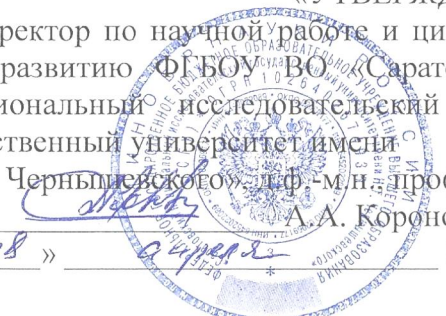


«УТВЕРЖДАЮ»
Проректор по научной работе и цифрово-
му развитию ФГБОУ ВО «Саратовский
национальный исследовательский госу-
дарственный университет имени
Н.Г. Чернышевского» д.ф.-м.н., профессор
А.А. Короновский
« 18 » _____ 2025 г.



ОТЗЫВ

ведущей организации Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н.Г. Чернышевского» на диссертационную работу Ермолаевой Анастасии Викторовны «Генерация и распространение шумоиндуцированных электрохимических сигналов в нейрон-астроцитарных системах», представленную на соискание учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.4. – Радиофизика

Диссертационная работа Ермолаевой А.В. посвящена исследованию эффектов генерации и распространения шумоиндуцированных электрических и химических импульсных сигналов, формируемых в мозге за счёт нейрон-астроцитарного взаимодействия. Исследование механизмов передачи сигналов в нейронных сетях мозга представляет собой одну из приоритетных задач современной науки. В последние годы было показано, что глиальные клетки, в частности астроциты, способны воздействовать на передачу сигналов между нейронами. В диссертационной работе исследуются механизмы генерации и распространения кальциевых сигналов в отростке астроцита, а также механизмы астроцит-индуцированной передачи сигналов в нейрон-астроцитарных сетях. Тема диссертации, несомненно, является актуальной, что подтверждается большим объёмом публикаций в научной литературе, посвящённой нейродинамике.

Диссертационная работа Ермолаевой А.В. изложена на 103 страницах машинописного текста, включающего 23 рисунка. Структура диссертации классическая, содержит введение, обзор литературы, три главы, заключение и список литературы, включающий 160 источников.

Во введении обоснована актуальность диссертационной работы, сформулирована её цель и задачи, отражена научная новизна работы, а также её теоретическая и практическая значимость, приведены положения, выносимые на защиту.

В первой главе предложена пространственно-распределённая модель отростка астроцита, и исследованы процессы генерации и распространения спонтанных шумоиндуцированных кальциевых сигналов в астроцитарном отростке.

Во второй главе разработана модель малого ансамбля двунаправленно взаимодействующих нейроноподобных и кальциевых осцилляторов, и исследована роль механизмов астроцитарной регуляции передачи сигналов в нейронных сетях в процессах формирования синхронизации активности нейронов.

Третья глава посвящена исследованию влияния мультипликативного шума и астроцитарной регуляции передачи сигналов между нейронами на процессы формирования пространственно-временных структур активности в модели нейрон-астроцитарной сети.

В заключении приведены основные результаты диссертационной работы.

Научная новизна работы определяется достигнутыми при выполнении научного исследования результатами:

- впервые исследовано влияние локальной электрохимической активности, обусловленной морфологическим строением клетки, на характеристики шумоиндуцированных кальциевых автоволн в астроцитарном отростке;

- показано, что воздействие астроцитов на динамику нейронных осцилляторов приводит к регуляризации активности нейронного ансамбля, при этом профиль этой активности коррелирован с пространственным профилем кальциевого сигнала;

- впервые показано, что двунаправленное взаимодействие сети астроцитов с сетью нейроноподобных осцилляторов ФитцХью-Нагумо под действием мультипликативного шума приводит к самоорганизации пространственно-временных структур активности в сетях за счёт астроцитарной регуляции активности нейроноподобного осциллятора.

Основные положения диссертации неоднократно докладывались и обсуждались на всероссийских и международных конференциях. По теме диссертации автором опубликовано 14 работ: 5 статей в изданиях, рекомендованных ВАК и индексируемых в международных базах данных Web of Science, Scopus; 7 тезисов докладов в сборниках трудов научных конференций; 2 свидетельства о государственной регистрации программ для ЭВМ. Автореферат диссертации полностью раскрывает содержание диссертации.

Достоверность и обоснованность научных положений и выводов, сформулированных в диссертации, подтверждается сопоставлением с результатами экспериментальных исследований нейробиологов. Результаты диссертационной работы согласуются с современными научными представлениями и данными, полученными при обзоре отечественных и зарубежных источников. Полученные автором диссертации результаты имеют большую теоретическую и практическую значимость, а разработанные математические модели могут быть использованы для интерпретации результатов экспериментальных исследований в области нейрофизиологии.

Диссертация написана чётким, понятным языком и хорошо оформлена. Вместе с тем, по диссертации имеется ряд вопросов и замечаний:

1. В работе представлены численные модели, но не всегда ясно, насколько их предсказания соответствуют реальным экспериментальным данным. Например, какова погрешность в оценке скорости распространения кальциевых волн в астроцитах?
2. В работе подчеркивается роль шума в динамике нейрон-астроцитарных систем. Однако не до конца ясно, как именно параметры шума (например, интенсивность) были выбраны и валидированы. Какие экспериментальные данные подтверждают эти предположения?
3. В третьей главе диссертации особое внимание уделяется влиянию мультипликативного шума на формирование пространственно-временных структур активности в нейрон-астроцитарных системах. Почему в контексте изучения нейрон-астроцитарных взаимодействий рассматривается именно мультипликативный шум, так как кажется, что в натурной биологической системе можно ожидать всевозможные способы шумового воздействия?
4. В уравнении для кальциевого насоса отсутствует концентрация АТФ, т.е. модель предполагает постоянный уровень АТФ внутри астроцита. В работе следовало подробнее обсудить обоснованность этого предположения.
5. Во второй главе следовало бы подробнее обосновать выбор архитектуры нейронной сети, так как это, очевидно, влияет на результаты исследования.

Следует подчеркнуть, что высказанные замечания и вопросы не снижают общей высокой оценки выполненных исследований и не ставят под сомнение достоверность полученных результатов.

Заключение

Диссертационная работа Ермолаевой Анастасии Викторовны «Генерация и распространение шумоиндуцированных электрохимических сигналов в нейрон-астроцитарных

системах» представляет собой завершённую научно-квалификационную работу. Диссертация отличается высоким научным уровнем и вносит значимый вклад в развитие радиофизики.

Содержание работы соответствует отрасли физико-математические науки, специальности 1.3.4. – Радиофизика, а именно п.1 «Разработка физических основ генерации, усиления и преобразования колебаний и волн различной природы (электромагнитных, акустических, плазменных, механических), а также автоволн в неравновесных химических и биологических системах. Поиски путей создания высокоэффективных источников когерентного излучения миллиметрового, субмиллиметрового и оптического диапазонов, техническое освоение новых диапазонов частот и мощностей». Работа соответствует критериям, установленным требованиями пп. 9 – 11, 13, 14 действующего «Положения о присуждении учёных степеней», утверждённого постановлением Правительства Российской Федерации № 842 от 24.09.2013, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а её автор, Ермолаева Анастасия Викторовна, заслуживает присуждения ей степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.4. – Радиофизика.

Отзыв рассмотрен и утвержден на заседании кафедры динамического моделирования и биомедицинской инженерии ФГБОУ ВО «Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н.Г. Чернышевского», протокол № 4 от «31» марта 2025 года.

Отзыв составил:

Профессор, доктор физико-математических наук по специальности 05.13.18 - математическое моделирование, численные методы и комплексы программ, заведующий кафедрой динамического моделирования и биомедицинской инженерии ФГБОУ ВО «Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н.Г. Чернышевского»



Караваяев Анатолий Сергеевич

Подпись Караваяева Анатолия Сергеевича, профессора, доктора физико-математических наук по специальности 05.13.18 - математическое моделирование, численные методы и комплексы программ, заведующего кафедрой динамического моделирования и биомедицинской инженерии ФГБОУ ВО «Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н.Г. Чернышевского» заверяю.

Ученый секретарь
Учёного совета СГУ,
к.п.н.



Семенова В.Г.

Сведения о ведущей организации:

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н. Г. Чернышевского»

Почтовый адрес: 410012, Саратовская область, Саратов г, ул. Астраханская, д. 83

Телефон(факс): 8 (8452) 26-16-96

Адрес электронной почты: rector@sgu.ru

Адрес официального сайта в сети «Интернет»: <https://www.sgu.ru/>