

PERSPECTIVES OF USE OF NANOELECTRONICS, NANOMATERIALS AND NANOTECHNOLOGIES FOR HUMAN BRAIN MEDICINE

Abramov I. I.

*Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics
6, P. Brovki str., Minsk-220013, Belarus
tel.: +375-17-293-8877, e-mail: nanodev@bsuir.edu.by*

Abstract — Perspectives of use of nanoelectronics, nanomaterials and nanotechnologies for study of a human brain, in particular within the proposed approach based on full electronic interpretation of its operation, are estimated. The main projects of the USA and EU for studying of a human brain (BRAIN Initiative and Human Brain Project) are analyzed.

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НАНОЭЛЕКТРОНИКИ, НАНОМАТЕРИАЛОВ И НАНОТЕХНОЛОГИЙ В МЕДИЦИНЕ МОЗГА ЧЕЛОВЕКА

Абрамов И. И.

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
Минск, П. Бровки 6, 220013, Беларусь
тел.: +375-17-293-88-77, e-mail: nanodev@bsuir.edu.by*

Аннотация — Оценены перспективы использования нанoeлектроники, наноматериалов и нанотехнологий в исследованиях мозга человека, в частности в рамках предложенного подхода на основе полной электронной интерпретации его функционирования. Проанализированы главные программы США и стран ЕС по изучению мозга человека – BRAIN Initiative и Human Brain Project.

I. Введение

Фантастическим по сложности объектом во Вселенной является мозг человека. Так, число нейронов мозга 10^{10} – 10^{12} , число синапсов 10^{14} – 10^{15} , еще большее число ионных каналов и молекул (около 10^{22} на 1 см^3), являющихся ключевыми структурами. Особенным результатом функционирования этой суперсложной системы и является сознание – главная загадка Природы.

Целью данной работы является анализ перспектив использования нанoeлектроники, наноматериалов и нанотехнологий в исследованиях мозга человека, а также главных программ США и стран ЕС по его изучению – BRAIN Initiative и Human Brain Project.

II. Программы США и стран ЕС исследования мозга

Приблизительно одновременно в 2013 году было объявлено о начале двух грандиозных по масштабам и амбициозных по целям программ США и стран ЕС исследований мозга человека.

The BRAIN (Brain Research through Advancing Innovative Neurotechnologies) Initiative была анонсирована президентом США Б. Обамой в апреле 2013 года [1] с объемом финансирования до 3 миллиардов долларов из федерального бюджета. Инициатива была названа одним из "Великих Вызовов". Ожидается, что она будет более масштабной и сложной по сравнению с Human Genome Project. Одним из основных направлений будет картирование всех связей нейронов мозга человека (создание коннектома человека). Полагается, что с помощью коннектома мозга можно будет сначала разобраться во многих психических заболеваниях (болезнь Альцгеймера,

болезнь Паркинсона, шизофрения, слабоумие и др.), а впоследствии и лечить их. Предтечей этой инициативы являлся Human Connectome Project, осуществляемый Национальным институтом здоровья США [2]. Составление карты начали с нервной системы червя (*C. elegans*), содержащей всего 7 тысяч связей. Замечу, что коннектом человека приблизительно в 100 миллиардов раз больше.

The Human Brain Project (HBP) анонсирован Европейской комиссией практически одновременно с объемом финансирования около 1,2 миллиардов евро. Понимание мозга человека в программе названо "одним из величайших вызовов науки 21-го века" [3]. HBP включает 13 подпрограмм. Одним из основных направлений будет создание модели человеческого мозга на транзисторах (поведение нейронов имитируется при помощи транзисторов) с привлечением суперкомпьютеров. Данный подход фактически является нейрокибернетическим.

В целом, отмеченные подходы являются своеобразным "движением навстречу друг другу" и не возникли на пустом месте, а являются продолжением ранее выполняемых и известных проектов, а именно [4]: Human Connectome Project, Blue Brain, фирмы IBM, Allen Human Brain Atlas и др.

В докладе проведен анализ подходов (теорий), используемых в программах. С одной стороны, отмечаются важные вопросы, которые в них не учитываются, а с другой, – очень длительный (десятилетия) процесс исследования непосредственно мозга человека. Так, при создании коннектома даже червя потребовалось десятилетие [2]. Для создания модели человеческого мозга на колоссальном числе транзисторов в настоящее время не существует суперкомпьютеров требуемой производительности. Есть сомнения и у самих авторов некоторых теорий. Кроме того, серьезную проблему представляют просто чудовищные объемы получаемой информации.

* Автор использует здесь более верный по смыслу перевод на русский язык не "проект", а "программа".

III. Подход на основе полной электронной интерпретации функционирования мозга

В докладах автора на международных конференциях "Нанотехнологии – 2012", КрыМиКо'2012 и "Micro- and Nanoelectronics – 2012", монографиях [5,6] и цикле статей [7 – 10] описан комплексный иерархический подход исследования мозга человека, основанный на многоуровневом моделировании в сочетании с экспериментальными методами, в рамках полной электронной интерпретации его функционирования. Учитывая то, что предложенные интерпретация и комплексный подход достаточно подробно описаны в работах [5 – 10], здесь отмечу лишь следующее: нейронные цепи мозга могут рассматриваться (интерпретироваться) в качестве нелинейных электрических цепей, которые характеризуются не только сложной топологией, но и вариацией свойств составляющих их казалось бы однотипных элементов (тела клеток, аксоны, дендриты, синапсы и др.).

В докладе показывается, что интерпретация и комплексный подход автора являются более гибкими по сравнению с отмеченными ранее подходами (см. п. II), а также позволяют установить основные недостатки последних. Показано, что в рамках комплексного подхода при моделировании допустимо учесть различные дополнительные эффекты, которые могут быть важны при функционировании нейронных цепей мозга, а именно: влияние глиальных клеток, которых приблизительно в десять раз больше, чем нейронов; влияние объемных токов [11], а также возможные модификации цепей при прохождении по ним электрических сигналов, например, при воспоминаниях, а также отмеченные в [5,6] и другие "паразитные" и "тонкие" эффекты.

В соответствии с предложенной интерпретацией психические заболевания можно связать с отклонением функционирования электрических (нейронных) цепей мозга от нормальных. Они могут быть вызваны множеством факторов. Анализ показал, что к основным, по-видимому, следует отнести: 1) связанные с разрушением цепей; 2) вызванные неправильными связями функционирующих цепей; 3) определяемые изменением конструктивно-технологических и электрофизических параметров цепей [5,6], включая биохимические процессы в них. В целом, эти и, возможно, другие факторы и приводят к изменениям (отклонениям от нормальных) электрических режимов функционирования цепей.

Итак, главным направлением при лечении психических заболеваний должно быть восстановление нормального функционирования поврежденных вследствие отмеченных факторов электрических (нейронных) цепей мозга или иная корректировка их работы. Как это сделать?

Для этого, конечно же, могут использоваться традиционные методы лечения медицины. Учитывая интерпретацию мозга как объекта органической гибридной наноэлектроники [5 – 10], позволяющую по новому взглянуть на его функционирование, качественно новые возможности откроются при масштабном применении достижений наноэлектроники, наноматериалов и нанотехнологий (нанонаук в целом). Основными направлениями могут стать: 1) исследование; 2) лечение; 3) диагностика; 4) мониторинг и 5) контроль нейронных цепей мозга человека.

В докладе отмечено и проанализировано ряд различных возможностей для этого. Сделано несколько новых предложений. Так, с использованием различных наноприборов (нанопроволок, нанотрубок, наноэлектродов, наносенсоров и др.) можно будет "подключаться" к любой локальной области (точке) электрической (нейронной) цепи мозга практически без разрушений с целью корректировки и восстановления (лечения и протезирования) их работы, исследования и диагностики. При лечении перспективно применение различных нанокапсул с лекарственными препаратами и другими веществами, а для диагностики – люминесцентных нанометок. С целью их доставки в строго определенное место возможно использование нанорадио. Оно же может применяться для мониторинга и контроля не только нейронных цепей мозга, но и других систем мозга (кровеносной и др.).

IV. Заключение

До тех пор пока не будет создана общепризнанная и верная теория функционирования мозга, вряд ли какая-нибудь одна стратегия (подход) его исследования приведет к полномасштабному успеху. Хотя автор и считает предложенные интерпретацию и комплексный подход наиболее правильными и гибкими по сравнению с известными, на данном этапе необходимо развивать и применять разнообразные стратегии, что обязательно приведет к более глубокому пониманию функционирования мозга и, как следствие, к успеху в лечении самых различных психических заболеваний человека. В целом, задача здесь очень тяжелая и трудоемкая и, по-видимому, растянется на десятилетия, если не больше. Существенный, качественный прогресс и ускорение в исследовании мозга человека будет сделан с применением нанонаук, в частности наноэлектроники, наноматериалов и нанотехнологий.

V. References

- [1] <https://www.whitehouse.gov/BRAIN>
- [2] Seung S. Connectome: How the Brain's Wiring Makes Us Who We Are. New York: Houghton Mifflin Harcourt. 2012. 384 p.
- [3] <https://www.humanbrainproject.eu>
- [4] Kaku M. The Future of the Mind: The Scientific Quest to Understand, Enhance, and Empower the Mind. New York: Doubleday Publishers. 2014. 400 p.
- [5] Abramov I. I. Brain as an Object of Electronics. LAP LAMBERT Academic Publishing, Saarbrücken, Germany. 2012. 80 p. (Russian edition).
- [6] Abramov I. I. Brain as an Object of Electronics. LAP LAMBERT Academic Publishing, Saarbrücken, Germany. 2013. 76 p. (English edition).
- [7] Abramov I. I. The Brain is an Object of Organic Hybrid Nanoelectronics, or Another Point of View. Part I. Nano- i Mikrosistemnaya Tehnika, 2013, No 1, p. 52-54.
- [8] Abramov I. I. The Brain is an Object of Organic Hybrid Nanoelectronics, or Another Point of View. Part II. Nano- i Mikrosistemnaya Tehnika, 2013, No 3, p. 45-53.
- [9] Abramov I. I. The Brain is an Object of Organic Hybrid Nanoelectronics, or Another Point of View. Part III. Nano- i Mikrosistemnaya Tehnika, 2013, No 5, p. 45-54.
- [10] Abramov I. I. The Brain is an Object of Organic Hybrid Nanoelectronics, or Another Point of View. Part IV. Nano- i Mikrosistemnaya Tehnika, 2013, No 6, p. 49-53.
- [11] Revonsuo A. Consciousness. The Science of Subjectivity. Hove and New York: Psychology Press, Taylor & Francis Group. 2010. 324 p.