

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

МОЗГ — ОБЪЕКТ ОРГАНИЧЕСКОЙ ГИБРИДНОЙ НАНОЭЛЕКТРОНИКИ, ИЛИ ВЗГЛЯД СО СТОРОНЫ. ЧАСТЬ I.

Поступила в редакцию 19.07.2012

Приводится новая интерпретация функционирования мозга — объекта органической гибридной наноэлектроники, созданного Природой. Наиболее близкий аналог искусственной электроники — интегральная схема микро- и наноэлектроники. Проводится сопоставление нейронных цепей мозга и интегральных схем и устанавливаются их основные различия. Показывается, что предложенная интерпретация и ее следствия позволяют не только более глубоко разобраться в принципах функционирования мозга, но и предложить перспективный комплексный подход его дальнейшего исследования, основанный на многоуровневом моделировании в сочетании с экспериментальными методами. В части I дается ответ на вопрос: "Почему мозг может интерпретироваться как объект органической гибридной наноэлектроники?"

Ключевые слова: мозг, наноэлектроника, электронная интерпретация

"И все это может сделать одна только физиология, так как она одна держит в своих руках ключ к истинно-научному анализу психических явлений."

И. М. Сеченов [1]

"Электрические изменения, которые вызывают регистрируемые нами переменные токи разной частоты и амплитуды, возникают в клетках самого мозга. Несомненно, что это их единственный источник. Мозг следует описывать как обширный агрегат электрических элементов, столь же многочисленных, как звездное население Галактики."

Грей Уолтер [2]

Введение

Функционирование мозга — одна из самых грандиозных проблем Человека и загадок Природы.

С одной стороны, очень много работ посвящено этой проблеме, начиная от серьезных научных исследований и заканчивая религиозными и фантастическими произведениями. И проанализировать их все попросту невозможно. Автор и не ставил этой задачи, но все же старался изучить наиболее значимую литературу, относящуюся к рассматриваемому вопросу. Сразу же хочется отметить огромное количество общих, обтекаемых формулировок, утверждений, различного рода усложнений, догадок, новых

терминов, понятий и т. п., что, прежде всего, свидетельствует об исключительной сложности проблемы. Это отмечается и некоторыми другими исследователями. Поэтому многие последующие (вслед за описываемыми в целом верно функционирование мозга) работы могут при желании быть интерпретированы как частный случай предыдущих, т. е. в лучшем случае их поясняющие и уточняющие.

В этом плане очень показателен анализ состояния проблемы условного рефлекса после И. П. Павлова, проведенный известным советским ученым Э. А. Асратяном. В частности, его понимание (интерпретация) слов великого физиолога привело его к выводу, что "выдвинутые позднее представления о "клеточных ансамблях" (Хебб), "образе внешнего мира" (Бериташвили), "нервной модели" (Соколов) и "местном условном состоянии" (Асратян) являются повторением или развитием идеи И. П. Павлова" [3]. Вследствие отмечено, и, в принципе, предлагаемая читателю работа может рассматриваться как уточнение к приведенным всего лишь двум эпиграфам. Для большей полноты можно еще добавить следующее высказывание: "... мозг является устройством для передачи информации. Этим способом он поддерживает отношения со всем остальным миром. Все другое несущественно" [4]. И, тем не менее, хотелось бы кое-что уточнить, т. е. большей детализации, и тем самым продвинуться чуть дальше, так как неудовлетворенность нашими знаниями о функционировании мозга остается.

Вместе с тем, целесообразно вспомнить следующие слова великого русского физиолога И. П. Павлова: "После славных побед науки над мертвым миром пришел черед разработки и живого мира, а в нем и венца земной природы — деятельности мозга. Задача на этом последнем пункте так невыразимо велика и сложна, что требуются все ресурсы мысли: абсолютная свобода, полная отрешенность шаблонов, какое только возможно разнообразие точек зрения и способов действия и т. д., чтобы обеспечить успех. Все работники мысли, с какой стороны они не приходили бы к предмету, все увидят нечто на свою долю, а доли всех рано или поздно сложатся в разрешении величайшей задачи человеческой мысли" [3].

В данной работе мозг рассматривается с точки зрения специалиста в области микро- и наноэлектроники¹, т. е., проще говоря, электроники, с минимальным количеством терминов и понятий. Цель цикла статей — попытка ответить на следующие вопросы:

1. Почему мозг может интерпретироваться как объект органической гибридной наноэлектроники?

¹ Почему бы и нет. Ведь рассматривался этот вопрос с точек зрения физиков (см., например, [5]), математиков (см., например, [6]).

2. Как приблизительно функционирует мозг с точки зрения специалиста в области электроники?

3. Достаточно ли квантовой механики для описания работы мозга, включая сознание, мысль, другие психические функции?

4. Как далее исследовать мозг?

5. А что же дальше?

При ответах на эти вопросы автор прежде всего руководствовался очень красивой и современной формулировкой (развитием), по существу, изложенной в эпиграфе, гениальной мысли великого русского физиолога Ивана Михайловича Сеченова, которая названа в прекрасной книге [7] ""центральной догмой" нейробиологии", а именно: "Все, что будет говориться ..., основано на предположении, 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. Мы называем это утверждение нашей "центральной догмой"". Подобные "рабочие гипотезы" изложены также в книгах Д. Вулдриджа [5] и Х. Дельгадо [8]. Аналогичных взглядов придерживаются многие нейрофизиологи, начиная с Рамон-и-Кахала С., в том числе многие из цитируемых здесь.

Анализ будет основываться на профессиональных знаниях автора в области физики и, конечно же электроники, а также фундаментальных сведениях из нейрофизиологии (см., например, [9–12]), нейропсихологии (см., например, [13, 14]) и психологии в целом (см., например, [15–17]). Следует особо подчеркнуть, что чрезвычайно важным в этом анализе является его согласование (во всяком случае непротиворечие) с принципами и другими фундаментальными положениями отмеченных специальных дисциплин о мозге, подтвержденными экспериментально. Позиция автора начала формироваться под влиянием следующих блестящих книг [2, 5, 8, 18, 19]. Сюда же необходимо добавить и легендарные работы Дж. фон Неймана [6, 20–22]. Все, что пишется мною в дальнейшем, необходимо рассматривать всего лишь как попытку дальнейшего развития идей этих выдающихся исследователей. И это я тоже не могу не отметить.

Почему мозг может интерпретироваться как объект органической гибридной наноэлектроники?

Поясним данную интерпретацию мозга² [23] как объекта естественной электроники, созданного Природой, более детально.

² Впервые эта интерпретация прозвучала на 11-й Международной конференции "СВЧ-техника и телекоммуникационные технологии", КрыМиКо'2001 (10–14 сентября 2001 г., г. Севастополь) в ответе автора на вопрос о достижениях в области наноэлектроники.

Сначала приведем лишь следующие факты:

1) ключевое значение для передачи информации в мозге имеют два типа электрических сигналов [12]: местные (градуальные) потенциалы, локализованные в специализированных участках нейрона, и потенциалы действия, которые передаются по всей протяженности нервной клетки;

2) все воздействия на организм человека "конвертируются (или трансформируются) в электрический сигнал" с последующим распознаванием в центральной нервной системе [12];

3) "вегетативные и соматические функции, индивидуальное и общественное поведение, эмоциональные и психические реакции у человека и животных можно искусственно вызывать, поддерживать, видоизменять или подавлять путем электрического раздражения определенных отделов мозга" [8].

Этих известных фактов нейрофизиологии и нейропсихологии, в принципе, достаточно, чтобы интерпретировать мозг в качестве объекта естественной электроники. Однако двинемся дальше по пути детализации (указанной выше в вопросе интерпретации), сделав предварительно несколько комментариев.

Во-первых, факт 2 свидетельствует о том, что Природа отдала предпочтение среди механических, оптических, тепловых, химических, электрических и других сигналов, которые могут воздействовать на человека, именно электрическим для последующей обработки информации в мозге как наиболее универсальным (в них относительно легко могут быть конвертируемы и отмечены другие сигналы) и в то же время достаточно быстродействующим сигналам, т. е. выбраны оптимальные сигналы.

Во-вторых, среди многочисленных аналогий (см., например, [7]) наиболее близкими к мозгу искусственными объектами являются компьютер [6], телевизор [3, 24], интегральная схема (ИС) [23], т. е. изделия электроники. А из отмеченных, с точки зрения автора, именно ИС. Как будет следовать из дальнейшего рассмотрения, этот аргумент будет также иметь немаловажное значение, усиливая целесообразность анализа мозга в качестве объекта электроники.

В настоящее время разграничение между ИС микро- и наноэлектроники осуществляется по характеристическим размерам их активных элементов. В частности, к ИС наноэлектроники отнесены схемы, включающие активные элементы (транзисторы, диоды и т. п.) с указанными размерами, по крайней мере, в одном из измерений в нанометровом диапазоне (от 1 до 100 нм) [25, 26]. Какие же структуры имеют ключевое значение для мозга? Отметим, что все варианты электрической активности нейронов в мозге "зависят, в конечном счете, от активации или деактивации ионных каналов, регулирующих ионные токи через мембраны нерв-

ных клеток" [12]. В то же время конформационные изменения (переходы) белков каналов, как правило, и приводят к их открытию или закрытию [27]. Основные размеры этих активных элементов, т. е. белков и/или их субъединиц (доменов), определяющих свойства ионных каналов, по крайней мере, в одном из измерений как раз и лежат в нанометровом диапазоне [12]. По изложенным (и не только, см. также далее) причинам определяющими для мозга элементами будем считать органические молекулы — ДНК, РНК и др., т. е. делающими его именно мозгом.

Традиционно в нейрофизиологии утверждается, что кроме электрических в мозге принципиально важное значение для передачи информации имеют также химические процессы [7, 11, 12, 28]. А вообще говоря, влияние могут оказывать и другие процессы. Так, еще Дж. фон Нейман [6] отметил, в частности, важность и механических процессов (конформационные переходы белков).

Резюмируя изложенное выше можно сказать, что *мозг может интерпретироваться как объект органической гибридной³ наноэлектроники.*

Список литературы

1. Сеченов И. М. Избранные произведения. М.: Гос. учеб.-педаг. изд-во Минист. просв. РСФСР, 1958. 416 с.
2. Грей Уолгер. Живой мозг. М.: Мир, 1966. 300 с.
3. Иванов-Муромский К. А. Нейроэлектроника, мозг, организм. Киев: Наукова думка, 1983. 175 с.
4. Мак-Каллок У. Надежность биологических систем // Самоорганизующиеся системы. М.: Мир, 1964. С. 358—380.
5. Вулдридж Д. Механизмы мозга. М.: Мир, 1965. 344 с.
6. Нейман Дж. Вычислительная машина и мозг: Кибернетический сб. Вып. 1. М.: Изд-во иностранной литературы, 1960. С. 11—60.

³ Гибридной потому, что здесь важны не только электрические процессы, но и, по крайней мере, химические.

7. Блум Ф., Лейзерсон А., Хофстедгер Л. Мозг, разум и поведение. М.: Мир, 1988. 248 с.
8. Дельгадо Х. Мозг и сознание. М.: Мир, 1971. 264 с.
9. Куффлер С., Николс Дж. От нейрона к мозгу. М.: Мир, 1979. 440 с.
10. Коган А. Б. Основы физиологии высшей нервной деятельности: учебник. М.: Высш. шк., 1988. 368 с.
11. Хьюбел Д. Глаз, мозг, зрение. М.: Мир, 1990. 239 с.
12. Николс Дж. Г., Мартин А. Р., Валлас Б. Дж., Фукс П. А. От нейрона к мозгу. М.: Изд-во ЛКИ, 2008. 672 с.
13. Лурия А. П. Основы нейропсихологии. М.: Изд-во МГУ, 1973. 375 с.
14. Хомская Е. Д. Нейропсихология. М.: Изд-во Моск. университета, 1987. 288 с.
15. Столяренко Л. Д. Основы психологии: учеб. пособие. Ростов н/Д: Феникс, 2003. 672 с.
16. Майерс Д. Психология. Мн.: Попурри, 2006. 848 с.
17. Солсо Р. Когнитивная психология. СПб.: Питер, 2006. 589 с.
18. Пенфильд В., Робертс Л. Речь и мозговые механизмы. Л.: Медицина, 1964. 264 с.
19. Бехтерева Н. П., Гоголицын Ю. Л., Кропотов Ю. Д., Медведев С. В. Нейрофизиологические механизмы мышления: Отражение мыслительной деятельности в импульсной активности нейронов. Л.: Наука, 1985. 272 с.
20. Нейман Дж. Вероятностная логика и синтез надежных организмов из ненадежных компонент. Автоматы: сб. статей. М.: Изд-во иностранной литературы, 1956. С. 68—139.
21. Фон Нейман Дж. Общая и логическая теория автоматов // В кн.: Тьюринг А. Может ли машина мыслить? М.: Гос. изд-во физико-матем. литер., 1960. С. 59—101.
22. Фон Нейман Дж. Теория самовоспроизводящихся автоматов. М.: Мир, 1971. 384 с.
23. Абрамов И. И. Проблемы и принципы физики и моделирования приборных структур микро- и наноэлектроники. 1. Основные положения // Нано- и микросистемная техника. 2006. № 8. С. 34—37.
24. Анохин П. К. Избранные труды. Философские аспекты теории функциональной системы. М.: Наука, 1978. 400 с.
25. Абрамов И. И. Термин "элемент" в микро- и наноэлектронике // Нано- и микросистемная техника. 2008. № 6. С. 2—4.
26. Нанотехнологии, метрология, стандартизация и сертификация в терминах и определениях / Под ред. М. В. Ковальчука, П. А. Тодуа. М.: Техносфера, 2009. 136 с.
27. Джаксон М. Б. Молекулярная и клеточная биофизика. М.: Мир, БИНОМ. Лаборатория знаний, 2009. 551 с.
28. Мозг: пер. с англ. Н. Ю. Алексеенко / под ред. П. В. Сиимонова. М.: Мир, 1984. 280 с.