импульсы — возбуждаться, имеет место и противоположное состояние — торможение. Суть его заключается в том, что в теле клетки возникают какие-то активные процессы обмена, в результате которых она в той или иной степени теряет способность отвечать возбуждением на раздражители. Видимо, торможение — химический и физико-химический процесс, развивающийся по определенной программе. Последняя включается полностью или частично со специальных синапсов — при получении тормозных раздражителей с других, тоже специальных клеток либо при определенных сочетаниях частот импульсов, поступающих через обычные входы. Во втором варианте явление носит название пессимума по Введенскому.

В общем нервную клетку можно рассматривать как моделирующую систему, обладающую следующими свойствами:

1. Нейрон выделяет информацию из внешних воздействий, отвечая собственным кодом импульсов на раздражители в виде различных видов энергии.

2. Разные нейроны имеют различные программы выделения информации: они реагируют на силу, частоту, скорость, ускорение либо всевозможные комбинации из перечисленных параметров раздражителей, способны суммировать последние в пространстве и времени.

3. Зависимости между входами и выходами нейронов нелинейные. При некоторых значениях параметров воздействий активность клетки падает до нуля и реже превращается в отрицательную — торможение.

4. Характеристики нейрона зависят от неспецифических воздействий — питания, снабжения кислородом, физико-химической среды и пр. Зависимости — разные.

5. Нейрон способен выделять информацию второго этажа, то есть медленно изменять рабочие характеристики при изменении режимов поступления внешних раздражителей. Это выражается: а) местным изменением части клетки, прилежащей к синапсу, что отражается на проводимости последнего — способности пропускать энергию; б) общей гипертрофией, или повышением возбудимости; в) противоположным процессом адаптации — снижением возбудимости.

В нервной системе много типов нейронов, различающихся по любому из перечисленных свойств.

Сейчас ведутся работы по моделированию нейрона средствами техники. Разумеется, создать такую моделирующую установку можно, однако рассчитывать на ее простоту не приходится. Кроме того, универсального нейрона в природе нет. Поэтому едва ли такая работа имеет большой смысл, поскольку будет чрезвычайно трудно создать нейронные сети из настолько разнородных и сложных элементов.

Управление клетками осуществляется через регулирующие системы (РС). Постепенно совершенствуясь в процессе эволюции, у высших животных они достигли уровня очень сложной многоэтажной организации.

Общая упрощенная схема РС представлена на рис. 5.

Я выделяю четыре системы.

Первую РС я условно называю химической специфической, понимая под ней кровь и лимфу с составляющими их относительно простыми химическими веществами — солями, глюкозой, аминокислотами, белками, газами, «шлаками». Это — внутренняя среда организма. Уровень всех перечисленных веществ поддерживается за счет деятельности многих внутренних органов — почек, печени, легких, сердца, пищеваритель-

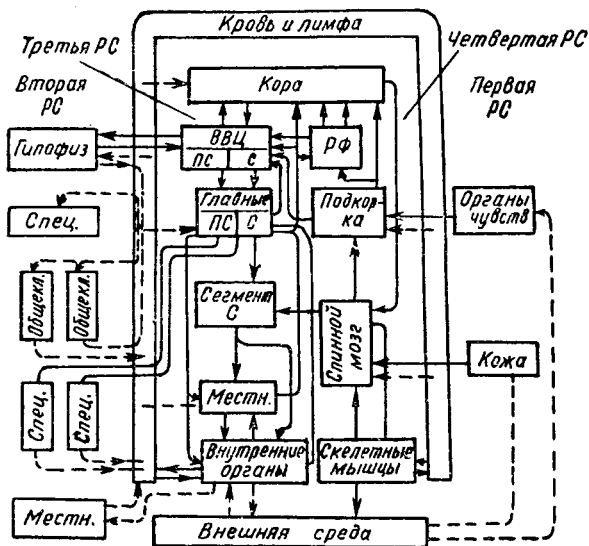


Рис. 5. Упрощенная схема регулирующих систем (РС) организма.

Первая РС представляет собой внутреннюю среду организма — кровь и лимфу — вместе с рабочими внутренними органами, поддерживающими их состав. Вторая — эндокринная, состоящая из нескольких этажей: вверху — гипофиз, ниже — специализированные железы (половые), еще ниже — общеклеточные (например, кора надпочечников, щитовидная железа), еще ниже — специализированные, выполняющие частные задачи (мозговое вещество надпочечников, поджелудочная железа). В самом низу — эндокринные функции некоторых органов, имеющие местное значение. Третья РС — вегетативная нервная система. Она состоит (сверху вниз) из: высших вегетативных центров ВВЦ с симпатическим С и парасимпатическим ПС отделами, главных центров, ведающих отдельными функциями (например, дыхательный центр), сегментарных узлов, местных сплетений в органах. Четвертая РС — нервно-соматическая система. РФ — ретикулярная формация.

ного тракта и др. Разумеется, деятельность этих органов регулируется со стороны высших РС, но многие из них и сами обладают способностью отвечать изменением функции непосредственно на изменение процентного состава того или иного ингредиента.

Вторая РС — **эндокринная**. Принцип деятельности этой системы заключается в том, что в ответ на некоторые раздражители клетки ее выделяют в кровь активные вещества — гормоны, которые, действуя в малых дозах, выступают как активаторы либо ингибиторы (тормозящие вещества) различных клеточных реакций.

Гормоны разнятся по точке приложения и эффекту воздействия на клетку. Одни регулируют рабочие реакции каких-то специальных клеток, например адреналин вызывает сокращение гладкой мускулатуры. Другие воздействуют на второй этаж всех или избранных клеток, изменяя способность их к приспособлению, хотя непосредственно и не регулируя рабочей функции. По всей вероятности, таково влияние коргизона — гормона коры надпочечников. То и другое относится только к клеткам регулирующих систем. Управляя деятельностью клеток, эндокринные железы являются обязательным компонентом многостепенных структур с обратными связями. При этом они могут удлинять и усиливать действие нервных регуляторов.

В эндокринной системе различают несколько этажей. В самом низу находятся «местные» гормоны, выделяемые рабочими клетками в качестве побочного продукта. Они оказывают регулирующее действие в пределах одного или нескольких соседних органов. Пример — секретин желудка. Следующий снизу этаж представлен специальными железами, регулирующими рабочую функцию некоторых специализированных клеток, например обмен углеводов в печени. Эти железы испы-

тывают влияние со стороны третьей РС (вегетативной нервной системы) и выступают в качестве сервомотора, усиливая и удлиняя регулирующий эффект нервных центров. На самом верху находится гипофиз — «эндокринный мозг», выделяющий множество различных гормонов, действующих на эндокринные железы, которые в ответ уже выделяют гормоны специализированного или универсального назначения. Гипофиз имеет теснейшие связи с высшими этажами вегетативной нервной системы. Рабочие гормоны воздействуют на него по типу обратных связей.

Где-то посредине эндокринной лестницы расположены специальные гормоны общего действия, включающиеся в определенные периоды жизни организма, например во время беременности и пр.

В эндокринной системе заложены важнейшие звенья некоторых жизненных программ — инстинктов (таких, как половой). Для иных программ составные этой системы представляют побочное, но важное звено. Так, в программах защиты и нападения большую роль играет адреналин, который, выделяясь под воздействием нервной системы, в свою очередь длительно ее возбуждает, создавая состояние повышенной активности, с мобилизацией всех возможных ресурсов.

Третья РС — нервно-вегетативная. Основной принцип ее действия: химия—нерв—химия. Нервные окончания (рецепторы) воспринимают изменения химизма в тканях, преобразуя их в нервный импульс—информацию. Последняя проходит переработку в этажных нервных структурах разной сложности и, вернувшись в рабочие клетки на периферии в виде нервных импульсов, снова трансформируется в активные химические вещества — медиаторы, оказывающие регулирующее действие.

Основным объектом регулирования со стороны третьей РС являются внутренние органы, которые обеспечивают организм энергией для производства мышечной работы и подводят ее к соответствующим мышцам.

Схема, представленная на рис. 5, лишь в какой-то мере отображает сложность многоэтажной структуры. В действительности же последняя еще более сложна. Местные нервные сплетения в органах регулируют кровообращение и рабочие клеточные программы. Одновременно они посылают сигналы «наверх» и получают оттуда «приказы». Сегментарные и межорганные сплетения объединяют функцию нескольких органов и тоже служат передаточным звеном для вышестоящих отделов. Еще выше находится уровень «главных центров», в которых сосредоточено регулирование нескольких органов и функциональных систем, обеспечивающих какую-либо одну функцию, например дыхание или кровообращение. Над ними — высшие вегетативные центры (ВВЦ). В них сконцентрированы интегральные функции, объединяющие энергетику всего организма. Применительно к запросам организма ВВЦ регулируют обмен веществ, теплоотдачу и теплопродукцию, обмен воды, электролитов и питательных веществ. Испытывая воздействия от подкорковых центров следующей РС и непосредственно от коры мозга, ВВЦ не только размножают «приказы» для нижних этажей вегетативной нервной системы, руководствуясь информацией «снизу», но и широко при этом используют эндокринную систему, будучи в свою очередь сами под ее влиянием.

В вегетативной нервной системе производится многоэтажная переработка информации по довольно жесткой программе. На каждом этаже в соответствии с его спецификой выделяется свой код информации. Чем выше этаж, тем более общего характера информация — в

отношении как длительности, так и протяженности анатомических областей регулирования — собирается в нем. То же касается и собственно программ действия: высшие этажи отдают «общие приказы» для многих органов и систем. «Внизу» эти «приказы» конкретизируются сообразно местным условиям.

Разумеется, в зависимости от состояния организма и внешних условий программы вегетативной нервной системы могут несколько изменяться. Это достигается использованием резервных связей, существующих от рождения, и программ приспособления нервных клеток, составляющих данную систему.

Третья РС является структурой, в которой заложены важные звенья общих программ инстинктов — защиты, питания, размножения. Однако звенья эти являются скорее подчиненными, чем ведущими. Они не вызывают действий, а обеспечивают либо ограничивают их, выполняя роль обратной связи.

Четвертая РС представлена так называемой нервно-соматической системой, которая собирает информацию из внешней среды и управляет действиями организма, направленными вовне — на окружающий мир, через посредство двигательных актов, выполняемых скелетной мускулатурой. Это — наиболее быстро прогрессирующая система, в которой возникла кора головного мозга. По сравнению с перечисленными выше системами она обладает наибольшими возможностями в переработке информации и составлении программ действия: разнообразие внешней среды бесконечно велико, гораздо больше, чем внутренней, поэтому для моделирования ее нужна более сложная установка.

Структура этой системы подчиняется общему закону этажности. Рабочими элементами для восприятия воздействий и выделения из них первичной информации в

ней служат рецепторы кожи и органы чувств. Рабочими средствами воздействия являются скелетные мышцы, «смонтированные» на костно-суставном скелете. Спинной мозг представляет собой первый этаж переработки получаемой и выдаваемой информации. Верхний (головной) конец его переходит в продолговатый мозг и дальше — в ствол. Здесь находится первый этаж для важных рецепторов зрения и слуха. На этом уровне заложены программы простых безусловных рефлексов, одновременно он — ступень переработки информации для высших этажей.

Следующий уровень я условно называю подкоркой, руководствуясь главным образом требованиями упрощения, предъявляемыми информационным планом мышления. В действительности же это очень сложная структура с многообразными функциями. Их можно разделить на несколько программ:

1. Этаж, в котором объединяется первичная информация о внешнем мире. Здесь не только фиксируются несложные условия среды (тепло, холодно), но и происходит возбуждение доставшихся нам от далеких предков врожденных сложных моделей, сигнализирующих о «врагах» (темнота, гром, звери).

2. Обратная информация о состоянии и положении в пространстве всего двигательного аппарата — костей, суставов, мышц.

3. Ощущения и чувства от раздражения рецепторов кожи, объединенные с ощущениями, поступающими от внутренних органов (тепло, больно, жажда, переполненный мочевой пузырь).

4. Модели сложных врожденных двигательных программ — сложных рефлексов поддержания равновесия и координации, которые служат необходимым «фоном» для произвольных движений. Эти последние у животных

также представлены в подкорке, а у человека управляются корой. Однако часть простых рефлексов, например почесывания, защиты, у него, возможно, включает-ся подкоркой.

5. Программы выбора-доминирования: определение очередности, включение двигательных программ соответственно запросам данного момента. Этот механизм у человека действует в сторону коры, представляя собой программы усиления, осуществляемые ретикулярной формацией (РФ).

6. Программы эмоций, выступающие как аварийные при чрезвычайных обстоятельствах. Они включают в себя чувственный компонент (ярость, горе, ужас) и двигательный (мимика, позы и более сложные акты).

7. Центры — модели инстинктов: защиты, питания, полового, родительского. У человека из этих программ остались только чувственные компоненты — любовь, ревность, голод. Однако, возможно, двигательный компонент представлен теми неспецифическими побуждениями, стремлениями, которые мы определяем как желания: схватить, бежать, искать.

8. Программы высших рефлексов — любопытства, подражания, цели, самовыражения у человека, видимо, находятся в «старой коре», но возможно, что частично они относятся и к подкорке.

В общем подкорка — это высший этаж жестких врожденных программ. Здесь осуществляется переработка внешней и внутренней информации и сосредоточены элементарные программы действия, служащие основой для более сложных корковых. Она же «командует» высшими этажами вегетативной нервной системы, а через них и эндокринной. В то же время все три низшие регулирующие системы оказывают на нее обратные воздействия — как тормозящего, так и стимулирующего

характера. Сложные врожденные программы инстинктов локализуются в подкорке, но включают и высшие звенья третьей и четвертой регулирующих систем.

Совершенно особое место в четвертой РС у человека занимает кора головного мозга, играющая самостоятельную роль руководительницы огромного множества программ.

В этой работе рассматриваются только высшие этажи программ — их корковый компонент, выражающийся в поведении, психике, мышлении. Конечно, подкорка и другие регулирующие системы оказывают постоянное воздействие на кору, но у них своя специфика, изучаемая физиологией.

Программы коры головного мозга. Субстратом психической жизни человека является кора головного мозга. В ней сосредоточены модели внешней и внутренней сфер и модели-программы собственной деятельности, к какому бы из трех основных типов таковая ни относилась.

Все богатство и разнообразие функций коры базируется на трех ее основных системах-программах:

1. Система постоянных, врожденных связей.
2. Система временных, приобретенных связей.
3. Система «энергии» (усиления, доминирования).

Постараюсь расшифровать эти понятия.

На рис. 6 показана упрощенная схема коры. По вертикальным связям информация из подкорки поступает в многочисленные слои коры (в информационном плане — это этажи, в анатомическом — не только слои, но и поля, области коры). Чем выше этаж, тем менее проходима связь, то есть тем больше ее врожденное «сопротивление». В то же время количество клеток, объединенных этими связями, возрастает, как в опрокинутом конусе. Корковые клетки разных этажей имеют раз-

личные характеристики в отношении кодов выделяемой ими после переработки информации: они реагируют импульсами различной частоты на разные параметры поступающего раздражителя. Анатомическая структура связей и характеристики клеток на нижних этажах

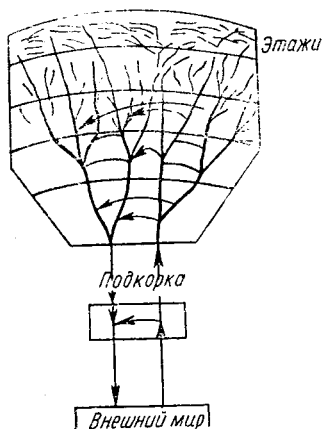


Рис. 6. Упрощенная схема коры головного мозга.

предусматривают выделение этажных моделей информации согласно общим законам кибернетики, рассмотренным в первой главе. Деятельность клеток выражается в том, что в ответ на раздражитель, поступающий в виде импульсов из подкорки, они развивают продолжительную активность. Видимо, существует такая зависимость: чем ниже слой клеток, тем короче период их активности.

Система врожденных, постоянных связей обеспечивает «временную» память на разных эта-

жах коры (рис. 7). На примере это выглядит так. Допустим, от каждой рецепторной клетки на дне глаза идет нервный проводник в нижний слой коркового анализатора. При восприятии картины глазом часть его клеток возбуждается, остальные — нет. Возбуждение отображается в виде соответствующей мозаики в клетках коркового анализатора — там создается такой образ картины, какой она выглядит в данный момент. Каждая клетка слоя, получившая «толчок», генерирует импульсы некоторое время, например 5 сек. Это значит, что в ука-

занном временном слое картина, воспринятая в данный момент, будет «светиться» 5 сек. Но в картине происходят изменения, допустим, каждую секунду. Следовательно, на нижнем этаже коркового анализатора должно быть по крайней мере 5 временных слоев клеток для

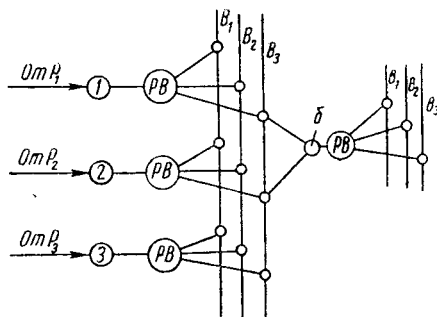


Рис. 7. Схема временной памяти.

Возбуждение поступает от рецепторных клеток P_1, P_2, P_3 на клетки коры головного мозга 1, 2, 3. Каждая соединена с «реле времени» PB — клетками, последовательно переключающими поток импульсов на клетки временных слоев первого порядка B_1, B_2, B_3 . Возбуждение нескольких клеток может суммироваться в клетке второго этажа $б$ и от нее переключаться через свое «реле времени» на временные слои второго порядка B_1, B_2, B_3 , которые «светятся» гораздо дольше, чем первые.

того, чтобы через «реле времени» ежесекундно приключать рецепторы сетчатки поочередно к каждому слою. «Светясь» по 5 сек., слои обеспечивают временное запоминание картины в течение этого времени — во всех подробностях. От первого этажа проторенные от рождения связи идут к следующему, в котором выделяется высший код информации, например клетки осуществ-

влияют пространственное суммирование. Несколько возбужденных клеток первого этажа на втором представлены одной, но «светиться» она будет гораздо дольше. Так обеспечивается более длительное запоминание, однако уже не подробной, а несколько упрощенной, абстрагированной картины. Следовательно, система врожденных связей позволяет не только отпечатать в коре воспринимаемые в данный момент картины внешнего мира, но и сохранить память о воспринятых в недалеком прошлом — в виде мозаики возбужденных клеток. На разных этажах отпечатываются различные модели — сообразно врожденным связям и характеристикам клеток. Общим является то, что все клетки «светятся» только в момент возбуждения или некоторое время спустя. Как только раздражители перестают воздействовать на рецепторы, «гаснут» все корковые клетки: нижние этажи — раньше, верхние — позднее, в зависимости от архитектуры связей и соотношения количества клеток в каждом из них.

Как уже упоминалось, чем выше этаж, тем меньше врожденная проторенность вертикальных связей, тем труднее возбудить их клетки от внешнего раздражителя, воздействующего на рецептор. Следовательно, степень возбуждения («потенциал энергии») будет уменьшаться по направлению кверху. Для того чтобы его сохранить, к врожденной проторенности нужно добавить приобретенную опытом, иначе говоря, повторением.

По всей вероятности, врожденные связи принимают участие не только в обработке поступающей в корковые анализаторы информации, но и в программах двигательной сферы. Возможно, что в нижних этажах ее есть врожденные программы простейших рефлексивных. Однако это еще предстоит доказать.

Между клетками, находящимися в одном или в различных временных слоях нижних этажей анализатора, а также между разными этажами имеется система поперечных связей, соединения (синапсы) которых непроходимы от рождения. В информационном плане синапсы можно уподобить сопротивлению. Нервные импульсы, проходящие по проводнику, несут какую-то энергию. В зависимости от сопротивления синапса на соседнюю клетку переходит большая или меньшая часть этой энергии. У врожденных продольных связей часть эта велика, однако она постепенно уменьшается по направлению к верхним этажам.

Я не буду вдаваться в физиологию синапсов: она достаточно сложна и еще не полностью выяснена. Одно кажется ясным: сопротивление синапса уменьшается, если принимающая клетка возбуждена в момент, когда к нему подходят нервные импульсы с передающей клетки. Иначе: сопротивление синапса уменьшается, если клетки по обе стороны его возбуждены. Такое положение бывает, например, в случае, когда обе клетки возбуждаются независимо друг от друга по продольным связям, от рецептора. Из следующей серии импульсов в клетку проникнет уже большая по сравнению с предыдущей часть энергии; потенциал клетки возрастет, и, если перед тем он был достаточно высок из-за других причин (см. ниже), она может вторично возбудиться. Так или иначе, сопротивление синапса будет уменьшаться в некоторой нелинейной зависимости от частоты его успешного использования. Эти временные, приобретенные связи и являются субстратом «д л и т е л ь н о й» п а м я т и. Итак, суть временной памяти — в активном возбуждении некоторого комплекса клеток, соответствующих внешней картине. Суть длительной памяти заключается в проходимости синапсов, через которые не-

которая группа клеток объединена между собой. Если какая-то часть этих клеток возбудится извне или спонтанно, то благодаря малому сопротивлению синапсов между ними энергия возбуждения быстро перейдет на другие клетки комплекса (модели), потенциал их повысится, и все они придут в состояние возбуждения («засветятся»).

В этом механизме, реализуемом за счет второго этажа клеточных программ — местного приспособления, заложена основа опыта. Когда на один и тот же комплекс клеток в корковом анализаторе все время действуют раздражители извне, одновременно возбуждая их, то поперечные связи между ними становятся проходимыми и в анализаторе формируется модель внешней картины, образа. Она может «засветиться», даже если в результате внешнего воздействия возбудится только часть клеток.

На этом явлении основано и такое свойство коры, как «самоорганизация». При неоднократном случайном совпадении времени возбуждения двух клеток, соединенных связью, последняя становится проходимой. После этого достаточно одной клетке получить воздействие, как возбуждение с нее уже само переходит на вторую. Именно таким путем проторяются продольные связи в верхних этажах коры, где они от рождения непроходимы. Случайное или преднамеренное (при целенаправленном обучении) одновременное возбуждение некоторых моделей создает проходимые связи. В дальнейшем поток импульсов уже выбирает проторенный путь, и связь укрепляется почти до такой же степени, как и существующая от рождения.

Итак, механизм создания образов-моделей следующий. Через продольные, врожденные пути картина внешнего мира отпечатывается в корковом анализаторе

в виде мозаики возбужденных клеток. Если это повторяется много раз, между клетками проторяются поперечные связи: образ запомнен на первом этаже. От составляющих его клеток проводники идут на второй этаж, часть из них перекрещивается на одной или нескольких клетках — пути проторяются, и на втором этаже создается упрощенная модель-эквивалент, соответствующая подробной картине первого этажа.

По всей вероятности, не обязательно полное совпадение во времени возбуждения обеих клеток. Некоторый разрыв допустим; при условии, что одна из клеток активно возбуждена, а возбуждение второй уже угасает, даже этого последействия достаточно для того, чтобы синапс проторился.

Кроме того, есть клетки, действующие как реле времени. На возбуждающее воздействие они отвечают не сразу, а с известным замедлением. Задержка эта объясняется внутренними клеточными программами. Такие реле тоже включаются в цепь постоянной памяти, создаваемой опытом; благодаря им в последующем она может воспроизвести интервалы времени, имевшие место в последовательности внешних событий, запомненных в коре. Как видим, роль этих клеток велика.

На принципе следов основаны и так называемые рельсы, видимо, существующие в пределах корковых анализаторов (рис. 8). Дело в том, что одни и те же предметы внешнего мира в зависимости от расстояния, с которого они воспринимаются, имеют различные размеры и, следовательно, «падают» на разные клетки сетчатки и коры. Нельзя запомнить каждую из бесконечного множества подобных моделей. В момент, когда мы смотрим на приближающийся предмет, в коре отражается постепенное увеличение его размеров: он как бы растет, раздвигаясь от центра к периферии, но остава-

ясь себе подобным (причем все фигуры изменяются одинаково). В результате многочисленных повторений в коре формируются пути, рельсы, по которым происходит восприятие изменения размеров фигуры при ее приближении, удалении, поворотах. Если мы запомнили предмет, наблюдая его с одного расстояния, в одном по-

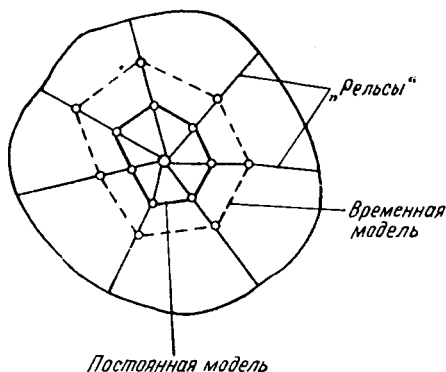


Рис. 8. Схема рельсов, обеспечивающих узнавание одинаковых образов разной величины.

ложению, а впоследствии увидели дальше или ближе, то по рельсам возбуждение будет приведено до обычного размера — оно наложится на ту модель-образ, которая сформирована проторенными опытом поперечными связями.

Приобретенные изменения в синапсах не вечны. Если в последующем связи, образовавшиеся между двумя клетками, не используются, сопротивление синапса снова постепенно возрастает, связи функционируют хуже, а при длительном неупотреблении проводи-

мость их может почти прекратиться. На этом явлении основано забывание — чрезвычайно важный феномен. Он позволяет держать наготове, в первом ряду памяти те связи, которые отражают наиболее часто встречающиеся во внешнем либо внутреннем мире отношения за последний отрезок времени. При обработке информации эти связи в первую очередь и используются. Так достигается при ограниченности общего объема памяти ускорение распознавания. Судя по результатам некоторых психологических опытов, полное забывание все-таки не происходит и вторично проторить существовавшую ранее связь гораздо легче, чем создать ее.

Видимо, все модели-образы составлены из множества клеток. Устойчивость связей между клетками различна. Внутри модели-образа есть прочный «костяк» — схема и есть детали, подробности, запомненные поверхностно. Можно предполагать, что одни и те же клетки входят в состав многих моделей за счет множества связующих их проводников. Путаница при воспроизведении образов не происходит только потому, что они составлены из большого числа клеток. Для того чтобы модель пришла в состояние возбуждения, нужно возбудить определенный минимум клеток. Дальше все пойдет лавинообразно, поскольку включатся положительные обратные связи: каждая клетка, входящая в модель, связана со многими другими и воздействует на них при возбуждении.

Система энергии нейрона сложна. Нейрон может рассматриваться как генератор нервных импульсов. Это его специфическая деятельность: он имеет соответствующие программы типа взрывной физико-химической реакции, после которой нужно некоторое время (рефракторный период) для того, чтобы импульс мог повториться. Видимо, в течение этого времени готовятся

какие-то «материалы», которые затем «расходятся» в период импульса. Включение программы импульса осуществляется с какой-то части нервной клетки — в ее теле или окончании (?) — и происходит, когда в этом месте возникнет определенное состояние, созреет какая-то структура. Нейрофизиологи нашли, что одним из проявлений этого состояния является величина потенциала клетки по отношению к внешней среде. Такое состояние может возникнуть самопроизвольно, без заметных внешних воздействий (хотя это и не означает, что их нет). Тогда рождаются так называемые спонтанные импульсы, спонтанная активность клетки. Обычно — это редкие импульсы. Специфические раздражители либо импульсы с других клеток ускоряют «созревание» состояния готовности и включают импульсацию данной клетки. Следовательно, можно говорить об уровне активности программы генерирования импульсов — потенциале энергии. Частота импульсации прямо зависит от него. Активность является прежде всего функцией собственных систем клетки. Она определяет так называемый порог возбудимости и отдельно — характеристику, то есть зависимость между частотой собственных импульсов и внешними воздействиями. Активность (потенциал энергии) зависит от внутреннего состояния клетки — от ее неспецифических процессов питания и от степени «тренированности» специфических структур, определяющих всю программу возбуждения. Основываясь на общих законах биологии клетки, можно предполагать, что при частых раздражениях и хорошем неспецифическом обмене эта программа будет усиливаться: повысится спонтанная активность и сдвинется зависимость между силой (энергией), поступающей на вход, и частотой импульсов на выходе. Это — действие второго клеточного этажа, осуществляющего приспособление.

Итак, активность (потенциал энергии), а следовательно, и частота импульсации клетки зависят от ее состояния как автономной системы и от количества «полезной» энергии, поступающей извне. Эта последняя определяется как отношение полной энергии падающих на клетку импульсов — пропорциональной их частоте—

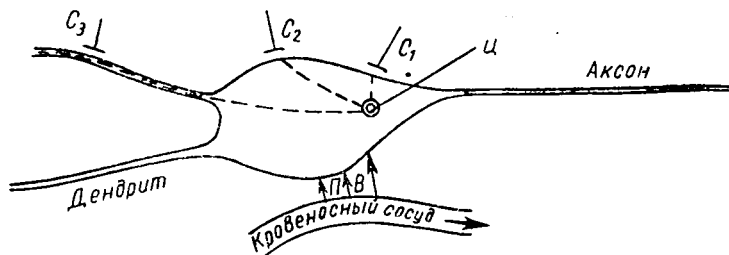


Рис. 9. Схема нервной клетки.

C_1 , C_2 , C_3 — синапсы с различным сопротивлением и различным расстоянием от центра Ц. Клетка получает питательные вещества ПВ через мембрану из кровеносных сосудов. Из этих веществ создается энергия возбуждения. Энергия, поступающая по синапсам, имеет только информационное (сигнальное значение).

к сопротивлению синапса, зависящего от его проторенности. Видимо, имеет значение и местоположение синапса на теле клетки. В случае, если он располагается близко к центру, сопротивление внутриклеточного участка пути меньше. Если же синапс находится на конце дендрита — отростка на входе, к сопротивлению синапса прибавляется собственное большое сопротивление дендрита. Поскольку на каждую клетку приходится до 100 синапсов, энергия, поступающая на нее, определяется суммой всех внешних воздействий (рис. 9).

Все соединенные связями клетки оказывают воздействие друг на друга. Однако в мозгу есть специальная

система, которая обладает способностью особенно сильно изменять возбудимость клетки. Физиологи относят эту систему к ретикулярной формации (РФ) и связанным с ней центрам. Пока еще нельзя точно сказать, как она действует: то ли это обычные нервные импульсы, суммирующиеся со всеми поступающими по другим каналам, то ли специфическое воздействие на какие-то звенья собственной программы генерирования импульсов — настройка ее. Известно, что эти воздействия имеют знак — они могут быть возбуждающими либо тормозными. Природа торможения до сих пор точно не выяснена. Большинство исследователей склоняется к мнению, что есть специальная тормозная нервная сеть, в которой тоже циркулируют импульсы, однако на клетки они оказывают обратное воздействие — уменьшают их потенциал, активность. Другие считают, что в принимающую клетку включены тормозные структуры, какие-то зоны, попадая на которые обычные импульсы вызывают тормозной эффект. Иначе говоря, предполагается существование тормозных синапсов. Наконец, третьими предложен вариант «пессимума частоты» импульсов. Согласно ему при определенной частоте поступающих на клетку импульсов они как бы не попадают в такт с ее собственной ритмической генерацией таковых и тогда оказывают обратный эффект.

Все эти вопросы не столь уж важны, если рассматривать клетку в информационном плане. Гораздо важнее статистические и динамические характеристики, зависимости между входами и выходами при различных состояниях клетки.

Перейдем теперь непосредственно к изложению программ психики и мышления.

Формирование корковых моделей. Итак, человека можно уподобить автомату, способному к этажной пе-

переработке информации. В самом общем виде схема таковой показана на рис. 10. Левая половина представляет восприятие воздействий, выделение и переработку информации, правая — моделирование программ действий, в результате которых выдается информация.

Общее представление об информации, кодах, моделях,

этажах было дано в первой главе. Здесь мы используем их применительно к мозгу. Уже упоминалось, что содержание общей программы этажей переработки информации сводится к следующим пунктам: а) восприятие и кодирование нервными импульсами; б) создание временной модели — временной памяти порций информации; в) сравнение порций с эталонами — моделями знаков нового кода и, таким образом, перекодирование информации новым кодом; г) передача ее на следующий этаж,

где она снова сначала запоминается, потом перекодировается через сравнение с новыми эталонами и т. д.

Разберем подробнее каждый пункт.

Рецепторы воспринимают физическую энергию и кодируют ее нервными импульсами. По существу — это уже первый этаж переработки информации: порции энергии сначала производят в рецепторе какие-то изменения, они накапливаются до определенного предела, то есть до сравнения с эталоном, затем наступает

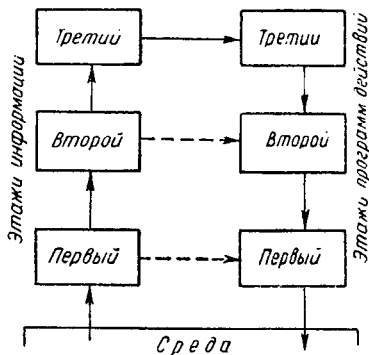


Рис. 10. Общая схема этажной переработки информации.

взрыв — единица нового кода пошла по нервному проводнику, а молекулярная структура вернулась к исходному состоянию. Временная память о воспринятой энергии зачеркнута, и начинается накопление новой. Чем больше поступает энергии, тем скорее она нако-

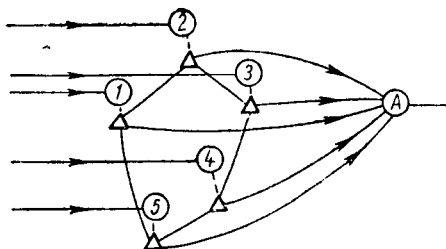


Рис. 11.

Схема узнавания путем «наложения» модели из возбужденных клеток временной памяти (клетки 1, 2, 3, 4, 5) на мозаику клеток постоянной памяти, в которой отпечатана постоянная модель. Клетка А — ее эквивалент на высшем этаже. Сочетание таких клеток составляет новую, высшую модель.

пится до предела и тем чаще будут импульсы. Единицы кода информации — импульсы. Их частотой и передается вся информация.

Точно так же действует и нервная клетка на более высоких этажах, только она суммирует не кванты света или тепловую энергию, а какие-то вещества, выделяющиеся через синапс от нервных импульсов.

Информация, кодированная нервными импульсами, передается от рецепторов в центральную нервную систему. На уровне подкорки она может перекодироваться в промежуточных клетках — «импульс за импульс» или с уменьшением частоты по определенной нелинейной зависимости. Рецепторы кодируют физиче-

ское воздействие, поступающее в какую-то одну точку. Для того чтобы из таких точек получилась картина, частные порции информации должны быть объединены, суммированы и заменены новым знаком или, вернее, теми же нервными импульсами, но уже генерируемыми специальной клеткой. Знак целой картины обозначается локализацией группы клеток на каком-то этаже коры. Вся обработка информации и заключается во временном и пространственном суммировании частных точек и обозначении полученной суммы новым знаком кода — возбуждением новой группы клеток (или даже одной клетки). Таким образом, выделение этажных кодов отражается в структуре слоев коры, в локализации клеток, а не только в частоте их импульсов.

Клетка рецептора очень быстро «забывает» воспринятую энергию: освобождается для приема следующей порции. В корковом анализаторе — наоборот — некоторое время обязательно сохраняется память о том, сколько энергии перекодировал соответствующий рецептор в первую, вторую, третью... десятую секунды. Нужно это для того, чтобы выделить информацию, то есть обозначить не само мгновенное количество воспринятой энергии, а ее изменение во времени.

Программы временной памяти уже описывались. Ее можно представить только в виде временных слоев с переключением входа при помощи специального реле времени (см. рис. 7). Этот переключатель сначала включает рецепторную клетку к клетке коры из первого временного слоя; давая последней толчок, рецептор возбуждает ее пропорционально собственной частоте импульсов в данный момент. Затем рецептор отключается, а клетка коры продолжает генерировать импульсы той же частоты в течение полного цикла переключения, например 10 сек. Все это время она «помнит», какое

количество энергии рецепторная клетка восприняла в 1 сек.

Степень возбуждения мозаики клеток в одном временном слое представлена, если можно так выразиться, мгновенная фотография картины внешнего мира, зашифрованной определенной энергией — скажем, энергией света. Возбуждение системы идентичных клеток во всех временных слоях отражает изменение энергии во времени в точке данного рецептора. Изменение всего комплекса клеток, перемещающееся поочередно от одного слоя к другому, выражает изменение всей картины во времени за эти 10 сек.

Задача выделения информации более высокого кода заключается в пространственном или временном суммировании либо одновременно в том и другом. Остановимся сначала на первом. Дело сводится только к тому, чтобы узнать изображение на фотографии; изменением его во времени мы должны пренебречь.

Такое узнавание происходит, видимо, путем наложения мозаики клеток, возбужденных с рецепторов, на другую, параллельную и идентичную ей систему — носительницу длительной памяти, приобретенной за счет прошлых сравнений. Схема развития такого явления показана на рис. 11. Вторая группа клеток имеет связи с вышележащим этажом, в котором она представлена, например, одной или несколькими клетками. Вполне вероятно, что эти продольные связи не существовали от рождения — тогда они образовались в процессе повторного возбуждения. Случайно произошло так, что возбуждение непроторенных (а для нижних слоев, возможно, полупроторенных) путей от всех четырех клеток совпало со спонтанным возбуждением клетки второго этажа — и связь немного проторилась. При следующем таком совпадении возбудить клетку на втором эта-

же было уже легче. Дальше — больше, и для четырех клеток первого этажа, в случае их одновременного возбуждения, появился эталон — одна клетка на втором этаже. Вторая комбинация клеток имеет свой эталон, третья — свой и т. д. В результате на втором этаже отразится та же картина, но уже в несколько «абстрагированном» виде. Таким образом, на втором этаже образовался новый набор клеток — новая мозаика, в которой отражена временная память. Им соответствуют парные клетки, объединенные в модели за счет длительной памяти — так же, как и на схеме первого этажа.

Разумеется, нельзя думать, что узнавание сложной картины осуществляется с помощью только двух слоев. Наверное, их гораздо больше. На каждом происходит выделение каких-то характерных элементов картины, суммирующихся на следующем, и т. д. В итоге где-то «наверху» вся картина или, вернее, только ее неповторимая специфика обозначится одной маленькой группой клеток.

Я описал только гипотетическую программу поэтажного распознавания зрительного образа. В действительности она гораздо сложнее, так как центральное и периферическое зрение позволяет человеку рассматривать картину не обязательно всю сразу, а по частям. Я не буду детализировать названные добавочные программы, хотя с привлечением других сложных кодов это вполне возможно.

Принцип суммирования во времени состоит в следующем. Предположим, что одной клетке рецептора соответствуют десять одинаковых клеток во всех временных слоях. Часть из них возбуждена, другие — нет, в зависимости от изменения первичного воздействия во времени. Каждому сочетанию из таких десяти клеток на втором этаже соответствует своя клетка. Суммиру-

ющие определенную комбинацию с первого этажа клетки второго возбуждаются и находятся в таком состоянии уже не 10 сек., как в нашем примере, а значительно дольше, скажем, 100. В результате на втором этаже создается новая комбинация возбужденных клеток, отражающая в общих чертах временную память за

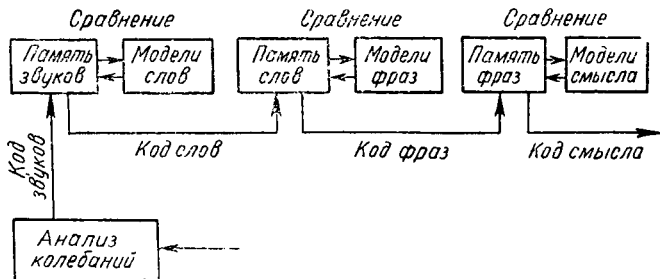


Рис. 12. Схема этажного моделирования речи в мозгу.

Орган слуха кодирует звук нервными импульсами. Они попадают на первый этаж мозга, запоминаются в виде временных моделей и сравниваются с постоянными моделями слов. После этого на второй этаж информация передается кодами слов. Там она накапливается в виде временной модели и сравнивается с постоянными моделями фраз. Далее, на третий этаж, информация передается кодом фраз. Снова накапливается в виде временной модели, состоящей из знаков кода фраз, сравнивается с постоянными моделями смысла и запоминается в виде модели смысла. От последней включаются программы действия.

100 сек. Эта комбинация клеток узнается, то есть сравнивается с эталонами постоянной памяти путем наложения, и информация передается на третий этаж.

Для примера приведем схему, показывающую выделение этажных моделей речи (рис. 12).

Разумеется, богатая гамма звуков сначала во внутреннем ухе разделяется по частоте колебаний; в коре каждую частоту регистрируют отдельные клетки, вос-

принимаящие изменение силы звука во времени от нуля до максимума. Следовательно, при анализе речи в корковом анализаторе производится суммирование не только во времени, но и в пространстве — от клеток, «ведущих» разными частотами воспринимаемых колебаний.

В процессе этажной переработки информации для каждого коркового анализатора выделяется система главных кодов, например узнавание по пространственным отношениям для зрительного анализатора и по временным — для слухового. Но, кроме того, используется и несколько так называемых дополнительных кодов, например временной код для зрительного анализатора (схема его представлена на рис. 13).

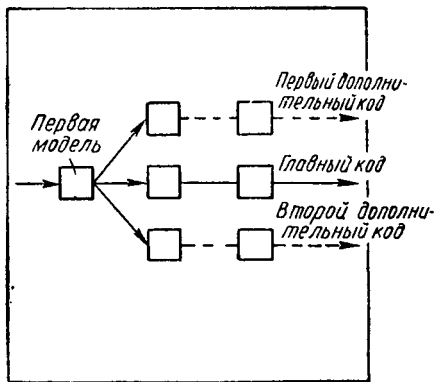


Рис. 13. Схема выделения главного и дополнительных кодов.

Принцип выделения дополнительных кодов такой же, как и главного. От клеток временной памяти на первом этаже отходят отростки к клеткам второго этажа (или какого-нибудь «дополнительного»), которые воспринимают иные параметры изменения возбуждения. Если главным кодом зрительного анализатора считать восприятие формы, то дополнительными могут быть освещенность, цвет, скорость и ускорение в изменении фор-

мы во времени, в перемещении всей картины в пространстве. В частности, при восприятии дополнительных кодов могут использоваться клетки рельсов. В общем, происходит процесс анализирования внешнего мира с разложением его воздействия по отдельным кодам-качествам и по этажам. С помощью рецепторов, воспринимающих специфическую энергию, из картины выделяется зрительная и слуховая информация. Дальнейшее разделение ее осуществляется в корковых анализаторах: в слуховом выделяется главный код — последовательность звуков во времени, дополнительные — громкость, быстрота, тембр; в зрительном — форма, свет, цвет, перемещение (скорость, ускорение). Каждый код, кроме того, может перерабатываться по этажам, выделяющим некоторые общие черты, свойственные большой картине, — ее сюжет, смысл, идею. При этом каждое качество отражается в соответствующей клеточной модели, которая в той или иной степени возбуждена. Внешний мир изменяется — происходит замена отражающих и анализирующих его клеток: одни тормозятся, другие возбуждаются.

Однако кроме аналитической в коре происходит и синтетическая работа. Я называю это образованием сложных кодов (рис. 14). Если представить, что отдельные свойства внешнего мира отражены в различных клетках, то легко допустить и обратный процесс: на каком-то более высоком этаже происходит объединение двух свойств в виде суммирования в пространстве или во времени возбуждения двух клеток в одной. Видимо, это касается главным образом смысловых высших кодов. Например, есть зрительный образ собаки: отдельно — лежащей, стоящей, бегущей или неподвижной — все это за счет зрительного анализатора. Но может быть «собака лающая», или «мертвая», или

«больная» — это уже синтетический образ, формирующийся в результате соединения в одной клеточной модели качеств из зрительного, слухового и, возможно, обонятельного анализаторов. Такие синтетические понятия доступны и высшим животным, но только в ограниченных пределах. У человека они создаются за счет участия речи (см. ниже).

Сложные коды информации формируются не только в пределах одного коркового анализатора, но и между ними — в особых, так называемых ассоциативных полях коры.

Прежде всего, несколько слов об ассоциациях вообще. Этот термин обозначает связь между образами, имеющими ограниченное сходство, зачастую по второстепенному признаку или вообще через какие-то третьи события. Ассоциации могут быть разных типов: а) на одном уровне — между моделями в пределах одного анализатора; б) то же между образами в двух анализаторах; в) связи через высшие этажи — через модели дополнительных кодов, общих для разных объектов (например, через образ скорости или сложности); г) ассоциации чисто случайные — когда два внешних, не связанных друг с другом события повторно случайно совпадают во времени.

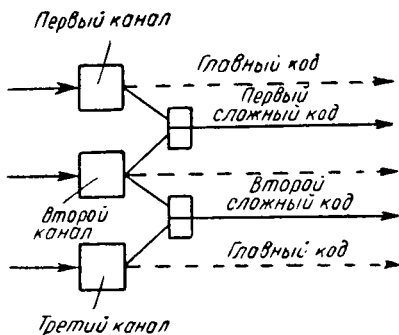


Рис. 14. Схема выделения сложных кодов из информации, поступающей по нескольким каналам (например, слуховому и зрительному).

Механизм образования ассоциаций прост: если две корковые модели имеют анатомическую связь, то при повторном одновременном возбуждении их эта связь проторяется. В последующем возбуждение с одной модели уже само переходит на вторую.

В коре есть несколько анализаторов по числу органов чувств — для зрения, слуха, обоняния, вкуса, осязания и боли. Кроме того, отдельно — для мышечно-суставного чувства, для представительства внутренних органов. Анализаторы устроены по одному типу, предполагающему возможность выделения этажных, дополнительных и сложных кодов. Однако у каждого своя специфика и разные возможности в переработке информации, что объясняется количеством клеток и структурой их связей. Помимо этого, кора человека имеет большие ассоциативные поля, являющиеся «надстройкой» над анализаторами и предназначенные для выделения высших смысловых кодов — типа сложных и дополнительных (чем выше — тем более абстрактных).

Как уже говорилось, высшие отделы коры не имеют (или почти не имеют) проторенных от рождения связей. Использование их для переработки информации возможно только после предварительного обучения и последующей собственной творческой работы. Это — пример самоорганизации системы в процессе деятельности. Суть такого явления заключается в том, что часть огромного количества избыточных и, возможно, беспорядочных связей проторяется и начинает служить каналами для переработки информации — выделения высших этажей ее.

Механизм такого проторения можно иллюстрировать схемой, приведенной на рис. 15. Над анализаторами *А* и *Б* расположено ассоциативное поле *В*. Допустим, что в каждом анализаторе есть высший слой клеток, до

которого доходят проторенные от рождения связи. За счет их образуются высшие модели. От последних связи — уже не проторенные от рождения и, следовательно, с большим сопротивлением на синапсах — направляются к клеткам ассоциативных полей. К ним же подходит и множество связей из различных участков мозга. При одновременном возбуждении в анализаторе моделей 1а, 2а, 3а между ними образуется ассоциативная связь — внутри анализатора. Это дает сложные образы, но не новый код. Однако от всех моделей отходят проводники на вышший этаж — в ассоциативное поле В. Возможно, часть из них пересекается на клетке 1в. Пока пути не проторены, энергии, поступающей даже по всем трем направлениям, недостаточно для того, чтобы вызвать возбуждение этой клетки 1в. Но если она в это время возбуждается сама в силу спонтанной активности, пути немного проторятся. Видимо, одного такого совпадения мало, и сомнительно, повторится ли в ближайшее время второе. А долго связь не удерживается, забывается. Однако подобный механизм образования «высшего

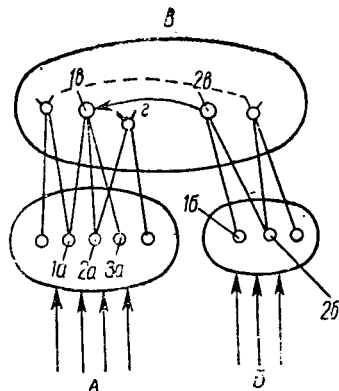


Рис. 15. Схема, иллюстрирующая образование моделей на высших этажах, в ассоциативных полях.

Поля А и Б находятся в первом слое, в корковых анализаторах. Поле В — ассоциативное. Клеткам 1а, 2а, 3а в поле А соответствует клетка 1в в поле В. В нем же есть клетка 2в, эквивалентная модели 16—26 в поле Б. Если 16—26 систематически возбуждать извне в порядке обучения, сочетая это с возбуждением 1а, 2а, 3а, то проторяется связь 2, которая будет способствовать возбуждению клетки 1в.

представительства» все же возможен — вероятность таких случайных совпадений есть. То же самое может произойти с анализатором B — и тогда от него образуется высшая модель $2в$ в ассоциативном поле. Возможно даже, что пути к этой модели более проторены от рождения. В этом варианте при совпадении во времени возбуждения моделей в анализаторах A и B возбуждаются их «представительства» в ассоциативном поле B и между ними устанавливается какая-то связь. Отныне проторение всех связей — от анализаторов к ассоциативному полю и внутри него — облегчится, так как клетки $1в$ и $2в$ будут возбуждаться уже от двух источников — через связь друг с другом.

Для человека, развивающегося вне общества, описываемый механизм весьма проблематичен, поскольку он предусматривает слишком много случайных совпадений. Но случайность исключается, коль скоро производится специальное обучение. Тогда за счет спланированных внешних воздействий настойчиво повторно и одновременно возбуждаются комплексы моделей в анализаторах A и B . Благодаря этому вероятность совпадения во времени спонтанных возбуждений клетки $1в$ и модели в анализаторе A значительно возрастает (разумеется, то же касается анализатора B и проторения связей между $1в$ и $2в$). Педагогика установила режимы повторений для оптимального обучения в отношении интервалов между ними, количества воспринимаемого материала и пр. Принцип самоорганизации реализуется в том, что клетки (или модели) $1в$ и $2в$ выбираются случайно среди многих других возможных вариантов. Но если эти случаи повторять, то связи закрепляются и начинают функционировать как врожденные (или почти так). Обучение планируемыми воздействиями извне — только первый этап. Оно закла-

дывает магистральные пути в неосвоенных ассоциативных полях, в которых царит значительный беспорядок. Дальнейший процесс идет самостоятельно, за счет собственного творчества (см. ниже).

Следует остановиться на некоторых общих закономерностях в переработке информации.

Интенсивность возбуждения модели. Всякий внешний раздражитель характеризуется рядом параметров, часть из которых весьма специфична по энергии — свет, температура, давление, звук. Они различаются специфическими рецепторами, их воспринимающими. Параметры информационного характера — изменение во времени и пространстве, сочетания друг с другом, форма, передвижение — выделяются за счет множественности воспринимающих рецепторов, которые как бы квантуют пространство и его изменения. Изменение во времени определяется высшими этажами в процессе переработки информации. Следовательно, все эти параметры «расписываются» по отдельным клеткам и клеточным моделям — за счет множественности рецепторов, временных слоев и этажности. Сочетание параметров учитывается с помощью сложных кодов.

Важнейшим параметром любого раздражителя является интенсивность. В некоторых случаях степени ее разграничиваются спецификой рецепторов, улавливающих раздражитель в определенных порогах. Однако чаще она отражается в виде интенсивности нервного возбуждения — как рецепторов, так и выше расположенных нервных клеток. Параметр интенсивности выражается частотой импульсов, следовательно, и количеством (уровнем) соответствующей специфической энергии, которая проходит по связям. Это — очень важный показатель деятельности нервной клетки, так как от

него зависит распространение информации по проводникам. В самом деле: если связь плохо проторена и имеет большое сопротивление, то интенсивный сигнал «пробьет» синапс и передаст количество энергии, достаточное для того, чтобы возбудить следующую клетку, а слабый этого достичь не сможет. Все это имеет прямое отношение к процессам узнавания и передачи информации с этажа на этаж и на модели дополнительных программ.

Вероятность программ сравнения. Сравнение временной модели порции информации с набором постоянных моделей—эталонов знаков высшего кода — непрерывный этап в переработке информации с выделением высших или новых кодов. В схеме, представленной на рис. 11, условно принято, что временная память отражена в возбуждении одной группы клеток, а постоянная хранится в другой, параллельной и идентичной первой. Модели второй системы возбуждаются путем наложения. Это значит, что от модели с временной памятью по вертикальным проводникам возбуждение передается на клетку-двойник, импульсы от которой по поперечным связям в свою очередь поступают на другие клетки модели. Можно допустить, что вертикальные связи проходимы только «вниз», а горизонтальные — между клетками верхней (временной) системы — не функционируют. Далее: каждая модель состоит из огромного количества клеток, исчисляемого тысячами, а может быть, и десятками тысяч единиц. Естественно поэтому, что при наложении временной модели на системы, содержащие множество постоянных моделей, полного совпадения между клетками не происходит. Это значит, что модель во временной памяти, воспринятая в данный момент, отличается от соответствующей ей модели в постоянной, которая сформировалась на осно-

вании прошлого опыта. Сравнение, таким образом, не тождественное, а вероятностное.

Следовательно, для возбуждения постоянной модели имеет значение: а) число (или процент) входящих в нее клеток, получающих возбуждение от временной модели; б) расположение этих клеток—на главных структурных линиях модели либо на ее «деталях»; в) интенсивность возбуждения временной модели; г) степень проторенности связей в постоянной модели. В самом деле: хорошо сформированную модель даже при очень слабо возбужденной временной модели можно узнать по нескольким «стратегическим» точкам или по точному воспроизведению маленькой детали. В противоположной ситуации, когда модель еще не «запомнена», нужно точное совпадение большого числа клеток при интенсивном их возбуждении.

Обновление постоянной памяти. Как уже говорилось, постоянная память представлена проходимыми синапсами, связывающими отдельные нервные клетки. Степень проторения — сопротивления зависит от частоты употребления связи. Поэтому, если модель длительно не используется, связи ухудшаются и процесс узнавания затрудняется — нужно точное совпадение большого процента клеток временной и постоянной моделей. С изменением часто воспринимаемого объекта изменяется постоянная модель. Есть определенная зависимость сопротивления связи от частоты повторения. Это же положение касается и продольных связей, объединяющих этажи: оставаясь без употребления, они тоже тормозятся. В таком случае необходимая энергия может быть передана на следующий этаж лишь при большой интенсивности возбуждения постоянной модели.

Объем связей между моделями, расположенными на разных этажах или в разных полях, бывает различным;

особенно зависит он от случая в сфере ассоциативных полей, где связи образуются в процессе самоорганизации. Естественно, что чем больше связей, тем легче передать возбуждение с одной модели на другую, тем меньшей может быть интенсивность возбуждения. Иначе говоря, суммарное сопротивление связи между моделями обратно пропорционально количеству проводников.

Возбудимость любого нейрона, которая определяется количеством энергии, нужной для того, чтобы вызвать заметную активность клетки, не является стабильной величиной. Она зависит от тренированности клетки — от ее предшествовавшей истории. Разумеется, активность эта прямо понижается, если клетка испытывает тормозные воздействия, посылаемые специальной системой, либо если в ней в ответ на пессимальные ритмы с других проводников развивается торможение.

Мы рассмотрели «чистый» случай переработки информации и внешних воздействий, воспринимаемых дистантными рецепторами. Энергия возбуждения получается извне, зависит от силы раздражителей. Импульсы распространяются по проторенным проводникам и возбуждают другие клетки — в зависимости от их клеточных программ, иначе говоря, от готовности, от порога возбудимости, что связано с их тренированностью. Действительная картина гораздо сложнее, поскольку энергия возбуждения зависит от многих внутренних факторов, и прежде всего от чувств, от реакции человека на внешнее раздражение. Этот вопрос будет рассмотрен ниже.

Я описал гипотетические общие законы формирования моделей, проторения новых путей, организацию новых этажей и выделение новых кодов информации. Все это — необходимая основа психики и мышления.

Однако, кроме того, нужны внутренние стимулы, которые включают всю эту «механику». Они находятся в сфере чувств.

Программы чувств. Выше уже упоминалось, что кора перерабатывает внешнюю и внутреннюю информацию. Последняя воспринимается из внутренней сферы организма: от внутренних органов, мышц, суставов. Правильнее было бы сказать, что кора моделирует как внешний мир, так и внутренний — тело. Говоря еще более точно, кора моделирует состояние подкорковых центров, в которые стекается вся информация с тела и которые ее перерабатывают по своим древним жестким программам.

В подкорке сосредоточено много центров, собирающих и обрабатывающих информацию с внутренних органов, мышечно-суставной системы и кожи. Все они в какой-то степени имеют представительство в коре мозга. Примерная (информационная) схема подкорки показана на рис. 16.

Прежде всего здесь представлены высшие вегетативные центры (ВВЦ), в которых заложены программы общего управления внутренними органами, обеспечивающего нужный состав внутренней среды применительно к запросам организма—в зависимости от нагрузки и условий. Нужно сразу сказать, что это не тот гомеостаз, под которым большинство понимает неизменный при всех условиях состав внутренней среды. Значение только некоторых компонентов относительно стабильно, большинство же их зависит от нагрузки и эмоций.

В подкорке также находятся высшие безусловные рефлексы по поддержанию положения тела и того тонического фона, который необходим для выполнения любого произвольного движения. Для этого здесь есть соответствующая информация и модели движений —

высшие центры третьей и четвертой РС имеют связи представительства в коре мозга.

Выше располагаются условные центры инстинктов. Я пользуюсь определением «условные» потому, что их не так уж легко найти — по всей вероятности, это структуры, рассеянные по подкорке и объединяющие

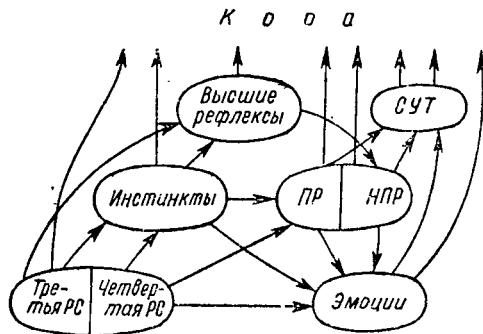


Рис. 16. Схема подкорки (в информационном плане).

Третья и четвертая РС — простые рефлексы с регулирующих систем. Высшие рефлексы — ориентировочный, свободы, подражания и др.

центры третьей и четвертой РС. В информационном плане они существуют и представляют собой, во-первых, модели высшего этажа инстинктов, в которых собирается информация о внутренней сфере организма, включая и эндокринные влияния, и, во-вторых, некоторые модели объектов внешней среды, важные для программ защиты, питания и продолжения рода. В них же заложены и общие двигательные программы, которые можно определить как побуждения, желания.

Наконец, еще выше, где-то в пограничной с корой зоне, а возможно, и непосредственно в «старой коре», находятся программы уже упоминавшихся высших рефлексов — ориентировочного, цели, подражания, свободы, самовыражения. В них вырабатываются своего рода добавочные коды из подкорковой информации. Они же управляют некоторыми двигательными реакциями или создают побуждения.

На схеме показаны и другие важные структуры. К ним относятся универсальные центры «приятного» (ПР) и «неприятного» (НПР), в которых суммируется общее самочувствие человека (о них речь будет ниже).

Центры эмоций — это сосредоточение экстренных и аварийных программ, включаемых при чрезвычайных обстоятельствах. Они имеют свои двигательные реакции и оказывают специфические регулирующие воздействия.

Наконец, последняя структура — центры системы энергетического усиления и торможения (СУТ), обеспечивающие функцию внимания. Видимо, они соответствуют ретикулярной формации ствола мозга.

Всеми этими структурами, или центрами, и представлен подкорковый этаж чувственной сферы. В нем находят отражение все основные чувства человека. Попробуем их классифицировать.

Чувство — это отраженное в коре и воспринятое на уровне сознания возбуждение определенных подкорковых центров. В общем оно определяет внутреннее состояние человека, являющееся следствием взаимодействия внешних воздействий с внутренними программами. Может быть, удобнее в качестве объединяющего понятия использовать термин «чувственная сфера». Тогда возможно внести следующие градации, которые отражают не только количественную, но и качественную сторону этого понятия.

Ощущения — это, во-первых, слабая степень некоторых общих чувств, например голода. Во-вторых, этим термином обозначаются слабые раздражения некоторых органов чувств — осязания, вкуса или рецепторов внутренних органов (скажем, ощущение тяжести в желудке).

Собственно чувства — средней степени возбуждение некоторых центров на разных уровнях: а) местного характера на нижних этажах, например чувство боли в каком-то месте; б) возбуждение некоторых высших вегетативных центров — голод, жажда; в) возбуждение центров более высокого этажа, например центра полового инстинкта, лежащего в основе любви или ревности; г) то же касается уже сложных корковых центров, обуславливающих, например, стыд.

Эмоции — возбуждение вполне определенных центров в подкорке, имеющих ясное биологическое назначение (более подробный разговор о них впереди).

Настроения — совершенно нелокализуемое общее состояние, выраженная нерезко настройка всей чувственной сферы.

Ощущения, чувства и эмоции могут прямо переходить друг в друга. Иначе говоря, для некоторых состояний — это прямые степени возбуждения одного центра. Пример: ощущение беспокойства, чувство страха, эмоция ужаса. Применительно к другим состояниям исчезает одно из крайних понятий — например, для голода есть ощущение и чувство, но нет эмоции; для горя есть чувство и эмоция, но нет ощущения.

Каждое из этих трех понятий можно еще подразделить по крайней мере на две степени проявления — слабую и сильную. Впрочем, все эти градации довольно условны и еще нуждаются в количественных выражениях.

Настроение — понятие еще более неопределенное. Говорят о плохом и хорошем, грустном и веселом настроении, иногда с уточнением степени.

Я не могу дать подробную классификацию всех чувств. Для этого, даже придерживаясь информационного плана изложения, нужно было бы составить полную карту программ. Поэтому я ограничусь лишь самым приблизительным перечислением (при этом мне придется пользоваться разными обозначениями — чувство, ощущение).

Чувство боли — раздражение болевых рецепторов в разных органах и коже, проявляющееся возбуждением соответствующих локальных центров в подкорке. Оно относится к числу низких этажей. Такого же порядка ощущения температуры кожи — тепло, холодно.

Ощущения от тела главным образом порождаются костно-суставной и мышечной системами. Человек в любой момент представляет себе расположение своих рук, ног, движения, которые ими производятся, ощущает препятствия и усилия, местную усталость. Это — тоже низкий уровень: простое отражение состояния рецепторов. Большая часть внутренних органов не имеет отражения в сознании, но это не значит, что их рецепторы не представлены в подкорке. Болезнь сопровождается целой гаммой чувств — начиная от неловкости и так называемого дискомфорта до боли и специальных чувств, например тошноты.

К таким же чувствам относится удушье (кислородное голодание). Есть еще множество подобных ощущений и чувств.

Голод и жажда — возбуждение определенных центров, расположенных, видимо, в сфере высших вегетативных центров третьей РС.

В более высоком этаже — инстинктах встречаются и более сложные чувства. Источником их является переработка первичной информации, поступающей с тела либо из внешней среды. Зачастую эти раздражители сами по себе не вызывают чувств, но их сочетания или изменения во времени отражаются в центрах инстинктов. Так, половые гормоны активизируют половой инстинкт. У животных некоторые запахи, например врагов, вызывают к действию инстинкт защиты. И для человека некоторые запахи неприятны от рождения.

Я не берусь даже перечислить всю гамму чувств, вызываемых инстинктами. Для этого нужно специальное исследование. Назову лишь некоторые, ясные.

Половой инстинкт вызывает чувство любви, желания, ревности.

Родительский — любовь к ребенку, жалость, сострадание. Сюда же нужно отнести эмоции радости и горя, а иногда — гнева.

Инстинкт защиты дает ощущение неприязни, чувства ненависти и страха, эмоции гнева и ужаса.

Инстинкт питания возбуждает прежде всего чувство голода, но, кроме того, и более сложные, например приятное специфическое ощущение обладания. Подобное же ощущение может быть производным полового инстинкта. Жадность — не только качество, но и чувство. Оно тоже является проявлением инстинкта питания. Биологический смысл такого чувства ясен: жадное животное стремится набрать избыток пищи, больше, чем оно может съесть. Это — один из факторов, повышающих его возможности в борьбе за существование.

Есть приятные ощущения от ласк, например от поглаживания, ласковых звуков. Это следствие инстинктов продолжения рода. Оно важное, потому что является базой для тщеславия.

Несомненно, что такое чувство, как зависть, тоже исходит от инстинктов. Оно оправдано биологически, так как способствует борьбе за пищу, за самку. Такого же характера властолюбие — оно есть и у стадных животных.

Кроме моделей «частных» чувств в подкорке, как уже упоминалось, расположены условные центры уни-

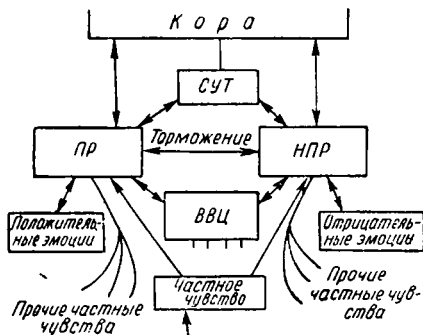


Рис. 17. Схема связей универсальных центров чувств.

версальных чувств «приятного» и «неприятного». Их значение очень велико, так как они служат инструментом той общей оценки ситуации — внешней и внутренней, которая определяет общее направление действий — продолжать, прекратить, бежать или стремиться к чему-либо. Через каждое частное чувство это сделать было бы затруднительно — просто из соображений сложности структуры.

Примерная схема отношений этих центров к центрам частных чувств и к другим образованиям подкорки показана на рис. 17.

Из одного и того же центра какого-нибудь чувства связи идут как к ПР, так и к НПР. Включается тот или иной, в зависимости от интенсивности возбуждения. Например, от частного центра ощущения температуры, воспринимающего «тепло», активизируется ПР, «горячо» — уже НПР. Включение той или иной связи осуществляется через реле силы возбуждения, например частоты импульсов.

Оба центра соединены между собой связями, которые функционируют как тормозящие. Чем сильнее возбуждается ПР, тем больше тормозится НПР, и наоборот. При длительном возбуждении любого центра наступает адаптация и возбудимость снижается. То, что было приятным, становится уже безразличным и не замечается. Можно даже нарисовать некоторые гипотетические кривые изменения возбудимости, или степени возбуждения, каждого центра в зависимости от состояния противоположного (рис. 18). При этом, видимо, имеет место переходный процесс с избыточным повышением возбудимости — явление своеобразного «облегчения», наступающее после сильного торможения. Общеизвестно, что когда вдруг исчезает какой-то тягостный раздражитель, возникает чувство радости, хотя никаких приятных раздражителей не поступало.

Как показано на рис. 17, эти центры имеют прямые связи с высшими вегетативными центрами. Возможно, есть и обратные воздействия — как через медиаторы вегетативной системы (адреналин, ацетилхолин), так и через гормональные — из третьей РС.

От них же могут включаться центры эмоций: положительных — от ПР, отрицательных — от НПР. Прямые связи ПР и НПР связаны с ретикулярной формацией, или, в информационном плане, с системой усиления — торможения (СУТ). Кора, видимо, имеет пря-

мые нисходящие воздействия на эти центры, точно так же как и они находят отражение в коре. Но об этом еще будет разговор.

Эмоции относятся к чувственной сфере, и их первичное «местонахождение», несомненно, в подкорке.

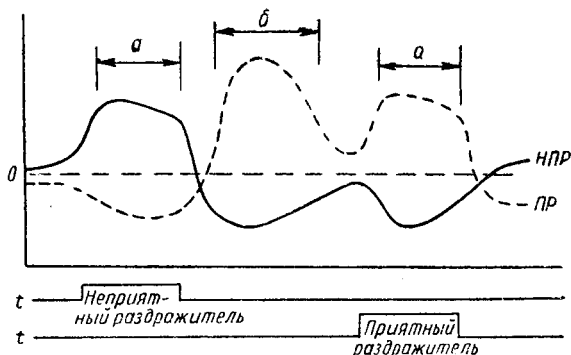


Рис. 18. Изменение степени возбуждения центров «приятного» и «неприятного» в зависимости от соответствующих раздражителей.

Период a — адаптация, b — «облегчение» противоположного центра после снятия соответствующего раздражителя, t — время действия раздражителя.

Мне кажется, что под эмоциями нужно понимать не только крайнюю степень чувств, но и специальные программы, включающие специфические ощущения и комплекс действий, в сочетании с целым рядом изменений в регулировании внутренних органов. Биологический смысл эмоций состоит в том, что они включаются тогда, когда организм попадает в чрезвычайные условия и обычные нормы регулирования становятся уже недостаточными. Это — своеобразная система экстренного усиления, мобилизация всех ресурсов, позволяющая

на короткое время достигнуть наибольшего усилия даже ценой крайне неэкономных трат. Правда, последнее относится главным образом к отрицательным эмоциям ужаса и ярости.

У животных эмоции включаются непосредственно с подкорки — при раздражении извне определенных вро-

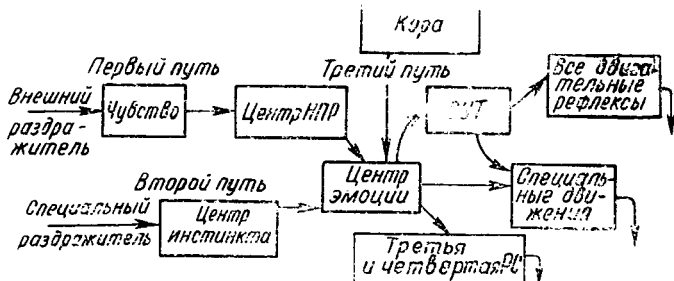


Рис. 19. Схема связей центра эмоций с другими центрами коры и подкорки и путей его возбуждения.

жденных моделей, например от запаха врага или пищи, то есть от инстинктов. У человека все это гораздо сложнее. Как правило, эмоции у него включаются с коры, от всякого рода условных раздражителей, связь которых с безусловными была выработана в процессе обучения, и зачастую ее уже трудно определить.

Схема связей центра эмоции с другими показана на рис. 19. На схеме показаны три пути включения эмоций: от специальных раздражителей через центр инстинктов, от любого чувства через универсальный центр ПР или НПР и с коры. Все это — входы. Выходы реализуются тоже по трем направлениям: повышается тонус второй и третьей РС и включаются специальные программы аварийного регулирования внутренних органов — вся система регулирования гомеостаза (постоянства внут-

ренной среды) переключается на новые уровни. За счет действия на усиливающую систему изменяется «энергетика» коры и подкорки, благодаря чему программы как переработки информации, так и действий, связанных с непосредственным выполнением нужных движений, например защиты или нападения, резко усиливаются. В то же время все остальные программы тормозятся. Наконец, можно допустить непосредственное включение или усиление некоторых специальных двигательных актов, присущих только данной эмоции. Правда, у человека они включаются через кору.

Число эмоций невелико, поскольку это специальные программы, связанные с врожденными структурами. Я считаю возможным выделить всего четыре: радость, горе, ужас и ярость. Как видим, положительная только одна — радость. В то же время их можно поделить и попарно, по принципу противопоставления: радость — горе, гнев — ужас. Несколько слов о каждой.

Радость — это прежде всего крайнее выражение чувства «приятного». Она наступает при освобождении от очень тягостных раздражителей либо от боли и напряжения. Кроме того, она может включаться и от некоторых инстинктов, главным образом продолжения рода. Это — особое чувство подъема в процессе «ухаживания» и воспитания детенышей. Оно имеет место у животных и, в измененном виде, у человека. Видимо, есть разные нюансы эмоции или ее внешнего выражения. Специфические двигательные программы радости у животных выражаются в мимике, позах и повышенной двигательной активности — беге, прыжках, а у некоторых — в плясках. Кроме того, они издают различные характерные звуки. Все это — не только произвольное выражение внутреннего состояния, но и определенные сигналы для окружающих, несущие инфор-

мацию. Изменения в вегетативной сфере выражаются некоторым комплексом сдвигов в обмене, в содержании гормонов, сахара. По всей вероятности, можно найти специфическую «химию радости», как и любой другой эмоции. Наверное, это же распространяется и на электрические феномены. Вопросы объективной диагностики эмоций по химическим и электрическим сдвигам еще ждут своих исследователей.

Эмоция горя — противоположная радости по знаку. О ней нелегко сказать что-нибудь определенное. Я даже затрудняюсь определить ее биологическую сущность. Скорее всего, это особое реактивное состояние, возникающее при потере того, что давало радость, при насильственном выключении программы инстинктов. Обычно горе связывается с потерей близких — это в равной степени относится и к животным. Это состояние отличается от простого возбуждения центра «неприятного» только глубиной и длительностью. Причина, видимо, заключается в том, что программа любви к близким сама по себе достаточно длительна и стойка и ее насильственное прерывание надолго оставляет своеобразный «вакуум», привлекающий внимание (см. ниже). В то же время другие причины возбуждения центра НПР скоропреходящи. У человека понятие потери не ограничивается «биологическими» объектами, а распространяется и на работу, идеи. Горе наверняка сопровождается большими химическими сдвигами, так как нередко ведет к тяжелым болезням и даже смерти.

Гнев, ярость — специфическая эмоция нападения — может включаться от самых различных инстинктов, но чаще всего от проявления защиты в ответ на ущемление, ущерб. У животных поводом является родительский инстинкт или борьба за самку. У человека — «человеческие» поводы: условные раздражители ущерба,

причиненного ему самому или его близким. «Выходы» эмоции особенно сильны: она совершенно изменяет поведение, переработку информации в смысле оценок и узнавания различных кодов-качеств. Так же перестраивается и двигательная сфера: крайнее напряжение энергетического снабжения обеспечивает возможности большой перегрузки, а торможение обратных сигналов от мышц, указывающих на утомление, в свою очередь увеличивает силу и выносливость. Разумеется, включаются специфические программы устрашающей мимики и поз.

У человека, видимо, нет специальных движений, включаемых с подкорки, кроме мимики, но вместо них включается программа «побуждения», которая значительно изменяет выбор конкретных программ движений, осуществляемых корой (об этом будет сказано ниже). Сдвиги в регулировании внутренней сферы очень велики, что, в частности, выражается в выделении больших количеств адреналина, который, кроме того, что повышает выработку энергии мышцами, еще действует как положительная обратная связь на мозг, усиливая и удлиняя эмоцию. У современного человека эмоция гнева в большинстве случаев «не разряжается» в движениях; двигательная реакция ограничивается бранью либо вообще подавляется. Поэтому сдвиги во внутренней среде не используются по назначению и зачастую приводят к патологии. Например, выделившийся адреналин не расходуется в процессе мышечного сокращения и вредно действует на коронарные сосуды. Тем не менее волевое подавление эмоций касается не только торможения их внешних проявлений, но и уменьшения биохимических сдвигов со стороны низших регулирующих систем.

Эмоция страха, ужаса является противоположной гневу. Она включается от инстинкта самосохранения, когда оценка врага указывает на его превосходство. У животных есть целый ряд внешних раздражителей, которые прямо включают страх. У человека они тоже частично остались — например, сильный внезапный звук (скажем, выстрел, гроза). Однако их значение невелико. Страх у человека включается с коры, через механизм условных рефлексов. На «выходе» эмоции — мимика, позы, звуки и побуждения к бегству или — эквивалент такового у человека — специальная настройка при выборе выражений в разговоре. Если бегство возможно в буквальном смысле слова, то соответствующие двигательные программы резко усиливаются, а все другие тормозятся. Влияния на внутреннюю сферу, видимо, такие же, как и при эмоции гнева, но наверняка есть и отличия. Биохимия страха должна существовать.

У человека эмоции отличаются еще тем, что они надолго запоминаются. Кора с ее памятью играет роль положительной обратной связи наряду с эндокринной системой.

Условно к чувственной сфере можно отнести сложные рефлексы, уже неоднократно упоминавшиеся. Возможно, их модели локализуются в самых старых отделах коры, а не в подкорке. Суть сложных рефлексов заключается в особых программах, которые действуют не самостоятельно, а накладываются на другие двигательные программы, вплоть до управления ими по принципу высшего этажа (см. ниже). Однако рефлексы эти имеют непосредственное отношение к чувственной сфере, поскольку включение двигательных программ сопровождается определенными чувствами, кото-

рые уже потом реализуются в действиях или побуждениях.

Ориентировочный рефлекс «Что такое?» включается в случае, если действующий раздражитель не опознается сразу же после его восприятия, потому что для него отсутствуют модели в постоянной памяти либо они

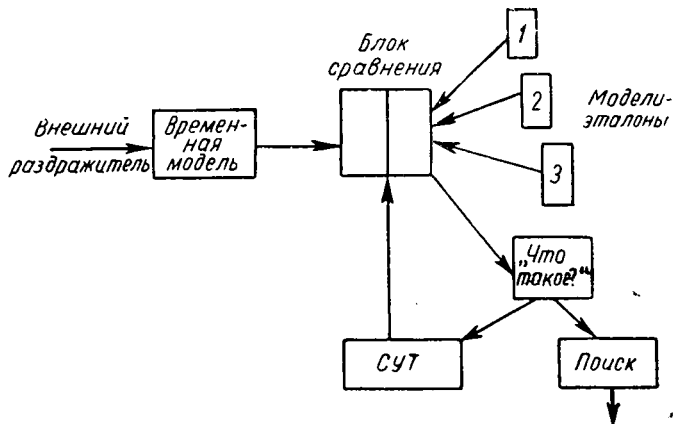


Рис. 20. Схема ориентировочного рефлекса.

Временная модель во временной памяти. Модели-эталоны — модели эталонов из постоянной памяти. Поиск — двигательные модели для получения информации. «Что такое?» — специальное чувство.

заторможены настолько, что его собственной энергии недостаточно для пробивания заторможенных связей. Несложная схема этого рефлекса показана на рис. 20. Если при сравнении через некоторое время не будет найдена подходящая модель, то включается чувство «любопытство» с вопросом «Что такое?». От него идет связь к системе усиления, увеличивающей мощность

первой модели, и к моделям программ «поиска», представляющим собой действия, направленные на получение дополнительной информации о предмете. В зависимости от кода информации могут задаваться другие вопросы: «Куда?», «Почему?» и пр.

В данном случае нас интересует чувство, которое может иметь различные оттенки — удивление, недоумение, сомнение.

Следующий рефлекс — подражания. Суть его заключается в том, что при виде каких-то действий, выполняемых другими, у человека возникает желание копировать их. Этот рефлекс присущ и животным, но в меньшей степени. Природа его, видимо, состоит в автоматическом «считывании» информации — в переводе зрительного или звукового образа в модель двигательного акта. При рефлексе подражания как будто прямо включается двигательная программа общего свойства, которую мы называем «желание».

Рефлекс цели — стремление завершить начатое действие. Если по какой-либо внешней причине оно прерывается, возникает чувство неудовлетворенности, которому трудно подобрать точное название. Оно включает дополнительные программы усиления, за счет которых преодолеваются препятствия и делается попытка закончить действие. Рефлекс, видимо, включается от универсальной следящей системы, «наблюдающей» за всеми программами. Нормальное выполнение и особенно завершение программ сопровождается приятным чувством. Ожидание его — рефлекс цели.

Рефлекс свободы связан по характеру с предыдущим: ограничение действий внешними обстоятельствами вызывает чувство протеста, включающее программы преодоления ограничений, вплоть до использования эмоций гнева. Протест может быть даже сильнее по-

вода к нему. Рефлекс включается от следящей системы и механизмов предвидения результатов действий.

Может быть, имеет смысл выделить еще один рефлекс — самовыражения. Стремление выразить свои переживания и чувства присуще еще животным. У них оно передается позами, мимикой, звуками. У человека последние заменяются осмысленными фразами.

Есть еще одно дополнительное чувство или ощущение — в р е м я. Даже у животных существует «служба времени» — набор каких-то клеток, выполняющих роль часов, или реле времени. Они входят непременно компонентом во все программы — как моделирования внешней среды, так и собственных действий. В создаваемых мозгом моделях процессов должна быть отражена не только последовательность действий, но и масштаб времени. Нарушение этого масштаба является источником целого ряда различных — в зависимости от тех программ, в которых участвует служба времени, — чувств и ощущений, выражаемых словами: ожидания, удивления, неожиданности, недоумения, разочарования.

Все элементарные чувства зарождаются в подкорке или в самых нижних отделах коры. Они представляют собой возбуждение определенных клеточных структур, вызванное изменением внутреннего состояния организма или внешними воздействиями на него. У бескорковых животных это включает соответствующие простые или сложные двигательные программы; сами же «чувства» не осознаются.

У корковых животных положение несколько изменилось. С одной стороны, у них сохранилось непосредственное включение всех действий в подкорке. С другой — кора стала вмешиваться в этот порядок, стимулируя либо задерживая двигательные программы в случае, если условные раздражители в прошлом опыте

были связаны с сильными безусловными раздражителями, действовавшими на «чувства». Видимо, кора животных не прямо воздействует на двигательное звено программы. Регулировать действия она может только через подкорковый центр «чувств».

Для признания возможности такой программы необходимо сделать некоторые допущения. Прежде всего кора должна моделировать подкорковые центры «чувств» так же, как она моделирует внешние воздействия, воспринятые рецепторами и в большинстве — тоже проходящие через подкорку. Затем нужно допустить нисходящие воздействия с коры на подкорковые центры «чувств». Это позволяет предположить, что кора устанавливает временные зависимости между внешними условными индифферентными раздражителями, которые сами по себе «чувств» не вызывали, и раздражителями важными, вызывающими «чувства». После того как такие связи (с учетом времени) установились, условный раздражитель вызывает возбуждение коркового центра «чувств», оно спускается «вниз», стимулирует подкорковый «истинный» центр и через него включает либо тормозит программу действий. В этом содержание условного рефлекса. Он действует обязательно с участием «чувств». Кора, кроме того, запоминает каждый выполненный условный рефлекс и соответственно корректирует последующие.

У человека положение еще более усложнилось, поскольку у него часть двигательных программ включается непосредственно в коре. Кроме того, по сравнению с эволюционными предшественниками его возможности в отношении переработки информации — равно внутренней и внешней — сильно возросли. Однако принцип коркового моделирования чувств у него остался. Постараемся несколько разобраться в этом вопросе.

Кора моделирует внутреннюю сферу так же, как и внешнюю среду. Это значит, что все подкорковые центры чувств имеют «представительства» в коре — в виде моделей-образов с хорошо проторенными врожденными связями «снизу вверх». Следовательно, возбудимость корковых моделей высока. Кроме восходящих есть и нисходящие пути: когда корковый центр чувств возбуждается от модели какого-нибудь индифферентного внешнего раздражителя, то возбуждение «спускается» вниз, в подкорку, и передается подкорковому центру чувства, даже если он не возбужден с тела, от рецепторов. По всей вероятности, проходимость нисходящего пути все-таки значительно меньше по сравнению с восходящим: ведь в большинстве случаев подкорка навязывает чувства сознанию — коре, а не наоборот. Однако в том и заключается особенность коры человека, что под воздействием общества и в результате собственного творчества ее модели могут значительно усилиться и диктовать «свою волю» подкорке.

Итак, в коре образуются ассоциативные связи между моделями внешних и внутренних раздражителей—чувств. В эти связи могут включаться реле времени. Проходимость их изменяется по общим законам постоянной памяти.

Из самих чувств в коре могут вырабатываться различные этажные коды, разграничивающие их интенсивность и продолжительность. От сочетания различных простых чувств вырабатываются многочисленные сложные коды — по общим принципам выделения сложных кодов и ассоциаций. То же относится и к сочетаниям образов внешних раздражителей с моделями чувств — простых и сложных. Соответствующая схема показана на рис. 21.

Формирование сложных кодов — сложных чувств происходит по общим принципам обучения и самоорганизации. Поскольку первичных чувств много и еще больше их градаций по силе, то возможно бесконечное

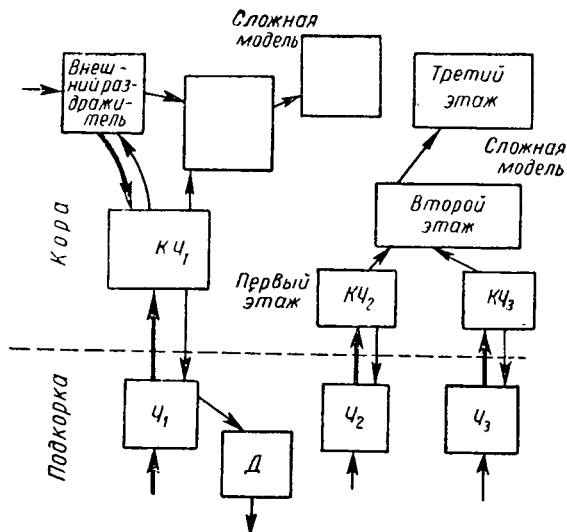


Рис. 21. Схема моделей чувств.

$KЧ_1, KЧ_2, KЧ_3$ — корковые модели «первичных» чувств.
 $Ч_1, Ч_2, Ч_3$ — подкорковые центры чувств, $Д$ — подкорковый двигательный центр.

количество сочетаний, особенно если учесть временные отношения. Однако вряд ли существуют стабильные модели сложных чувств разных градаций: ведь высшие этажи организуются за счет случайных совпадений. И тут на помощь приходит речь. Слова обозначают раз-

ные комбинации первичных чувств и служат важнейшим средством определения их центров в высших этажах коры в процессе самоорганизации. Любой человек может заметить по себе, как трудно определить чувства, разграничить их. Пожалуй, у каждого из нас свои, индивидуальные критерии для распознавания высших чувственных понятий, таких, как, скажем, справедливость, снисходительность и т. д. Без речи, слов, «организующих» понятия, человеку были бы доступны только самые элементарные чувства, прямо моделированные с подкорки, — голод, страх и пр.

Благодаря богатым связям между моделями внешнего мира и чувств можно говорить о «чувственной окраске» многих как будто бы абстрактных понятий, выраженных словами или конкретными зрительными и слуховыми образами. К примеру, слово «котенок» мы всегда ассоциируем с чем-то теплым, ласковым и приятным. Это универсальное явление. «Безличных» в чувственном отношении слов, пожалуй, меньшинство.

Для того чтобы расшифровать происхождение сложных чувств, найти их истоки в простых, потребуется сложная специальная работа. Она необходима, однако нужно учесть, что источником многих из них или, по крайней мере, их компонентов являются социальные понятия, а не биологические чувства.

Чувства — источник энергии для корковых моделей. Возбуждающие и тормозящие воздействия на кору идут из подкорки. Модели чувств занимают в этом процессе важное место. Оно и понятно: чувства стоят на страже благополучия индивидуума, являются выражением его программ «для себя» и «для рода». Высокий уровень энергии подкорки, видимо, определяется постоянным стимулированием ее клеток «снизу» — с те-

ла, а может быть, просто объясняется их спецификой, параметрами их клеточных программ.

Чувства, в первом приближении, отражают в коре «животные» программы — инстинкты и рефлексы. Однако они имеют и прямое отношение к программам этажной переработки информации и выделению высших кодов и кодов-качеств. Они придают «субъективность» этому процессу. Дело в следующем.

Непременным этапом выделения информации является сравнение порции информации из временной памяти, записанной знаками низшего кода, с моделями-эталонами — знаками высшего кода. Как уже говорилось, это сравнение производится по вероятностному, а не тождественному совпадению. В результате сравнения нужная модель знака высшего кода придет в состояние возбуждения — таким путем происходит узнавание порции информации из временной памяти. Важна первичная возбудимость модели-эталона: чем она выше, тем меньшее число точек необходимо для совпадения. Одна и та же модель из временной памяти может быть «похожа» по какому-либо признаку на несколько вариантов моделей-эталонов, совсем неравноценных в отношении всех остальных качеств. Поскольку каждая модель-эталон имеет связи с чувствами, ее возбуждаемость находится в зависимости от их энергии, определяемой внутренним состоянием организма или какими-то привходящими моментами. Для сравнения в первую очередь «подается» наиболее возбужденная модель-эталон, и при условии, что она с какой-то степенью вероятности подходит, она же и выбирается, даже не будучи самой «правильной» (рис. 22).

Программы действий. Человек — это автомат, воспринимающий, перерабатывающий и отдающий вовне информацию. Выше была рассмотрена первая часть за-

дачи — восприятие и переработка. Теперь разберем вторую — передачу информации, действия. Несомненно, это не менее важные и, пожалуй, более трудные программы, поскольку они обязательно включают в себя и переработку информации, связанной с выполнением двигательного акта.

Известно, что автомат имеет рабочие и управляющие системы. Условно это деление применимо и к организму: рабочими системами у него являются мышцы, укрепленные на костях и суставах, а управляющими —

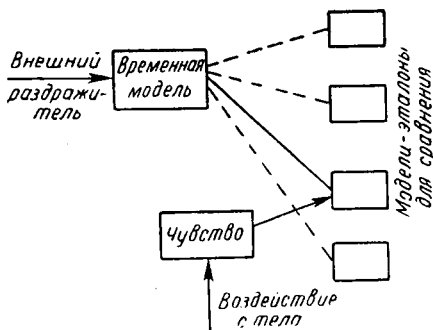


Рис. 22. Схема, иллюстрирующая субъективность узнавания.

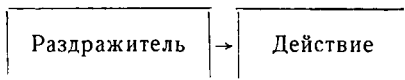
нервная система. Однако в действительности все обстоит гораздо сложнее. Рабочие органы — мышцы — в свою очередь представляют собой очень сложные системы со своими рабочими реакциями и управляющими этапами. Это придает им способность изменяться в ходе действия. Понятие «управляющие органы» в принципе вполне применимо к нервной системе, однако нужно учесть, что сама она получает воздействия не только извне, но и изнутри — от других регулирующих систем.

Самое главное отличие организма от технических управляющих систем заключается в многоэтажности управления движениями. Это ведет к усложнению живой системы, настолько резко, что в технике пока еще нет ничего подобного ей.

Организм действует — то есть передает информацию на окружающие предметы по определенной программе. Последняя включается от воздействий извне — от внешних раздражителей. В этом случае внутренняя сфера является корректирующей системой. Может иметь место и обратное явление — программа включается «изнутри». Тогда роли меняются: внешняя обстановка выполняет корректирующую роль.

Разберем первый случай.

Предполагается, что программы действий уже сформировались ранее в процессе обучения и собственного творчества (см. ниже). Это значит, что каждой модели внешнего мира (модели воздействий) соответствует определенная программа действий. Схема простая:



Однако действительность гораздо сложнее такой схемы. Прежде всего, большинству раздражителей соответствует не одна, а множество программ, отличающихся не только количественно — темпом и интенсивностью выполнения, но и качественно — характером ответной реакции. В ответ на оскорбление человек может дать выход своим чувствам либо подавить их. Для того и другого действия в мозгу есть готовые программы. Следовательно, стоит вопрос о выборе программы. Выбор этот осуществляется после анализа внешних обстоятельств: производится оценка возможных последствий того или иного варианта действия. Таким образом, началу действия предшествует кратковременная либо длительная работа по выбору его оптимального варианта. Она имеет место не только у человека, но и у животных и чаще всего производится без участия сознания.

Схема такой программы предварительной оценки и выбора показана на рис. 23.

Внешний раздражитель отпечатывается во временной памяти и узнается по известным уже программам. Это значит, что возбуждается какая-то модель 1 в по-

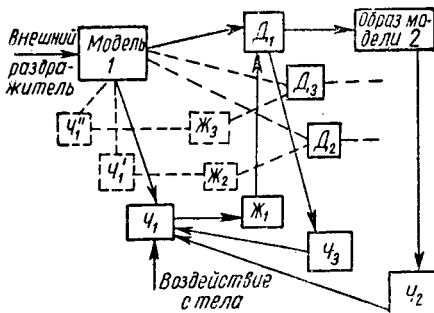


Рис. 23. Схема участия чувственной сферы в выборе программы действий.

Модель 1 — временная модель внешнего раздражителя. Образ модели 2 — образ будущего раздражителя после совершения действия. $\mathcal{U}_1$, $\mathcal{U}_1'$, $\mathcal{U}_1''$ — варианты чувств, связанных с внешним раздражителем; $\mathcal{U}_1$, $\mathcal{U}_1'$, $\mathcal{U}_1''$ — соответствующие варианты желаний; Δ_1 , Δ_2 , Δ_3 — варианты двигательных программ; $\mathcal{U}_3$ — чувства, связанные с выполнением действия; $\mathcal{U}_2$ — чувства, которые ожидаются после окончания действия. Знаки их могут совпадать или не совпадать с первичным чувством $\mathcal{U}_1$.

стоянной памяти. С ней связано много корковых моделей чувств — $\mathcal{U}_1$, $\mathcal{U}_1'$, $\mathcal{U}_1''$. Каждая получает воздействия «снизу» — с тела. В результате сравнения их возбудимости (готовности) возбуждается чувство $\mathcal{U}_1$. С него возбуждение переходит на подкорковую модель чувства. Одно чувство возбуждается в большей, другие — во много меньшей мере (правда, можно обойтись и без этого предположения). Каждому простому чувству в подкорке соответствует какое-то элементарное действие,

которое мы обозначим как «желание» или «побуждение». Это — древние простые программы наподобие безусловного рефлекса, но на более высоком уровне. Элементарные желания можно выразить простыми словами (побуждениями) «беги», «ударь», «схвати», «брось», а может быть, даже более общими: положительная реакция — стремление овладеть и отрицательная — уйти, оставить.

Каждому чувству соответствуют определенные желания (в нашем примере наиболее сильному чувству $Ч_1$ — желание $Ж_1$).

Модели внешнего раздражителя соответствует несколько возможных вариантов действий $Д_3$, $Д_1$, $Д_2$. Каждый из них имеет свое значение — по прежнему опыту. Этим определяется прочность проторенности связей к $Д_1$, $Д_2$, $Д_3$. Однако выбор оптимального действия зависит не только от нее, но и от отражения каждого из вариантов в организме, иначе говоря, от чувств, вызываемых реализацией того или иного действия. Здесь производятся сложные расчеты, хотя они могут занимать всего лишь мгновение.

Прежде всего, выбор действия определяется желанием — оно дает направление: драться или убежать. Поэтому часть вариантов сразу же отпадает. Из числа оставшихся производится выбор по степени отработанности — проторенности связей с моделью внешнего раздражителя. С каждым образом действия — $Д_1$, $Д_2$, $Д_3$ (выбор уже из тех, что соответствуют данному желанию $Ж$) связаны определенные чувства, возникающие в процессе его выполнения. Они закреплены в памяти прошлым опытом. В результате возбуждаются $Ч_3$, $Ч'_3$, $Ч''_3$, характеризующие возможные трудности при выполнении программ. Кроме того, каждому действию $Д$ соответствует образ его последствий: то, как отразится

на раздражителе выполнение данного действия. Это тоже связано с чувством $Ч_2$, которое вообще соответствует желанию — не очень определенному по деталям, но ясному по направлению действия.

Итак, в результате есть наборы чувств $Ч_1$, $Ч_2$, $Ч_3$; каждое имеет по несколько вариантов ($Ч'_2$, $Ч''_2$, $Ч_2$). Выбор оптимального действия производится сравнением этих чувств по знаку и интенсивности. Хотя чувства могут быть сугубо «частными» (например, ощущение боли, голода), они сравнимы, так как каждое такое чувство имеет связь с центрами «приятного» и «неприятного». Именно на этих центрах и производится сравнение. Результатом будет выбор и усиление одного из $Ч_1$ — первичного чувства, вызванного внешним раздражителем. Может оказаться, что первое побуждение будет отвергнуто и пересилит другое чувство. В момент, когда вариант $Ч_1$ определился, он одновременно усилился до некоторого уровня. От этого уровня зависит «энергия», иначе говоря, степень желания: «хочу очень сильно» или «хочу чуть-чуть». После того как желание точно определилось, из числа нескольких соответствующих ему вариантов действий выбрать какой-то один уже не представляет труда. Это делается на основании сравнения чувств $Ч_3$, $Ч'_3$, $Ч''_3$, связанных с выполнением предстоящей работы: оценивается сложность ее различных вариантов и возможные затруднения, сопряженные с каждым из них.

На этом заканчивается первая фаза — выбор оптимальной программы действий. Повторяю, он в большой мере зависит от состояния организма в данный момент, то есть весьма субъективен.

Затем следует само действие.

Все программы действий многоэтажны. Это значит, что на самом верху имеется модель идеи двигательно-

го акта, ниже расположены модели последовательности отдельных частных движений, еще ниже — порядок сокращения мышц в каждом движении. Эту лестницу можно было бы еще продлить вниз: распределение сокращенных и несокращенных мышечных волокон в самой мышце, биохимические процессы, происходящие в мышечном волокне, и т. д. Действия человека могут быть очень сложными и длительными. У людей, выбравших программу деятельности на много лет вперед, количество этажей вверх значительно возрастает.

Этажное построение программ чрезвычайно выгодно: благодаря ему сокращен необходимый объем памяти. Если бы программы были «вытянуты в одну линию», как это имеет место в ЭВМ, то для каждой из них нужно было бы запоминать всю последовательность элементарных действий. При этажном же построении все программы состоят из стандартных элементарных движений, набор которых есть на нижнем этаже. В верхних этажах запоминается только порядок их включения. Из элементарных можно сделать стандартные «блоки» и, обозначив их шифром, строить третий этаж — как набор таких «блоков».

Этажная программа может быть жесткой или гибкой. В первом случае только один — выполняющийся независимо от условий—порядок включения «блоков» и элементов в каждом из них. В гибких программах предусматривается множество вариантов подпрограмм на каждом этаже; включение того или иного определяется рядом местных условий, оцениваемых на основании показаний обратной связи. Возможны различные степени гибкости, в зависимости от количества возможных вариантов и числа параметров в прямых и обратных связях, которые учитываются при выборе оптимального варианта. Разберем эти вопросы подробнее.

Общая схема этажной программы с двумя вариантами показана на рис. 24. Программа эта реализуется «сверху вниз». Возбуждение включает ее через модель первого этапа *I* на высшем этаже. Сразу же оно спускается на второй этаж и приводит там в действие блок

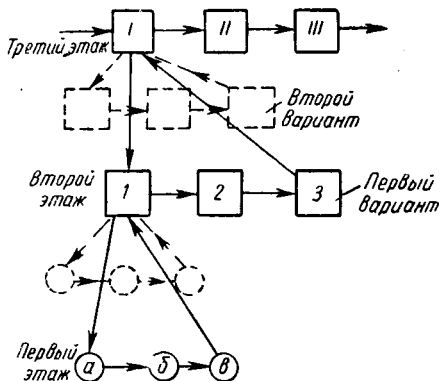


Рис. 24. Схема этажной программы действия.

Наверху — крупные этапы сложного действия *I*, *II*, *III*. От каждого из них включается несколько этапов последовательных действий *1*, *2*, *3*. Имеется два варианта их (пунктир и сплошная линия). На первом этаже — модели нескольких движений *а*, *б*, *в*, составляющих двигательный акт (также возможно несколько вариантов).

I, после чего направляется на первый этаж, включая движение *а*. Если считать, что это самый низкий этаж, то программа в нем реализуется последовательным включением движения *б*, а затем *в*. Здесь она заканчивается; сигнал об этом посылается по обратной связи на второй этаж снова на блок *I*. Поступление сигнала переключает программу второго этажа на следующий этап — начинает работать блок *2*. От него вниз, на первый этаж, идут пусковые сигналы, по которым вклю-

чается и развивается соответствующая программа. Сигнал об окончании ее приведет в действие блок 3 на втором этаже. Вернувшиеся от него на первый этаж сигналы запустят там очередную программу. Об окончании ее будет оповещен блок 3, но так как дальше на этом этаже программы нет, то сигнал пойдет на третий этаж, на модель этапа I. Этим заканчивается выполнение первого этапа, и включается этап II. Программа его развивается в таком же порядке — последовательно на всех этажах. Общая программа закончится тогда, когда на высшем (третьем) этаже будут полностью выполнены все три этапа ее и соответствующие сигналы поступят с нижнего этажа. Все это — описание простой этажной программы. Обратные связи здесь показаны только в виде сигналов об окончании соответствующей этажной программы.

Разумеется, действительные программы много сложнее схематической.

Прежде всего, обычно есть несколько вариантов программ на промежуточных этажах. Это значит, что один и тот же двигательный акт можно осуществить разными движениями. Пример: ключ в зависимости от обстоятельств мы поворачиваем правой рукой или левой либо еще как-нибудь иначе — хуже или лучше. Обычно есть наивыгоднейший вариант, он и включается в первую очередь. Если выполнение его наталкивается на препятствия, то включается следующий по проторенности и т. д. Для того чтобы достигнуть такого порядка, необходимо иметь сведения о готовности всех подпрограмм. Они доставляются за счет обратных связей и учитываются при включении каждого этапа.

На этом нужно остановиться подробнее.

Кроме программы непосредственного включения одного этапа за другим существует большая «система об-

служивания», без которой любая программа вообще не могла бы выполняться. Она включает различного рода рецепторы, связи и информационные системы типа следящих. Следящая система представляет собой модель программы, в которой различная информация о ее выполнении отражается и сравнивается с должной, ожидаемой. Можно выделить по крайней мере три типа следящих систем:

1. Следящая система, регистрирующая выполнение управляющих сигналов. Она первично представлена рецепторами в мышцах и суставах, которые сигнализируют о времени, перемещениях и усилиях. Эти сигналы идут вверх и сравниваются с «должными» — с той копией основной программы, по которой включаются этапы. Если программа хорошо натренирована, то пусковые и регулирующие сигналы строго дозированы и легко корректируются обратными сигналами с рабочих органов. Пример осуществления такой программы: человек пишет с закрытыми глазами или в темноте. Подобная система должна быть на каждом этаже. На нижних она следит за последовательностью движений, сравнивает их с должными и запоминает процесс их выполнения (например, то, как пишется каждая буква). На среднем она фиксирует выполнение этапа (то, какие буквы уже написаны). Еще выше отмечаются выполненные этапы работы. Это — система регулирования по положению рабочих органов. Так, скажем, регулируется речь у глухого или письмо у слепого.

2. Следящая система по эффекту, по результату. Всякое действие предусматривает некоторый результат, выраженный другим кодом, а не мышечными движениями. Например, письмо — это не только движения, которые важны для первой системы, но и конфигурация букв, написанных на бумаге. Речь — не только движе-

ния мышц гортани и груди, но и колебания воздуха — звуки. Еще больше это касается сложных трудовых актов — производными их являются вещи. Естественно, что результат действия может быть воспринят другими органами чувств, рецепторами и сравнен с образом, существующим в информационной части мозга, — с моделью, которая, вообще говоря, предусматривалась уже при включении соответствующей программы (см. рис. 23). Если первая система функционирует на любом низком уровне, то вторая — на более высоких, когда вследствие завершения определенного этапа действия оформляется единица нового кода (например, буква или слово) — результат, который можно воспринять, запомнить во временной памяти и узнать путем сравнения.

3. Наконец, возможно выделение еще одной следящей системы — системы чувств. Каждое движение отражается в чувственной сфере, так как сопровождается восприятием информации с органов движения (сопротивление, тяжесть, утомление, даже боль). Восприятие результата тоже имеет отражение в чувственной сфере. По общим правилам субъективности чувства зависят от настройки, от внутреннего состояния организма, а не только от самой работы и ее итогов. Модель предполагаемых чувств в ходе выполнения программ тоже в общем известна, хотя, может быть, и не так точно, как модель движений или модель-образ результата. Но эта система, пожалуй, более высокая, так как она пользуется информацией с предыдущих и определяет очень важный параметр — энергию действия, а также может дать сигнал к прекращению его.

Работа всех трех следящих систем направлена на то, чтобы обеспечить получение того эффекта, который предполагался на первом этапе — при планировании

действия и выборе программы. Для этого они имеют должный образ — модель и последовательно воспринимают то, что получилось в результате. Все эти действия выполняются тем же аппаратом по восприятию и переработке информации, деятельность которого была описана выше. Именно поэтому нельзя отделять программы восприятия и переработки информации от собственно программ действий.

Следящие системы в результате сравнения действительного и должного получают совпадение либо рассогласование, выраженное количественно. Оно улавливается специальными программами обработки информации, вызывает некоторые чувства, те в свою очередь — желания, определяющие выбор программы усиления или просто регулирования усилий. Может также возникнуть вопрос о радикальном изменении программы — в целом или в отношении некоторых этажных подпрограмм. Если рассогласование настолько велико, что исправить его невозможно, возникают соответствующие чувства, желания — и программа прекращается.

Всякая следящая система предусматривает предвидение. Собственно, элемент этого имеется уже на первом этапе. Источником его является опыт — проведенные в прошлом операции при тех же или сходных условиях. Можно считать, что как только программа включилась на самом первом этапе, все последующие ее звенья — как в виде моделей последовательности включения, так и в моделях следящих систем — уже пришли в некоторое возбуждение, их потенциал энергии повысился. Это своего рода подготовка, некоторая готовность. Разумеется, на разных этажах она различна. Чем выше этаж, тем на больший отрезок времени «планируется» его деятельность, поскольку во всей обслуживающей его системе временная память дольше.

У человека, делающего какую-нибудь вещь, образ ее на самом высшем этаже возбужден в течение всего времени, затраченного на эту работу. Низшие этажи, призванные осуществить только сокращение каких-либо групп мышц, предупреждаются лишь незадолго перед включением программы. Предупреждать задолго — бессмысленно, так как следящие системы соответствующего уровня не располагают возможностью длительно помнить свое задание.

Возбуждение всей будущей программы действий при ее включении или до того представляет собой, в сущности, программу воображения. Если включается только высший этаж, то она «пробегают» очень быстро — программа и ее результаты представляются в общих чертах в течение короткого отрезка времени. Естественно, что все временные законы при этом нарушаются. Если представлять программу в деталях, то есть с включением нижерасположенных этажей и их подпрограмм, то это займет уже больше времени, но все же гораздо меньше, чем выполнение ее. Правда, не всегда. Бывает, что действия воображаются в замедленном темпе. Я не стану сейчас останавливаться на этом вопросе, так как он будет освещен ниже.

Тем не менее, воображение всегда присутствует при реализации любой программы, наверное, даже у животных. Оно выполняет практическую роль — включает некоторые подготовительные программы, причем обычно это делается автоматически. Такая подготовка касается как низших звеньев мышц, которым предстоит работать, так и организма в целом — в отношении увеличения производительности органов дыхания, кровообращения и общего повышения тонуса низших регулирующих систем.

Гибкость программы определяется не только возможностью выбирать варианты подпрограмм на нижних этажах сообразно условиям на периферии. Существует и противоположный механизм, когда на верхнем

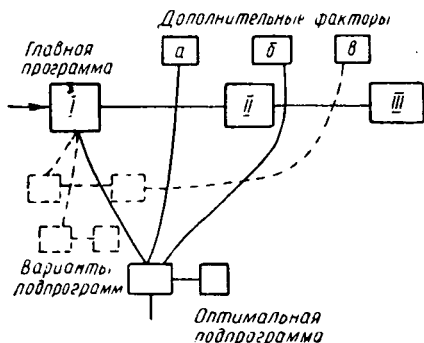


Рис. 25. Схема выбора оптимальной подпрограммы в зависимости от главной программы и дополнительных факторов (кодов-качеств). I, II, III — этапы главной программы.

этаже также имеет несколько моделей и нижние выбираются с таким расчетом, чтобы удовлетворить всю комбинацию верхних. Механизм такого подбора иллюстрируется схемой на рис. 25. Каждый вариант подпрограммы нижнего этажа, представленный своими моделями, имеет связи с несколькими моделями верхнего, из которых одна — глав-

ная. Суммарная энергия каждой такой программы нижнего этажа определяется всем комплексом воздействий с программ верхнего. Когда происходит выбор варианта подпрограммы со стороны главной верхней, то при прочих равных условиях, то есть при отсутствии прямых запретов с периферии (скажем, рабочие органы, которым надлежит принять участие в этой подпрограмме, заняты выполнением другой), выбирается вариант с наивысшей энергией. Таким образом, добавочные факторы влияют на выбор конкретного варианта программы.

Общеизвестно, что одну и ту же работу человек может выполнять по-разному, в зависимости от требований, которые он (или другие) предъявляет себе. Можно сделать вещь быстро или медленно, хорошо или небрежно, красиво, точно и т. д. Существует множество подобных качеств, каждое из которых в некоторой степени определяет программу тех движений, за счет которых изготавливается вещь. Есть общая структура вещи — образ таковой в коре; она определяет главную модель программы. Перечисленные дополнительные качества — это все равно что дополнительные коды при обработке информации. Каждый из них накладывает определенные отличия на варианты программы.

Особо нужно остановиться на энергии. Основное качество работы — скорость выполнения, или «сила» в преодолении ее трудностей, зависит от уровня энергии всех моделей, участвующих в реализации данной программы. Именно этим в конечном итоге определяется частота нервных импульсов, направляющихся к мышце и обуславливающая развиваемую ею мощность. Уровень энергии определяется тем основным стимулом, который был обозначен еще при описании первого этапа как желание. Оно является функцией силы того чувства, которое включает всю программу (U_1 на рис. 23). Но при выполнении работы желаний может быть несколько. Главное — сделать вещь, дополнительные — сделать ее очень быстро или очень точно. Эти-то желания определяют энергию дополнительных моделей — факторов, влияющих на выбор вариантов подпрограмм (см. рис. 25).

Модель программы, после того как она вырисовалась в результате суммирования всех факторов на высшем этапе, представляется в нескольких видах. Прежде всего — это последовательность действий, выраженная

поэтажно. Она же отражается в моделях тех следящих систем, которые контролируют выполнение программ. Это касается всех трех типов следящих систем — особенно первой и второй (системы движений и результатов). Чувства определяют энергетический уровень всей программы.

Мы пришли к выводу, что модели не являются чем-то застывшим и неизменным. Гибкость их зависит не только от обилия вариантов на нижних этажах, но и от многосторонности влияний «сверху», определяющих выбор какого-нибудь из этих вариантов. Модель программы формируется каждый раз заново. Одновременно с этим формируются и ее «отпечатки» в виде исходных моделей, заложенных в качестве матриц в следящие системы. Таким образом обеспечивается выполнение программ сообразно поставленным условиям.

Впрочем — не всегда.

Неудачи бывают довольно часто. В случае, если программа не выполняется так, как задумано, рассогласование, обнаруживаемое второй следящей системой, отражается неприятными чувствами. После этого программа может улучшаться или вообще не включаться в следующий раз.

Основу совершенствования программ составляет их изменение в результате накапливаемого опыта. Это достигается тем, что результаты каждого действия запоминаются и вносят коррективы в модель программы. Механизм этого явления точно такой же, как изменения моделей-эталонов в постоянной памяти в результате накопления опыта переработки информации. В следящих системах есть модель программы каждого этажа. Во время совершения двигательного акта реальное выполнение программы отпечатывается во временной памяти и в какой-то незначительной степени отражается

на постоянной модели программы — переходит в длительную память. Это касается всех трех типов следящих систем, но, может быть, в наибольшей мере — чувственной. Если невыполнение программы сопровождалось очень неприятными чувствами, то они запоминаются, и при повторном включении эта бывшая неудача существенно понижает шансы данного варианта программы (через изменение чувства $Ч_3$ в уже показанной на рис. 23 схеме).

Очень важен вопрос о формировании новых программ действий.

В самом деле — ребенок родился совсем «без программ»: он ничего не умеет и всему должен учиться. У животных положение лучше — модели их двигательных актов заложены от рождения в подкорке или, возможно, в нижних этажах коры. Как только соответствующие клетки созреют, иногда через несколько недель после рождения, двигательный акт автоматически готов. В дальнейшем он только совершенствуется в той или иной степени.

В основе обучения движениям лежит рефлекс подражания. Как уже говорилось, суть его составляет программа считывания — автоматического включения действий, считывающих звуковой или зрительный образ. Вначале это делается произвольно, а затем с привлечением сознания. Разумеется, подражание бывает сначала неудачным, и лишь после многих проб и ошибок вырабатывается собственная программа действий и ее отражение в следящих системах. Все основано на запоминании каждой попытки вместе с сопутствующими ей чувствами. Удачные опыты входят в память с положительными чувствами, неудачные — с отрицательными. При последующем включении предпочтение отдается положительным чувствам. Обязательным условием

обучения является наличие в памяти образца — образа-модели чужого двигательного акта, для того чтобы иметь возможность сравнить его со своим актом, дав результатам соответствующую чувственную оценку. Примерная схема такого обучения показана на рис. 26.

В памяти имеет-ся образ чужого двигательного акта. По рефлексу подражания он считывается, и человек (ребенок) пытается его воспроизвести. Побуждением для такой попытки может быть сам рефлекс либо же принуждение со стороны. Результат собственного действия отпечатывается во временной памяти первой и особенно второй следящих систем. Затем производится сравнение своего образа с чужим эталоном. В случае удовлетворительного или даже хорошего совпадения возникает удовлетворение — возбуждение центра «приятного». Такое движение идет в память со знаком плюс. Одновременно оно запоминается и в следящей системе двигательной сферы. Так закладывается в памяти положительный опыт. В последующем он многократно повторяется и постепенно отрабатывается до возможного совершенства.

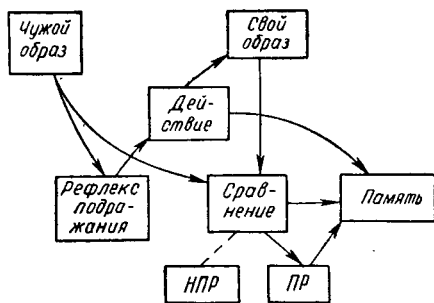


Рис. 26. Схема процесса обучения с использованием рефлекса подражания и запоминания удачных попыток, отобранных через чувства.

Есть и иной прием обучения: скажем, учитель водит рукой ученика, выписывая буквы или рисуя. В этом

случае образ программы закладывается в первой следящей системе в виде памяти импульсов, поступающих с мышц, суставов и сухожилий.

Таким образом, на основе использования механизма рефлекса подражания и обеих следящих систем, создаются программы элементарных двигательных актов. В последующем из них, как из кирпичиков, строятся сложные и длительные действия. При этом этажи нарастают вверх — у одних людей в большей, у других — в меньшей мере.

Пожалуй, следует указать еще и на случай как на источник удачных движений. Ошибка в выполнении программы может оказаться благоприятной, сопровождаться приятным чувством и остаться в памяти. Нередко мы наблюдаем, как из массы избыточных, зачастую беспорядочных движений ребенка отсеиваются удачные образцы. Высокая двигательная активность детей и молодых животных способствует выбору удачных программ, родившихся в результате случая.

Рефлекс подражания не ограничивается считыванием простых движений, но распространяется и на сложные программы. Возможно, этим объясняются самостоятельные игры детей, во время которых они пытаются воспроизвести сложные программы взрослых — их домашнюю жизнь и профессиональную деятельность.

Речь является одновременно продуктом развития психики и его стимулом. Если пользоваться понятиями кибернетики, то речь — это способ кодирования и передачи информации, иначе говоря, средство общения между людьми. Слова — универсальный код, с помощью которого можно передать почти любую информацию, хотя часто с большими искажениями и далеко не экономно. Письменность — физические модели речи, позволяющие хранить и передавать информацию.

Теперь существуют и другие технические средства для этой цели, например звукозапись.

Огромна роль речи в обучении. Дело в том, что большинство высших смысловых понятий — высших кодов, выделяемых из конкретных образов внешнего мира, — чрезвычайно нечетко. Только с помощью слов они конкретизируются. Поэтому при обучении часто в первую очередь преподается название понятия и лишь потом оно расшифровывается. Расплывчатое поначалу понятие постепенно, в процессе приобретения человеком опыта, конкретизируется, как бы кристаллизуясь на своей основе — слове.

Выше уже упоминалось о роли речи в процессах самоорганизации высших этажей коры — ассоциативных полей (см. рис. 15). Пути «наверх» проторяются за счет случайных совпадений возбуждения клетки верхнего этажа (абстрактное понятие) и клеток нижних этажей, в которых отражены модели конкретных образов. Если «внизу» ситуация сложная, то повторить ее в точности «наверху» очень трудно. Но если в клетке верхнего этажа пути от сложных и не очень определенных моделей пересекаются с путями от модели слова, то тренировать эту связь уже довольно просто.

Однако не нужно отождествлять речь с мышлением. Способность понимать высшие коды информации (сложные системы) определяется наличием высших этажей в коре, которые интегрируют информацию, а не простой заменой конкретных понятий их словесными эквивалентами. Мыслить может и глухонемой, не знающий слов. Но его мышление гораздо беднее мышления нормального индивида, и развивается оно только потому, что в человеческом обществе кроме слов есть и другие коды — мимика, движения, вещи.

Сущность речи заключается в возможности осуществления параллельных программ переработки информации. Одна программа состоит в обработке моделей конкретных образов, вторая — в обработке моделей их словесных эквивалентов. Возможна и третья программа — двигательная, в которой считываются звуковые образы слов и воспроизводятся двигательным кодом.

Слова являются некими абстрактными эквивалентами конкретных образов. Между моделями тех и других легко устанавливается ассоциативная связь по общим принципам совпадения во времени двух возбужденных моделей. Именно таким образом учат говорить. Может быть не две, а множество параллельных моделей, пример — знание нескольких языков или существование кодов рисунков, знаков, формул наряду со словами.

Первичная информация, переданная словами, может так же обрабатываться по этапным программам, как и информация из конкретных образов. Не исключено, что осуществляется это даже лучше, удобнее. Так же, как и из событий, выделяются несколько этажей смысловых кодов — как главных, так и дополнительных, так же возможно образование сложных кодов (см. рис. 14).

Произнесение слов или, вернее, рассказ фразами — это типичная этапная двигательная программа: вверху ее находится модель идей, ниже расположены этажи смысловых «блоков», затем программы произнесения слов, еще ниже — звуков. Из множества вариантов фраз выбор какого-то одного определяется по наличию других дополнительных чувств — желаний (см. рис. 15). Пожалуй, такая схема наиболее подходит именно для двигательных программ речи.

Общеизвестно, что одну и ту же информацию можно передать подробным и точным рассказом либо очень

кратко, хотя не столь точно. Попытаюсь объяснить, как это происходит.

Почти каждое слово имеет несколько значений. Связями с различным сопротивлением синапсов его модель соединена со многими моделями конкретных образов или моделями смысловых этажей фраз. Есть иерархия проходимости связей, отсюда — первое значение слова, второе, третье и т. д. Некоторыми своими значениями слово очень точно соответствует конкретному образу — чаще это касается названий предметов. Для других его образный эквивалент довольно расплывчат. Обычно это относится к качествам, абстрактным понятиям — тому, что мы называем дополнительными кодами. Так, слово «быстрый» обозначает качество передвигающегося предмета или лица, но в то же время и черту характера — способность к быстрым решениям, высокую скорость реакций.

Пользуясь приблизительными значениями слов, можно очень кратко описать сложные события, конечно, с потерей информации. Весь секрет в том, что между этажами имеется много перекрестных связей. Именно: модель в высшем смысловом этаже может быть связана с моделью в низшем этаже другого анализатора, например с моделью слова. Так, конкретное образное понятие «война» очень сложно, но его модель имеет прямую связь с моделью слова «война», которая располагается где-то на втором этаже над моделями звуков. Соответствующая схема показана на рис. 27. Итак, краткое изложение сложных событий возможно благодаря наличию этих «диагональных» связей и приблизительных значений слов.

В момент, когда человек наблюдает зрелище, в коре его головного мозга, в сфере конкретных зрительных образов, происходит этажная обработка информации.

Однако одновременно с этими образами, с их высшими смысловыми этажами, возбуждаются и образы-модели слов или коротких фраз — точно так же, как возбуждаются модели чувств. Иначе говоря, информация пе-

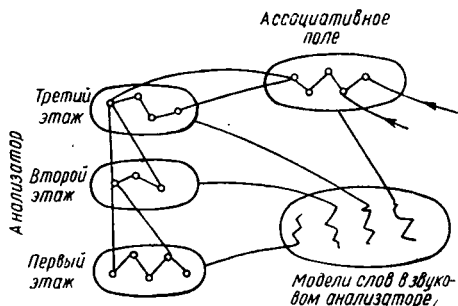


Рис. 27. Схема «диагональных» связей моделей слов с этажными моделями конкретной информации.

рерабатывается сразу в нескольких параллельных программах, которые оказывают друг на друга воздействие.

Возбуждение моделей слов и фраз при обработке информации обычно выражается двигательной, а не чувственной программой. Это значит, что, воспринимая картину, человек одновременно мысленно произносит описывающие ее слова — как будто он их слышит со стороны. Следовательно, главная программа речи — двигательная, а не чувственная. Человек сначала учится говорить и лишь потом — думать словами.

Обучение произнесению слов происходит по схеме, представленной на рис. 26. За счет инстинкта подражания ребенок считывает звуки со своей памяти, потом сравнивает свое произношение с чужим и постепенно

совершенствуется, пока, наконец, не перестанет замечать технику самого произношения.

Переключение с чувственной на двигательную программу осуществляется по общему рефлексу самовыражения. Чувство всегда должно быть выражено какой-то двигательной реакцией. Лишь со временем человек научается ее подавлять — превращать в мысли. Но я думаю, что полностью это никогда не удастся. Мысли — те же действия, только очень сильно заторможенные. Исследуя биотоки мускулатуры речевого аппарата, можно снять информацию о произнесенных словах — биотоки их слишком слабы для того, чтобы вызвать сокращения мышц, но во всем остальном они такие же, как и при разговоре. Еще один факт: маленькие дети разговаривают непрерывно. Их речь неправильна, непоследовательна, бессвязна, потому что она прямо отражает включение двигательных программ от чувственных образов, которые они воспринимают или вспоминают. Со временем это проходит, но, и будучи взрослыми, мы можем поймать себя на том, что шепчем свои мысли. О мышлении еще будет разговор ниже. Сейчас нас интересуют программы речи — то, как они формируются.

Поскольку речь — это действие, она проходит те же этапы, что и работа руками. Сначала нужен раздражитель, с которым ассоциируется действие. Если беседа — то это вопрос, если доклад — то это идея и необходимость ее высказать. Часто совместное действие целого комплекса раздражителей «заставляет говорить», то есть включает соответствующую программу.

На рис. 28 изображена примерная схема формирования программы ответа на речь собеседника. Сначала она (эта речь) запоминается во временной памяти. Потом анализируется по двум программам:

1. Смысловой — по общим принципам этажной переработки информации с выделением и запоминанием во временной памяти этажных кодов. Выделяется также несколько дополнительных кодов. Из них один очень важный: о форме речи — представляет ли она собой вопрос, приказ, просьбу, разрешение.

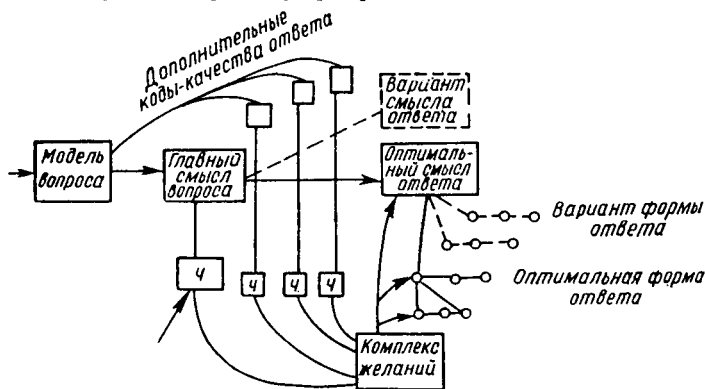


Рис. 28. Схема формирования программы ответа.

Из модели вопроса выделяются его смысл и коды-качества. Все эти модели связаны с чувствами (Ч), которые в свою очередь образуют комплекс желаний. Смыслу вопроса соответствуют несколько вариантов смысла и формы ответа. Оптимальный для данной ситуации вариант выбирается за счет влияний комплекса желаний.

2. Чувственной — с какими чувствами ассоциируется речь как в главных, так и в дополнительных кодах. Она может вызвать целую гамму чувств.

В результате анализа готовится ответ — по общим принципам переключения с моделей воспринятой информации на программу действия. Сначала возникает идея ответа — его высший этаж, в котором тем не менее учтены влияния всех смысловых кодов, выделенных

из речи партнера, — как главного, так и дополнительных.

Характер реализации программы ответа, то есть его форма (кратко, подробно, быстро, медленно, грубо, вежливо и другие качества), определяется путем выбора вариантов выражений через взаимодействие идей ответа с комплексом желаний, являющихся следствием комплекса чувств.

Пока это только проектирование ответа по содержанию и форме. Оно может распространиться до самых нижних этажей, когда человек в уме произносит словами всю свою речь, воспринимает ее следящими системами и корректирует через чувственную сферу одной из систем. Проект ответа может быть очень кратким, то есть оставаться в сфере высших этажей. Например, он формулируется так: «Отвечу то-то, коротко, резко», причем эта фраза не произносится — она в верхнем этаже, когда мысль не требует словесного оформления. В этом случае для проекта ответа нужно очень мало времени — мгновения.

Следующий этап — он также может быть кратким либо длительным — предугадывание реакции партнера или слушателей. На модели партнера «проигрывается» эффект от предполагаемого ответа. Главным образом, это сводится к определению чувств партнера, но можно предугадать и степень понимания им смысла данного ответа. На основании соответствующего вывода предсказывается ответ партнера.

Еще этап — обдумывание реакции на будущий ответ партнера, главным образом чувственной («Я скажу ему резко, он возмутится и может ответить грубостью. Как я на нееотреагирую? Испугаюсь? Тогда лучше заранее смягчить мою речь»). По возможной реакции еще раз корректируется проектируемая речь (ответ).

Только после этого программа, наконец, включается: этажи начинают «работать», и содержание речи высказывается словами.

Однако и в ходе произнесения речи ведется наблюдение за эффектом, вызываемым ею; в зависимости от такового могут вноситься коррективы как в содержание ее, так и в форму.

Такова общая схема речи как двигательной программы. Для более точного моделирования (понимания) ее нужно привлечь понятия сознания.

СОЗНАНИЕ, МЫШЛЕНИЕ, ТВОРЧЕСТВО

Программы сознания и подсознания.

Определить сознание несколькими словами трудно. Как физиологическое и психологическое понятие его можно охарактеризовать рядом признаков:

1. Активная деятельность механизмов внимания-усиления. Они обеспечивают выделение главных раздражителей (главных каналов связи) из общего потока внешней и внутренней информации, циркулирующей в коре головного мозга в каждый данный момент.

2. Формирование и активная деятельность комплекса моделей собственного «Я». Эти модели включают ощущения, исходящие из организма — со всех его чувствительных систем. Они противопоставляются потоку информации, поступающей из внешней среды и воспринимаемой дистантными рецепторами — органами слуха, зрения и обоняния.

3. Правильная оценка соотношения внешних и внутренних раздражителей (с учетом их отношения к субъекту). Это — определение реальности субъекта в окружающей среде.

4. Формирование механизмов самонаблюдения и самоконтроля — запечатление в памяти собственного поведения и оценка его путем сравнения с определенными моделями, воспринятыми при обучении и воспитании.

5. Формирование и деятельность механизмов воли (см. ниже).

6. Ощущение времени и произвольное переключение внимания на прошлое, настоящее и будущее.

Сознание — понятие неоднородное и «многоступенное». Можно выделить несколько ступеней его:

1. Деятельность механизмов внимания-усиления.

2а. Разделение (оценка соотношения) внешних и внутренних раздражителей — определение себя в окружающей среде.

2б. Ориентировка во времени.

2в. Формирование моделей собственного «Я», простейшее самонаблюдение и контроль. Воля в отношении управления действием.

3. Углубленный самоанализ (наблюдение мыслей) и сосредоточение — волевое управление мыслями.

Разумеется, такое деление совершенно условно.

Различные ступени сознания можно наблюдать при развитии ребенка и при некоторых физиологических и патологических состояниях нервной системы.

Ступени сознания 1 и, может быть, даже 2а имеются у высших животных. На том же уровне стоят маленькие дети. Взрослые проходят разные ступени, но совсем не обязательно достигают последней. Все ступени сознания начиная с 2б являются продуктом влияния человеческого общества, следствием воспитания и обучения.

Остановимся подробно на первой ступени сознания — программах внимания.

Информация поступает в мозг одновременно по многим каналам. В коре хранятся модели большого числа двигательных программ. Для того чтобы деятельность организма была целесообразной, необходимо, чтобы программы не мешали друг другу в процессе их выполнения. Нельзя одновременно делать два дела без ущерба для эффективности каждого из них. В то же время система должна быть готова к немедленной перемене

программы действий в зависимости от поступления новых, более сильных раздражителей по другим каналам.

Следовательно, в очень сложной системе должна существовать программа переключения потоков воспринимаемой информации и двигательных программ. У человека эту функцию приписывают сознанию. Считается, что, находясь в состоянии бодрствования и воспринимая все внешние раздражители, он «сознательно» избирает линию своего поведения с тем, чтобы получить наибольшее удовлетворение. Полагают, что животные не обладают сознанием и их деятельность направляется инстинктами, то есть, применяя нашу терминологию, внешний либо внутренний раздражитель автоматически включает ту или иную программу.

Для низших животных это справедливо. Разнообразие воспринимаемой ими информации невелико, и набор двигательных программ ограничен. Но даже и у них есть определенная субординация раздражителей и программ — механизмы их взаимоотношений обеспечивают целесообразную деятельность в разные периоды жизненного цикла.

У высших животных, особенно корковых, разнообразие гораздо больше, а потому у них существует программа выборки главного из внешней и внутренней информации, обеспечивающая выполнение одного двигательного акта ценой отключения других.

Это осуществляется с помощью механизма внимания (рис. 29). Сущность его в общих чертах состоит в том, что из многих каналов, по которым поступает информация в каждый данный момент, один усиливается, а все другие не выключаются, но тормозятся. Иначе говоря, одна двигательная программа усилена, а все другие заторможены. По всей вероятности, функция усилителя выполняется ретикулярной формацией. Уси-

ление не может долго приключаться к одной модели: механизмы его таковы, что усиливающая система быстро устает и требует переключения на другой канал. Однако она же быстро «набирается сил», поэтому может

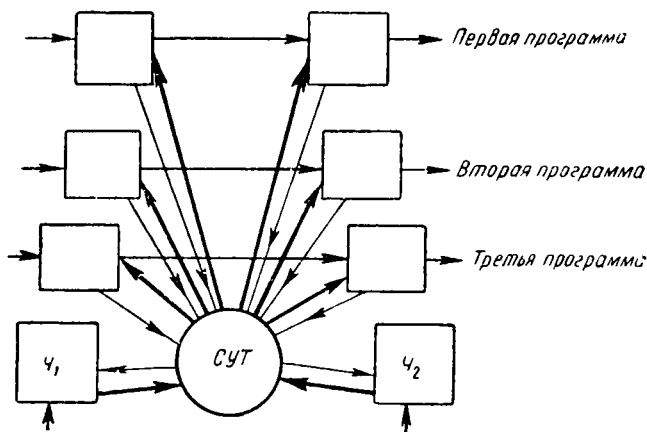


Рис. 29. Схема, иллюстрирующая программу внимания.

СУТ имеет прямые и обратные связи с чувственными (слева) и двигательными (справа) элементами программ действий, а также с чувствами χ_1 , χ_2 . Любая из этих моделей может быть усилена, все остальные на это время затормаживаются.

снова вернуться к прежней модели, но опять на короткое время. Этот механизм биологически очень важен, поскольку он обеспечивает возможность через короткие промежутки времени переоценивать значительность поступающей на систему информации и в зависимости от этого переключать программы деятельности.

Внимание-усиление может быть приключено к любой корковой модели — воспринимаемой информации или модели программы, причем на разных этажах того и

другого. Так же могут быть усилены модели чувств, ощущений.

Степень усиления определяется активностью усиливающей системы, которая прямо зависит от эмоционального состояния — от интенсивности чувств, как важнейшего регулятора поведения животного. Эта система утомляется. Выключение ее представляет сон, а крайнее подавление — наркоз или комагозное состояние. Между моделями чувств и усиливающей системой существует положительная обратная связь: одно может усиливать другое. Наверное, усиливающая система возбуждается с универсальных центров «приятного» и «неприятного».

Программа внимания-усиления является основным атрибутом сознания и его первой ступенью. Человек «в сознании» — это значит, что он ориентируется в окружающей его среде. То же относится и к животным. Без внимания нельзя себе представить всех других феноменов человеческого сознания.

В коре животных моделей неизмеримо меньше, чем у человека. Это зависит не только от структуры мозга, но и от воспитания. У человека внимание может привлекаться к моделям нескольких типов:

1. Различные каналы, воспринимающие информацию, — факт «слушания», «смотрения», «ощупывания».

2. Модели в соответствующих анализаторах — процесс узнавания зрительного или слухового образа.

3. Высшие этажи этих образов — узнавание (осмысливание) не фрагмента, а целой картины. Например, по нескольким эпизодам или лицам узнается фильм, по звукам — опера.

4. Разные этажи двигательных программ — от идей трудовых процессов до тщательного выполнения простого движения.

5. Модели-образы из прошлого — воспоминания.
6. Предвидение будущего — воображение, мечты.
7. Чувства, ощущения, эмоции.
8. Ощущения из внутренних органов, с тела.

Мышление в самом общем виде представляет собой последовательное усиление различных моделей. Мысль — это усиленная модель образа, действия, чувства — из настоящего, прошлого или будущего.

Механизм переключения внимания, видимо, можно уподобить конкуренции между несколькими претендующими на него возбужденными моделями. В результате сравнения величины потенциала энергии каждой из них предпочтение отдается обладающей наибольшим. Разберем следующий пример. Предположим, что возбуждена и усилена вниманием первая модель. По связям возбуждение от нее передается на другие связанные с ней модели. Через небольшое время усиление первой модели устанет и должно переключиться на другую. В какой-то момент «мысли нет» — все модели слабо возбуждены. В следующий миг, если нет сильных внешних раздражителей, вниманием завладеет наиболее возбужденная модель из связанных с предыдущей. Так возникает связный поток мыслей. Однако вниманием может завладеть любая другая модель, если к моменту приключения она окажется более возбужденной. При этом последовательность мышления нарушится.

Способность к конкуренции прямо определяется энергией (потенциалом) возбуждения модели, что соответствует ее значению для организма и выражается в степени возбуждения чувственной сферы, вызванной действием раздражителя или воспоминанием образа. У животных наиболее возбужденными моделями всегда являются внутренние раздражители либо связанные с программами инстинктов, а у человека таковыми могут

быть и привитые воспитанием абстрактные модели, значительно усиливающиеся за счет действия «принципа самоусиления». Схема источников энергии модели показана на рис. 30. К этому нужно добавить уровень собственной активности, зависящей от специфики клетки и от предшествовавшей тренировки ее.

«Обстановка» в коре к моменту переключения внимания может быть самой разнообразной по следующим причинам: а) извне, по разным каналам, действуют различные раздражители, возбуждая соответствующие модели; б) изнутри действуют ощущения; в)

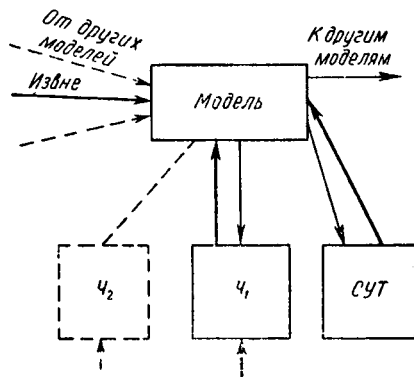


Рис. 30. Схема, показывающая источники специфической энергии, получаемой моделью.

χ_1 , χ_2 — чувства.

часть моделей в памяти возбуждена недавно предшествовавшим периодом усиления или получила предварительное усиление от других возбужденных моделей — по ассоциации. Картина напоминает постоянно изменяющийся рельеф, в котором горы и долины «воздействуют» друг на друга. В каждый данный момент одна вершина много выше других, и она по связям усиливает другие. Но какие-то третьи усиливаются действием извне. В момент перераспределения возбужденная «вершина» быстро понижается, и происходит уравнивание всех других связанных с ней. Из усилившихся во вторую очередь воз-

буждается самая высокая, резко возрастающая с тем, чтобы через мгновение начать снова понижаться. И так происходит все время.

В каждый данный момент только одна модель усилена вниманием и находится на уровне сознания. Она — главная, она — мысль. Активность всех других ниже, но это не значит, что она отсутствует. Наоборот: переработка информации, то есть движение возбуждения с одних нервных клеток на другие, выполнение определенных программ охватывает все модели. Обработка информации корковыми моделями, которые в данный момент не усилены вниманием, является подсознанием. Пример: вы идете и обдумываете что-нибудь. Это выполнение программы на уровне сознания. Однако в то же время вы следите за дорогой и контролируете ваши шаги, следовательно, выполняете программу движения во всей ее сложности. Это происходит уже в сфере подсознания. Если на пути встретится препятствие или взгляд упадет на что-то оригинальное, сознание на некоторое время переключится.

«Потенциал» переработки информации на уровне сознания высок, можно сказать, что это определяет ее скорость. Но общее количество перерабатываемой информации несравненно большее в сфере подсознания, так как миллиарды клеток в нем взаимодействуют, возможно, и на низком энергетическом уровне, но зато постоянно. Разумеется, «работают» главным образом хорошо отлаженные программы, когда для перехода возбуждения с одной клетки на другую не требуется высокой частоты импульсов. Так, можно выполнять привычные действия и одновременно думать о чем-то другом.

Роль подсознания очень велика: в нем готовятся модели, соревнующиеся за привлечение внимания, — кан-

дидаты на уровень сознания. Большое значение приобретают «скрытые очаги возбуждения», «тайные мысли», беспокоящие человека. Они завладевают вниманием, как только слабеет поток внешних сильных раздражителей. Таким образом, переработка информации в подсознании в значительной степени направляет поток мышления, действуя, если можно так выразиться, «из-за кулис». В формировании таких «скрытых очагов» особенно велика мера участия инстинктов и внутренних воздействий, чувств.

Резюмируя сказанное, роль подсознания можно свести к следующим функциям:

1. Первичная обработка поступающей информации, которая здесь как бы подготавливается для «сознательного уровня».

2. Через подсознание действуют многие чувства, придавая неосознанную субъективность перерабатываемой информации.

3. В подсознании включаются многие бессознательные движения, если они могут без ущерба «вклиниться» в сознательные программы.

4. Там же подбираются варианты двигательных программ нижних этажей в зависимости от сигналов «снизу».

5. Сложные, но очень хорошо изученные движения могут осуществляться на подсознательном уровне; только включение и выключение их производится сознательно.

Однако было бы неправильно думать, как Фрейд, что сознание является простым орудием подсознания. Это можно сказать только о животных, у человека же все обстоит иначе. Дело прежде всего в том, что усиленная вниманием модель дает мощные импульсы на другие связанные с ней модели и тем самым повышает

их потенциал — они обретают возможность завладеть вниманием при первом же его перераспределении. Кроме того, первая модель, после того как усиление переключится на другие, еще сохраняет высокий потенциал и через короткий период отдыха снова будет в состоянии захватить внимание и войти в сферу сознания. К тому же нужно учесть, что каждый такой «сознательный» период тренирует клетку — вступает в действие принцип самоусиления. Таким образом, если нет важных отвлекающих раздражителей, то за счет усиления в периоды сознания корковая модель какого-нибудь внешне отвлеченного объекта может превратиться в «сильную» и сама стать тем скрытым очагом, который будет активно конкурировать в борьбе за внимание с моделями, усиленными чувствами «снизу».

После изложения этих общих положений следует немного развить вопрос о количественных характеристиках сознания и подсознания — об их «уровнях».

Прежде всего, они связаны. Чем выше усиление одних моделей — уровень сознания, тем более заторможены все остальные, тем ниже их средний потенциал энергии (активность).

Общий уровень сознания зависит от активности главного «генератора энергии» — пусть это будет ретикулярная формация (РФ). По всей вероятности, этот уровень определяется клеточными программами соответствующих структур — их статическими и динамическими характеристиками. Конечно, нельзя приписывать ему какое-то самодовлеющее значение. Система усиления — торможения (СУТ) работает как орудие определенных программ. Она включается извне, но затем в значительной мере влияет на последующий ход программы. Это — положительная обратная связь, видимо, с большим коэффициентом.

На рис. 31 показаны гипотетические связи СУТ с другими структурами подкорки. Видимо, основной путь, по которому возбуждается СУТ, — это центры НПР и в меньшей степени ПР. С ними связаны центры эмоций, но если последние уже включились, то они, наверное, имеют собственный путь воздействия на СУТ. На схеме не показаны нисходящие пути от СУТ к спинному мозгу и центрам ствола. Я ограничился лишь стрелкой к ВВЦ — высшим вегетативным центрам, которые изменяют всю настройку внутренней сферы первых трех регулирующих систем. В данном случае важно, в частности, повышение активности ад-реналовой системы (надпочечник), так как в результате этого выделяется ад-

реналин, который оказывает положительное обратное воздействие РФ—СУТ. Включение гуморального звена значительно удлиняет время возбуждения. Основной путь стимуляции СУТ—через чувственную сферу. Однако могут быть значительными и другие пути: непосредственно от корковых моделей, если их спонтанная активность резко повышена в результате тренировки и гипертрофии. Эти модели могут представлять совершенно

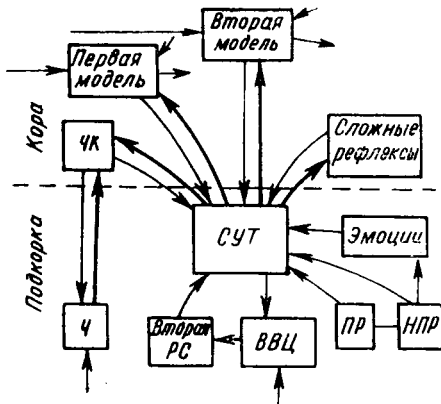


Рис. 31. Связи СУТ с другими структурами коры и подкорки.

ЧК — корковый центр чувств; Ч — подкорковый центр чувств.

абстрактные явления или программы. Второй путь — от центров сложных рефлексов: «Что такое?», цели, свободы. Правда, эти воздействия, наверное, менее сильны, но зато они бывают более продолжительными и стойкими.

Связь между интенсивностью возбуждения моделей, включенных в «сознание», и торможением «подсозна-

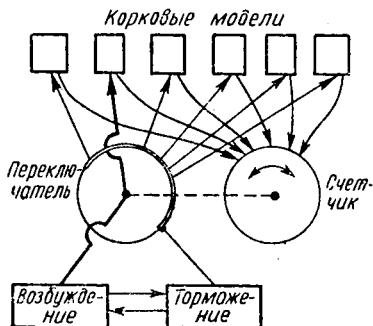


Рис. 32. Условная схема генераторов СУТ.

тельного уровня», а также схема самой СУТ показана на рис. 32. Разумеется, ее можно рассматривать только в информационном плане. Система состоит из двух «генераторов» — возбуждения и торможения, связанных друг с другом обратными связями. Выше показан «переключатель», который направляет энергию возбуждения в один избранный канал — на модель, включенную в «сознание», а каналы всех других моделей автоматически приключает к генератору торможения. Поворот переключателя осуществляется периодически, по особому временному закону, а угол выбирается специальной сравнивающей системой, которая все время сличает потенциалы энергии всех приключенных моделей («счетчик»).

Попытаемся представить деятельность коры при разных степенях усиления — торможения.

Предположим, что возбуждение СУТ очень велико, например, при эмоциях или сильных чувствах. В этом случае потенциал энергии «осознанных» моделей весьма

высок, а все другие сильно заторможены. Следовательно, возбуждаемые модели получают сильнейший толчок — много энергии. Я уже говорил о гипотетическом законе СУТ: чем выше возбуждение, тем больше передается энергии, тем скорее устает связь от переключателя к модели. В результате наступает понижение усиления, но, с другой стороны, уменьшается и торможение. В то же время собственная энергия ранее усиленной модели остается еще высокой, и она устремляется по наиболее проторенным связям к другим моделям, связанным с первой прочными ассоциациями. Ими могут быть модели действий или иных видов переработки информации. Одна из них либо получает энергии больше других, либо ее собственная активность до того была выше, но по мере снижения тормозящего центрального воздействия она возбуждается все сильнее. Система, сравнивающая потенциалы, ведет счет, и как только возбудимость второй модели превысит уровень первой, произойдет поворот переключателя на эту вторую модель. Она получает усиление от генератора по свежей связи. Все остальные модели пропорционально затормаживаются. Затем со второй моделью происходит то же самое: связь к ней устает, передаваемая энергия возбуждения падает, и одновременно уменьшаются тормозящие влияния на все другие модели. Но толчок, полученный второй моделью, был достаточно силен, и она передает свою все еще высокую энергию по проторенным связям к третьей модели. Процесс продолжается. Наиболее характерная черта его состоит в том, что возбуждение может передвигаться по ограниченному кругу моделей, так как после третьего-четвертого переключения собственная активность первой модели, получившей в свое время сильный толчок, снова возрастет — и модель «захватит» усиление-внимание. Круг замкнется.

Правда, в периоды переключений внимание может уходить и в «боковые» линии — в сторону, но если там нет замкнутых связей — тупика, то оно снова вернется к первому кругу моделей. В жизни так и бывает: в периоды сильных эмоций или напряжения круг мыслей, в общем, невелик, внимание все время возвращается к во-

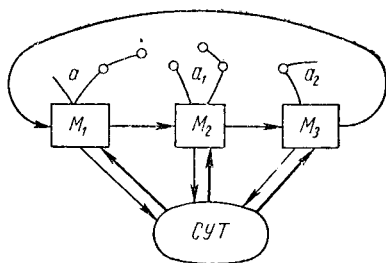


Рис. 33. Схема кругового переключения внимания.

M_1 , M_2 , M_3 — корковые модели; a , a_1 , a_2 — «тупики».

просам, послужившим причиной этого возбуждения. Примерная схема такого явления показана на рис. 33.

Если уровень возбуждения умеренный, например имеет место спокойный интерес, то замкнутого круга моделей может и не быть, но возбудимость одной модели остается высокой и внимание периодически возвра-

щается к ней, хотя экскурсии в сторону будут более длительными и глубокими.

Возбуждение СУТ не может продолжаться долго. Чем выше уровень его, тем короче период активности. Видимо, это связано с затратами каких-то веществ. После подъема наступает спад, а затем возможна вторая волна — уже меньшая. Бывают длительные периоды повышенной активности, например напряженная творческая работа в течение многих дней, однако вслед за этим развивается утомление, и работоспособность падает. В СУТ истощаются какие-то резервы, возможно, со второго этажа ее клеток.

В связи с этим очень важен ежедневный сон. Он служит необходимым временем отдыха усиливающей системы и всех клеток коры, а может быть, и всего организма.

Уровень сознания определяет и уровень подсознания, то есть степень заторможенности всех моделей коры, непосредственно не участвующих в программах сознания. На рис. 34 условно показано, как колеблется возбуждение при различных напряжениях внимания — при резком возбуждении СУТ и при низком. Можно предполагать, что в первом случае минимум стоит высоко, и поэтому «пробиться в сознание» могут только модели с большой активностью — обычно из того круга, о котором только что шла речь. Возбуждение быстро переходит с одной модели на другую (ведь связи с СУТ быстро устают), а большое количество передаваемой от возбужденной модели энергии способствует быстрому возбуждению вторичной модели. Наоборот, при невысокой активности СУТ колебания возбуждения относительно медленные, а минимальный и максимальный уровни его — низкие. Отсюда следует, что и торможение всей остальной коры незначительное.

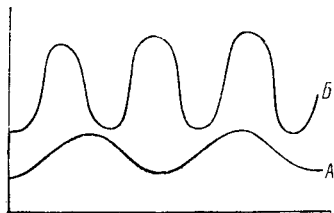


Рис. 34. Колебания степени активности СУТ.

А — спокойное состояние. Б — эмоциональное напряжение.

Все эти рассуждения имеют прямое отношение к деятельности сферы подсознания — к его уровню. Если торможение невысоко, то объем переработки информации в подсознании велик, и наоборот.

Активность клеток моделей в подсознании определяется следующими факторами:

1. Спонтанная деятельность клеток, которая в свою очередь зависит от предшествовавшей тренировки («степень самоусиления») и врожденных характеристик, неодинаковых у клеток разных корковых структур.

2. Возбуждения, идущие извне — от рецепторов. Восприятие внешнего мира продолжается и по тем каналам, к которым не привлекается внимание, хотя, конечно, в значительно меньшей степени.

3. Возбуждения, идущие изнутри, с тела — через связи с корковыми представительствами чувств, возбуждаемых из подкорки — из основных центров.

4. Энергия, поступающая с соседних клеточных моделей — по проторенным связям.

5. Степень торможения, исходящего из СУТ.

Как известно, клетки в коре организованы в «модели» — структуры, соединенные проторенными связями, отражающими информацию. Поэтому активность клеток в подсознании не может рассматриваться как индивидуальная. Редки или часты импульсы — они распространяются по проторенным связям внутри хорошо организованных моделей и между ними, если связи имеют малое сопротивление. Возбуждение одних клеток передается на другие — внутри модели, поэтому в результате возбуждается вся модель. Каждая клетка воздействует на другие как положительная обратная связь. Хотя несомненно, что каждая клетка принимает участие во многих моделях, но «неорганизованного» распространения возбуждения не происходит именно благодаря этим обратным связям. Модель «светится» вся, хотя и не сильно. По всей вероятности, имеет место какое-то местное торможение, которое исходит от умеренно возбужденной модели в подсознании, «выпячивая» ее над

соседними. Это — «отрицательная индукция», обнаруженная в свое время И. П. Павловым. Правда, может стать, что такого местного механизма нет, а индукция объясняется тормозящим действием СУТ—РФ. Однако вопрос этот непринципиальный.

Возбуждение модели не остается внутри нее; достигая определенного уровня, оно начинает распространяться по проторенным связям на другие модели. Так объясняется переработка информации в сфере подсознания. Она осуществляется по тем же программам, что и в сознании: этажная обработка, переход на другие модели по ассоциативным связям. Разумеется, объем переработки ограничен хорошо проторенными связями, следовательно, происходит только на низших этажах.

Включение двигательных программ в подсознании затруднено, так как требует высокой активности моделей чувств и желаний. Однако оно все же имеет место в случае, если «работают» связи, проходимые от рождения. Пример: при безусловном рефлекс почесывания двигательный акт начинается именно в подсознании, и только его результат — ощущение — «осознается», если обстановка на то подходящая. Если же внимание сосредоточено на чем-то ином, весь рефлекс остается в подсознании.

Существует еще один тип подсознательных действий — приобретенные, но хорошо отработанные движения. Как правило, они включаются в сфере сознания, а продолжают в подсознании. Усиливающая система дает первоначальный толчок, заряд энергии, которого хватает на весь период деятельности. Как на пример можно указать на ходьбу. Только начало ее — сознательный акт, а потом, если дорога хорошая и есть о чем думать, сознание переключается. Мы не думаем о том, как ступить, хотя все время контролируем свои движе-

ния. Сознание лишь периодически возвращается к ходьбе, большую же часть времени оно занято другим.

В связи с возможностью включения движений из подсознания встает вопрос об обратной сигнализации о «занятости» того или иного рабочего нейрона, непосредственно управляющего мышцей. Нельзя включить мышцу, уже участвующую в другом двигательном акте. Выше уже говорилось о такой обратной сигнализации. Видимо, она распространяется не только в одном направлении — кверху, к высшему этажу данной программы, но и на модели других программ, в которых может участвовать данная мышца. При этих условиях занятая в одной программе рабочая клетка уже не может включиться в другую, даже если она не функционирует, а только, в порядке предвидения, готовится к действию.

Особые условия действия в подсознательной сфере возникают в период сна, когда РФ заторможена, почти выключена. Результаты проявляются в сновидениях. Однако — это тема особая, так как она связана с проблемой высших этажей сознания.

Программа сознания у человека не ограничивается вниманием. Это — лишь ее первая ступень. К сожалению, представления о последующих ступенях более расплывчаты. Постараюсь изложить их так, как понимаю сам.

По всей вероятности, высшее сознание у человека имеет особую структуру в мозгу, хотя ее и нельзя представить в виде какого-то ограниченного поля. Впрочем, при рассмотрении поведения в информационном плане анатомия имеет второстепенное значение. Я думаю, что сознание — это дополнительный этаж или несколько этажей обработки информации, которые и дают новое качество — общественное поведение, творчество и труд, в наибольшей мере отличающие человека

от животных. В этих этажах действуют такие же типы программ, что и в нижних. Главной особенностью их является отсутствие либо недостаточность проторенных от рождения связей. Здесь господствует самоорганизация.

Основную роль в формировании высших понятий играет речь. Сначала ребенок механически заучивает слова, следуя рефлексу подражания, затем привязывает их к конкретным образам, далее, наоборот, конкретизирует на образах слов отвлеченные понятия. Этот процесс осуществляется под постоянным контролем окружающих. Слова связаны с чувствами, некоторые из них гипертрофируются из «принципа самоусиления» и оказывают направляющее воздействие на дальнейшее развитие интеллекта.

Как уже говорилось, сознание — это целый комплекс программ. Остановимся на них подробнее.

Важнейшие из них — это модели «Я» и «не-Я».

Известно, что ребенок довольно долго называет себя в третьем лице. Лишь постепенно он научается употреблять короткое слово «я». Сначала ребенок повторяет это местоимение без всякого смысла. Взрослые поправляют его, и модель «Я» устанавливает обширные связи, прежде всего с моделями чувств, желаний и действий: «Я хочу», «Я делаю», «Мне холодно». После этого модель сильно гипертрофируется, так как она связана с очень важными подкорковыми программами «для себя» — инстинктом самосохранения. Она становится воплощением последнего.

Параллельно формируются модели «не-Я» — собеседник: второе лицо — «Ты», «Вы», третье лицо — «Он», «Она». В некоторых языках эти слова относятся только к людям, а для всех остальных живых существ и предметов существует «Оно».

Представления о чувствах третьих лиц даются трудно. Ребенка долго обучают, что «маме больно», «собаке больно», пока он не научится моделировать других и соотносить их чувства с собственными. Внешнее выражение чувств — мимика, жесты, поведение являются сигналами, по которым узнаются чужие чувства. Впрочем, этим качеством обладают и животные; они различают эмоции «собеседника» по внешним проявлениям. Мимика — это древний рефлекс самовыражения. Однако животные воспринимают эмоции другого только как безусловный сигнал для собственных действий, а человек переносит их на себя, «понимает» их и таким образом получает возможность предугадывать поведение собеседника в ответ на собственные действия.

Второе важнейшее понятие, входящее в комплекс сознания, — это ориентировка во времени. Я не останавливаюсь на понятиях пространства, так как они формируются у человека довольно рано и хорошо развиты у животных. А время — чисто человеческое «приобретение». Ребенок долго не ориентируется во времени. Точное представление о нем приходит только с четким разграничением различных временных категорий — секунд, минут, часов и т. д.

Понятия настоящего, будущего и прошедшего формируются через речь, ее строй и специальные термины. Настоящее проще всего ассоциируется с восприятием окружающего в данное время. Это — «сейчас» ребенка. Чтобы осуществить его, достаточно приключить внимание к временной памяти, к рецепторам. Гораздо труднее представляются понятия «в этом году», «в этом десятилетии», иначе говоря — прошедшее. В английском языке имеются соответствующие грамматические разграничения, в русском их нет.

Прошедшее, в принципе, — это информация, отложившаяся в постоянной памяти. Однако если событие произошло только что, то оно запечатлено еще в виде временной модели — возбуждении комплекса клеток, пока неизвестно, перейдет ли это возбуждение в постоянную память. Есть самые общие понятия прошлого — «было», «прошло». Они доступны ребенку. После того как он разберется в шкале времени, события в прошлом приобретут для него точный «адрес» — когда. В памяти отражается «сетка времени» в виде моделей слов и цифр, и прошедшие события ассоциируются с какой-нибудь из них. Модели из временной памяти переходят в постоянную в виде либо отдельных ярких картинок, либо смысловых моделей высших этажей. Например, понятие «Отечественная война» для учеников будущего — самая общая модель, привязанная к 1941—1945 гг. Для участников — это, кроме того, отдельные события, расписанные по годам, месяцам, а некоторые — по дням и даже часам. Следовательно, в памяти, на разных смысловых этажах ее, хранятся модели, имеющие связи (адреса) с моделями времени — точными или приблизительными. Вспоминая события, по связям можно установить время, в которое они произошли. Возможны и противоположные действия, когда по «сетке времени» устанавливаются события, имевшие место в определенные отрезки истории. Схема такой сетки и связанных с ней моделей показана на рис. 35.

Обращение к прошлому — это и есть программа воспоминаний. Для того чтобы вспомнить событие, нужно возбудить его модель из постоянной памяти до такой степени, что она будет в состоянии «завоевать» внимание. Произойдет это лишь в том случае, если по ассоциативным связям на соответствующую модель перейдет количество энергии достаточное для того, что-

бы повысить ее потенциал (активность) до уровня, при котором она сможет конкурировать с другими моделями. Для выполнения такого условия нужен источник энергии — возбужденная модель и связи ее с искомой. Последние не обязательно должны быть прямыми — они могут проходить через целую цепь других моделей.

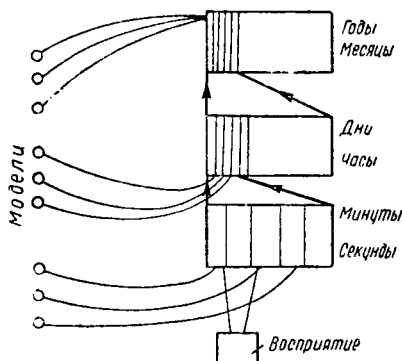


Рис. 35. Схема «сетки времени» и связанных с ней моделей-образов.

явлений, имеющих связь с нужной моделью (вспомним «Лошадиную фамилию» Чехова). Имеют значение циклические изменения порога возбудимости (спонтанная активность) как промежуточных, так и конечной модели. Процесс воспоминания может затягиваться по ее связям с другими моделями. Схема программы воспоминания показана на рис. 36.

1 — модель источника поиска; *а, б, в* — модели-качества из высших или вспомогательных кодов. Через связь *1* сначала включается *а*, от нее поиск направляется через связь *2* к нужной модели *х*. Если этого мало,

то включаются модели δ , потом ϵ со своими связями 4 и 6. Когда концентрическое воздействие со всех трех точек станет достаточным для того, чтобы повысить уровень активности x , она «завсюет» внимание и перейдет в сознание — вспомнится. За этим следует проверка — возбуждение через связи 7 и 8 новых моделей-качеств δ и z , от которых идут связи 9 и 10 к первоначальной.

Обращение к памяти — включение программы воспоминания происходит от разных источников:

1. Прямой приказ или вопрос со стороны. В нем обычно указываются и модели-качества, нужные для опознания.

2. От общей программы исследования любой системы. Такая программа, несомненно, существует и состоит из нескольких подпрограмм, которые последовательно включаются от центральной модели — названия системы (структура, история, качества, функция).

3. Наконец, источником может служить любая модель из настоящего или прошлого, достаточно сильная для того, чтобы захватить внимание.

«Вспомненная» по тому или иному поводу модель-образ как бы превращается в воспринимаемую и может быть подвергнута новой этажной обработке с выделе-

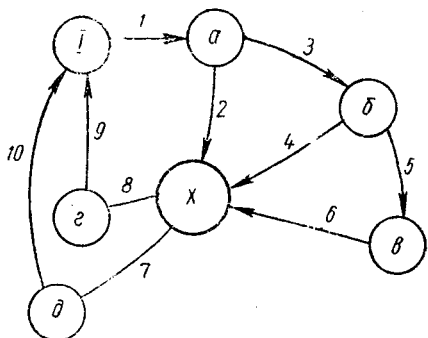


Рис. 36. Схема программы воспоминания.

нием различных главных и дополнительных кодов-качеств, которые, возможно, не были обнаружены (выделены) при первоначальном восприятии объекта, так как было выбрано другое направление анализа. Так, человек, вспомнив прошедшее событие и заново продумав его, находит в нем новые, не замеченные ранее качества.

Прочность закрепления события в памяти определяется не столько интенсивностью возбуждения его модели в момент восприятия, сколько количеством повторных воспоминаний его в последующем. Именно в этом и состоит механизм запоминания на всю жизнь с первого и единственного взгляда.

Воспоминание события можно начинать с любого этажа его модели — с общей картины, с какой-либо детали ее, с любого качества или смысла. Достаточно возбудиться одной из этих моделей, как последовательно могут восстановиться все остальные.

В связи с этим нужно остановиться на возможности движения возбуждения в этажных моделях не только «снизу вверх», как это имеет место при этажной обработке информации, но и «сверху вниз» — от моделей смысла к моделям образов, из которых этот смысл был выведен. Проходимость связей в том и другом направлении, наверное, не одинакова, но она есть.

Воспоминание прошлого — это не пассивный процесс восстановления старых связей и освещения прежних образов. Все гораздо сложнее. Человек может корригировать прошлое. Имеются модели-качества высшего этажа, отражающие прошедшее событие. По ним воссоздаются истинные образы. Если связей недостаточно, чтобы их вспомнить, то отдельные частные образы заменяются другими, похожими, взятыми из других картин. Воспоминание превращается в воображение, твор-

чество. Это производится автоматически, неосознанно либо намеренно (так, например, человек, пишущий мемуары, восстанавливает речь героев по сохранившемуся в памяти ее общему тону). Характерно, что после этого в памяти могут остаться такие «реконструированные» модели прошлого и полностью заменить истинные картины.

Предвидение будущего содержится в самых простых двигательных программах. В следящей системе заложена модель предполагаемого результата действий, с которой сравнивается действительный результат. Эта модель сформирована на основании опыта, то есть она взята из прошлого.

По такому же принципу строится и любая программа предположений или воображения, только она оторвана от действий и существует самостоятельно. Она включается так же, как и программа воспоминания, — по прямому приказу или вопросу со стороны, из общей программы исследования системы и, наконец, от случайного возбуждения модели.

Сущность воображения сводится к определению изменений системы во времени, когда заданы начальное состояние, в которое включается вся предыдущая история ее, и порядок внешних воздействий в будущем. Иначе: на основании динамических характеристик системы и входов рассчитывается ее будущее состояние. При этом возможны различные типы задач: определить состояние системы к какому-то времени, проследить ее изменение в некотором временном интервале как в виде общей тенденции, так и в частных функциях.

Если в памяти уже имеется система, точно соответствующая данной, то воображение сводится к последовательному воспоминанию ее изменений во времени — самостоятельных или в зависимости от внешних воз-

действий. Этот вариант полностью соответствует программе предвидения. Изменение системы можно представить в любом коде: в виде сменяющихся образов, в изменении смысла событий или, наконец, в динамике

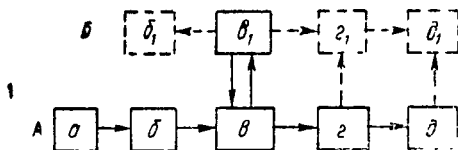


Рис. 37. Воображение путем воспоминания динамики изменений аналогичной системы.

В памяти динамика системы *A* представлена в виде последовательных моделей *а, б, в, г, д*. Для подобной системы *Б* есть данное состояние *в₁*. Тогда будущие состояния ее *г₁, д₁* представляются как последовательность хранящихся в памяти образов системы *A*.

какого-нибудь одного кода-качества. Такой случай можно проиллюстрировать схемой, представленной на рис. 37.

Совсем иначе обстоит дело тогда, когда в памяти нет системы подобной данной и последняя задается в виде высших этажных моделей — перечислением качеств и смысла событий. По ним нужно воссоздать изменения системы и ее состояние в моделях нижнего этажа — в зрительных и звуковых образах, картинах, словах. Для этого нужно найти в памяти отдельные образы от других систем, удовлетворяющие поставленным требованиям. Нечто похожее имеет место при выборе нижних этажей программ действий, которые должны удовлетворять различным качествам в верхнем этаже.

Возможны различные варианты решения задачи на воображение:

1. Имеется несколько смысловых моделей, и по ним выбирается система с ее программой изменений.

2. Система задается образом на низшем этаже. Требуется проследить его изменение во времени. Возможно несколько вариантов изменений, из которых выбирается один при участии входов, действующих из подсознания, чаще в виде чувств.

3. Система задана образом на нижнем этаже. Из нее выбирается несколько смысловых кодов-качеств — тоже с участием чувств. Эти смысловые модели участвуют в выборе варианта последующих превращений первичной модели образа.

«Фантазия» и «воображение» — программы одного типа и едва ли отличаются друг от друга.

Как известно, человек может произвольно включить программу воспоминания или воображения. Это значит, что в сознание его попадает модель, обозначающая пусковой механизм данной программы. Она формулируется словами «вспомни», «представь» или их эквивалентами на высшем этаже, когда само слово даже не произносится. Такая модель автоматически запускает программу, для начала которой имеются исходные данные — образы на нижнем или на верхнем этажах («вспомни о том-то», «представь, что будет с тем-то»).

Следующей программой, характерной для человека, является воля.

Желание «хочу» имеет общее и частное выражения — «хочу» или «не хочу» чего-то. Они выбирают и включают программы деятельности и контролируют их выполнение. Уже у бескорковых животных есть программа, обеспечивающая выполнение двигательного акта до конца. Раздражитель вызывает «чувство», оно включает программу, которая реализуется вплоть до последнего, завершающего этапа. Затем включается

другое «чувство» (удовлетворения?), после чего становится возможным действие следующего раздражителя и, как результат его,—следующая программа. Программа, как правило, выполняется до конца. Прерваться на полпути она может только в случае, если в это время подействует еще один, более сильный по сравнению с предыдущим раздражитель. Это своеобразная примитивная «воля» животных. Она объясняется действием высшего безусловного рефлекса цели, которому соответствует некоторое чувство.

У человека выполнение главной программы перешло в сферу сознания. Желание осознается, то есть ассоциируется со словом «хочу», и выключается, как только выполняется вызвавшая его программа. Сразу же после этого чувство, включившее данную программу, исчезает и заменяется другим, связанным с «не хочу». Осознанное желание — возбужденная корковая модель «хочу» — становится дополнительным стимулом выполнения программы до конца. Это — простой вариант воли.

В самом общем виде воля — это выполнение одной выбранной программы до конца, вопреки помехам — иным внешним и внутренним раздражителям. У ребенка вначале действует только модель «хочу», затем появляются другие — «должен», «стыдно» (перед людьми или перед собой), совесть. Очень важно, насколько прочны эти привитые обществом корковые модели.

Программа волевого действия следующая (схема ее изображена на рис. 38):

1. Внешний или внутренний раздражитель BP .
2. Он вызывает чувства $Ч_1$.
3. Чувства вызывают желания $Ж_1$.
4. Для раздражителя BP есть несколько программ.

После приблизительной оценки их в воображении в зависимости от $\mathcal{C}$ и $\mathcal{J}$ выбирается одна — Π_1 .

5. Выбранная программа Π_1 подробно прорабатывается в воображении; при этом она вызывает конечные чувства $\mathcal{C}_2$. Если по знаку они совпадают с первоначальными $\mathcal{C}_1$, то усиливают их; соответственно усиливается и желание («хочу»). После того как оно достигнет

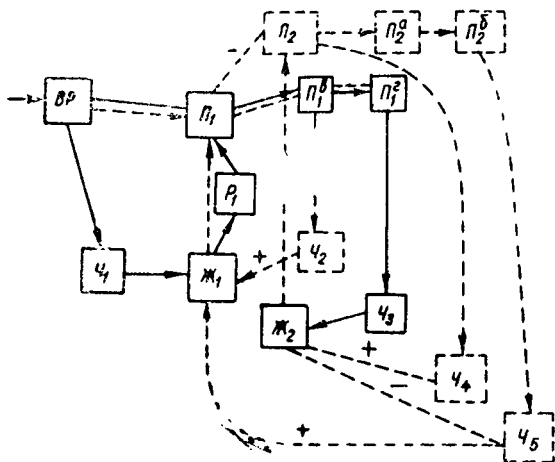


Рис. 38. Программа воли.

Пунктиром показаны связи и модели, прорабатываемые в воображении, сплошными линиями — реализуемые программы. Знаки $\pm$ при стрелках показывают усиление или торможение.

определенной величины, возникает решение P_1 , включающее выбранную программу действия.

6. В ходе выполнения программы возникают реальные трудности. Реакцией на них являются реальные чувства $\mathcal{C}_3$. Если они соответствуют предполагавшимся, программа выполняется легко. В случае несоответствия

(скажем, усталость) они вызывают противоположное желание $Ж_2$ («не хочу»), с которым связан выбор других программ $П_2$ — например, «прекратить». Желание это прорабатывается в воображении и вызывает чувство $Ч_4$, подтверждающее $П_2$.

7. В простых случаях, если $Ч_3$ противоположно по знаку $Ч_1$ и больше его по величине, включается программа $П_2$ и выполнение первой программы прекращается. Так обстоит дело у животных и детей. Дополнительным, стабилизирующим фактором является врожденная программа рефлекса цели, требующая завершения начатого действия. Она тормозит неприятные чувства $Ч_3$.

8. У взрослых людей положение усложняется. В процессе переработки в воображении программы прекращения $П_2$ учитывается сам факт перемены программы (отказа) и анализируется отношение его к корковым моделям долга, совести, стыда и пр. ($П^a, П^b$). В результате возникает новое—неприятное (например, стыд)—чувство $Ч_5$. Оно сравнивается с $Ч_4$ —предполагаемыми приятными чувствами от прекращения программы $П_2$. При условии, что оно окажется сильнее их, $П_2$ (прекращение) не включается и выполнение первоначальной программы $П_1$ осуществляется уже не только в силу первоначальных чувств ($Ч_1$ и $Ч_2$), но и в силу чувства долга, стыда, совести — $Ч_5$.

Если моральные чувства ($Ч_5$) по интенсивности уступают чувствам, вызывающим желание прервать программу ($Ч_3$ и $Ч_4$), то принимается новое решение и выполнение программы прекращается.

Несколько слов о «свободе воли», будто бы отличающей человека. Мне кажется, что это — фикция. «Свободные» решения — те же программы, только, быть может, настолько сложные, что промежуточные

этапы их скрыты, замаскированы. Очень часто они находятся в подсознании, поэтому выявляются как будто без связи с другими явлениями.

Таким образом, волевые действия — это программа управления собственным поведением, на входе которой находятся не только конкретные внешние и внутренние раздражители настоящего времени, но и некоторые модели — долг, совесть, честь, привитые обучением и развитые в процессе самоорганизации.

Эти модели принадлежат к самому высокому этажу, так как в них отражаются некоторые общие качества различных поступков — кратковременных и длительных, выражаемых различными действиями и словами. Эти модели имеют связи разной прочности с чувствами, и их собственная активность находится на различных уровнях. Именно этим определяется ценность человека как члена некоторого сообщества людей. Правда, в процессе собственного творчества — самоорганизации — привитые воспитанием правила этики могут подвергнуться значительным изменениям, вплоть до полного их отрицания.

Комплекс моделей морально-этического свойства, отличающий человека от животного, представляет собой еще одну следящую систему, в которой находят отражение все воспринимаемые индивидом явления и его собственные поступки. Эта система корригирует предыдущие.

Таким образом, мы знаем уже три взаимодействующие между собой системы-программы, по которым перерабатывается внешняя и внутренняя информация и формируются программы собственных действий:

1. Логическая программа, привитая обучением.
2. Чувственная программа, в которой отражены инстинкты «для себя» и «для рода».

3. Общественная программа, отражающая общественную этику.

Характерно, что эта последняя действует через вторую — чувственную. Когда анализируется (моделируется) внешний мир или собственные поступки индивида, то модели разлагаются (находят отражение) во всех трех программах. Логическая программа предполагает несколько вариантов ответов, а выбор их корректируется чувствами, вызванными отражением раздражителя в «животных» и общественных программах.

Это выглядит так. Внешний раздражитель подвергается анализу: из него выделяется информация, которая затем проходит этажную обработку с выделением главных и дополнительных кодов-качеств. Обработка осуществляется с участием чувственной сферы в виде усиления некоторых моделей-эталонов, используемых для сравнения. Разумеется, в этом процессе участвует и внимание, которое направляет его в сторону, связанную с наиболее сильными чувствами.

Любой этажной модели внешнего раздражителя, согласно логической программе, заложенной обучением, соответствует несколько вариантов ответов — действий. Из них нужно выбрать один. Выбор осуществляется путем взаимодействия трех компонентов: а) проторенности пути от модели внешнего раздражителя к действию, то есть степени заученности ответа на раздражитель по логической программе обработки информации; б) чувственного усиления (через элементарное действие — желание) одной из моделей действий, находящейся в зависимости от «животных» программ — инстинктов; в) чувственного усиления той же или иной модели действий от другого источника — моделей общественной этики и морали, привитых воспитанием. Причем каждое чувство может стимулировать (возбуждать) од-

ну программу и тормозить другие. В результате этого трехстороннего сравнения выбирается один вариант, усиливается вниманием и включается. Все другие временно тормозятся.

Этот же процесс можно изобразить иначе. Получая раздражитель, мы стремимся ответить на него заученной программой действий — это логическая программа. Потом вносим коррективы в зависимости от собственных чувств — программа эмоции. Затем еще раз оцениваем возможный ответ с точки зрения общественных норм (честь, совесть, добро и зло). Это программа второй ступени общественного сознания.

Как уже говорилось, мыслима и третья ступень сознания. В информационном плане ее можно представить себе как еще одну — четвертую — программу переработки информации со своими кодами (качествами, этажами) и связями с чувствами. Она отражает индивидуальность человека, развившуюся в результате реализации принципа самоусиления и процессов самоорганизации. Возможны самые различные варианты этой ступени — от патологической увлеченности, фанатизма до высших проявлений воли йога и интеллекта ученого или художника. Все зависит от того, какие именно модели или программы усилены тренировкой. Остановимся на некоторых из них.

1. Следящие системы высшего уровня. Они предусматривают моделирование мыслей, то есть движения процессов возбуждения по корковым моделям не только при большой активности, характерной для движений и сильных эмоций, но и при незначительной, лишь перешагнувшей уровень сознания. На второй ступени сознания человек следит за своими действиями, а на третьей он следит за мыслями, запоминая и подвергая их ана-

лизу. Разумеется, для этого нужно иметь большую память и развитую программу анализа.

2. Очень развитый комплекс воли, который может управлять не только движениями, но и мыслями. Обычно под волей понимается неуклонное выполнение определенной программы действий вопреки различным помехам извне и изнутри. Управление мыслями — более высокий этап, так как приходится иметь дело с быстро изменяющимися возбуждениями многих моделей небольшой интенсивности. Сам принцип волевых действий — переключение возбуждения на определенный круг заранее намеченных моделей — остается таким же. Разница только в трудности. Для этой программы нужно иметь следящую систему и очень сильную модель понятия «должен», которая характеризует волю и стоит на страже выполнения намеченной программы. Через нее внимание все время возвращается на первоначальные модели.

3. Программа творчества в тех областях знания, где требуется выделение самых высоких видов информации и моделирование очень сложных систем. К таким областям можно отнести, например, философию, математику, психологию, социологию.

4. Взамен общепринятых норм морали и этики создаются новые, собственные. Они могут быть революционными, прогрессивными и со временем завоевать признание либо, наоборот, — антиобщественными, совершенно индивидуалистическими, вплоть до патологии.

Примером сознания третьей ступени являются йоги. С малолетнего возраста они проходят очень сложное обучение, основу которого составляет тренировка в сосредоточении, то есть в развитии механизмов высшей следящей системы и моделей «должен». Тренировка подкрепляется соответствующим режимом жизни, пи-

тания и пр. В последующем это дает огромный эффект в управлении организмом, так как вырабатывает непреклонную волю и позволяет с коры подавлять или стимулировать различные жизненные функции, даже те, которые как будто и не подчиняются сознанию. По всей вероятности, потенциал натренированных моделей становится настолько сильным, что он пробивает многие барьеры между корой и другими отделами нервной системы.

Не нужно, однако, считать, что достижение третьей ступени сознания обязательно делает человека очень умным. Какой-нибудь факир или йог, обладая железной волей, в то же время ничего полезного создать не может. Интеллект — это совсем другая функция. Пожалуй, его следует определить как накопление в памяти большого количества моделей-фактов и моделей-программ и манипуляций с ними. Разумеется, сильная воля и целеустремленность третьей ступени сознания могут значительно помочь в развитии интеллекта. Но они же могут увести человеческое поведение в сторону от общественной нормы, в крайний индивидуализм. Владея инструментом сосредоточения и усиления, человек иногда направляет их по неправильному пути и усиливает заведомо ложные модели (идеи). В этом причина появления различных фанатиков от религии, политики и даже от науки. Они абсолютно убеждены в своей правоте и обладают большой силой воздействия на окружающих. Возможно, что такое крайнее сосредоточение в некоторых моделях коры включает различные телепатические факторы, в обычных условиях редко проявляющиеся.

В общем, нельзя предусмотреть все варианты третьей ступени сознания, поскольку оно развивается в сфере самоорганизации.

Творчество и труд. Творчество является важнейшей программой, отличающей человека от животного. Правда, это качество, как и многие другие, представляет собой не просто функцию мозга, но, в не меньшей степени, следствие влияния на человека со стороны общества.

Творчество — это создание новых моделей, до того не существовавших либо данному человеку неизвестных.

Все системы состоят из элементов, в конечном итоге — из одних и тех же. Разница только в структуре, в разнообразии сочетаний элементов и расположения их в пространстве. Нервными клетками и связями мозг моделирует системы, находящиеся вне нас, но из тех же элементов он может создавать новые модели, которые будут воплощены в вещи при наличии программ превращения корковых моделей в физические путем воздействия на внешний мир. Вещи — это такие же объективно существующие модели, как и возникшие в природе естественным путем.

Непременным элементом программы творчества является фантазия, воображение. За счет его создаются модели в коре мозга. Общий алгоритм программы воображения уже был показан выше. Теперь мы разберем весь порядок творчества с воплощением корковых моделей в физические.

Творчество может начинаться с любого этажа. Как правило, сначала возникает (или задается извне) идея произведения — ряд высших моделей, в которых отражены его основные качества. Для машины — это ее функция, для картины или поэмы — смысл, идея, для научной гипотезы — общие принципы.

Разумеется, сами идеи возникают не на пустом месте — они являются следствием наблюдения и анализа явлений внешнего мира с их чувственным отражением.

Это — вопрос «Что такое?» для исследователя, несовершенство существующих механизмов для конструктора.

С художниками дело обстоит сложнее. Процесс творчества у них не всегда начинается с высшего этажа, с идеи. Зачастую первым этапом его являются добавочные коды-качества — форма, образ, возникающий в воображении или воспринятый извне. Таким образом, творчество начинается «со середины» — к фрагментам произведения, частным моделям пристраиваются идеи. В первую очередь это относится к лирическим произведениям — стихам, пейзажам, музыке.

Следующим пунктом алгоритма является фантазия — создание произведения в воображении целиком или в отрывках, в главных или второстепенных частях. В информационном плане — это программа подбора моделей-элементов на низших этажах по моделям-качествам высших, иначе — воплощение идей в конкретных образах. В зависимости от сложности будущей модели число этажей в ней различно. Картины, возникшие в уме, сразу же проверяются по другим критериям; они как бы воспринимаются внутренним взором, из них выделяется этажная информация с различными дополнительными кодами-качествами и сравнивается с заданными. Воплощение воображаемых образов в физические осуществляется по некоторым программам действий — считывания. Последние также сначала вырабатываются в воображении — «как сделать», «выполнимо ли?».

Затем следует само выполнение программы, выражающееся в ряде двигательных актов с использованием орудий, материалов. Это — уже труд. Успешность его зависит от наличия в арсенале памяти отработанных элементарных движений, из которых строятся двигательные акты — по общим правилам программы дейст-

вий. Каждая выполненная часть изделия воспринимается органами чувств и анализируется как внешний раздражитель. Результаты сравниваются с заданными — созданными в воображении. По выводам такого сравнения вносятся соответствующие коррективы в дальнейшие программы.

Когда произведение готово, оно вновь, уже как целое, подвергается восприятию и анализу — с выделением высших кодов-качеств и сравнением их с теми предварительными моделями, которые были положены в основу работы в самом начале ее. Результатом будет не только оценка труда, но и идеи об улучшении, совершенствовании произведения.

Весь процесс творчества сводится к поиску. Нужно подобрать модели-элементы на нижних этажах так, чтобы при их взаимодействии получились качества, выраженные в ряде заданных моделей высших этажей. Это очень сложный и трудный процесс, если учесть вероятностный характер этажного перекодирования и субъективность сравнений.

Человек обучается простейшей программе поиска — отбору из имеющихся в его памяти элементов со сходными качествами какого-то одного, отвечающего поставленным условиям. Для этого их нужно вспомнить, то есть реализовать программу воспоминания. Как уже говорилось, такая задача нелегка, если проходимость связей с соответствующей моделью плоха, а сама она заторможена. Часто требуется время для того, чтобы пробиться к заданной модели. Нередко в этом помогает случай: модель возбуждается от другого источника, совсем не связанного с первоначальной задачей. Чем в более общем виде выражена идея произведения, тем большее число возможных вариантов ее выполнения, тем, возможно, разнообразнее поиск.

Чувственная сфера — важнейший двигатель и компонент творчества. Прежде всего чувства являются стимулами, а следовательно, источниками энергии, необходимой для поиска и действий. Можно назвать несколько таких стимулов:

1. Любопытство — рефлекс «Что такое?». Это особое чувство беспокойства, возникающее при обработке информации в случае, если в процессе распознавания модели из временной памяти обнаруживается отсутствие эталона для сравнения. Оно привлекает внимание-усиление, энергия которого тратится на поиск — пробивание плохо проторенных путей с целью отыскания нужных моделей в постоянной памяти.

2. Рефлекс цели. Человек (да и животное) получает удовольствие в процессе выполнения работы, правда, в определенных пределах — до утомления и привыкания. Как раз работа по созданию нового наименее связана с неприятными последствиями — утомлением от однообразия и поэтому в наибольшей мере способна доставить удовольствие. В результате — человек занимается творчеством ради удовольствия, доставляемого самим процессом такового.

3. Рефлекс самовыражения: удовольствие от действий по считыванию собственных чувств и мыслей.

4. Тщеславие — удовольствие от похвал, как эквивалента подкрепления условного рефлекса.

Любое из этих чувств представлено определенными врожденными моделями, которые могут быть усилены за счет тренировки извне и действия «принципа самоусиления». Только в этом случае оно становится стимулом творчества. Чаще всего имеет место комбинация чувств-стимулов, не одинаковая у ученых-исследователей, художников, изобретателей. Главный двигатель деятельности ученых — любопытство, художников — удоволь-

ствие от творчества и самовыражения. И, конечно, у всех к этим чувствам примешивается некоторая доля тщеславия.

Чувства участвуют во всех этапах программы творчества. Они возбуждают те высшие модели, которые дают идеи прсизведения, и придают субъективность подбору моделей-элементов на нижних этажах. Вероятностное сравнение полученной модели с должной, производимое на всех этапах, осуществляется с участием чувств, которые усиливают одни и ослабляют другие модели-эталонны. Результаты всей работы и ее отдельных этапов оцениваются через удовольствия или разочарования.

Очень важно, что все чувственное сопровождение процесса творчества запоминается вместе с самим его содержанием и служит для поощрения либо сдерживания следующих попыток в том же роде. Продолжительность чувств является тренировкой их моделей и превращается в стимул; кратковременность, наоборот, — в тормозящий фактор. Огромна роль реакции окружающих людей: она стимулирует или тормозит тщеславие.

Труд является необходимым элементом творчества, так как только через него корковые модели претворяются в физические. Этот процесс связан с утомлением и разочарованиями при невозможности найти физическое выражение своим мыслям. Для преодоления таких неприятных эмоций необходима воля. Впрочем, она — не всегда достаточное условие успеха. Процесс претворения воображаемой модели в физическую наталкивается на трудности воспроизведения — точность управления двигательной сферой имеет пределы, крайне различные у разных людей. По всей вероятности, они объясняются не только неодинаковой степенью тренированности, но и некоторыми врожденными особенностями структуры

мозга. У разных людей различна программа считывания образов из зрительного и слухового анализаторов. С помощью раннего и настойчивого воспитания, видимо, можно значительно расширить врожденные способности ребенка. Гениальности этим не добиться, но уровень «таланта», по всей вероятности, будет достигаться довольно часто. Правда, в различных случаях потребуется совершенно неодинаковая мера вложения труда.

После всего сказанного об основных программах поведения человека трактовка понятия «мышление» не представляет труда и не требует пространных объяснений.

Мышление — это процесс переработки информации мозгом человека. Он осуществляется при тесном взаимодействии различных уровней сознания и подсознания по общим принципам этажных программ.

Я уже говорил о понятии «мысль». Это просто корковая модель, к которой в данное время привлечено внимание, модель, обладающая наибольшим потенциалом по сравнению со всеми остальными. Она может относиться к разным кодам, этажам, программам, отражать воспринимаемое в данный момент воздействие, либо воспоминание о нем, либо действие.

Неверно отождествлять мысль со словами и фразами, произносимыми «про себя». Стоит только понаблюдать за собой, и мы легко убедимся в том, что далеко не всегда мыслим словами. Часто — это образ, ощущение от собственных действий или какая-нибудь модель высшего кода — понятие, абстракция, в последующем иногда выражаемая словами, а иногда — нет. Фразы, произносимые мысленно, в большинстве случаев неполные, редуцированные.

Пока нет возможности определить, сколько времени затрачивается на те или иные из них. Можно предпола-

гать, что чаще наше внимание привлекается «заторможенными» действиями, включая сюда и речь — мысли словами.

В коре, как в информационной системе, существует изначальная программа — «раздражитель — действие». По ней каждый образ внешнего мира имеет связи с моделями каких-то программ действий. Чаще всего — это модели произнесения слов, обозначающих название или свойство предмета. Поэтому, увидев предмет, мы сначала узнаем его, а потом автоматически мысленно произносим его название или обозначаем качества. Мысли словами — это не что иное, как заторможенная речь. Способность тормозить движения — результат воспитания. Маленькие дети не только беспрерывно болтают, но и не могут спокойно усидеть на месте. Умение обуздывать свои движения приходит со временем и нелегко.

Мысль можно рассматривать как реальный предмет, отраженный в коре. Это значит, что активность модели, возбужденной до уровня сознания за счет воздействий других моделей по внутренним связям, почти столь же велика, как и в случае возбуждения этой модели в процессе узнавания при восприятии органами чувств. В обоих случаях эта модель как бы «светится», переходит из постоянной памяти во временную и может служить источником возбуждения других моделей, с которыми у нее есть проторенные связи. В частности, из нее можно выделить этажные модели и дополнительные коды-качества, как и в случае восприятия извне. В сущности, на этом построены программы воображения.

Однако человек все-таки различает возбуждение модели, вызванное реальным объектом, от воображаемого. Возможно, это отличие основывается на уровне активности, а может быть, оно связано с деятельностью сле-

дящих систем, в которых отражается источник возбуждения — от органов чувств или по ассоциациям от других моделей. Это важный момент, так как при некоторых заболеваниях различия между реальным и воображаемым стираются.

Очень трудно оценить качество мышления, или, иначе, степень оптимальности поведения человека. Для этого нужно знать критерии оценки, а они очень противоречивы и зависят от основных программ — «для себя», «для рода», «для общества». Все определяется «точкой зрения».

Однако не следует переоценивать чисто информационные качества мозга. Его программы переработки информации имеют, по крайней мере, три недостатка:

1. Ограниченность. В памяти хранится недостаточное количество моделей-эталонов для сравнения с моделями внешнего мира и мало самих программ выделения этажных смысловых моделей. Вследствие этого не всегда есть возможность правильно распознать явления, чтобы соответственно реагировать на них. Кроме того, вероятностное перекодирование допускает ошибки в узнавании. Наконец, низкие скорости восприятия и анализа тоже являются ограничивающим фактором.

2. Субъективность. Как уже не раз говорилось, весь процесс переработки информации осуществляется при постоянном участии чувственной сферы, отражающей, в первом приближении, «животные» программы — собственные интересы индивидуума в данный момент. Причем участие эмоций может значительно исказить информацию за счет тенденциозного подбора моделей для сравнения и оценки его результатов. Действие, как одна из сторон переработки информации, еще более субъективно, поскольку выбор моделей мышечной деятельности прямо определяется желаниями — производными

чувств. Ошибки от участия чувств могут быть весьма велики и пропорциональны их интенсивности. Примеры — преступления в состоянии аффекта.

3. Увлекаемость. Согласно действию «принципа самоусиления» модели даже индифферентных раздражителей при постоянном упражнении так повышают свою активность, что могут оказать существенное влияние на переработку информации в мозгу. Это осуществляется через чувственную сферу: раздражители включают чувства, а те искажают программу. Отличие от субъективности заключается в том, что чувства включаются не с подкорки, не от инстинктов, а наоборот — «сверху», с коры. Результат, правда, тот же самый.

Эти три качества мозга искажают картины внешнего мира. Его модели в коре лишь относительно соответствуют реальным объектам. Степень и направление искажения различны не только у разных людей, но и в разное время у одного человека — в зависимости от его эмоционального состояния и увлеченности какой-нибудь деятельностью.

Из сказанного не следует делать вывод, что наши представления о мире в корне неверны. Поскольку искажения восприятия имеют разную величину и разный знак (одни и те же объекты воспринимаются много раз и в различном эмоциональном состоянии), то даже у одного человека они со временем статистически нивелируются. В результате создается более или менее верная модель, что, впрочем, не мешает ей искажаться при каждом следующем восприятии, если в момент его будут действовать сильные эмоции.

Нарушения психики. Люди с заболеваниями психики отличаются от нормальных своими программами поведения: последние не соответствуют общепринятым, не обеспечивают благополучия индивидуума в обществе.

Без сомнения, нет четкой грани между людьми здоровыми и с нарушенной психикой. Психиатрии известно достаточно так называемых пограничных состояний, при которых нарушена только часть программ поведения, иногда очень небольшая. Почти у каждого человека бывают в жизни краткие периоды, когда его поведение оказывается на грани патологии — в ответ на нормальный раздражитель следует несоответствующая реакция. Юридическая наука знает сколько угодно таких случаев. Все три разобранных выше качества человеческих программ, достигнув крайних пределов, могут дать патологию. В самом деле: человек совершает нелогичные или антиобщественные поступки по незнанию, в сложной ситуации (проявление ограниченности), в состоянии аффекта — крайнего напряжения эмоций (субъективность), или, наконец, он так увлечен своими идеями, что его действия противоречат общепринятым.

В то же время у большинства психических больных не все программы поведения нарушены и отличаются от принятых. Нередко такие люди производят впечатление нормальных, и требуются специальные исследования для того, чтобы обнаружить у них помешательство.

Следовательно, каждый человек немножко «сумасшедший»; к больным же его причисляют лишь тогда, когда у него на значительный срок нарушаются многие программы. Нужно добавить, что стандарты и пределы нормы существенно изменялись и продолжают изменяться по мере развития общества.

Все программы структурны. Каждому акту поведения человека соответствует какая-то структура, за счет изменения которой реализуется данная программа. Развитие психиатрии наглядно демонстрирует это: остается все меньше психических заболеваний, при которых не находят видимых или микроскопических изменений в

мозгу. Безусловно, такие изменения неизбежны при всех заболеваниях, но при некоторых болезнях они поражают молекулярные структуры, пока недоступные исследованию. Кроме того, в каждом отдельно взятом звене изменения эти могут быть весьма незначительными, однако, суммируясь, они дают серьезные нарушения функции.

Структуры низших программ заложены от рождения: это нервные пути рефлексов, простых и сложных инстинктов, причем не только в подкорке, но и в коре. Там есть строго локализованные представительства разных видов чувствительности и управления движениями различных мышц.

Над базовыми этажами, осуществляющими переработку информации низшими кодами, надстроены этажи нервных клеток с большим количеством нервных связей. Из этой массы связей, от рождения малопроеходимых для импульсов, в процессе приобретения опыта и обучения выделяются проторенные пути. Вначале, возможно, случайные, они потом закрепляются повторением функции по принципам самоорганизации. Вполне естественно, что эти структуры не очень жестки и могут легко взаимозаменяться; следует предположить, что модели из клеток довольно растянуты в пространстве, а не локализованы в одной точке. По всей вероятности, именно этим объясняется наличие так называемых немых зон коры, удаление или повреждение которых не сопровождается видимыми нарушениями функции нервной системы или психики. Не исключена также возможность, что и поныне не вся кора эффективно используется. Кроме того, основные центры чувств находятся в подкорке, и после удаления одного коркового представительства более или менее быстро создается новый центр за счет избыточных связей коры с подкоркой.

Так или иначе, каждой корковой программе соответствуют два вида структур: воспринимающая и анализирующая (моделирующая) информацию и связанная с ней — собственно модель программы.

Программы подразделяются на основные — прямо управляющие двигательной сферой — и дополнительные — придающие различные оттенки: темп, силу и пр.

В любой части модели программы может произойти «поломка»: изменения клеток оказываются настолько значительными либо характерными, что изменяется их реакция, первоначально строго соответствовавшая реакциям всех других клеток.

Чем дальше развивается биохимия мозга, тем во все большей мере обнаруживается тонкая химическая специфика клеток различных его отделов и их функций. Видимо, она очень велика, и науке известно пока что лишь немного о ней. При разнородных химических воздействиях возможны строго изолированные поражения нервных клеток — либо в одной анатомической области, либо в нескольких, но выполняющих одинаковую функцию.

Можно представить себе две причины психических расстройств:

1. Первичные поражения клеток, обеспечивающих определенные программы. Они являются результатом внешних воздействий или нарушений внутреннего регулирования химизма. Сопровождаются грубыми, видимыми изменениями или только молекулярными сдвигами, нарушающими специфическую функцию.

2. Функциональная гипертрофия корковых клеток в результате их частого и сильного возбуждения, исходя из «принципа самоусиления». Видимо, этому могут способствовать врожденные особенности клеточных программ.

Оба эти механизма клеточных расстройств при условии, что они локализируются в структурах, обеспечивающих программы поведения, приводят к психическим заболеваниям.

Я далек от попытки строить гипотезы о механизмах развития отдельных психических заболеваний и ограничусь лишь несколькими общими замечаниями.

К расстройствам психики могут привести:

1. Изменение функции субъективности, иначе — изменение «потенциала» разных отделов чувственной сферы. Уже говорилось о том, что настроение человека определяется соотношением возбуждения универсальных центров «приятного» и «неприятного». Превалирование первого ведет к эйфории, неоправданному оптимизму, второго — к депрессии, пессимизму. Крайние проявления первого — эмоции радости и легкого возникновения гнева, второго — страх. Разумеется, изменение эмоций может привести к выбору совершенно несоответствующих программ за счет как неправильного анализа поступающей информации, так и непосредственного выбора действий.

2. Нарушение механизмов сознания, в частности: а) стирание разницы между действительным и воображаемым (или предполагаемым, возможным), что сопровождается галлюцинациями; б) нарушение модели «Я», которое может привести к перевоплощению: уход в мечту или в страх.

3. «Усиление чувств» и патологическая фиксация их. Некоторые раздражители, один раз сочетаясь с сильными эмоциями, приобретают прочную связь с ними. При повторении раздражителя связь еще более упрочивается. Весь комплекс усиливается — становится «скрытым» очагом возбуждения, притягивающим внимание и получающим за счет этого еще большее усиление. В резуль-

тате — гипертрофия модели раздражителя и чувства и полное или частичное извращение отношений между моделями — нарушение адекватности реакций. Этот механизм объясняет всевозможные «мании» и «фобии», а также случаи патологического извращения как инстинктов, так и приобретенных реакций (патологическая жадность, сексуальность, воровство).

4. Разрушение большого количества нервных клеток. Это ведет к общему слабоумию, поскольку страдание в той или иной мере всех моделей резко ограничивает возможности переработки информации и памяти.

В общем, все дело в изменении возбудимости корковых моделей чувств или программ, поражаемых при заболевании. «Больные» модели могут локализоваться на любом этаже нервной системы. При появлении их в спинном или продолговатом мозгу нарушаются простые рефлексy, если выше—в стволе мозга, в мозжечке — страдают сложные рефлексy поддержания равновесия и координации. Поражение центров «старой коры» вызывает расстройства зрения, слуха, осуществления движений. Патология где-то выше по лестнице вызывает распад более сложных нервных функций переработки информации, например чтения, письма, речи. И только поражение наиболее высоко расположенных моделей приводит к собственно психическим расстройствам — нарушаются ориентировка во времени, пространстве, отношение личности к окружающим, оценки сложной информации и действий, то есть такие процессы, при которых необходимо выделение высших этажей информации и моделей. К счастью, случаи изолированного поражения очень высоких этажей довольно редки, так как организм сравнительно легко восстанавливает норму.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПСИХИЧЕСКИХ ФУНКЦИЙ

Модель — это система, структура или программа деятельности, которая в той или иной степени отражает другую систему, структуру или программу. Моделирование является обязательным условием выделения информации. Мозг человека, его кора, представляет собой мощную моделирующую установку. Кора создает свои модели за счет многообразия, во-первых, этажных структур из нервных клеток и, во-вторых, структур из молекул в самих клетках. Еще одним средством создания моделей является изменение энергии клеток. их активности, выражающейся в нервных импульсах.

Типы корковых моделей. В коре можно условно выделить два типа моделей:

1. Временные модели, в которых на короткое время отражается внешний мир. Они представляют собой комплексы возбужденных нервных клеток, отражающие предмет или явление. Возбуждение погаснет — и модель исчезнет. Временная память существует на любом этаже моделирующей системы и представляет собой ту порцию информации, которая передана с предыдущего этажа его кодом и нужна для сравнения с моделями знаков высшего кода, существующими в постоянной памяти. Длительность «свечения» модели временной памяти различна для разных этажей. В рецепторной клетке она исчисляется мгновениями, на высших, смысловых этапах — возможно, минутами.

2. Постоянные модели, или постоянная память, также представлены комплексами клеток, отражающими внешний мир, но они связаны друг с другом проторенными связями с бóльшим или меньшим сопротивлением. Связи эти могут быть врожденными и приобретенными.

Модели действий — программы заложены в памяти теми же средствами — постоянной памятью. Они функционируют, когда составляющие их клетки возбуждены.

Временная память связывается с постоянной через уменьшение сопротивления связей и повышение собственной активности клеток в результате частых возбуждений модели.

По всей вероятности, носительницами временной и постоянной памяти в коре являются одни и те же клетки. В таком случае временная память представлена возбуждением комплекса клеток, а постоянная — связями между ними. Однако не исключено, что клетки — носительницы временной и постоянной памяти — различны, хотя и связаны попарно (см. рис. 11).

Соотношения между системой-объектом и моделью. Мыслимы самые различные соотношения между системой-объектом и моделью. Как правило, сходство между ними относительно и ограничено некоторыми пределами. Например, на графике, показанном на рис. 39, параметры объекта изменяются от A до B , но модель повторяет их изменение с точностью до 5% только в пределах от A_1 до B_1 . Вне этого отрезка совпадения нет.

То же самое можно сказать о структуре: рисунок или модель из металла повторяет какие-то общие черты предмета, но не ниже определенных мелких структурных единиц. Даже точная копия не отражает молекулярной структуры оригинала. Точность и пределы моделирования можно выразить математически. Для этого нужно составить другую, очень точную модель объекта и сопо-

ставить ее с первоначальной. Например, есть двигатель и есть его физическая модель. Можно снять характеристики того и другого, то есть получить математическую или графическую модель одной какой-то функции, а затем сравнить их.

Сложная система имеет много программ. Все они связаны, но количественно эти связи неодинаковы. Не-

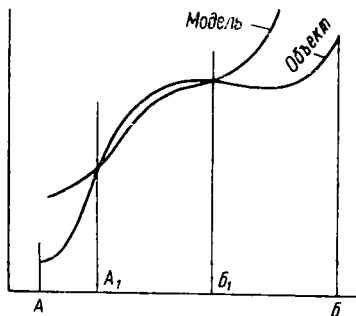


Рис. 39. Отношение характеристик объекта и модели. Они близки в пределах от A_1 до B_1 .

которые программы неотделимы друг от друга, выполняются одновременно и постоянно взаимодействуют, иные существуют более или менее самостоятельно либо вообще исключают одна другую. Эти отношения касаются как соседних программ, так и расположенных в различных этажах. Физиология дает сколько угодно таких примеров. Деятельность сердца тес-

но связана с регулированием сосудов, а с желудочно-кишечным трактом ее связь относительна: при полном желудке минутный объем сердца лишь на 5% меньше, чем при пустом.

Моделирование сложных систем всегда будет вероятностным, поскольку невозможно воспроизвести в модели все программы сложного объекта. Приходится моделировать выборочно, искусственно отрывая избранные программы от соседних или начиная моделирование с какого-то этажа, пренебрегая всеми расположенными

ниже. Например, мы моделируем программы сердца как целого изолированного органа в виде зависимостей его производительности от притока крови и противодавления в аорте. При этом мы пренебрегаем «клеточным» и всеми более низкими этажами, а также регулируемыми влияниями со стороны нервной и эндокринной систем. В результате модель будет давать удовлетворительное совпадение с оригиналом только в узко ограниченных условиях — при определенных режимах жизни и нагрузки — в зависимости от значения других программ, которыми мы пренебрегли.

В общем, строя модель, всегда нужно иметь представление о границах ее применимости и степени совпадения с оригиналом. Моделирование правомочно только тогда, когда ошибка (несовпадение) выражается цифрой, близкой к точности измерения соответствующего параметра.

Все эти рассуждения выглядят убедительно в случае, если речь идет о моделировании относительно простых систем, имеющих немного входов и выходов с ограниченными пределами их изменений. При моделировании же поведения человека количественно оценить степень совпадения модели и оригинала весьма трудно. Для этого необходимо количественное выражение всей информации с ее многочисленными этажными кодами, отражающими многообразие качеств. Как уже упоминалось в первой главе, решить такую задачу чрезвычайно трудно, хотя принципиально возможно при условии, что сравнение модели и оригинала будет производиться в отношении какой-то третьей системы. Поскольку иного выхода нет, к человеку нужно применять общие методы моделирования и критерии для их оценки.

Типы физических моделей. Человек уже давно научился выражать свои корковые модели физическими

средствами. Наиболее древним кодом являются рисунки. Мы пользуемся ими и до сих пор не только в искусстве, но и в науке (чертежи, схемы). Они отражают структуру и, иногда с некоторым допущением, функцию — как изменение структуры во времени. Количественное совпадение достигается масштабом.

Следующим по древности кодом являются словесные описания. Как правило, модели, составленные из слов, имеют качественный характер; включенные в них цифры придают им некоторое количественное значение. Подобные модели могут быть использованы в познавательных целях, но они непригодны для замены оригинала или для точного управления системой.

Количественный характер имеют математические модели. При этом используются два основных метода: цифровой и аналитический. Первый предусматривает кодирование входов и выходов цифрами, и тогда их взаимоотношения выражаются таблицами (см. ниже). Второй метод предусматривает выражение отношений между входами и выходами в виде формул — алгебраических или дифференциальных уравнений. Этот способ более точен, так как он позволяет вычислить выходы при любых состояниях входов, а не только при тех, которые определены конкретным набором цифр, предусмотренных в таблице. Однако он же и более труден, поскольку получить аналитические зависимости можно только для относительно простых систем с небольшим количеством входов и выходов.

Любая математическая модель, пока она остается на бумаге в виде формулы и чисел, еще не является действующей и не может выступать как самостоятельная система. Таковой становится физическая модель, имеющая материальную структуру и способная функционировать, оказывая воздействие на окружающие предме-

ты, — сообщать им энергию. Для простых случаев это машина, созданная по чертежам, расчетам и описаниям. Для воспроизведения сложных программ — это электронная моделирующая установка, соединенная с выходными устройствами, способными управлять машинами или даже людьми. Создание таких моделей требует соответствующих технологии и материалов. Это условие в значительной мере ограничивает возможности воплощения математических моделей. Чрезмерно сложные машины просто не работают из-за несовершенства их элементов, того нижнего этажа, который обязателен для любой системы — естественной или искусственной.

Остановимся несколько подробнее на основных подходах к моделированию и типах математических моделей. Таких подходов два:

1. Систему представляют как «черный ящик», то есть полностью отвлекаются от ее внутренней структуры и рассматривают только входы и выходы.

2. Систему рассматривают как сложную структуру, состоящую из определенных подразделений и элементов, объединенных связями. Входы действуют не вообще, а на определенные части системы, отсюда выходы являются результатом взаимодействия конкретных элементов и подсистем. Такой подход условно назовем структурным анализом.

В свою очередь возможны также и два типа математической модели: набор цифр или формулы — дифференциальные либо алгебраические уравнения. Это касается моделирования как «черного ящика», так и структуры. Зная характеристики элементов и связей, последнюю можно «просчитать» по всем ее составным частям. Характеристика — это отношение между входами и выходами для данного элемента или связи. Они могут

быть выражены набором цифр или формулами. Расчет сводится к синтезу сложной математической модели.

Взаимодействие методов выражается такой таблицей:

„Черный ящик“	Цифровая модель	Физические модели
	Аналитическая модель	
Структура	Цифровой расчет	
	Аналитический расчет	

Разница между всеми четырьмя вариантами сводится, по существу, к методу построения характеристики. В случае «черного ящика» характеристику получают для всей системы в целом, при структурном подходе ее рассчитывают, исходя из частных характеристик элементов и связей.

Характеристика — это и есть математическая модель программы переработки информации, будь то целой системы или какой-нибудь ее части. Именно она и выражается цифрами либо формулами.

Системы подразделяются на два основных типа: безынерционные и инерционные; они работают в статическом или динамическом режиме. Безынерционные системы не имеют «памяти» — изменение на входе сразу же отзывается изменением выхода. Таким образом, каждому состоянию входов соответствует одно определенное состояние выходов. Характеристика такой систе-

мы выражается аналитически — системой алгебраических уравнений, по которым можно построить графики с непрерывными кривыми, однозначно связывающими входные и выходные величины. Второе выражение — цифровое, в виде таблицы, в которой входы и выходы показаны как дискретные величины и кодированы цифрами. Каждой цифре на входе соответствует определенная цифра на выходе. Такая характеристика системы называется статической.

Рассмотрим пример. Есть система с одним входом и одним выходом (ее функциональная схема показана на рис. 40). Вход обозначим x , выход — y . В таком случае аналитическая зависимость между ними выразится формулой

$y=f(x)$. Здесь f обозначает функциональную зависимость y от x . Она может быть выражена постоянным коэффициентом, степенью или любой более сложной формулой. Однако во всех вариантах ее возможно изобразить кривой на плоскости. Для выражения характеристики цифрами нужно разбить весь диапазон изменений входной и выходной величин на «ступеньки», порции и записать их цифрами: абсолютными либо условными — кодом. Например, величина на входе изменяет-

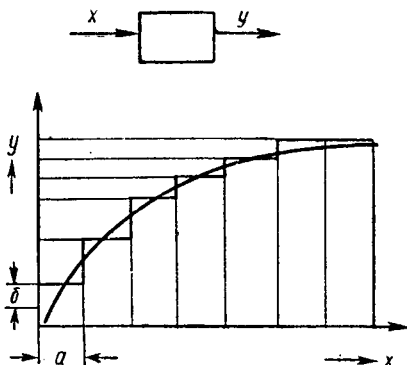


Рис. 40. График, показывающий замену непрерывной функции дискретной (единицы измерения: для $x—a$, для $y—b$). Плавная кривая превращается в ступенчатую с неизбежным искажением.

ся от 0 до 100, а на выходе — от 20 до 200. Величина ступенек выбирается в зависимости от точности измерения или от удобства расчетов. Возьмем, например, для входа — 10, для выхода — 25. Тогда характеристику можно записать:

0	—	20
10	—	20
30	—	50
...	...	...
100	—	200

Каждую ступеньку назовем «буквой». Тогда возможный алфавит на входе будет состоять из десяти букв, а на выходе — из восьми. Каждой букве входа соответствует своя буква выхода.

Разумеется, точность такой характеристики относительна, так как если на входе получится цифра 16, то мы должны будем ее «округлить» до 20, чтобы подогнать к ближайшей букве. То же касается и выхода. Чем меньше ступеньки, тем точнее характеристика. В нашем примере можно было бы взять градации по 40 и по 50, тогда точность уменьшилась бы вдвое, но зато и число букв в алфавите тоже сократилось бы наполовину. Следовательно, расчеты стали бы проще.

Для того чтобы получить математическое выражение характеристики системы, нужно провести ее испытание, замеряя входы и выходы. Получив наборы цифр, можно по ним построить формулу зависимостей или, выбрав величину ступеньки и произведя округление, составить таблицу соответствия входов и выходов. При этом следует обязательно принимать во внимание точность измерений. Если система действительно безынерционная, то при повторении через некоторые промежутки времени одинаковых величин на входе мы должны получить одни и те же цифры на выходе, которые могут отличаться друг от друга только на величину возможной ошибки

измерения. В противном случае либо система имеет инерцию, либо есть еще какие-то факторы на входе, которых мы не учли.

Представим себе более сложную систему с тремя входами и двумя выходами.

Для каждого выхода можно написать по два уравнения:

$$y = f(m, n, p); \quad z = \psi(m, n, p).$$

Графически каждая функция будет представлять собой линии в трехмерном пространстве. На плоскости их можно изобразить приблизительно в виде семейства кривых (рис. 41). Чтобы выразить систему в цифровом исчислении, нужно определить пределы, в которых изменяются входы и выходы, затем разделить их на ступеньки и зашифровать каждую определенную цифрой или буквой. Таким образом мы получим три алфавита на входе и два на выходе. Например:

$m_1 \ m_2 \ m_3$

$n_1 \ n_2 \ n_3 \ n_4$

$p_1 \ p_2 \ p_3$

$y_1 \ y_2 \ y_3$

$z_1 \ z_2 \ z_3 \ z_4$

Из сочетания этих частных входов можно получить множество комбинаций, из которых встречается лишь часть.

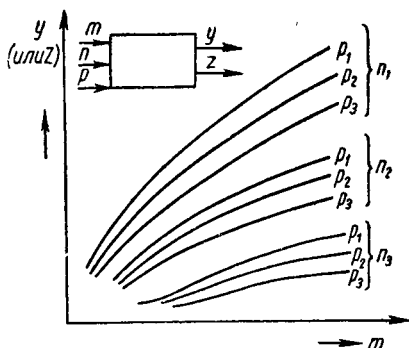


Рис. 41. Графическое выражение зависимостей при нескольких входах. Кривые построены только для определенных значений.

Различные сочетания букв на входе заменим новым алфавитом, обозначив их другими буквами. Например:

$$\begin{aligned} m_1 n_1 p_1 &= A \\ m_2 n_2 p_2 &= B \\ y_2 z_1 &= K \\ y_3 z_1 &= L \\ &\dots \end{aligned}$$

$ABKL$ — алфавит второго этажа зависимости между его буквами:

$$\begin{aligned} A-K \\ B-L \end{aligned}$$

Тогда всю систему можно переписать новым обобщенным алфавитом, как это показано в примере. Разумеется, буквы заменяются цифрами. Конечно, при значительном количестве отдельных входов и многочисленности градаций на каждом число возможных сочетаний получится очень большим, но в процессе опытного изучения системы оказывается, что встречается только часть из них. Остальные не используются и в таблице не участвуют. Сам по себе этот метод стал возможен только с появлением цифровых вычислительных машин, способных очень быстро перебрать множество цифр.

Показанная выше система предусматривает возможность выделения нескольких этажей алфавитов-кодов для входов и выходов. По такому принципу работает «автомат без памяти». Воздействию на входе однозначно соответствует ответ на выходе — каким бы сложным он ни был. Предшествовавшие изменения входов значения не имеют.

Все живые системы работают по другому принципу: они перестраиваются в процессе реакций на раздражители, то есть имеют память, в которой частично запечатлеваются прошлые «вопросы» и «ответы».

Применительно к простейшей системе с одним входом и одним выходом аналитическая зависимость между ними будет выражаться не алгебраическим уравнением $y=f(x)$, а дифференциальным, в котором величина выхода зависит уже не только от абсолютной величины входа, но и от скорости ее изменения за какой-то предшествовавший промежуток времени. Могут быть и более сложные зависимости, например от ускорения.

В сложной системе с несколькими (многими) входами и выходами аналитические зависимости выражаются очень сложными системами дифференциальных уравнений, которые трудно составить и еще труднее решить.

Цифровой метод более пригоден для моделирования сложных систем. Вводя ступеньки — дискретное выражение величин, мы в большей или меньшей степени огрубляем зависимости и тем самым уменьшаем объем информации.

В «автомате без памяти» мы имеем дело с буквами алфавитов разных этажей, в «автомате с памятью» — со «словами», составленными из букв. Последнее означает, во-первых, что мгновенный ответ зависит не только от состояния на входе в данный момент, но и от входов за предыдущие отрезки времени. Во-вторых, изменения на выходе не ограничиваются мгновенными величинами, а продолжаются еще некоторое время. Таблица соответствия слов будет выглядеть так:

Время:	1	2	3	4	5	6
	Входы:			Выходы:		
	A	B	B	→	O	K Л
	B	A	A	→	K	M Н
	Слово				Слово	

В данном случае предусматривается, что новый комплекс изменяющихся во времени раздражителей поступает на систему только после того, как она выдаст полный ответ и придет в некоторое нулевое первоначальное состояние. Это все равно как если бы при разговоре двух собеседников сначала задавался вопрос, потом произносился ответ, затем следовал очередной цикл: вопрос — ответ. В действительности положение сложнее: остается некоторое «последствие» как после предыдущих вопросов, так и собственных ответов. Это сводится к значительному удлинению памяти с неодинаковым значением первых и последних букв в слове.

Тип выбранной модели и метод моделирования — «структурный анализ» или «черный ящик», цифровая или аналитическая модель — зависят от особенностей моделируемой системы, назначения модели и наличия технических средств.

Обратимся к моделированию психики.

Моделирующая система — мозг — очень сложна. Она перерабатывает массу информации, получая ее в виде различных физических воздействий, в которых заложено больше или меньше этажных моделей смысла. Основное средство отдачи информации — мышечные движения тоже крайне разнообразны и несут различную информационную нагрузку. В общем — это система этажной переработки информации с разным количеством этажей.

Структура системы известна только в общих чертах. Причем неясны не только высшие этажи коры, но и низшие — рецепторы и мышечные окончания, спинной и продолговатый мозг, подкорка, не говоря уже о тонкой молекулярной структуре клеток. Учитывая это, моделирование поневоле нужно начинать с промежуточ-

ного этапа, например с некоторых образов на входе и с простых комплексов движений на выходе.

Назначение модели мозга может быть весьма многообразным. Пока еще невозможно представить себе все аспекты будущего использования ее. Я назову такие:

1. Создание технических устройств, в той или иной степени заменяющих человека. Это могут быть роботы, приспособленные для тяжелой физической работы и управления другими машинами, но мыслимы и машины, предназначенные для управления людьми — например, в сфере экономики.

2. Эвристические модели для исследования гипотезы о программах психики. К ним примыкает программирование с целью изучения механизмов психических расстройств и поиска методов их лечения.

3. Модели человека как элемента социальной системы, предназначенные для их эвристического моделирования.

Технические средства, которыми располагает наука, еще далеки по своей сложности от элементов живых систем. Правда, они обладают и некоторыми преимуществами, например обеспечивают большую скорость переработки информации. В общем, мы располагаем универсальными цифровыми вычислительными машинами и возможностью создания на их базе специализированных устройств. Они позволяют создавать довольно большие модели по типу цифровых. Меньшее значение имеют аналоговые машины, однако намечаются перспективы их сочетаний с цифровыми. Наконец, особняком стоят специальные средства моделирования, например обучаемые матрицы, которые еще только исследуются.

Для технических устройств наиболее подходящей схемой модели будет «черный ящик». На основании общих законов переработки информации в организме уче-

ные и инженеры создадут «нового человека», совершенно не придерживаясь готовых схем оригинала. Любую сложную программу можно воспроизвести многими путями — различными схемами. Выбор какой-то из них зависит от средств, которыми располагают конструкторы. Хотя человеческий организм как информационная система весьма совершенен, но, наверное, возможно создание гораздо более совершенных.

Другое дело — моделирование с целью познания законов деятельности организма. Здесь необходимо придерживаться структурного метода, потому что только он может пролить свет на взаимодействие частей организма. К сожалению, искусственные технические средства ограничивают возможности воспроизведения естественной структуры, да и наши знания о ней недостаточны. Короче: мы не имеем искусственного нейрона и слишком мало знаем о том, как соединяются нейроны друг с другом в нервной системе. Поэтому моделирование приходится начинать с «крупных блоков» — гипотетических моделей из клеток, для того чтобы выяснить отношения между ними. Разумеется, такая модель имеет лишь относительное сходство с оригиналом, но пользу принести может. Основанием для подобного мнения служит положение о некоторой взаимозависимости программ в организме — как соседних, так и этажных.

Выбор самого метода моделирования — цифрового или аналитического — определяется наличными средствами и сложностью системы. Видимо, придется ограничиться дискретным методом либо частично использовать аналитический, так как основной моделирующей установкой по-прежнему остается цифровая вычислительная машина. Дело в том, что в мозгу одновременно выполняются миллионы, если не миллиарды, больших и малых программ, а в ЭВМ их нужно «вытянуть» в

одну или несколько цепочек. Конечно, при этом условии трудно говорить о высокой точности моделирования. Однако будущее, несомненно, принадлежит специальным установкам, приближающимся по принципу действия к нервной сети.

Чтобы представить себе объем работы по моделированию, начнем с перечисления основных программ (или их алгоритмов), которые присущи человеку как системе, перерабатывающей информацию.

В основе всех моделей лежат «закон связей» и «закон энергии». Первый отражает постоянную память и структуру, второй — временную память и функцию. Моделировать их равно необходимо и при «черном ящике» и при структурной схеме.

Закон связей отражает зависимость сопротивления связи (ее протокренности) от использования. Эта зависимость сложная, нелинейная. В физиологическом аспекте компонентами ее являются количества импульсов, проходящих в единицу времени через синапс, в информационном — удельный вес «активного» времени функционирования связи и степень активности, иначе — количество энергии, пропускаемой в единицу времени. Если связь длительно не употребляется, то происходит ее забывание, хотя и неполное. Возможно, что, достигнув некоторого предела прочности, связи уже не забываются.

Наверное, для разных отделов коры коэффициенты связи и их характеристики различны. Мне трудно воспроизвести даже предположительную кривую сопротивления связи, однако ее можно косвенно вывести из экспериментальных исследований памяти. Возможно, характеристики имеют такой вид, как это показано на рис. 42.

Закон энергии отражает зависимость активности клетки от вызвавших ее раздражителей. Основные параметры активности — интенсивность (частота) и длительность импульсации после разового раздражения.

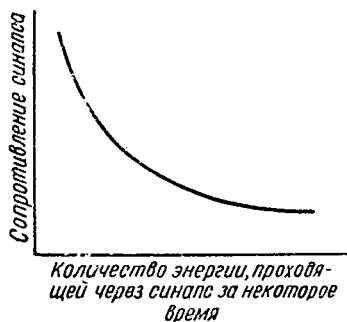


Рис. 42. Зависимость сопротивления синапса от количества энергии, проходящей через него.

Эта характеристика непостоянна. По всей вероятности, при систематическом возбуждении клетки она изменяется, причем имеются две возможности: гипертрофия, когда собственная активность клетки в ответ на одинаковые раздражения извне повышается, и адаптация, когда активность снижается либо вовсе исчезает (рис. 43). Важно выделить тормозные воздействия, которые в первом приближении можно

рассматривать как активность с обратным знаком, но возможно, что зависимость гораздо сложнее (см. рис. 45).

Оба закона равно относятся как к отдельным нервным клеткам, так и к целым их группам — корковым моделям различной сложности. Это необходимо иметь в виду при моделировании.

Особо нужно рассматривать собственную, спонтанную активность клеток и моделей, которая зависит от этажа и от тренировки.

Перечень программ психики. 1. Этажная переработка информации:

а) узнавание с выделением главных этажных, дополнительных и смешанных кодов-качеств;

б) вероятностное, а не тождественное перекодирование (сравнение);

в) изменяющаяся постоянная память — в зависимости от упражнений;

г) программа формирования новых высших этажей за счет обучения или самоорганизации;

д) программа образования различных ассоциаций между моделями в пределах одного этажа, между этажами и между различными корковыми анализаторами.

2. Двигательные программы:

а) этажное построение программ движений;

б) гибкость: на каждую модель верхнего этажа приходится несколько вариантов моделей нижних этажей. Вероятностное соответствие их. Выбор модели нижнего этажа из числа нескольких вариантов определяется не только состоянием «периферии», но и сочетанным действием нескольких моделей верхних этажей, отражающих качества;

в) наличие на каждом этаже следящих систем, в которых отпечатана «копия» программ, связанных с системами обратной связи: с исполнительных органов—

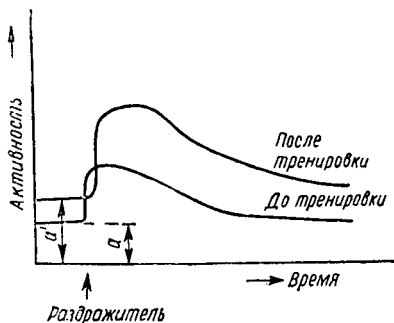


Рис. 43. Динамическая характеристика нейрона до и после тренировки.

а — спонтанная активность покоя.

мышц суставов; с объекта воздействия; с чувственной сферы;

г) предвидение результатов: когда включается программа, то одновременно включается модель ожидаемых результатов. Это касается всех этажей — в виде общих и частных программ. Предвидение тесно смыкается со следящими системами, которые отмечают степень совпадения, предполагаемого и реального. Если возникает рассогласование, то это ведет к включению дополнительных программ, усиливающих или корригирующих данную, а иногда и выключающих ее, как ошибочную;

д) запоминание результатов и исправление по ним первоначальной модели программы. Это касается всех трех следящих систем — в них фиксируются в виде временной модели результаты выполнения программы. При совпадении временной модели с первоначальной следящие системы укрепляют последнюю, а при отклонении вносят коррективы в нее. Таким образом, программа всегда приближается к оптимальной;

е) поиск и совершенствование. При действии нового раздражителя, для которого еще не выработаны программы действий, включается система программ поиска — отдельные стандартные действия, результаты которых фиксируются обратными связями; по этим результатам формируется оптимальная программа. Главную роль в выполнении последней играет чувственная сфера — удовлетворение при удаче и неудовольствие при ошибках;

ж) считывание с чувственного образа — за счет рефлекса подражания. Это касается воспроизведения слышимых звуков и копирования движениями зрительных образов (рисование).

3. Программы чувств (сюда входят модели чувств, связанных с инстинктами и сложными рефлексами — подражания, ориентировочного, свободы, цели и пр.):

а) типовая модель чувства. Простые и сложные чувства. Сочетания чувств;

б) модели инстинктов, их подкорковый и корковый компоненты;

в) модели эмоций (в связи с инстинктами, рефлексами и корковыми моделями);

г) субъективность переработки информации;

д) «желание» и субъективность двигательных программ;

е) модели программ сложных рефлексов: ориентировочного, подражания, цели, свободы, самовыражения;

ж) взаимодействие чувственной и логической программ переработки информации;

з) общая модель чувственной сферы.

4. Программы речи:

а) общий принцип возможности обработки информации по параллельным программам;

б) организующая роль речи в формировании высших этажей переработки информации.

5. Программы сознания и подсознания:

а) первая степень сознания — программа внимания. Обработка информации, поступающей по нескольким каналам связи. Система усиления и торможения, ее характеристики;

б) вторая степень сознания — модель собственного «Я». Специальная следящая система, отражающая и моделирующая свои ощущения и действия других лиц.

в) модели времени: настоящее, прошлое, будущее. Программа воображения. Программа воспоминаний. Произвольное переключение с одной на другую. Реальное и воображаемое;

г) программы воли;
д) третья степень сознания — модели собственных мыслей.

6. Программы творчества и труда:

а) общая программа формирования новых моделей в коре мозга и ее компоненты: планомерный поиск моделей-элементов на нижних этажах по нескольким моделям верхних; случайный поиск; проверка модели по другим высшим кодам-качествам с чувственным сопровождением;

б) программа труда — воплощение корковых программ в физические и последующее совершенствование их.

7. Моделирование «принципа самоусиления» и «увлеченности» как качества человеческой психики.

8. Моделирование потока мышления.

Как свидетельствует этот перечень, поведение человека — его психика и деятельность — составляется из большого числа взаимодействующих программ и моделей. Разумеется, они строго индивидуальны. Различия людей объясняются наследственными факторами — анатомическими и функциональными особенностями отдельных областей коры и низших регулирующих систем. Затем следуют факторы воспитания и обучения — методы и темпы заполнения коры различными моделями (фактами, понятиями, программами переработки информации, формированием чувств), количество их. Параллельно действует третий фактор — собственное творчество, которое касается не только создания новых моделей — реальных вещей, но и программ поведения. Трудно сказать, какой из этих факторов имеет первостепенное значение. Мне кажется, что для большинства людей таковым является обучение, в том числе и творчеству. Без воспитания человек остается животным. Од-

нако нельзя сбрасывать со счетов врожденную одаренность. При правильном обучении она позволяет некоторым людям достигнуть исключительных успехов, совершенно недоступных для большинства. Вопросы научного воспитания еще ждут своих исследователей. Непременным условием успеха явится совершенствование методики исследования личности, что позволит выяснять индивидуальные особенности каждого человека в отдельности и контролировать процесс обучения.

Моделирование психики. Оно сводится к созданию автоматов, обладающих чертами человека. Сложность и особенности их будут зависеть от наборов программ, в них вложенных. В связи с этим мне кажется целесообразным наметить типы, или классы, «мыслящих» машин и перечислить те основные программы, которые должны характеризовать каждый из них:

1. Модель «Автомат». Для нее характерны программы восприятия информации с этажной переработкой последней, многоэтажные программы действий почти со всеми перечисленными выше компонентами. При многообразии входов, возможно, понадобится программа выбора наиболее сильного раздражителя с помощью усиливающей системы — внимания. Автомат может обучаться. Ему можно придать элементы самоорганизации, то есть поиска оптимального варианта путем перестройки структуры. Количественные различия касаются объема перерабатываемой информации и компонентов отдельных программ. Главная особенность этого класса машин состоит в том, что в основу их деятельности положена одна «логическая» программа поведения, которая лишь умеренно разнообразится обучением и совершенствованием.

2. Модель «Животное». В отличие от предыдущей она обладает параллельной «чувственной» программой

переработки информации, в которой отражены «интересы» машины как самостоятельной единицы. У нее есть программа переработки внешней информации (как и у предыдущей системы), но, кроме того, есть и свои «инстинкты», которые вносят коррективы, «субъективность» как в восприятие, так и в действие. Такая машина приспособлена к существованию в заранее непредусмотренных условиях. Программы обучаемости и совершенствования в этой модели могут быть выражены в разной степени, может быть, даже в меньшей, чем у «чистого» автомата.

3. Модель «Человек». От моделей «Животное» и «Автомат» она отличается наличием второй ступени сознания — моделями «Я» и времени, программами воображения, воспоминаний, воли, труда и творчества. Разумеется, в этом классе моделей может быть много различных вариантов — по объему перерабатываемой информации, по количеству и этажности высших моделей личности, возникших в результате самоорганизации и использования «принципа самоусиления».

Создание модели «Человек» — еще не предел. Если мозг человека нельзя увеличить, то возможности расширения технических систем беспредельны. Поэтому мыслимо в результате коллективного труда людей создание модели «Сверхчеловек». Сейчас трудно предугадать его программы, так как он превзойдет нас по уму. Можно лишь предположить, что эта «машина» будет обладать, прежде всего, количественными отличиями — огромным объемом переработки информации и способностью выделять более высокие коды-качества. Ей станет доступным смысл очень сложных событий, который ускользает от отдельного человека. Ее чувственная сфера, возможно, воплотит в себе модели многих личностей, целого общества. Впрочем, эти программы пока неясны.

Нужно отчетливо представлять себе, что, создав «Человека», авторы в значительной степени утратят над ним власть и не смогут точно предусмотреть направление развития его личности. Его программы самоорганизации поддаются лишь ограниченным воздействиям, а «принцип самоусиления» может сделать из него сумасшедшего, гипертрофировать любой порок. Поэтому нужно быть очень внимательным к моделированию его основных программ и предусмотреть различного рода «ограничители». Вопрос об управлении «Сверхчеловеком» просто теряет смысл, так как основные черты его личности будут формироваться самостоятельно, опираясь на «исходные данные», гораздо более широкие, чем у отдельного человека. Поэтому создание таких систем может оказаться опасным даже в том случае, если они не будут наделены властью управлять людьми.

Создание мыслящих и чувствующих автоматов уже вышло из сферы фантастики и имеет вполне реальные основания. Это — научная проблема, и ее психологические и социальные аспекты нужно рассматривать вполне серьезно и ответственно. Слишком умные и самостоятельные машины могут принести бед больше, чем водородные бомбы. И в то же время человечество не в состоянии без них обойтись, так как стремительно возрастающее разнообразие общества уже невозможно моделировать, пользуясь только мозгом. Несовершенство моделирования с помощью мозга приводит к тому, что управление обществом теряет оптимальность, а это может привести к катастрофе, поскольку в распоряжении человека имеются такие мощные средства уничтожения, как водородная бомба¹.

¹ Изложенные выше положения являются дискуссионными (Ред.).

Вернемся к конкретным условиям моделирования психики.

Как уже говорилось, существует два принципа моделирования:

1. Сначала система изучается в процессе испытаний либо обычной деятельности, а потом по полученным данным создается математическая модель.

2. Эвристическое моделирование, применяющееся в случае, если из-за сложности системы или отсутствия методов ее исследования не удастся получить нужные характеристики. Тогда модель строится на основании гипотезы о функционировании системы, а затем производится параллельное испытание модели и оригинала. При удовлетворительном совпадении модель считается удачной, а гипотеза, лежащая в ее основе, — достоверной.

Мозг является как раз такой системой, которую пока что невозможно познать, пользуясь классическим аналитическим методом. Но, наблюдая за поведением человека и имея некоторые данные по физиологии центральной нервной системы, можно составить гипотезу о механизмах психики в общем, информационном плане. Следовательно, поневоле приходится пользоваться методом эвристических моделей.

Технические средства, которыми мы располагаем для целей моделирования, представлены вычислительными машинами — цифровыми и аналоговыми, универсальными и специализированными. Кроме того, создаются специальные физические модели, которые имитируют структуру и функцию мозга средствами электроники, но пока они довольно примитивны. Дело в том, что структура мозга недостаточно изучена, а технические элементы, из которых ее нужно воссоздать, по своим характеристикам мало напоминают нервные клетки. Искус-

ственные нейроны, которые ныне во множестве создаются в различных странах мира, настолько сложны и громоздки, что из них можно смонтировать лишь самые простые нейронные сети. Правда, будущее, когда мы будем располагать миниатюрными и совершенными элементами, все-таки принадлежит именно таким синтетическим сетям.

Лучшие современные вычислительные машины обладают очень большой внешней памятью, но их оперативная память остается ограниченной. Перевод данных из одной памяти в другую представляет собой довольно медленный процесс, поэтому если задача включает манипуляции с очень большим объемом сведений, решение ее требует значительного времени. Второй ограничивающий фактор состоит в сложности составления и отлаживания программ. Если в мозгу одновременно идут миллионы программ на разных этажах, то, как уже говорилось, в вычислительной машине их нужно «вытянуть» в одну или несколько линий. Это очень трудно и связано с большими затратами времени.

Поэтому возможности моделирования психических функций пока ограничиваются сравнительно небольшим объемом закладываемой информации. Его можно использовать двояко: либо создавать сложные модели, в которых «работают» несколько (или даже много) связанных друг с другом программ, но с малым количеством информации, либо моделировать отдельные программы, искусственно отрывая их от других. Иначе: или создать модель человека с малым количеством сведений и программ в памяти и действующим в узком кругу условий, или выделить одну его психическую функцию, но «проиграть» ее на большом материале. По всей вероятности, нужно идти как тем, так и другим путем, отдавая предпочтение одному из них в зависимости от

целей моделирования — изучения человека или создания технических устройств, заменяющих его.

Цифровой метод, используемый в вычислительных машинах, позволяет моделировать системы как «черный ящик» или как структуру, состоящую из отдельных элементов. Разница фактически состоит только в том, что в первом случае мы заново создаем структуру, не претендуя на какое-либо сходство с объектом и руководствуясь лишь задачей воспроизведения отношений вход—выход, а во втором мы связаны уже готовой структурой и к ней создаем программу. Структурное моделирование гораздо сложнее, так как при большом числе элементов количество связей между ними возрастает до многозначных цифр. Просчитывать их приходится все по очереди, периодически возвращаясь к исходному пункту — по обратным связям, и все это связано с большими затратами времени и труда программистов. Именно поэтому исследователи, занимавшиеся нервными сетями, были вынуждены ограничиваться несколькими десятками нейронов. Разумеется, нечего и думать о том, чтобы начинать моделирование с нервных клеток, если целью модели является психика, а не физиология. Конечными структурными элементами систем, подлежащих исследованию на ЭВМ, в таком случае должны быть модели образов или слов. Однако структурный метод наиболее перспективен, так как он позволяет синтезировать в одной модели несколько программ и одновременно их исследовать. После «просчета» программ деятельности заданной системы ее создают в виде физической модели, правда, при условии, что удастся подобрать элементы с нужными характеристиками, поскольку для ЭВМ их возможно задавать произвольными.

Общий порядок структурного моделирования можно свести к следующим пунктам:

1. Задается структура из нервных клеток или моделей. Каждому элементу придается номер.

2. Задаются характеристики элементов и связей, выраженные в наборе цифр или формулами, в первую

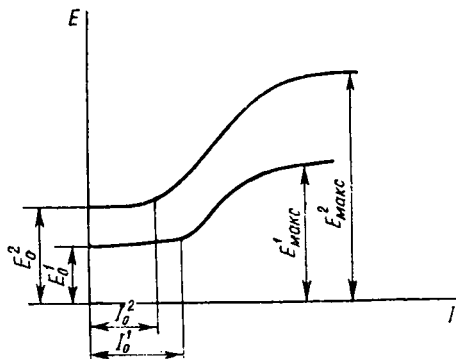


Рис. 44. Статическая характеристика нейрона.

E_0^1 — спонтанная активность, $E_{макс}^1$ — максимальная активность, I — количество энергии, получаемой через синапсы в единицу времени, I_0^1 — порог возбудимости. Две кривые — до и после тренировки.

очередь статическая характеристика зависимости собственной активности клетки (модели) от энергии, получаемой с других моделей. Активность можно условно выразить «потенциалом», а получаемую энергию — функцией «силы тока» и времени действия. Примерный гипотетический график такой характеристики показан на рис. 44.

При длительном возбуждении модели характеристика изменяется за счет гипертрофии таковой. Повы-

шается также собственная активность модели. На графике показан порог возбудимости и высота спонтанной (собственной) активности клетки.

Спонтанная активность клетки не постоянна, она колеблется во времени по некоторому закону. Эту особенность важно отразить в модели, так как она имеет отношение к деятельности системы.

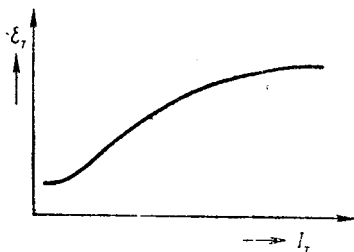


Рис. 45. Понижение активности клетки в результате торможения.

E_T — отрицательная активность,
 I_T — ее зависимость от энергии торможения.

Кроме положительной энергии, получаемой по связям, есть и отрицательная — торможение. Она понижает спонтанную и вызванную активность клетки по определенному закону (рис. 45). Возможно, что зависимость линейная.

Динамическая характеристика отражает кривую изменения активности во времени после прекращения действия внешних (в отношении модели) раздражителей. Длительность последствий отражает временную память модели (см. рис. 43).

Характеристика связи представлена ее сопротивлением, которое условно можно уподобить электрическому и выразить в каких-то отвлеченных единицах. Все сопротивление падает на синапс, нервный же проводник не является препятствием для импульса. Некоторая первоначальная величина сопротивления существует от рождения — разная для разных клеток коры. В последующем она изменяется в зависимости от некоторой условной величины, которую можно выразить функцией

от разности «потенциалов» (или активности) на обоих концах связи и времени (см. рис. 42). Эта зависимость, наверное, довольно сложная и явно нелинейная.

Внешние воздействия на систему нужно выразить в таких же условных величинах энергии и времени, как и воздействие одних моделей на другие.

Сопротивление связей и уровень спонтанной активности модели отражают постоянную память.

Если пользоваться дискретными численными характеристиками, то нужен целый набор их — для активности модели и для сопротивления связей.

Для расчета поведения системы и изменения ее во времени необходимо определить начальное состояние ее элементов и связей, затем разбить время на короткие интервалы (порции времени) и последовательно рассчитывать изменение активности каждого элемента за выбранный интервал, количество получаемой и передаваемой энергии, зависящее от активности связанных элементов, и сопротивление их связи.

Например, для каждого элемента нужны следующие данные, которые отражаются в памяти:

1. Условный номер элемента (клетки, модели).

2. Общие данные об активности:

- а) активность («потенциал») к началу периода;

- б) номер статической цифровой характеристики спонтанной активности модели — период и амплитуда колебаний;

- в) номер статической характеристики вызванной активности. Характеристика эта показывает зависимость активности от энергии раздражения, полученной извне (см. рис. 44);

- г) номер той же характеристики тормозных влияний на активность (см. рис. 45);

- д) номер динамической характеристики элемента —

в первом приближении закон изменения и длительность «последствия», то есть высота активности после прекращения действия раздражителя (см. рис. 43);

е) к этому можно было бы добавить закон, по которому изменяются все характеристики в результате тренировки — систематического раздражения клетки.

3. Общие данные о связях.

А. Связи от данного элемента к другим, по которым он отдает энергию. Для каждой:

а) адрес — номер другой клетки;

б) сопротивление к началу периода;

в) номер характеристики связи — закон изменения сопротивления в зависимости от активности обеих клеток и времени (см. рис. 42).

Б. То же самое в отношении связей от других элементов к данному, по которым он получает энергию.

В. То же отдельно для тормозных связей.

4. Характеристика внешнего воздействия — раздражителя:

а) адрес — на какой элемент раздражитель действует;

б) продолжительность и интенсивность действия, выраженная в условных единицах воспринимаемой энергии (в тех же, что передаются от одного элемента к другому).

Далее начинается расчет. Он сводится к следующему.

Для каждого элемента высчитывается количество воспринятой за период положительной энергии. То же делается в отношении отрицательной (тормозной). Расчет производится по сопротивлению и разности потенциалов на концах связей. Получив прирост энергии за расчетный короткий период и имея соответствующие характеристики, можно подсчитать уровень активности к концу периода.

Производится расчет изменения сопротивления связей, согласно выбранной характеристике, по количеству передаваемой связью энергии. Затем рассчитывается сопротивление связей к концу периода.

После этого весь расчет повторяется для следующего периода.

Нужно еще отметить моделирование реле времени: переход возбуждения с одной клетки на другую может происходить с задержкой. Механизм этого явления — временное суммирование поступающей энергии. Возможно, что оно осуществляется в особых клетках, способных накапливать энергию, а затем скачкообразно повышать активность.

Таков общий порядок расчета поведения системы по ее модели. Поведение зависит от структуры, характеристики элементов и связей, а также от внешних воздействий. Изменяя эти факторы, можно получить самые разнообразные варианты программ поведения.

На выходе будет высота активности некоторых выбранных элементов, которые выполняют управляющую функцию, например сокращают те или иные мышцы. Однако при желании можно записать изменение активности любых других элементов системы.

Чтобы перейти от этой отвлеченной схемы к конкретной модели, нужно задать все факторы — схему, характеристики и раздражители.

Создание структурных моделей психических программ — дело трудное. Нужно придумывать схемы и характеристики элементов, причем физиология в этом отношении пока почти ничем не может помочь. Видимо, нужно начинать с моделирования элементарных программ: этажной переработки информации, этажных программ действий, модели чувственной сферы и взаимодействия чувственной и логической программ. Далее

можно пытаться создавать модели элементарного внимания, «принципа самоусиления» и, наконец, простейшего «потока мышления». Будущее покажет, какой эффект могут дать такие модели. Несомненно, что они ближе всего стоят к «истинной физиологии».

Второй подход к моделированию психики представляет собой реализацию метода «черного ящика». Нужно создать некий автомат, перерабатывающий информацию по каким-то программам так, чтобы в результате получались определенные зависимости между входами и выходами, которые бы соответствовали поведению человека. При этом неважно, какова структура автомата и его программы.

Входы этой системы будут представлены многочисленными внешними воздействиями в виде потоков различной энергии, изменяющих интенсивность, пространственные и временные соотношения ее составных частей. Выходы — это сокращения различных мышц, поразному комбинирующихся между собой и изменяющихся во времени и по интенсивности, или их эквиваленты, выраженные электрическими импульсами.

Между входами и выходами — программы переработки информации, которые определяются наследственными факторами (тоже входами) и обучением — результатами внешних воздействий (входов).

Наследственная информация передается в виде структуры ДНК зародышевых клеток, то есть закодирована молекулярным кодом. В генах заложены и программы реализации будущей структуры организма. Это — сложные, довольно жесткие программы, в результате которых создается сложная система, способная перерабатывать информацию в целях реализации основных программ «для себя, рода, вида». Об этом уже была речь выше. Сейчас для нас важно определить в чис-

то информационном плане суть переработки информации человеком, чтобы уметь построить автомат, заменяющий его.

Разнообразие внешнего мира бесконечно велико. Всякий автомат должен вложить его в некоторые рамки — порции, кванты времени, пространства, видов энергии, ее интенсивности, отношений и т. д. Роль устройств, воспринимающих и квантующих внешние воздействия, у человека принадлежит рецепторам, которые превращают их в нервные импульсы. Причем воспринимаются далеко не все воздействия, а только небольшая часть их. Следовательно, и автомат должен иметь устройство, «выбирающее» некоторую информацию из общего количества ее. Для этого нужна система датчиков, воспринимающих и кодирующих внешнее воздействие. Каждый датчик имеет свой алфавит — дискретные состояния, в которых он может находиться, и соответствующие им внешние воздействия. Рецепторы делятся по видам воспринимаемой энергии — на зрительные, слуховые, тактильные и т. д. Однородные рецепторы объединяются анализаторами. В каждом анализаторе много рецепторов. Состояния их могут быть различными. Сочетание этих состояний возможно заменить знаком другого, высшего алфавита, в котором отражено многообразие всех рецепторов, входящих в анализатор. Разумеется, количество знаков в этом «большом» алфавите будет очень велико, почти бесконечно, так же как бесконечно разнообразие звуков или картин.

На представленной на рис. 46 условной схеме со многими входами и выходами рецепторные клетки a , b , v , z являются элементарными датчиками первого (например, зрительного) анализатора. Каждый может быть в состоянии a_1 , a_2 , a_3 в зависимости от количества падающей на него энергии света. Сочетание a_1 , b_2 , z_1 , v_3 ,

равно знаку *A*, другое сочетание равно знаку *B* и т. д. «Большой» алфавит очень велик. То же относится ко второму анализатору с его собственными большим и малым алфавитами. Существует еще один, более вы-

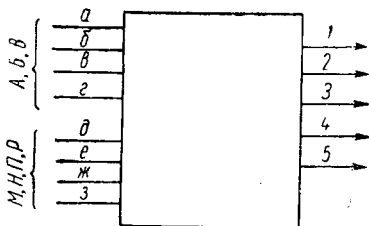


Рис. 46. Схема условной системы со многими входами и выходами.

сокий этаж алфавита — сочетание «больших» букв каждого анализатора, например $\alpha = Б, Н$.

Этажные алфавиты отражают статику. Однако в действительности все изменяется; разделив время на порции (кванты) и записав состояние каждой из них той или иной

буквой алфавита (любого этажа), мы получим слово, отражающее изменение внешнего мира во времени. Набор слов составляет словарь. Если взять малые промежутки времени, то для описания длительного процесса понадобится очень много последовательно идущих слов. Для экономии памяти целесообразно выделить этажные словари. При этом определенный, последовательный набор слов, представляющих как бы фразу, заменяется новым знаком — словом из словаря более высокого этажа. Каждое такое «высшее» слово обозначает смысл цепи событий. Буквы, алфавиты, слова, словари — все это этажные коды информации.

Обратимся к выходам. Они показаны справа от квадрата, обозначающего систему. Каждая цифра соответствует одной мышце. Степени сокращения последней представляют собой буквы частного выходного алфавита, например: *1а, 1б, 1в*. Сочетание букв частных ал-

фавитов можно обозначить римскими цифрами: *I, II, III, IV* и т. д. Каждая такая буква соответствует позе. Набор поз во времени обозначает слово, что соответствует движению. Комплексы движений можно обозначить словами из высшего этажного словаря, в котором слова соответствуют целым двигательным актам,— и так вплоть до сложных трудовых операций.

Сущность процесса переработки информации состоит в следующем:

1. Датчики-рецепторы воспринимают внешний мир и кодируют его в виде букв сначала самого простого из низших алфавитов. Изменение состояния датчика во времени запоминается во временной памяти как некое простое слово его.

2. Далее идет программа узнавания с поэтажным перекодированием информации. По набору малых букв (*а, б, в*) различается образ — *А, Б, М, Н* и т. д. Одновременно идет узнавание слов — также от низших до высших этажей. На каждом этаже имеется временная память, в которой некоторое время (пока это нужно для узнавания) хранятся слова.

Само узнавание представляет собой последовательное сравнение слова из временной памяти с эталонами слов из постоянной памяти. На всех этажах сравнение идет по вероятностному, а не тождественному принципу. Иногда слово во временной памяти, отражающее внешний мир, подвергается некоторой обработке, приводящей его в вид, удобный для сравнения с эталонами.

Описанный выше этажный принцип перекодирования информации выгоден в отношении уменьшения объема памяти, но совсем не обязателен для автомата. Последний может запоминать большие порции информации, записанной низшим кодом в виде длинного набора слов из «маленьких» букв (*а, б, ... д*), и, обладая большой

памятью и «быстродействием», сравнивать их с набором длинных фраз из постоянной памяти, записанных такими же словами. Например, человек наблюдает внешний мир и одновременно узнает его по элементам, суммирует их в мозгу и познает смысл. Он видит в кино картины битв и делает заключение — «война». Автомат может снимать битвы и прямо сравнивать новые пленки со старыми, которые уже обозначены знаком «война». Разумеется, такой принцип узнавания образов и событий пригоден только для относительно простых картин (слов). Для сложных необходимо этажное перекодирование.

Методика его выполнения может быть самой различной и зависит от техники. Для ЭВМ это выражается разными вариантами программ распознавания звуковых и зрительных образов, которые разрабатываются во многих лабораториях. Основу таких программ составляет язык, то есть набор букв в алфавитах и наборы составленных из них слов. Все это заложено в постоянной памяти наряду с программой сравнения. Конечно, образы и события внешнего мира узнаются только в том случае, если для них есть эталоны в словаре.

В программе этажной переработки информации можно отразить уровень энергии моделей и проходимость связей между ними. При отсутствии усиливающей системы энергия модели во временной памяти может быть отмечена дополнительным коэффициентом при слове или букве алфавита. Она воспринимается извне и зависит от интенсивности раздражителя. После того как произойдет сравнение модели из временной памяти с эталонами из постоянной и будет выбран один из них для передачи в высший этаж, коэффициент энергии перейдет вместе с ним, но в уменьшенном виде.

Проходимость связей отмечается вместе с ее адресом

и стоит при каждой модели буквы или слова. Она учитывается в процессе сравнения слов временной и постоянной памяти. При этом для слова во временной памяти подбирается слово в постоянной, которому в высшем этаже соответствует своя буква. Межэтажная связь имеет определенную проходимость — сопротивление, на преодоление которого расходуется энергия. Если ее мало, то слово, записанное низшим кодом, не будет узнано — для него не найдется буквы или короткого слова более высокого этажа.

Программа образования ассоциаций, то есть новых связей, тоже может быть воспроизведена на ЭВМ. В варианте, когда информация поступает по двум каналам одновременно (в два анализатора), вводится еще одна временная память, в которой запоминаются сочетания букв или слов, принятых с обоих каналов. Если за какой-то установленный отрезок времени два слова совпадут положенное число раз, то в модель-эталон из каждого слова впишутся еще один адрес и коэффициент проходимости. Следовательно, когда в дальнейшем это слово в результате сравнения со словом из временной памяти получит определенный уровень энергии, то возбуждение с него может перейти на слово из другого блока памяти, соответствующего другому анализатору. В конце концов все слова в постоянной памяти анализатора «обрастут» новыми связями — каждая со своим коэффициентом, — ведущими в различные блоки памяти. Путь дальнейшего распространения возбуждения с первой модели определится сравнением сопротивления связей — возбуждение направится по более проходимой из них. Так воспроизводится поток мыслей в процессе переработки воспринимаемой информации (узнавания).

Таким же образом можно моделировать образование нового этажа. Для этого нужно запоминать порядок

слов в уже существующем этаже, и если он систематически повторяется (повторяется фраза), то для него устанавливается новое слово в высшем этаже. Особенно важно, чтобы у этого нового слова или буквы одновременно создавались ассоциации с другими словарями.

По такому же принципу можно создать блоки моделей смешанных понятий — так называемые дополнительные коды. Они представляют собой высшую модель (слово или букву), объединяющую слова (или буквы) из алфавита различных анализаторов. Для них формируется новый блок памяти, который можно назвать «блоком смешанных понятий». Слова его имеют ассоциативные связи с другими блоками и устанавливаются в процессе деятельности.

Модели подобного рода уже представляют собой реализацию структурного метода моделирования.

Двигательные программы моделируются только по структурной схеме. Поскольку движение всегда развивается во времени, то всякую подобную программу можно представить как набор этажных слов. При этом каждая буква слова высшего этажа соответствует целому слову на низшем этаже. В свою очередь буквы последнего реализуются целыми словами на еще более низком этаже. Вся программа представляет собой этажное перекодирование «сверху вниз».

Остановимся на роли энергии и связей. «Буква энергии» подставляется к каждому слову — это коэффициент модели. Связи представлены адресами нижележащих моделей, «прикрепленных» к каждой букве слова. Здесь же представлены коэффициенты сопротивления связей.

Программы могут быть жесткими и гибкими. Первые характеризуются однозначным соответствием этажных слов, во вторых для каждой буквы высшего слова есть

несколько слов на низшем этаже, из которых включается только одно. Выбор слова осуществляется по следующим признакам: а) самые проторенные связи; б) наибольшая «готовность», то есть наиболее высокий уровень собственной энергии; сигналы об этом подаются через обратные связи; в) соответствующие элементы слова не должны быть заняты в других программах. За счет этих признаков формируется конкретная программа среди многих возможных. При этом нижние этажи выбираются не только по связи и сигналам «снизу», но и по сочетанному воздействию других верхних моделей (кодов-качеств), которые, посылая на них свою энергию, повышают готовность.

Как уже говорилось выше, хорошая двигательная программа должна быть обеспечена обратными сигналами с исполнительных органов или, точнее, — с моделей-слов нижележащих этажей. Столь же необходима сигнализация с объекта воздействия. Следовательно, в комплекс двигательных программ необходимо включить вспомогательные программы переработки информации, действующие по общим принципам, но тесно связанные с основной программой — обслуживающие ее.

Кроме обратных связей, воспринимающих и приносящих сигналы, нужны еще следящие системы, в которых отражается модель должной обратной информации и проверяется степень совпадения с ней «действительной» информации, полученной с периферии — от нижних этажей и объекта воздействия. Практически — это слово, включаемое одновременно с двигательной программой; с ним сравнивается другое слово, получаемое «снизу» в процессе выполнения программы и восприятия информации с рабочих органов и внешней среды. В эти слова входят в качестве коэффициентов уровень «энергии» и «темп» — фактор времени. Рассогласование

«должной» и «действительной» информации о выполнении двигательной программы сопровождается сигналом, от которого возможно включение дополнительных программ усиления или торможения главной.

Реализация подобной программы на ЭВМ вполне возможна. Для этого составляется ее структурная схема с вариантами нижних этажей, с обратными связями и следящими системами. Составляется программа поочередного «просчета» всех связанных друг с другом цепей. По существу, расчет сводится к определению изменений уровня энергии каждого из элементов (модели, буквы) во времени. Для внешней характеристики действия системы интересны только изменения энергии рабочих элементов, заменяющих мышцы.

Необходимость введения столь важных усложнений, как варианты нижних этажей, обратные связи, следящие системы и дополнительные корректирующие подпрограммы, диктуется желанием получить оптимальную программу действий, рассчитанную на изменчивость «объекта воздействия», на его сопротивление. Если бы автомат имел дело с предметом, не подверженным изменениям, то всю программу можно было бы сделать простой и жесткой.

Программу действий можно еще более усложнить и усовершенствовать, если ввести в нее элемент самосовершенствования путем запоминания эффективности каждой выполненной программы и последующего отбора наиболее удачного варианта. Можно даже задать специальную программу поиска наилучшего варианта путем «преднамеренного» изменения программы. Для этого прежде всего нужны критерии эффективности — в отношении точности и скорости выполнения двигательного акта, затраты энергии или уменьшения числа участвующих «мышц».

Чтобы запустить такую программу, необходимо запоминать различные варианты выполнения программы и их эффективность с тем, чтобы потом сравнить и выбрать оптимальную — изменить порядок и состав букв в словах и коэффициент связей между ними. Разумеется, для ЭВМ реализовать это усложнение в отношении необходимого объема памяти, сложности составления и времени выполнения программ довольно трудно. Все дело в том, что в нервной системе все функции выполняются одинаковыми нервными клетками, а в ЭВМ каждой функции соответствует особый тип элементов.

Особняком стоит вопрос о моделировании процесса создания сложных программ, как это происходит у ребенка в ходе обучения. В принципе эта задача вполне разрешима, хотя и сложна. Я изложу ее лишь вкратце. Для создания программы нужно задаться некоторыми элементами — теми беспорядочными двигательными реакциями, которые присущи ребенку, и критериями для оценки эффекта. Иначе: нужно задать программу проб и, руководствуясь некими критериями для оценки их успешности, выбрать наиболее совершенные. Формирование идет «снизу вверх»: сначала создаются простые программы элементарных двигательных актов, а затем на их базе, по мере необходимости, создаются высшие этажи — слова сложных программ. По существу, нужно установить связи с этажными моделями воспринимаемой информации и соответствующими моделями действий. Видимо, очень важным элементом такого процесса является программа подражания — прямого считывания с помощью мышечных действий со зрительных или звуковых образов. Это относится к копированию не только простых движений, но и наивысших этажей.

Моделирование чувственной сферы не представляет особых трудностей. Чувства в автомате — это программа параллельной обработки информации, отражающая его самостоятельность. Он реагирует на внешние воздействия не «вообще», а таким образом, чтобы получить максимум эффекта для некоторых своих программ, представленных в организме инстинктами «для себя», «для рода». Следовательно, нужно прежде всего составить модель этих врожденных программ, которые должны явиться мерой оценки эффективности поведения.

Простые чувства, исходящие из подкорки, можно представить в виде жестких моделей, в которых отражаются потребности тела в пище, в защите от вредных внешних воздействий, в размножении. Программы действий в подкорке представлены элементарными «желаниями» — простыми реакциями типа «схватить», «убежать» и пр. Частные чувства (голод, жажда, холодно) имеют связи с универсальными чувствами «приятного» и «неприятного», которые и являются главным мерилom оценки внешней среды и собственных действий.

Программы эмоций — это специальные программы усиления, включающиеся при определенных чрезвычайных обстоятельствах. Схема их была показана выше. Моделирование ее, видимо, не сложно. Центры эмоций имеют многочисленные связи с другими отделами подкорки.

Внутренние раздражители, то есть возбуждение центров подкорки, находит прямое отражение в коре по общим правилам. Моделировать их можно также в виде букв своего алфавита, в общем более простого, чем внешний. Изменение их во времени отражается в словах. Законы этажной переработки информации относятся и к корковым моделям чувств. Из последних выделяются высшие этажные алфавиты — сложные чувства,

представляющие собой сочетание нескольких простых. Можно запечатлеть длительные изменения чувств во времени в виде слов. Интенсивность чувств отражается энергией — дополнительной буквой или коэффициентом в словах. Она зависит от воздействий с тела.

Связь чувств с внешними раздражителями отражается в виде ассоциативных связей между моделями тех и других с различной проходимостью. Модель каждого внешнего раздражителя (буква) может включить чувство и может быть сама включена с внутренней сферы, с чувств. Поскольку модель условного раздражителя имеет связи с несколькими (иногда противоположными) чувствами, то выбор между ними производится по тем же принципам, что и выбор двигательных подпрограмм: по проторенности связей, по готовности модели чувств, что является следствием ее возбуждения «снизу», с тела.

Центры чувств с подкорки не являются самостоятельными, подчиненными только внутренней сфере. Возбуждение «спускается» на них с коры, от условных раздражителей, повышает либо понижает их активность и, таким образом, включается в регулирование внутренних органов. Это необходимо предусмотреть в модели.

Вообще моделирование чувственной сферы и связей ее с логическими программами нужно осуществлять по «структурному» принципу, задаваясь моделями чувств в коре и подкорке, формируя ассоциативные связи и устанавливая уровень энергии моделей.

По такому же принципу нужно исследовать участие чувств в восприятии и переработке информации и программах собственных действий.

Так, например, субъективность восприятия выражается в том, что для сравнения с моделями временной памяти в первую очередь «подаются» те из моделей-эта-

лонов, которые обладают прочными связями, а также наиболее готовые, то есть имеющие наибольшую активность и, следовательно, требующие передачи минимальной энергии. Эта готовность создается за счет поступления энергии со стороны моделей чувств, если с ними имеются прочные связи и сами чувства сильно «напряжены» возбуждением с тела. Поскольку сравнение осуществляется по вероятностному принципу, то усиление одних моделей в постоянной памяти и ослабление других может привести к выбору «похожих», а не тех, с которыми имеются самые точные совпадения. Это тоже можно смоделировать, если удастся осуществить в модели вероятностный принцип сравнения, резко усложняющий программу.

Еще бóльшую роль играет чувственный элемент в выборе программы действий и ее осуществлении. Схема подсобной программы была показана на рис. 23. Задача моделирования ее состоит в том, чтобы воспроизвести передачу возбуждения от модели раздражителя из внешнего мира на любом его этаже к модели высшего этажа программы действия — его «идее». Для этого существуют связи, причем со многими, совершенно различными программами. Нужно выбрать из них одну. Общее правило выбора: по наиболее прочным связям и наиболее возбужденную модель (готовность). Внешний раздражитель возбуждает чувства по ассоциации, те в свою очередь возбуждают модели «элементарных желаний», а последние повышают энергию (возбудимость) моделей действий. Это самый простой вариант. Можно его усложнить, исходя из общей программы действий. Она предусматривает включение следящих систем и предвидение результатов. Таких систем три, и одна из них — чувственная. В ней отражаются запечатленные в памяти чувства, возникающие в ходе выполнения по-

следовательных действий. Следует заметить, что модели чувств связаны с подкоркой, изменяющей их энергию (возбудимость). Поэтому предвидение чувств — процесс, в котором отражены не только черты из памяти, но и чувственная «ситуация», существующая в данное время. В результате проработки программы предвидения чувств может оказаться, что первоначальное «побуждение» будет заблокировано ожиданием неприятностей в конце действий. Как уже говорилось, сравнение «частных» чувств осуществляется по их связям с универсальным чувством «приятного» или «неприятного».

В процессе выполнения программы всегда возникают те или иные чувства, которые прежде всего связаны с «рассогласованием» модели предвидения в следящей системе с реальной действительностью. Эти чувства должны запоминаться в специальной временной памяти с тем, чтобы в последующем изменить модель, заложенную в чувственную следящую систему. Разумеется, моделирование этого процесса снова требует дополнительной памяти, времени и труда программистов.

Формирование новых программ действий осуществляется при обязательном участии чувств. Когда в ответ на неизвестный доселе раздражитель включаются элементарные программы поиска — пробные действия, то результат их отмечается не только в эффективности воздействия на внешнюю причину, но и главным образом в чувствах «приятного» или «неприятного», которые сопровождают поиск. Они запоминаются и при повторении действия раздражителя способствуют либо тормозят включение соответствующей апробированной программы. Этот процесс можно моделировать с различными усложнениями.

Как отмечалось выше, кроме чувств, связанных с внутренней сферой, и их производных существуют еще

другие источники чувств — сложные рефлексy, которые дают ощущения, приближающиеся к телесным чувствам и вызывающие побуждения, желания.

В информационном плане сложные рефлексy можно представить себе в виде дополнительных программ обработки информации, ощущения — как дополнительные коды-качества, а побуждения — как некие элементарные программы действий, накладывающиеся на основные логические программы. Разберем коротко возможности их моделирования.

1. Ориентировочный рефлекс «Что такое?». Вся программа этажной обработки информации сводится к узнаванию — поискам моделей-эталонов для сравнения с моделями во временной памяти. Можно предположить существование специальной следящей системы, «наблюдающей» за этим процессом. Когда во временной памяти остается неопознанная модель, это отмечается следящей системой как рассогласование и включает специальную модель ощущений любопытства. От нее исходит энергия, увеличивающая потенциал (степень возбуждения) модели во временной памяти и тем самым способствующая продолжению поисков — путем пробивания плохо проторенных связей. Количество этой энергии зависит от степени возбуждения модели ощущения любопытства, которое усиливается при тренировке, а также, возможно, связано с возрастом и опытом.

2. Рефлекс подражания. Суть его, как уже отмечалось, заключается в автоматическом считывании информации со зрительных и звуковых моделей. По всей вероятности, — это врожденное качество, присущее даже животным. Его можно представить себе и моделировать как специальную программу, состоящую из модели чувства или желания к подражанию и самого считывания как прямой передачи возбуждения с некоторых простых

моделей на двигательную сферу. Обычно это касается сравнительно простых двигательных актов, но может затрагивать и сложные этажные модели, например понятие «моды».

3. Рефлекс цели — потребность закончить начатое действие, своеобразная инерция. Возможно, это приспособление к следящей системе в виде ее высшего этажа, в котором отражаются начало и конец программы. Эта модель включается вместе с включением программы действий, все время находится в состоянии повышенной активности и выключается только тогда, когда поступит сигнал о выполнении программы. Если действие замедлится по причине избыточного сопротивления объекта, то есть из-за недостатка энергии в программе, то сигнал об этом поступает на модель рефлекса цели; отсюда направляется импульс, усиливающий программу.

4. Рефлекс свободы — некое чувство, возникающее при наличии помех, которые мешают осуществлению любой деятельности, и включающее желание уничтожить эти помехи. Модель его будет представлена в виде следящей системы, подобной (или даже одной и той же) модели предыдущего рефлекса, регистрирующей затруднения в действиях и включающей систему распознавания причины и программу действий по ее уничтожению. Лучше всего эта задача решается с участием усиливающей системы внимания.

5. Моделирование времени можно представить в виде «задержки» в передаче возбуждения с одной модели на другую. Однако есть ощущения, связанные со временем, например, ожидание, нетерпение. Их можно представить как модели, связанные с «часами».

Таким образом, вся программа восприятия, переработки и выдачи информации осуществляется при постоянном участии чувственной сферы, которая является

как бы стражем интересов индивидуума в сложных ситуациях. Для автомата — это следящая система, все время проверяющая оптимальность его поведения по некоторым заложенным в ней критериям. Эти критерии могут сами по себе изменяться по определенной, заданной программе (как у человека с возрастом) или находиться в зависимости от упражнения, от памяти, то есть участвовать в процессах самоорганизации — тоже по определенному закону.

Моделирование речи сводится к созданию параллельных программ переработки воспринимаемой информации и собственных действий.

Как уже говорилось, речь помогает формированию сложных понятий, так как слово выступает тем условным сигналом, с которым ассоциируются высшие этажи переработки информации в конкретных образах. Этот процесс, по всей вероятности, можно воссоздать на моделях типа нейронных сетей.

Параллельная деятельность двух программ тоже нуждается в моделировании. Для этого можно воспользоваться обычными моделями и к ним присоединить программы речи, в которой конкретные образы заменены словами — в отношении как воспринимаемой информации, так и двигательных программ. Вся информация выражается словесным кодом, причем слова имеют ассоциативные связи с чувствами, конкретными образами. Переключение с одной программы на другую происходит по общим законам ассоциаций, в зависимости от сопротивления связей и потенциалов энергии.

Программы сознания и подсознания представляют наибольший интерес, так как именно они отличают человека от животных и составляют специфику переработки информации мозгом как моделирующей установкой.

Как уже отмечалось, в понятия входов и выходов — алфавитов и слов входит и фактор интенсивности раздражителя или действия. Его можно представить как отдельную букву, приписываемую к основной букве алфавита. Этот показатель существенно зависит от дополнительных входов — чувств. Внешний мир очень разнообразен. В комплекс большой буквы алфавита (*A, B...*) или слова из малых букв входит в качестве составляющей малая буква, характеризующая «энергию». По идее каждой большой букве должно соответствовать свое слово на выходе. Однако большой алфавит столь велик, что нет возможности найти свое, отдельное слово для каждой буквы. Иначе: нельзя найти свое, особое поведение для каждой комбинации многочисленных внешних раздражителей. Это невозможно ввиду значительного объема анализируемой информации. Поэтому организм вынужден реагировать не на всю целостную (обычно неповторимую) ситуацию, а на ее отдельные составляющие, разнообразие которых гораздо меньше и для которых есть в памяти эталоны и программы действий. В таком случае в одной общей картине может быть несколько таких комплексов и для каждого — своя программа, свое слово на выходе (на рис. 47 модели 1, 2, 3). При этом целесообразная деятельность зачастую невозможна, так как частные действия, вызванные отдельными комплексами ситуации, будут мешать друг другу. Отсюда — прямая необходимость выделить и усилить один из комплексов за счет подавления других. При этом деятельность хотя и не будет оптимальной, но, по крайней мере, возможной. Такое выделение одного комплекса на входе и обеспечение выполнения соответствующей ему программы действий (слова на выходе) должно предусматриваться внутренней программой переработки информации, которая устанавливает соответствие

выходов входам. Именно эта задача и решается первой степенью сознания — вниманием. Суть ее состоит в выделении одного слова на входе из числа многих других, действующих одновременно, и усилении его за счет внутренней энергии. За этим следует выбор соответствующего слова на выходе и тоже усиление его с тем, чтобы помешать включиться другим выходам, соответствующим другим, одновременно действующим раздражителям (словам на входе). Это выделение происходит по принципу сравнения «энергетической» буквы в частных словах (γ) входа, которая характеризует интенсивность внешнего раздражителя. Второй компонент для сравнения — сила чувства,

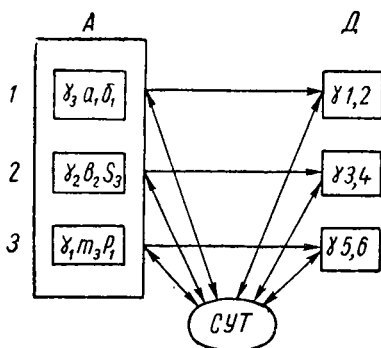


Рис. 47. Ситуация на входе представлена буквой A , состоит из отдельных комплексов 1, 2, 3. Для каждой такой комбинации имеется свой частный выход — программа $Д$. Включение одной из них определяется приключением «внимания» от $СУТ$ — к той, в которой составляющая буква энергии будет наибольшей.

Второй компонент для сравнения — сила чувства, входящего в состав слова. В этом отражается «интерес» автомата как целостной, самостоятельной системы. Усиление может приключаться к любому

частному входу или выходу и потом переключаться на другие (см. главу IV).

Характерно, что информация, поступающая по другим входам (см. рис. 2, 3) одновременно с первым (усиленным), продолжает обрабатываться, то есть из букв составляются слова, они узнаются и т. д., но все это

происходит в пределах, ограниченных низким энергетическим компонентом (γ). Это — подсознание. Объем перерабатываемой в нем информации очень велик, больше, чем в сознании.

Система усиления очень тесно связана с чувствами — она питается от них энергией.

Усиливающая и тормозящая система (СУТ) фактически управляет всей «энергетикой» мозга и через нее определяет направление переработки информации. Однако сама она — только инструмент корковых моделей, являющихся продуктом внешних воздействий, и итог процессов самоорганизации.

Практические вопросы моделирования сознания и подсознания сводятся к следующему:

1. Все корковые модели из постоянной памяти обязательно имеют двусторонние связи с усиливающей и тормозящей системой (СУТ). Сопротивление связей должно быть невелико, возможно — различно, но пока что я затрудняюсь предположить характер этих различий.

2. Гипотетическая структура самой СУТ (показана на рис. 32) состоит из воспринимающего и передающего устройств. Первое получает сведения об уровне активности (потенциале) всех моделей через равные (а может быть, и разные) промежутки времени и по ним выбирает наиболее активную модель. Второе посылает на эту модель усиливающие импульсы, которые изменяют ее потенциал по некоторой кривой так, что к концу периода активность резко падает, и к моменту нового сравнения усиливающее действие должно сойти на нет (хотя и не пройти бесследно). Одновременно на все другие модели посылаются тормозные, понижающие потенциал, воздействия в виде «отрицательной» энергии, — но тоже временно, в пределах цикла.

3. СУТ имеет характеристики — время цикла, кривая усиления с максимальным и минимальным уровнями, зависимость между торможением и усилением. Все эти параметры находятся в зависимости от воздействий на СУТ извне — от корковых моделей, от моделей чувств из подкорки, от эндокринной системы. Нужно задаться этими зависимостями.

4. Необходимо иметь «энергетические» характеристики для корковых моделей типа тех, что показаны на рис. 43, 44 для нервных сетей. Пока неясно, каково взаимодействие между импульсами (энергией), получаемыми моделью с других моделей и с СУТ. Если первые могут надолго повысить активность некоторых клеток, главным образом высшего этажа, то вторые должны давать лишь кратковременное, хотя и большое усиление, оставляющее некоторое последствие, видимо — незначительное. Очень важно задаться динамическими характеристиками тренировки корковых моделей — увеличением их собственной активности (или возбудимости) после многократного участия в «сознательных» актах. На этом основан «принцип самоусиления», который призван объяснить многие чисто человеческие особенности психики — социальные программы, увлекаемость и пр.

Моделирование процессов переработки информации на уровне сознания сводится к расчету последовательности и скорости перехода возбуждения с одной корковой модели на другую. Этим определяется направление потока мышления в сторону либо выделения вышших кодов из воспринятой информации, либо определения дополнительных кодов-качеств, либо включения двигательных программ со всем их арсеналом следящих систем. Рассчитывается движение основного потока

энергии по ассоциациям. В сущности, это и есть модель мышления.

Гораздо труднее представить себе и тем более моделировать переработку информации в подсознании. Для этого нужно рассчитать циркуляцию энергии между всеми моделями, находящимися в памяти. Обойтись без этого нельзя, поскольку в подсознании готовятся материалы для сознания — изменяется уровень энергии моделей, который нужно представлять в СУТ для сравнения, с тем чтобы выбрать модель, подлежащую усилению.

Все перечисленные пункты свидетельствуют прежде всего об огромном масштабе счетной работы, которая должна предшествовать моделированию только первой ступени сознания — внимания. Фактически дело сводится к расчету нервных сетей. Разумеется, возможны некоторые допущения, облегчающие работу. Например, можно пренебречь в расчетах моделями, уровень собственной энергии которых ниже определенной величины. В действительности это так и есть: наша мысль вращается вокруг сравнительно ограниченного числа объектов, а все другие хранятся в памяти без употребления до тех пор, пока они не понадобятся при воздействии некоторого внешнего или внутреннего раздражителя. Все характеристики можно задать в грубо дискретной форме и этим облегчить счетную работу. К сожалению, оба упрощения не безразличны и могут вредно сказаться при моделировании некоторых сложных и длительных процессов.

Так или иначе, без моделей сознания и подсознания, как важнейшего инструмента коры, невозможно моделировать сложные психические функции.

Как уже говорилось, вторая ступень сознания состоит из модели собственного «Я», комплекса программ

общественного поведения, моделей времени, волн, творчества и труда. Общие алгоритмы этих программ были представлены выше. Моделировать их можно по принципам структурных моделей.

«Я» — модель, имеющая массу связей с моделями чувств, действий, в результате которых получаются сложные модели: «Я чувствую», «Я делаю». В противоположность этому создаются другие модели — для второго и третьего лиц. Формирование их невозможно без слов, хотя сами они представляют собой производные конкретных образов, а не их словесных эквивалентов. Наверное, эти понятия можно моделировать на базе слов, а потом перенести на конкретные образы; возможно также создание смешанных моделей: «Я» — это слово, а «делаю» — модель высшего этажа от конкретных мышечных сокращений, взятых со следящих систем.

Модели третьих лиц строятся по тем же принципам: сначала вид человека (конкретный образ) связывается с конкретным именем, потом с абстрактным «Он». Действия третьего лица воспринимаются по зрительному образу, обозначаются тем же словом, что и собственные, так как они имеют тот же образ: «Он пишет». По всей вероятности, формирование этих образов начинается наоборот — сначала с третьего лица, поскольку ребенок прежде научается видеть других и лишь потом себя. Именно поэтому он долго называет себя не «Я», а по имени: «Коля плачет».

Формирование словесных моделей, обозначающих лицо и действие, создает первое условие переноса чужих ощущений на себя — человек научается понимать других. Наверное, это можно моделировать по структурной схеме, в которой представлены параллельные модели слов и образов.

Формирование понятия времени и тем более моделирование его представляет большие трудности. Обычно время связывается с действием — это находит отражение и в языке в виде различных времен. Алгоритмы понятий настоящего, будущего и прошедшего были уже объяснены в предыдущей главе. Настоящее время — это образы из временной памяти, прошедшее — из постоянной, а будущее образуется по сложной программе предвидения, присущей в простейшем виде каждой программе действий. Обращение к прошедшему времени — воспоминание, к будущему — воображение. Они осуществляются по прямому заданию, или исходя из установившейся программы исследования предмета, или наконец, случайно.

Общая модель программы воспоминания сводится к следующему. По слову верхнего этажа нужно воспроизвести набор слов нижнего или отдельную букву этого слова — картину, конкретный образ. Это возможно в том случае, если имеются связи «сверху вниз», обратные обычному порядку переработки внешней информации, от частного к общему, абстрактному. Верхними словами или буквами алфавита являются даты, числа, названия событий, то есть информация, обычно выражаемая речью. Нижние слова могут быть как конкретными образами, так и словесными описаниями.

Для моделирования воспоминаний нужно сначала создать модели запоминания последовательности событий в связи со счетом времени. Я полагаю, что это вполне возможно. Часть наиболее ярких картин (имевших наибольший потенциал) будет запоминаться целиком, другие — в виде более экономных смысловых моделей высших этажей (содержание событий более или менее подробное). При этих условиях воспоминание — это

тот же поиск варианта нижнего этажа, как в обычной двигательной программе.

Для того чтобы обратиться к прошлому — включить программу воспоминаний — нужно, чтобы в сознание попало «задание» в виде слова «вспомни» или различные вопросы о прошлом, содержащие то самое «верхнее» слово, по которому нужно восстановить слова или буквы с нижнего алфавита. Моделирование этого процесса осуществляется по общим правилам моделей «потока мышления» — с переключением внимания-усиления с одной модели на другую, в том числе и на прошедшее.

Моделирование программы воображения, пожалуй, более сложно. Обращение к будущему включается так же, как и воспоминание — по прямому заказу, по обобщенной программе исследования или, наконец, если случайно внимание переключится на слово — заказ. Программа предвидения будущего сводится к следующему. В памяти есть этажные слова для различных событий: на нижнем этаже — это порядок следования картин, на более высоких — их смысл, в дополнительных — разные качества. При необходимости узнать будущее уже известной системы нужно только включиться в цепь событий — найти букву в слове, которая соответствует состоянию системы в данное время, а дальше все предвидение выльется в воспоминание, то есть восстановление порядка изменения системы — порядка следования букв в слове начиная от данной. При отсутствии в памяти точной модели событий возможен «монтаж» нижних этажей по разным кодам-качествам верхних, которые значатся в задании. При этом различные «куски» модели можно брать из самых различных областей памяти, лишь бы они подходили к заданным верхним кодам-качествам. Таков механизм фантазии.

Модель «Я» имеет связи с множеством других моделей. Они отражают отношение представляемого ими предмета к субъекту, к его чувствам. Поэтому чувственная программа переработки информации имеет прямое отношение к модели «Я» или, вернее, в ней и воплощается «Я». Однако это не значит, что чувства, воплощенные в этой модели, отражают лишь «животные» программы инстинктов. Человек не принадлежит только самому себе — он член общества. Программы «для вида-общества» у него особенно сильны, и претворяются они тоже в чувствах.

Характерным качеством человеческого сознания является еще одна программа параллельной переработки информации — оценка последней с точки зрения общественной морали и этики. В процессе воспитания человеку прививаются правила общественного поведения и такие понятия, как «долг», «честь», «совесть», «стыд». Они представляют собой формулирующиеся при обязательном участии речи высшие коды-качества из воспринимаемой и отдаваемой информации. Все эти модели составляют своего рода матрицу, на которую накладывается вся вновь поступающая информация для ее оценки. Принцип действия точно такой же, как и для примитивной чувственной программы: запоминание воспринимаемой картины во временной памяти, выделение из нее высших кодов, сравнение их моделей с моделями-эталоном, которые в данном случае выражаются понятиями общественного поведения. В результате сравнения модели распознаются и включают соответствующие чувства, привитые воспитанием, — путем создания по типу условных рефлексов прочных ассоциативных связей с центрами «приятного» и «неприятного». Чувства включают желания и тем самым оказывают воздействие на выбор программы собственного поведения.

Алгоритм этой программы понятен, но моделирование ее будет трудным, главным образом потому, что нужно выделить очень высокие коды информации.

Поведение человека подчиняется общему закону: внешние воздействия воспринимаются и моделируются с выделением разных этажей, от этих моделей включаются программы действий. Этажным словам на входе соответствуют этажные слова на выходе. Отличие человека от животных состоит в том, что слова эти — длинные, иногда охватывающие отрезки времени, измеряемые десятилетиями. Формирование выходных программ у него очень сложно: оно происходит с участием логической, чувственной и общественной программ переработки информации, с элементами воли и творчества.

Я не буду останавливаться на моделировании сложных программ волевых действий, творчества и труда. Алгоритмы их коротко описаны выше. В принципе по ним можно создать модели, но трудно сказать, удастся ли осуществить это на современных машинах, так как потребуется очень большой объем счетной работы. Их нельзя представлять себе примитивно. Обязательно нужно создавать сознание и подсознание, воспоминания и воображение, речь, взаимодействие «животных», общественной и логической программ переработки информации, то есть психику человека со всеми ее основными элементами. Мне кажется, что есть все основания рассчитывать, что в недалеком будущем такие модели будут созданы. Для этого есть самое главное — принцип этажной переработки информации с участием нескольких параллельных подпрограмм.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Все, что изложено в этой книге, — не более чем популярное введение в учение о моделировании психики. Для того чтобы его создать, нужно сделать очень большую работу в самых различных направлениях. Попытаюсь их наметить.

Прежде всего необходимы теоретические исследования по общим вопросам переработки информации и изучения систем. Нужно уточнить и, по возможности, формализовать принципы этажной переработки информации — понятия этажных кодов, этажных моделей — с вероятностным сравнением. Желательно выразить количественно степень сходства модели и оригинала. В той же плоскости стоит вопрос о количестве информации, выделяемой с помощью этажных — главных и дополнительных — кодов. Все эти понятия должны послужить основой для создания искусственных моделирующих установок и канвой для изучения естественных систем подобного рода.

Физиологическое направление призвано изучать функцию нервных клеток и структур из них — «программы деятельности клетки» или, еще иначе, их статические и динамические характеристики: зависимость частоты импульсов и продолжительности импульсации от различного рода внешних воздействий — входов. Желательно изучить их для клеток различных типов — как в разных слоях и областях коры головного мозга, так и в подкорке. Одновременно нужно продолжать

традиционное направление физиологии по исследованию взаимодействия клеток в структурах — изучать конкретные нервные сети различной сложности, начиная от симпатического узла и кончая корой.

Целью физиологических исследований является создание математических моделей клеток и структур, поэтому эксперименты должны проводиться строго, а результаты подвергаться математической обработке с применением вычислительных машин. Эвристическое программирование — создание моделей нейронов с разными характеристиками и нервных сетей из них, приближающихся к изучаемым в природе, — следует применять параллельно с экспериментами. Очень важно разработать метод изучения систем, который бы обеспечивал получение характеристик: нужны измерение и регистрация всех входов и выходов, перекодирование непрерывных величин цифрами, удобными для обработки на ЭВМ. Сколь бы ни были трудны физиологические исследования сложных нервных сетей, они необходимы, так как в конечном итоге именно они должны дать нам структуру и функцию человеческого мозга, которые объяснят конкретную психологию и особенно патологию.

Задачи психологии сводятся к описанию поведения человека при разных условиях. Отличие кибернетической психологии состоит в *языке* описаний. Нужно создать этажные коды поступков, действий, смысла, настроений, эмоций и других психологических понятий. Большую помощь в этой работе может оказать изучение речи, поскольку ее строй хорошо моделирует психику.

Экспериментальное изучение поведения человека с записями условным цифровым кодом позволит подвергнуть результаты математической обработке и выделить типы людей. Разнообразие, которое способна обрабо-

тать машина, очень велико, поэтому можно создать классификацию типов, основанную на экспериментах с непрерывной регистрацией многочисленных параметров. Техника позволит также связать чисто психологические тесты с показателями физиологии низших регулирующих систем — вегетативной нервной системы, эндокринных органов.

Поскольку человек является существом социальным, необходимо изучать его общественное поведение. Нужен код соответствующих поступков, их оценка с позиций соответствующих правил и этики.

Важнейшим направлением является эвристическое моделирование психики на машинах. Хотя этот метод относится к психологии, но допустима самостоятельная разработка его, и притом в нескольких планах. Прежде всего можно моделировать общие теоретические представления об этажной переработке информации, используя для этого любое произвольно заданное воздействие и выделяя из него различную этажную информацию. Можно моделировать этажные программы действий с различными, уже описанными выше, усложнениями. Третий тип модели — взаимодействие нескольких программ как в выделении и переработке информации, так и в действиях. Это самый общий случай, имеющий место в деятельности мозга. Четвертый тип модели — это «сознание и подсознание», иначе: программа выделения доминирующей и «подсобных» линий в обработке информации при обильном ее поступлении извне и необходимости сохранить целесобразность собственных действий.

Все эти модели требуют разработки структуры и языка, после чего их следует просчитывать и исследовать, изменяя режимы внешних воздействий и характеристики элементов и связей. Разумеется, моделирование

с самого начала можно привязать к психологии, к каким-нибудь конкретным условиям человеческой деятельности. Возможно использование существующего кода речи, с тем чтобы сделать модели более понятными для непосвященных.

Метод эвристического моделирования позволяет вести работу на совершенно абстрактном уровне или в некоторой степени приближаться к конкретным гипотетическим моделям мозга.

К сожалению, возможности создания моделей довольно ограничены из-за несовершенства современных вычислительных машин. Они не позволяют обрабатывать большое количество информации, поэтому поневоле придется ограничиваться либо отдельными психическими функциями со значительной информацией, либо создавать «целого человека», но резко суживать его сферу деятельности.

Можно представить себе бесконечное количество сочетаний из различных программ человеческой психики, приравливая их к целям исследований или конкретным задачам техники.

Поскольку в универсальных вычислительных машинах сам принцип действия ограничивает возможности моделирования, перед учеными и конструкторами стоит важная задача создания специальных устройств, имитирующих сложные нервные сети и принцип одновременной переработки информации сразу по многим каналам. Для этого нужны элементы и схемы их соединения. Я не берусь делать какие-либо прогнозы, но мне кажется, что работа в этом направлении больше всего приблизит нас к моделированию мозга.

Даже сугубо теоретическая наука предполагает практическое использование своих результатов. О практическом применении психологии пока что можно гово-

рить лишь с большой натяжкой. Нужно надеяться, что приложение кибернетических методов, включающих теорию и технику, приблизит эту науку к практике. Нужду в ней ощущают педагогика, психиатрия, социология и техника. Мне кажется, что просто невозможно планировать построение нового общества без количественного учета психологии его членов. Эту важную задачу можно решить только совместными усилиями психологов, физиологов, математиков и инженеров, работающих вместе, в одном учреждении.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	3
Глава I. Некоторые общие положения кибернетики	11
Глава II. Эволюция живых систем и их программ до человека	63
Глава III. Основные программы поведе- ния человека	88
Глава IV. Сознание, мышление, творчество	191
Глава V. Моделирование психических функций	240
Заключение	299

