

# МОЛЕКУЛЯРНАЯ ЭЛЕКТРОНИКА И БИОЭЛЕКТРОНИКА MOLECULAR ELECTRONICS AND BIOELECTRONICS

УДК 621.382 + 612 + 159.922

DOI: 10.17587/nmst.20.308-320

**И. И. Абрамов**, д-р физ.-мат. наук, проф., e-mail: nanodev@bsuir.edu.by,  
Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, г. Минск, 220013,  
Республика Беларусь

## СОЗНАНИЕ ЧЕЛОВЕКА, ИЛИ ВОЗМОЖНОСТИ ЭЛЕКТРОНИКИ.

### Часть I.

Поступила в редакцию 20.12.2017

*На основе предложенной ранее полной электронной интерпретации функционирования мозга рассмотрен феномен "сознание человека". В первой части работы приведены принципы анализа феномена, проблемы и приближения его описания, а также суть созданной теории сознания человека.*

**Ключевые слова:** сознание человека, мозг, полная электронная интерпретация, наноэлектроника

*"Полезно также знать людям, что не из иного места возникают у нас удовольствия, радости, смех и шутки, как именно отсюда (от мозга), откуда также происходят печаль, тоска, скорбь и плач. И этой именно частью мы мыслим и разумеем, видим, слышим и распознаем постыдное и честное, худое и доброе, а также все приятное и неприятное, различая отчасти все это по установившемуся обычаю, а отчасти по той пользе, которую получаем. Эту же часть мы распознаем удовольствия и тягости, смотря по обстоятельствам, и не всегда нам бывает приятно одно и то же. От этой же самой части нашего тела мы и безумствуем, и сумасшествуем, и являются нам страхи и ужасы, одни ночью, другие днем, а также сновидения и заблуждения неуместные, заботы беспричинные; отсюда также происходит у нас незнание настоящих дел, неспособность и неопытность. И все это случается у нас от мозга..."*

Гиппократ [1]

### Введение

Известно, что человек — суперсложная динамическая самоорганизующаяся система. Строгое детальное исследование ее, в том числе и моделирование, на микроуровне, например клеточном, к сожалению, фактически невозможно. Ситуация усугубляется тем, что вследствие открытости системы необходимо в общем случае учитывать взаимодействия человека с окружающей средой (в том числе и обществом). В результате анализ должен осуществляться на самых разных уровнях описания с привлечением широкого спектра дисциплин (по крайней мере, их некоторых разделов), начиная с физики, химии, биологии, медицины и заканчивая философией. Ясно, что в общем случае это тем более невозможно.

Управляет человеком, как известно, нервная система, главным интегрирующим информационным центром которой является мозг. Только мозг человека — фантастический по сложности объект. Так,

число нервных клеток в нем около  $10^{11}$ , число синапсов  $10^{14} \dots 10^{15}$ , а число ионных каналов и молекул около  $10^{22}$  на  $1 \text{ см}^3$ . Сложность проблемы рассмотрения функционирования мозга очень хорошо характеризует оценка общего количества информации по числу возможных нейронных состояний книги [2]:  $2^{NK}$ , где  $N$  — число нейронов ( $N = 10^{11}$ ),  $K$  — число поколений срабатывания ( $K \gg 1$ ), т.е. имеем просто "астрономическое число". Таким образом, исследование даже только мозга является по-прежнему чудовищной сложности задачей.

Особенным результатом функционирования этой фантастической сложности информационной системы является сознание — главная загадка Природы. В связи с отмеченным ранее становится очевидной справедливость диалектического закона о переходе количества в качество.

Цель данной работы — рассмотрение сознания человека с точки зрения физики, в частности специалиста в области электроники. Важным при этом будет использование предложенных ранее ав-

тором полной электронной интерпретации функционирования мозга и комплексный иерархический подход его исследования, основанный на многоуровневом моделировании в сочетании с экспериментальными методами.

### Принципы анализа

При рассмотрении сознания человека автор, прежде всего, руководствовался двумя принципами: 1) "центральной догмой" нейробиологии; 2) законом экономии или "бритвы Оккама".

Первый означает, что "все нормальные функции здорового мозга и все их патологические нарушения, какими бы сложными они ни были, можно в конечном счете объяснить исходя из свойств основных структурных компонентов мозга" [3]. Нетрудно заметить, что это современная, красивая и элегантная формулировка гениальной мысли, изложенной в эпиграфе и высказанной более двух тысяч лет назад. Отмечу, что подобные "рабочие гипотезы" использовали многие, в том числе выдающиеся, исследователи мозга. Следовательно, автор придерживается идеи интернализма, согласно которой "сознание и квалиа — это особенности мозговой активности, и поэтому они в буквальном смысле находятся в мозге" [4]. Многочисленные данные нейробиологии, нейропсихологии свидетельствуют о том, что это именно так. Разрушаются некоторые важные области мозга человека, и сознание существенно меняется либо исчезает вообще (см., например, [4—6]).

Использование закона экономии или "бритвы Оккама" [7] означает, что при аргументации будут использованы только установленные факты физики, нейробиологии, медицины и ряда других научных дисциплин. Таким образом, попытаемся обойтись этим "минимумом", т.е. без привлечения потусторонних сил, мифических полей и необоснованных гипотез, а проще говоря, фантазий.

Кроме того, важными в дальнейшем рассмотрении будут предложенные ранее автором полная электронная интерпретация функционирования мозга и комплексный иерархический подход его исследования, основанный на многоуровневом моделировании в сочетании с экспериментальными методами, подробно изложенные в работах [8—13] и дополненные в статье [14] и обзоре [15]. Замечу, что многие идеи этих работ для мозга в целом будут использованы и здесь, но уже применительно к сознанию человека.

### Проблемы и приближения

Проблемы начинаются с определения понятия "сознание". Автор встречал в литературе их очень много. К сожалению, практически все они имеют

те или иные недостатки (излишняя общность, витиеватость, сложность и т. п.), что, по-видимому, является следствием особой многогранности рассматриваемого явления Природы и, скорее всего, в данном случае — это неизбежно. Одним из наиболее удачных и в то же время компактных, следует считать определение, приведенное в добротном монографическом учебнике профессора А. Ревонсуо, а именно [4]: "Внутренний поток субъективных переживаний, непосредственно присутствующий в нас и постоянно обнаруживающий себя нам, и есть сознание".

При рассмотрении феномена "сознание", строго говоря, необходимо анализировать следующую полную систему [15]: мозг — другие составляющие нервной системы — тело — окружающая среда. Это связано с тем, что мозг, так же как и человек в целом (см. Введение), является открытой, динамической и самоорганизующейся в данном случае подсистемой. И хотя сознание в соответствии с принятой идеей интернализма является продуктом мозга, на сознание бесспорно оказывают влияние и другие составляющие полной системы, причем это влияние не одностороннее и может быть существенным. Более того, при анализе сознания конкретного человека в конкретный момент времени необходимо задать исходные данные об этой системе или, по крайней мере, полную информацию о мозге в соответствующий момент времени. Экспериментально это вряд ли возможно. В то же время промоделировать *всю* предысторию развития мозга до соответствующего момента времени — задача фантастической сложности и вряд ли тоже когда-нибудь будет решена [8]. Поэтому закономерный и естественный путь — переход к приближенному описанию таких суперсложных объектов, как мозг человека и, в частности, сознание. Сразу же отмечу, что приближений в описании сознания может быть много. И это нормально! Так как речь идет о задачах, которые в математике называются труднорешаемыми класса  $NP$  [8], т. е. о задачах особой степени сложности.

В соответствии с принятой "центральной догмой" нейробиологии будем, прежде всего, связывать сознание с комплексом физико-химических процессов, происходящих в живом мозге человека и поддерживающих этот вид деятельности. В свете изложенного выше уже это утверждение является приближением. Возможно ли описание хотя бы этого вида деятельности? Ответ предельно прост: "Вряд ли." И тут есть, по крайней мере, две фундаментальные причины или проблемы: 1) по-видимому, невозможно отделить сознательную деятельность мозга от других многочисленных его функций, прежде всего психических, происходящих в то же время параллельно и, скорее всего, с

пересечениями, т. е. имеет место взаимовлияние (проблема "развязки", см. далее гибкость связей); 2) модели (идеализации) не могут полностью соответствовать объектам, а тем более таким сложным как мозг человека, сознание.

Говоря о первой проблеме, по-видимому, ее хотя бы приближенное решение возможно только с привлечением моделирования. Вторая проблема отражает чисто философскую точку зрения. В работе [16] автор назвал ее "проблемой "первого шага" или начала идеализации, и она, к сожалению, неустранима в науке, использующей модели. Следовательно, любое математическое моделирование функционирования мозга будет приближенным. В то же время отсутствие ясного и четкого определения понятия "сознание" осложняет ситуацию.

Таким образом, следует согласиться с тем, что *точное описание сознания человека невозможно в принципе, и мы вынуждены перейти к его приближенному описанию.*

Именно невозможность точного описания сознания и будет являться "фундаментальной основой бесконечных спекуляций" в стиле: "В сознании человека мы чего-то не понимаем. Здесь есть что-то таинственное". Чтобы остудить пыл или радость скептиков, догматиков, шарлатанов и пр., приведу всего лишь два аргумента (более подробно см. [8]). Во-первых, мозг лишь приближенно отражает, а точнее реконструирует, то, что происходит в Природе в действительности. Поэтому надо ли его описывать точно? Ответ очевиден: "Нет!" Во-вторых, даже в таком гораздо более простом устройстве электроники, как телевизор, мы не знаем поведение того или иного электрона в процессе функционирования прибора и никогда не узнаем в соответствии с положениями квантовой механики, в частности с принципом неопределенности Гейзенберга. Тем не менее мы понимаем, как работает телевизор, можем его изготавливать и ремонтировать. В связи с этим при изучении феномена "сознание" главная и реальная цель, которая должна, как мне кажется, ставиться, — лечение самых различных психических заболеваний; в данном случае — расстройств сознания. Думаю, что для этой цели приближенного описания сознания человека будет вполне достаточно, т. е. она реально достижима. Во всяком случае, об этом свидетельствуют успехи в медицине мозга человека.

В свете изложенного выше все существующие на настоящее время теории сознания (хороший обзор современных сведений о сознании и систематизация соответствующих теорий даны в книге [4]) должны рассматриваться как приближенные, причем зачастую достаточно грубые или просто неправильные. Поэтому современные попытки реализа-

ции точных копий сознания человека в целях их переноса на ЭВМ (своеобразный вариант бессмертия) следует воспринимать как сильное преувеличение реальных возможностей.

Итак, какое же понимание психических функций человека, включая сознание, будет наиболее адекватным? По мнению автора, это следующая формулировка: "Психические функции, включая сознание, обусловлены энергетическими потоками в мозге человека, обеспечивающими соответствующий вид деятельности". К сожалению, такое понимание не может быть строго описано хотя бы по одной из указанных ранее фундаментальных причин. Приближения являются по-прежнему вынужденными.

Наиболее перспективной для дальнейшего развития будем считать точку зрения, ставшей канонической в нейронауках. Так, согласно данным нейрофизиологии, обработка информации в мозге, а также различные психические функции связываются с работой нейронных ансамблей (в дальнейшем — цепей). В частности, применительно к рассматриваемому вопросу перспективно использование концепции исследования нейрональных коррелятов сознания (НКС), заключающейся в определении "каковы минимальный достаточный объем нейронов или активность нервной системы, которая обязательно сопровождает то или иное осознаваемое переживание" [4].

Замечу, что в этом случае главное значение придается нервным клеткам — нейронам. Другому типу клеток мозга — нейроглии — отводятся лишь вспомогательные функции. Хотя это предположение и вызывает сильное возражение у некоторых специалистов (см., например, [17]), проведенные в ряде специальных дисциплин о мозге обширные исследования свидетельствуют о его допустимости (см., например, [18—20]). И тем не менее понятно, что концепция НКС — это приближение к тому, что в действительности происходит и является результатом уже нескольких шагов предположений.

Несмотря на достигнутые бесспорные успехи в нейронауках (нейрофизиологии, нейропсихологии и др.), к сожалению, на настоящий момент времени не создана общепризнанная и не вызывающая сомнений теория сознания (см., например, [4]), что может быть связано с отмеченными ранее объективными и очень серьезными сложностями. Выделю, однако, наиболее ценные для дальнейшего рассмотрения принципы и положения этих наук.

1. Принципы высшей нервной деятельности [21]: рефлекса, доминанты, отражения и системной деятельности мозга.

2. "Даже самая простая психическая функция есть результат интегративной деятельности целостного мозга" [21].

3. "...структурную основу церебральных функций составляют распределенные системы. Каждую функцию обуславливает определенное сочетание корковых и подкорковых центров" [18].

Таким образом, мозг в целом является локально-распределенной системой. Поэтому значительные усилия были предприняты по выделению в мозге подсистем, ответственных за те или иные функции. С точки зрения автора наиболее удачными являются два разбиения [5, 22].

Так, важной является разработанная выдающимся советским нейропсихологом профессором А. Р. Лурией теория системной динамической локализации высших психических функций (к ним традиционно относят память, восприятие, мышление, речь). Согласно структурно-функциональной модели мозга как субстрата психической деятельности он разделяется на три основных блока (подсистемы), а именно [5]: 1) блок регуляции уровня активности мозга; 2) блок приема, переработки и хранения информации, поступающей из внешнего мира; 3) блок программирования, регуляции и контроля психической деятельности. Наиболее важной составляющей третьего блока является префронтальная кора. А. Р. Лурия также отмечал, что любая высшая психическая функция осуществляется при участии всех выделенных блоков (подсистем).

Другое и более современное разбиение предложил известный американский нейрофизиолог и нейропсихиатр, один из пионеров использования компьютерной томографии в психиатрии доктор Д. Амен. Он разбил мозг на пять подсистем\*, а именно [22]: 1) глубокая лимбическая подсистема; 2) базальные ганглии; 3) префронтальная кора; 4) поясная подсистема; 5) височные доли головного мозга. Д. Амен также подчеркивает, что подсистемы не существуют изолированно. "Они соединены между собой миллионами сложных связей. Всякий раз, когда поражается одна система\*, скорее всего, в процесс окажутся вовлечены и другие" [22]. Применяемый Д. Аменом метод визуализации мозга позволил не только выделить его подсистемы, но и, что самое важное, разработать на этой основе достаточно эффективные терапевтические методы лечения многих психических расстройств конкретных пациентов. По моему мнению, данный подход перспективен в психиатрии, особенно по мере улучшения качеств инструментов визуализации мозга человека. В целом, несмот-

\* У Д. Амена используется термин "система". Для нас более точным будет термин "подсистема".

ря на всю условность разбиения мозга на подсистемы, оно будет также полезно, по крайней мере, на начальных этапах моделирования различных функций мозга. Не моделировать же сразу весь мозг при рассмотрении отдельных психических функций? Вряд ли, однако, это получится (см. далее).

### **Полная электронная интерпретация функционирования мозга**

Как уже отмечалось, сознательная деятельность определяется всем комплексом физико-химических процессов, протекающих в мозге человека при ее обеспечении. К сожалению, это очень "запутанный клубок" процессов. Строго говоря, на них влияют все силы Природы. Так как мы связываем психические функции с функционированием нейронных цепей, то при этом влияние на их работу могут оказывать следующие взаимосвязанные процессы: электрические, химические, механические, тепловые и др. Замечу, что традиционно в нейробиологии выделяют химические и электрические процессы [18, 19] (поэтому нередко мозг называют "электрохимическим устройством"), причем предпочтение, как правило, отдается химическим. Из указанного ранее ясно, что они могут быть в действительности только обычно доминирующими процессами. Даже при таком упрощении по-прежнему трудно "развязать" остающийся "клубок".

Для того чтобы попытаться это сделать, и предложена полная электронная интерпретация функционирования мозга человека [8—15].

В качестве основы была принята гипотеза 1: считается, что доминирующее влияние на функционирование мозга оказывают электрические процессы. Таким образом, полагается, что обработка информации в мозге идет в основном на уровне электрических процессов. Химические процессы обеспечивают прежде всего питание нейронных (электрических) цепей мозга, а также их модификацию.

Было показано, что *вся* нейронная цепь мозга может интерпретироваться в качестве нелинейной электрической цепи (первый тип), обладающей следующими основными свойствами: 1) нейронная цепь — это сначала растущая, а затем модифицируемая электрическая цепь (главное отличие от интегральных схем (ИС) твердотельной электроники — электрических цепей второго типа); 2) нелинейная электрическая цепь первого типа характеризуется не только крайне сложной топологией, но и вариацией свойств составляющих ее, казалось бы, однотипных элементов (тела клеток, аксоны, дендриты, шипики, синапсы и др.); 3) электрические цепи первого типа могут демонстрировать большое разнообразие в поведении в зависимости

как от входящих, так и от проходящих по ним сигналов; 4) с точки зрения электроники мозг зрелого человека — это, прежде всего, набор нелинейных электрических (нейронных) цепей двух видов, которые не должны модифицироваться и которые могут модифицироваться.

Ключевыми (активными) элементами в электрических (нейронных) цепях мозга являются ионные каналы. В связи с этим сделаю несколько выдержек из блестящего учебника по нейробиологии, а именно [19]: "Для успешного функционирования нервной системы нейроны должны обладать весьма разнообразным репертуаром электрической активности... Все эти варианты зависят, в конечном счете, от активации или деактивации ионных каналов, регулирующих ионные токи через мембраны нервных клеток". Определенный вклад в перенос ионов вносят и другие каналы (переносчики) — ионные насосы (помпы), обменники [19]. И тем не менее "следует рассматривать ионные каналы как системы, проводящие электрические сигналы, а переносчики — как системы обеспечения базовых условий, при которых такое проведение становится возможным" [19]. Замечу, что в настоящее время уже установлено большое число разнообразных типов, видов и подвидов каналов [19, 23].

Ионные каналы — сложные наноэлектромеханические системы (НЭМС) [8]. Это связано со следующими основными причинами: 1) характерные размеры всех структур, формирующих ионные каналы, лежат в нанометровом диапазоне [19, 23]; 2) конформационные переходы белков и/или их субъединиц (доменов), приводящие к пропусканию ионов, — это инициированные электрическими сигналами процессы, в которых важны механические силы [23]. Физика этих переходов достаточно сложна (см., например, [23]), однако самое интересное заключается в том, что эти НЭМС могут контролировать прохождение отдельных ионов (основными являются ионы калия, натрия, кальция и хлора) с характерными размерами уже в единицы ангстрем, т. е. менее 1 нм. Сложными НЭМС являются и другие каналы, в частности ионные насосы.

Следовательно, *в соответствии с предложенной интерпретацией активными элементами являются различные каналы, т. е. НЭМС, проводящие ионы и определяющие электронику мозга, а мозг в целом можно рассматривать как объект органической гибридной наноэлектроники* [8, 16]. В связи с этим отмечу принципиальное отличие от ИС твердотельной микро- и наноэлектроники, в которых активными элементами являются диоды и транзисторы. Таким образом, Природа пошла по качественно иному пути. В то же время сами нейроны, формирующие нейронные цепи, являются уже гораздо

более сложными интегрирующими устройствами, и, образно говоря, их аналоги — целые ИС. Поэтому интерпретация нейронов как основных активных элементов (часто нейрон в нейронауках сравнивают с транзистором) мозга — весьма сильное упрощение с точки зрения электроники. Все намного сложнее.

Интересно оценить, хотя бы грубо, уровень интеграции мозга человека как объекта электроники. Оценку делаем, как это принято в микро- и наноэлектронике, по числу активных элементов. Так как число нейронов в мозге около  $10^{11}$ , то число каналов, проводящих ионы, т. е. активных элементов, будет ориентировочно на 8—10 порядков выше\*, т. е. речь идет о цифрах в диапазоне  $10^{19} \dots 10^{21}$ . Сейчас мы можем скорректировать оценку работы [2] (см. Введение) общего количества информации по числу возможных состояний, но уже каналов (открыт—закрыт), а именно:  $2^{MK}$ , где  $M$  — число каналов (возьмем нижний предел  $M = 10^{19}$ ),  $K$  — число поколений срабатывания ( $K \gg 1$ ), т. е. имеем еще намного более грандиозное число. Следовательно, мозг человека — фантастического уровня интеграции объект наноэлектроники. Неудивительно, что именно такая система — шедевр электроники, созданный Природой, — и порождает сознание (с указанными ранее оговорками). Нетрудно заметить, что строгое моделирование такой системы и в данном приближении невозможно [8].

Было рассмотрено, как приблизительно функционирует мозг человека в рамках предложенной полной электронной интерпретации. В частности, выделено три типа режимов работы мозга как набора нелинейных электрических цепей, а именно: 1) при внешнем воздействии; 2) без внешнего воздействия (внутренний); 3) смешанный. Все отдельные режимы работы, включая восприятие, воспоминание, мышление и другие психические функции, относятся к одному из указанных типов. В то же время *любой специфический режим работы живого мозга, включая психические функции, является результатом прохождения электрического сигнала (сигналов) по соответствующему набору электрических (нейронных) цепей\*\**, что и объединяет режимы, т. е. является общим для них всех. Основными операциями при этом являются сравнение, кодирование, декодирование, команда к действию, модификация нейронных цепей.

В частности, мысль — это декодирование (внутреннее воспроизведение) электрического сигнала

\* К сожалению, автору не удалось найти в литературе необходимых сведений. Оценка сделана по числу ионных каналов в аксоне кальмара  $\sim 10^{10}$  [24].

\*\* Для психической функции этот набор цепей может быть назван нейронным коррелятом психической функции (НКПФ) по аналогии с НКС.

(сигналов), инициированного самим мозгом и проходящего по различным нейронным цепям мозга соответствующей пространственно-временной конфигурации [8, 11]. Следовательно, мысль — это своеобразный обратный процесс по отношению к обработке поступающей информации (прямой процесс), который инициируется, по-видимому, в основном корой головного мозга, т.е. по нейронным цепям проходят токи и в результате происходит декодирование информации, содержащейся в соответствующих нейронных цепях.

В современной психологии выделяют две системы мышления [25]: система 1 (автоматическая система) и система 2 (произвольная система). "Система 1 срабатывает автоматически и очень быстро, не требуя или почти не требуя усилий и не давая ощущения намеренного контроля. Система 2 выделяет внимание, необходимое для сознательных умственных усилий, в том числе для сложных вычислений. Действия системы 2 часто связаны с субъективным ощущением деятельности, выбора и концентрации... Система 1 импульсивна и интуитивна, а система 2 способна к рассуждениям..." [25]. Можно считать, что автоматическая система функционирует на подсознательном уровне, а произвольная система — с участием осознания.

Удобно представить мыслительную деятельность в целом происходящей по "спирали" (один из возможных вариантов "потока сознания"\*). Так, один из витков спирали работы автоматической системы (системы 1) показан схематично на рис. 1. Сначала следует планирование (моделирование или прогноз) ситуации, а затем — действие. Процесс может продолжаться и далее. Работа произвольной системы (системы 2) более разнообразна и сложна. Несколько вариантов одного витка "спирали" представлены на рис. 2. В первом варианте (рис. 2, а) сначала следует планирование (моделирование или прогноз) ситуации, затем — действие (точнее, его управление мозгом), а после этого — осознание. Именно этот вариант вызвал наиболее бурную дискуссию в нейрофизиологической литературе (известные эксперименты Б. Либета 1980-х годов "о свободе воли" [2]). Сначала происходит действие, а затем — осознание. Однако замечу, что осознание в первую очередь необходимо для осуществления контролирующей и управляющей функций и может включаться в различные моменты времени "спирали" мыслительной деятельности, пытаясь сделать ее более эффективной и качественной. Возможен и более простой вариант работы системы 2 (рис. 2, б): планирование

\* Термин введен выдающимся американским психологом и философом У. Джеймсом.

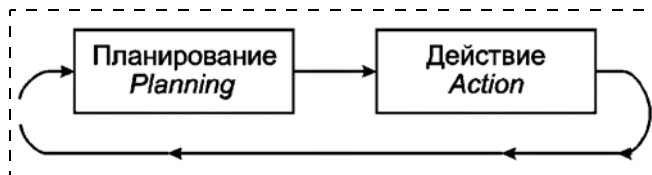


Рис. 1. Виток "спирали" автоматической системы  
Fig. 1. The "spiral" turn of the automatic system

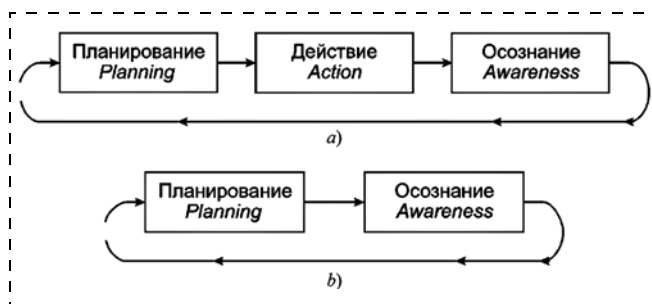


Рис. 2. Возможные варианты витка "спирали" произвольной системы: а — с участием "действия", б — без участия "действия"  
Fig. 2. Possible versions of the "spiral" turn of the arbitrary system: a — with participation of "action", b — without participation of "action"

(моделирование или прогноз) ситуации, а затем — осознание.

Очевидно, что только из отмеченных вариантов витков могут быть сформированы очень сложные "спирали" мыслительной деятельности. Следует также заметить, что сами ситуации и действия могут разбиваться на составляющие (части), что еще больше усложняет рассмотрение процесса мышления.

Подчеркну, что сознание — бесспорно системное, интегративное свойство мозга человека, которое обеспечивается многими областями, однако анализ многочисленных (в основном экспериментальных) данных нейронаук (нейрофизиологии, нейропсихологии и др.) позволяет сделать вывод, что, по-видимому, областью, прежде всего отвечающей за осознание, является префронтальная кора головного мозга. Следовательно, инициация и возможное сопровождение мыслительной деятельности в случае работы системы 2 происходит в нейронных цепях этой области, а далее осуществляется гибкое связывание с нейронными цепями различных структур и областей мозга в зависимости от того, какая это мысль. Если в результате этой мысли происходит какое-то действие, то для его осознания необходимо, чтобы информация поступила для обработки в префронтальную кору. В результате и происходит естественная задержка, что и объясняет эксперименты Б. Либета (см. Часть II), а также более медленное и затратное функционирование системы 2 по сравнению с экономич-

ной системой 1, характеризующейся массовым параллелизмом в работе.

Гибкость же связывания достигается, по крайней мере, на трех уровнях [14]: 1) связей между областями и/или структурами мозга; 2) нейронных ансамблей (в областях и структурах мозга могут участвовать в работе разнообразные нейронные ансамбли); 3) нейронов (полифункциональны и сами нейроны). А это означает, что при обеспечении разных психических функций могут участвовать одни и те же области (их подобласти), нейронные цепи (их элементы) и, судя по всему, даже отдельные нейроны. Это сильно усложняет анализ и приводит к проблеме "развязки" психических функций (см. ранее).

Согласно изложенному выше, резкое противопоставление сознательной и подсознательной деятельности мозга, с моей точки зрения, неверно. Основное различие состоит главным образом в том, что в случае работы системы 2 необходимо участие нейронных цепей мозга префронтальной коры, отвечающих за осознание.

Следовательно, осознанная мысль — это декодирование (внутреннее воспроизведение) электрического сигнала (сигналов), инициированного самим мозгом и проходящего по НКС мозга соответствующей пространственно-временной конфигурации, т.е. по нейронным цепям проходят токи и возникают образы, понятия и т.п. в результате декодирования информации, содержащейся в соответствующих нейронных цепях. Таким образом, *обычно мышление — внутреннее восприятие человеком закодированной в самом же мозге информации [8, 11], а "мыслительная деятельность, судя по всему, — суть макроскопические коллективные явления в нелинейных электрических цепях первого типа" [8, 13], т.е. мысль в мозге человека — материальна! Материальны, как следует из предыдущего, и другие психические функции.*

В соответствии с классификацией работы [4] предложенная теория в рамках полной электронной интерпретации функционирования мозга человека может быть отнесена к монистической материалистической теории сознания эмерджентного типа [14]. Отмечу, что в данной теории становится понятным, что такое мысль. Думаю, что приведенное определение мысли — весьма неплохое приближение к истине.

В то же время мнение нейробиологов по рассматриваемому в работе вопросу в целом неплохо выражает следующая цитата [26]: "Мы можем утверждать, что сознание и мозг коррелируют с точки зрения своих функций, однако мы в действительности не знаем, какими именно способами мозговая активность и функции сознания взаимодействуют друг друга".

## Список литературы

1. **Гиппократ.** Избранные книги. Книга "О священной болезни". М.: Гос. изд. биол. и мед. литературы, 1936. 736 с.
2. **Kaku M.** The future of the mind: the scientific quest to understand, enhance, and empower the mind. New York: Doubleday Publishers, 2014. 400 p.
3. **Блум Ф., Лейзерсон А., Хофстедтер Л.** Мозг, разум и поведение. М.: Мир, 1988. 248 с.
4. **Revonsuo A.** Consciousness. The science of subjectivity. Hove and New York: Psychology Press, Taylor & Francis Group. 2010. 324 p.
5. **Лурья А. Р.** Основы нейропсихологии. М.: Изд-во МГУ, 1973. 375 с.
6. **Хомская Е. Д.** Нейропсихология. М.: Изд-во Моск. университета, 1987. 288 с.
7. **Новая философская энциклопедия:** Т. 3. М.: Мысль, 2010. 692 с.
8. **Абрамов И. И.** Мозг как объект электроники. Saarbrücken: LAP LAMBERT Academic Publishing, 2012. 80 с.
9. **Абрамов И. И.** Brain as an object of electronics. Saarbrücken: LAP LAMBERT Academic Publishing, 2013. 76 p.
10. **Абрамов И. И.** Мозг — объект органической гибридной наноэлектроники, или взгляд со стороны. Ч. I // Нано- и микросистемная техника. 2013. № 1. С. 52—54.
11. **Абрамов И. И.** Мозг — объект органической гибридной наноэлектроники, или взгляд со стороны. Ч. II // Нано- и микросистемная техника. 2013. № 3. С. 45—53.
12. **Абрамов И. И.** Мозг — объект органической гибридной наноэлектроники, или взгляд со стороны. Ч. III // Нано- и микросистемная техника. 2013. № 5. С. 45—54.
13. **Абрамов И. И.** Мозг — объект органической гибридной наноэлектроники, или взгляд со стороны. Ч. IV // Нано- и микросистемная техника. 2013. № 6. С. 49—53.
14. **Абрамов И. И.** Перспективы использования наноэлектроники, наноматериалов и нанотехнологий в исследовании и медицине мозга человека // Нано- и микросистемная техника. 2016. № 1. С. 49—64.
15. **Абрамов И. И.** Мозг человека — шедевр естественной электроники. Проблемы и перспективы исследования // Материалы Междунар. науч.-техн. конф. "Актуальные проблемы радио- и кинотехнологий", 2017, Россия, Санкт-Петербург. С. 79—86.
16. **Абрамов И. И.** Проблемы и принципы физики и моделирования приборных структур микро- и наноэлектроники. I. Основные положения // Нано- и микросистемная техника. 2006. № 8. С. 34—37.
17. **Куб Э.** Источник мысли. М.: Эксмо, 2011. 208 с.
18. **Шеперд Г.** Нейробиология: в 2-х т. М.: Мир, 1987.
19. **Николс Дж. Г., Мартин А. Р., Валлас Б. Дж., Фукс П. А.** От нейрона к мозгу. М.: Изд-во ЛКИ, 2008. 672 с.
20. **Cognition, brain, and consciousness.** Introduction to cognitive neuroscience. Second Edition / Ed. by B. J. Baars, N. M. Gage. Amsterdam: Elsevier, 2010. 658 p.
21. **Батуев А. С.** Физиология высшей нервной деятельности и сенсорных систем: учебник для вузов. СПб.: Питер. 2010. 317 с.
22. **Амен Д.** Измените свой мозг — изменится и жизнь! М.: Эксмо, 2014. 448 с.
23. **Джаксон М. Б.** Молекулярная и клеточная биофизика. М.: Мир, БИНОМ. Лаборатория знаний, 2009. 551 с.
24. **Антонов В. Ф., Козлова Е. К., Черныш А. М.** Физика и биофизика: учебник. М.: ГЭОТАР—Медиа, 2013. 472 с.
25. **Канеман Д.** Думай медленно... решай быстро. М.: Изд-во АСТ, 2016. 653 с.
26. **Сигел Д.** Внимательный мозг. Научный взгляд на медитацию. М.: Манн, Иванов и Фербер, 2016. 336 с.