
НАНОТЕХНОЛОГИИ, НАНОСТРУКТУРЫ, КВАНТОВЫЕ ЯВЛЕНИЯ. НАНОЭЛЕКТРОНИКА. ПРИБОРЫ НА КВАНТОВЫХ ЭФФЕКТАХ

ТЕОРИЯ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ МОЗГА – ОБЪЕКТА ЭЛЕКТРОНИКИ

И. И. Абрамов
(Пленарный доклад)

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники,
ул. П. Бровки, 6, 220013 Минск, Беларусь,
e-mail: nanodev@bsuir.edu.by*

В докладе проведен обзор работ автора, связанных с мозгом как объектом электроники. Рассмотрены вопросы: предложенная полная электронная интерпретация функционирования мозга и комплексный иерархический подход его исследования; сознание человека; перспективы и проблемы создания сверхразума; возможность искусственной реализации сознания; возможно ли понять психику животных; перспективы использования нанoeлектроники, наноматериалов и нанотехнологий в исследованиях и медицине мозга человека.

Key words: мозг; полная электронная интерпретация; комплексный подход; сознание человека; нанoeлектроника.

THEORY OF BRAIN FUNCTIONING AS AN OBJECT OF ELECTRONICS

I. I. Abramov
(Plenary Report)

*Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, P. Brovki str., 6,
220013 Minsk, Belarus
Corresponding author: I. I. Abramov (nanodev@bsuir.edu.by)*

The report provides an overview of the author's works related to the brain as an object of electronics. The following issues are considered: the proposed full electronic interpretation of brain operation and a complex hierarchical approach to its research; human consciousness; prospects and problems of creating a superintelligence; the possibility of artificial realization of consciousness; is it possible to understand the psychology of animals was considered; prospects of nanoelectronics, nanomaterials and nanotechnologies in research and medicine of the human brain.

Key words: brain; full electronic interpretation; integrated approach; human consciousness; nanoelectronics.

ВВЕДЕНИЕ

Интерпретация мозга как объекта органической гибридной нанoeлектроники впервые прозвучала в ответе автора на вопрос о достижениях в области нанoeлек-

троники на 11-й Международной конференции «СВЧ-техника и телекоммуникационные технологии», КрыМиКо'2001, Севастополь, 10–14 сентября 2001 г. Впоследствии в пленарных докладах на трех международных конференциях, монографиях [1, 2] и цикле статей [3–6] были описаны полная электронная интерпретация функционирования мозга и комплексный иерархический подход его исследования

В дальнейшем рассмотрены и другие важные вопросы связанные с отмеченными выше, а именно: сознание человека и «квалиа»; перспективы и проблемы создания сверхума; возможность искусственной реализации сознания и понимания психики животных, а также перспективы использования нанoeлектроники, наноматериалов и нанотехнологий в исследовании и медицине мозга человека.

ТЕОРИЯ

Рассмотрим сначала суть полной электронной интерпретации. В ее основе лежит гипотеза 1: считается, что доминирующее влияние на функционирование мозга оказывают электрические процессы. Предполагается, что обработка информации в мозге идет в основном на уровне электрических процессов. Химические процессы обеспечивают питание нейронных цепей мозга и их модификацию. Было показано, что *вся* нейронную цепь мозга можно рассматривать в качестве нелинейной электрической цепи первого типа. Следовательно, речь идет об органической гибридной электронике. Интегральная схема (ИС) – электрическая цепь второго типа – самый близкий аналог. В результате сравнительного анализа цепей I и II типов были установлены наиболее важные различия: 1) нейронная цепь I типа реализована на органических материалах, ИС – на неорганических; 2) в цепях I типа основной является ионная проводимость, в ИС – электронная и дырочная; 3) ключевыми активными элементами в нейронных цепях являются каналы (ионные каналы, ионные насосы и др.) с характеристическими размерами в нанометровом диапазоне. Поэтому речь идет об органической гибридной нанoeлектронике. В ИС основными активными элементами являются диоды и транзисторы. Подчеркну, что видов и разновидностей каналов существенно больше, чем диодов и транзисторов; 4) нейронная цепь характеризуется очень сложной топологией и вариацией свойств даже однотипных элементов (тела клеток, аксоны, дендриты, синапсы и др.). Самым существенным, однако, является то, что нейронные (электрические) цепи могут модифицироваться, т.е. обладают пластичностью.

Предложенная полная электронная интерпретация позволила рассмотреть, как приблизительно функционирует мозг [1–6]. Было выделено три типа режима работы мозга как набора электрических цепей первого типа: 1) при внешнем воздействии; 2) без внешнего воздействия (внутренний); 3) смешанный. При этом все конкретные режимы функционирования мозга, а именно: восприятие, воспоминание, мышление и другие психические функции, относятся к одному из выделенных типов. Любой специфический режим работы мозга является результатом прохождения сигналов по соответствующему набору нейронных цепей. Более того, интерпретация послужила основой для создания теории сознания человека [7–9] и квалиа [9]. Здесь акцентирую внимание лишь на ключевых моментах.

Суть теории удобно рассматривать на примере достаточно сложного режима функционирования мозга – осознанной обработки сенсорной информации. Согласно полной электронной интерпретации – это смешанный (третий тип) режим работы мозга. Строго говоря, при его анализе необходимо рассматривать всю систему: мозг – другие составляющие нервной системы – тело – окружающая среда. К сожалению, детальный

анализ явлений в такой системе невозможен, поэтому было проведено рассмотрение, в целом, на каждом из основных этапов процесса обработки информации.

Преобразования поступающей информации (сигналов) начинается сразу после попадания на рецепторы систем человека. После первичной обработки стимул (механический, оптический, тепловой, химический, электрический и другой), как правило, конвертируется в электрические сигналы. В дальнейшем они распространяются по нервной системе с постоянными преобразованиями из электрических в химические (например, в химических синапсах) сигналы, и наоборот. После поступления разобранной информации в мозг необходима ее реконструкция в нем же.

В статье [9] в качестве примера был детально рассмотрен случай, когда человек идет по улице. Обычно все происходит на подсознательном уровне (работает автоматическая система). Сигналы, проходящие по объединенной коалиции нейронов прогнозирования [9], и есть планирование. Далее происходит инициация действия и передача сигналов из мозга соответствующим системам для исполнения. Самое интересное происходит в другом случае. Предположим, что коалиция нейронов, хотя бы одной из сенсорных систем, сигнализирует об опасности. В данной ситуации происходит повышение активации и превышение порога осознания. При этом энергетический поток, проходящий по выделенной объединенной коалиции нейронов, автор считает осознанием [7, 9]. Отмечалось [9], что так как сознание является системным свойством прежде всего мозга человека, на процесс сознания в рассматриваемом случае может влиять не только ствол, кора, но и структуры, ответственные за эмоции, речь и др. Важно также то, что коалиция нейронов осознания может не совпадать с коалицией прогнозирования, так как происходит при измененной активации. Таким образом, был сделан вывод [9]: осознание человека – главный доминирующий процесс энергетической реконструкции в соответствующей коалиции нейронов в оптимальном диапазоне активации бодрствующего состояния человека.

Несмотря на большое разнообразие возможных вариантов, при обработке информации в мозге общей и главной закономерностью являются преобразования сигналов и энергетические реконструкции [9]. На этой методологической основе проанализирована связанная с сознанием проблема «квалиа», т.е. чувственных переживаний человека [9]. С этой целью был в деталях рассмотрен ставший классическим пример ощущения «красного».

Созданная теория функционирования мозга может быть отнесена к монистической материалистической теории сознания эмерджентного типа [7, 9, 10].

КОМПЛЕКСНЫЙ ПОДХОД

Принципиально важным является вопрос об уровне интеграции М мозга человека как объекта электроники. Традиционно в микро- и нанoeлектронике оценка проводится по числу активных элементов. Такими в мозге человека являются каналы (ионные каналы, ионные наносы и др.), которых гораздо больше, чем нейронов. По грубой оценке автора М лежит в диапазоне $10^{17} \dots 10^{21}$. Потребляемая мозгом с отмеченным уровнем интеграции мощность всего около 20 Вт дополнительно свидетельствует в пользу того, что мы имеем дело именно с нанoeлектроникой. В статье [9] было показано, что характер обработки информации в мозге и природы жизни общий – аналого-цифровой. Как анализировать мозг, как устройство аналого-цифровой электроники, такого фантастического уровня интеграции?

Полная электронная интерпретация функционирования мозга послужила базой предложенного комплексного иерархического подхода его исследования. Подход основан на многоуровневом моделировании в сочетании с экспериментальными методами [1, 2, 5, 10–12], и подобен используемому в твердотельной микро- и нано-электронике [13]. Для его разработки потребовалось принять еще две гипотезы: о достаточности квантовой механики (гипотеза 2) и о том, что описание с ее помощью относится к труднорешаемым задачам класса NP (гипотеза 3). Поэтому для реализации подхода необходимы приближения, причем серьезные. Основные идеи подхода в следующем: 1) Согласно полной электронной интерпретации мозг можно рассматривать как набор нелинейных электрических цепей, а, следовательно, для его исследования могут использоваться, как и для ИС, принципы многоуровневого моделирования; 2) Анализ проблемы показывает, что моделирование мозга должно быть иерархическим в целом, и, в частности, т.е. в рамках одного уровня целесообразно применять иерархию моделей. При этом необходимо использовать самые различные методы и оборудование. Так как разбиение на уровни не может быть однозначным вследствие гипотезы 3, в работах [1, 2, 5] была описана одна из возможных схем реализации подхода. Для этих целей предложено использовать хорошо известное в нейробиологии разбиение на уровни организации нервной системы.

Осторожная оценка, проведенная в [1, 2, 5], показывает, что разработанный комплексный иерархический подход исследования мозга, в частности предложенная схема реализации подхода, даст положительные результаты при моделировании различных психических функций, включая мыслительную деятельность.

ДРУГИЕ ВОПРОСЫ

На предложенной методологической основе был рассмотрен ряд важных вопросов. Рассмотрим их.

Перспективы и проблемы создания сверхразума были проанализированы в статьях [11, 12, 14, 15]. Было выделено три направления создания сверхразума: 1) материалистическое; 2) идеалистическое и 3) гибридное. Было показано, что если и будут созданы компактные системы сверхразума, то, скорее всего, это произойдет в рамках гибридного направления.

Детально пессимистические и оптимистические прогнозы развития событий были рассмотрены в [15]. Основные выводы приведены в [11, 12], а именно: 1) так как практически невозможно предсказать поведение сверхразума, особое внимание необходимо уделить методам контроля над ним. К сожалению, уничтожение человечества сверхразумом не является невероятным сценарием развития событий. В связи с этим, перспективу, по-видимому, представит использование целого комплекса, иерархии методов контроля сверхразума, вплоть до его уничтожения; 2) особое беспокойство вызывает использование искусственного интеллекта в различных системах вооружений; 3) наивно полагать, что сверхразум, если он будет создан, не будет допускать ошибок. Это может происходить вследствие отсутствия у него, хотя бы иногда, полных исходных данных. И тем не менее, создание сверхразума будет величайшим достижением человечества, так как поможет решить ряд серьезных проблем, в частности, освоения Вселенной, разработки методов лечения некоторых пока непобежденных болезней человека и др.

Возможности искусственной реализации сознания и понимания психики животных были проанализированы в статьях [16, 17]. В результате были сформированы еще две

гипотезы о возможностях искусственной реализации сознания (гипотеза 4) и понимания психики животных (гипотеза 5), но приближенно, т.е. не в полном объеме.

Учитывая описанные интерпретации мозга как объекта органической гибридной наноэлектроники и комплексный иерархический подход его исследования, особую перспективу представляет масштабное применение достижений наноэлектроники, наноматериалов и нанотехнологий (нанонаук в целом) для исследования и лечения мозга человека. Этот вопрос подробно рассматривался в пленарном докладе автора на 25-й Международной конференции «СВЧ-техника и телекоммуникационные технологии», КрыМиКо'2015, Севастополь, 6–12 сентября 2015г. в дальнейшем опубликованном в статье [10]. Выделю лишь основные моменты.

Предложенная интерпретация позволила связать психические заболевания с отклонением функционирования электрических (нейронных) цепей мозга от нормальных режимов работы. Отклонения могут быть вызваны следующими основными факторами и их совместным влиянием [10]: 1) связанные с разрушением цепей; 2) вызванные неправильными связями функционирующих цепей; 3) определенные изменением конструктивно-технологических и электрофизических параметров цепей, включая биохимические процессы в них. Отмечу, что индивидуальность нейронных цепей фактически и является предопределяющей материальной основой субъективности [10], а следовательно, и психических заболеваний.

Показано, что важным направлением при лечении психических заболеваний и исследовании мозга может стать использование различных достижений в области наноэлектроники, наноматериалов, нанотехнологий (нанонаук в целом).

Были выделены основные задачи, которые могут решаться с применением этих достижений, а именно [10]: 1) исследование; 2) лечение; 3) диагностика; 4) мониторинг; 5) контроль нейронных цепей и других составляющих мозга. Следовательно, стратегическим направлениями должны стать разработки новых инструментария и методов лечения, так как для них в настоящее время характерен общий недостаток – грубость [10].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В докладе приведен обзор работ автора, связанных с мозгом человека как объектом электроники, в частности органической гибридной наноэлектроники. На этой основе предложена достаточно адекватная теория сознания человека и квалиа. Был выделен главный принцип функционирования мозга – преобразований сигналов и энергетических реконструкций. Описан комплексный иерархический подход в сочетании с экспериментальными методами исследования мозга. На разработанной методологической основе рассмотрены также следующие важные вопросы: перспективы и проблемы созданий сверхразума; возможность искусственной реализации сознания и понимания психики животных; перспективы использования наноэлектроники, наноматериалов и нанотехнологий в исследовании и медицине мозга человека.

БЛАГОДАРНОСТИ

Автор считает своим приятным долгом выразить искреннюю признательность моей ученице Н. В. Коломейцевой за подготовку рукописи работы к печати.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЕ ССЫЛКИ

1. Абрамов, И. И. Мозг как объект электроники / И.И. Абрамов – Saarbrücken: LAP LAMBERT Academic Publishing, 2012. – 80 с.
2. Abramov, I. I. Brain as an Object of Electronics / I. I. Abramov – LAP LAMBERT Academic Publishing, Saarbrücken, Germany, 2013. – 76 p.
3. Абрамов, И. И. Мозг – объект органической гибридной наноэлектроники, или взгляд со стороны. Часть I / И.И. Абрамов // Нано- и микросистемная техника. – 2013. № 1. – С. 52–54.
4. Абрамов, И. И. Мозг – объект органической гибридной наноэлектроники, или взгляд со стороны. Часть II / И.И. Абрамов // Нано- и микросистемная техника. – 2013. – № 3. – С. 45–53.
5. Абрамов, И. И. Мозг – объект органической гибридной наноэлектроники, или взгляд со стороны. Часть III / И.И. Абрамов // Нано- и микросистемная техника. – 2013. – № 5. – С. 45–54.
6. Абрамов, И. И. Мозг – объект органической гибридной наноэлектроники, или взгляд со стороны. Часть IV / И.И. Абрамов // Нано- и микросистемная техника. – 2013. – № 6. – С. 49–53.
7. Абрамов, И. И. Сознание человека, или возможности электроники. Часть I / И.И. Абрамов // Нано- и микросистемная техника. – 2018. – Т. 20, № 5. – С. 308–320.
8. Абрамов, И. И. Сознание человека, или возможности электроники. Часть II / И.И. Абрамов // Нано- и микросистемная техника. – 2018. – Т. 20, № 6. – С. 368–384.
9. Абрамов, И. И. Сознание человека, или возможности электроники. Часть III / И.И. Абрамов // Нано- и микросистемная техника. – 2019. – Т. 21, № 9. – С. 555–574.
10. Абрамов, И. И. Перспективы использования наноэлектроники, наноматериалов и нанотехнологий в исследовании и медицине мозга человека / И.И. Абрамов // Нано- и микросистемная техника. – 2016. – Т. 18, № 1. – С. 49–64.
11. Abramov, I. I. Artificial intelligence will never completely replace humans / I. I. Abramov // Russian Microelectronics. – 2022. – V. 51, N 6. – P. 376–386.
12. Абрамов, И. И. Искусственный интеллект никогда не заменит полностью человека / И.И. Абрамов // Микроэлектроника. – 2023. – Т. 52, № 1. – С. 20–31.
13. Абрамов, И.И. Основы моделирования элементов микро- и наноэлектроники / И.И. Абрамов – Saarbrücken: LAP LAMBERT Academic Publishing, 2016. – 444 с.
14. Абрамов И. И. Перспективы и проблемы создания сверхума. Часть I / И.И. Абрамов // Нано- и микросистемная техника. – 2020. – Т. 22, № 1. – С. 46–56.
15. Абрамов И. И. Перспективы и проблемы создания сверхума. Часть II / И.И. Абрамов // Нано- и микросистемная техника. – 2020. – Т. 22, № 2. – С. 112–120.
16. Абрамов, И. И. Возможна ли искусственная реализация сознания? / И.И. Абрамов // Нано- и микросистемная техника. – 2023. – Т. 25, № 1. – С. 42–48.
17. Абрамов, И. И. Проблемы аналогий и нейровизуализации в исследовании психики животных / И.И. Абрамов // Нано- и микросистемная техника. – 2024. – Т. 26, № 1. – С. 52–56.