

## ОТЗЫВ

на диссертацию Богатенко Татьяны Романовны на тему:

«Колебательные процессы в малых ансамблях связанных моделей нейронов»,  
представленную на соискание ученой степени кандидата наук по специальности 1.3.4 —  
Радиофизика

В настоящее время исследование коллективной динамики связанных нелинейных осцилляторов является одним из значимых направлений современной радиофизики и нелинейной динамики. Особый интерес в этой области представляют модели биологических нейронов, поскольку они позволяют исследовать механизмы возникновения регулярных, квазипериодических и хаотических режимов, а также различные формы синхронизации в нейронных ансамблях. При этом малые ансамбли связанных нейронов являются удобным и методологически важным объектом исследования, так как дают возможность подробно проследить влияние отдельных параметров, начальных условий, топологии и силы связи на характер возникающих колебательных процессов.

Автореферат диссертации Богатенко Татьяны Романовны посвящен исследованию динамики малых ансамблей связанных моделей нейронов Ходжкина–Хаксли. В работе рассматривается влияние индивидуальных параметров нейронов, внешнего тока, начальных условий, периодического воздействия, топологии и силы связи на синхронизацию и формирование сложных динамических режимов. Отдельное место занимает задача поиска таких параметров малых нейронных сетей, при которых модельные сигналы имеют спектральные свойства, качественно сходные с экспериментальными сигналами ЭЭГ/ЭКоГ. Согласно автореферату, диссертация включает введение, три главы, заключение и список литературы, содержит 111 страниц, 44 иллюстрации и 138 источников. По теме диссертации опубликовано 8 статей в реферируемых журналах, входящих в Web of Science, Scopus, РИНЦ и перечень ВАК, 3 статьи в сборниках конференций, а также получено 3 свидетельства о государственной регистрации программ для ЭВМ.

В диссертационной работе получен ряд результатов, представляющих научный интерес. Для двух связанных нейронов Ходжкина–Хаксли выявлены режимы синхронизации в зависимости от силы связи, внешнего тока и начальных условий, в том числе показана возможность синхронизации не только в автоколебательном, но и в возбуждимом режиме. Также установлены случаи бистабильности, при которых один режим

может подавлять другой в зависимости от значений параметров и начальных условий. Важным результатом является исследование влияния внешнего периодического воздействия на один из двух связанных нейронов. Показано, что такое воздействие может приводить к возникновению квазипериодических и хаотических режимов, а также к их последующей взаимной синхронизации. С учетом построенных карт режимов этот результат важен для понимания механизмов формирования сложной динамики в малых связанных системах. В работе также исследованы ансамбли из трех и семи связанных нейронов. Для них обнаружены и исследованы режимы полной и частичной синхронизации, а также различные типы динамики, включая возбудимые режимы, спайковые поезда, периодические, квазипериодические и хаотические колебания. Важным результатом является то, что сложные режимы в таких ансамблях могут возникать без внешнего сложного воздействия, только за счет внутренней топологии сети, значений параметров элементов и силы связи. Это показывает важную роль структуры малой сети в формировании коллективной динамики. Также отдельно отмечу прикладную значимость диссертации, связанная с сопоставлением модельных сигналов с экспериментальными данными ЭЭГ/ЭКоГ. Богатенко Т.Р. показана возможность генерации малыми сетями нейронов Ходжкина–Хаксли сигналов, спектральные характеристики которых качественно сопоставимы с экспериментальными электрофизиологическими сигналами. Кроме того, в автореферате описано применение метода K-Means к спектральным данным экспериментальных сигналов для определения степени анестезии лабораторного животного.

Работа имеет преимущественно фундаментальное значение. Она вносит вклад в развитие представлений о синхронизации, бистабильности, влиянии начальных условий, силы связи и топологии на динамику малых ансамблей нелинейных осцилляторов. Практическая значимость связана с разработкой программных комплексов на C и Matlab/Octave, использованием результатов в учебном процессе, а также с возможностью применения предложенных подходов при анализе экспериментальных сигналов ЭЭГ/ЭКоГ.

При этом можно отметить ряд замечаний на данную работу:

1. При описании квазипериодических и хаотических режимов не указано явно какие количественные критерии использовались для их различения.
2. При анализе синхронизации широко используется коэффициент корреляции Пирсона. Однако стоит пояснить, насколько этот показатель достаточен для характеристики синхронизации в нелинейных, квазипериодических и хаотических режимах.

3. Сравнение модельных сигналов с экспериментальными данными ЭЭГ/ЭКоГ в автореферате описано как качественное, однако количественное сравнение проведено не было.
4. В части, связанной с применением метода K-Means для определения степени анестезии, не хватает сведений о качестве классификации, устойчивости результатов к инициализации алгоритма и проверке на независимых данных.

Указанные замечания не снижают общего положительного впечатления от работы и не ставят под сомнение научную значимость полученных результатов.

Автореферат отражает содержание завершенного диссертационного исследования, посвященного актуальной задаче радиофизики и нелинейной динамики — исследованию колебательных процессов, синхронизации и сложных режимов в малых ансамблях связанных моделей нейронов. Основные результаты работы являются научно обоснованными, опубликованы в рецензируемых изданиях и прошли достаточную апробацию на научных конференциях.

Диссертация Богатенко Татьяны Романовны удовлетворяет всем требованиям пп. 9-11, 13, 14 действующего «Положения о присуждении учёных степеней», утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 № 842, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а автор работы заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.4. — Радиофизика. Старший научный сотрудник Альметьевского государственного технического университета – высшей школы нефти

кандидат физико-математических наук

Шепелев Игорь Александрович

E-mail: i.shepelev@agni-rt.ru

30.08.2026



Подпись Шепелева И. А.  
удостоверяется 30.08.2026  
Начальник отдела кадров  
АГТУ ВШН Норд Норкин Р. А.