

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.2.392.01,  
СОЗДАННОГО НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО  
БЮДЖЕТНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ Н.Г. ЧЕРНЫШЕВСКОГО»,  
МИНОБРНАУКИ РОССИИ, ПО ДИССЕРТАЦИИ  
НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ ДОКТОРА НАУК

аттестационное дело № \_\_\_\_\_  
решение диссертационного совета от 17.11.2023 № 40

О присуждении **Сысоевой Марине Вячеславовне**, гражданке Российской Федерации, учёной степени доктора физико-математических наук.

Диссертация «Математическое и радиофизическое моделирование эпилептической активности мозга» по специальностям 1.3.4. – Радиофизика и 1.5.2. – Биофизика принята к защите 20 июня 2023 года (протокол заседания № 34) диссертационным советом 24.2.392.01, созданным на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н.Г. Чернышевского» (ФГБОУ ВО «СГУ имени Н.Г. Чернышевского»), Минобрнауки России, 410012, г. Саратов, ул. Астраханская, 83, приказ Минобрнауки России о создании диссертационного совета от 15.02.2013 №75/нк; приказы об изменении состава совета от 15.12.2015 № 1598/нк-9, от 28.09.2016 № 1180/нк-52, от 15.02.2017 № 116/нк-38, от 26.01.2018 № 92/нк-50, от 17.04.2018 № 431/нк-26, от 23.11.2018 № 301/нк-66, от 24.09.2019 №873/нк-26; приказ об установлении полномочий совета от 03.06.2021 № 561-нк (Приложение 1/597); приказы об изменении состава совета от 15.10.2021 № 1046/нк-33 и от 23.05.2023 №1131/нк-39.

Соискатель, Сысоева Марина Вячеславовна, 18 ноября 1987 года рождения, диссертацию на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук «Особенности реализации метода причинности по Грейнджеру для исследования электроэнцефалограмм при абсансной эпилепсии» защитила в 2015 г. в диссертационном совете Д 212.243.05, созданном на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Саратовский государственный университет имени Н.Г. Чернышевского».

Работает в должности старшего научного сотрудника в Саратовском филиале федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт радиотехники и электроники им. В. А. Котельникова Российской академии наук.

В период подготовки диссертации соискатель работала ассистентом, затем доцентом на кафедре «Радиоэлектроника и телекоммуникации» федерального государственного бюджетного учреждения высшего образования «Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.».

Научные консультанты: консультанты:

Сысоев Илья Вячеславович, доктор физико-математических наук, доцент, профессор кафедры системного анализа и автоматического управления ФГБОУ ВО «СГУ имени Н.Г. Чернышевского»,

Купцов Павел Владимирович, доктор физико-математических наук, доцент, главный научный сотрудник Саратовском филиале федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт радиотехники и электроники им. В. А. Котельникова Российской академии наук, профессор кафедры «Приборостроение» федерального государственного бюджетного учреждения высшего образования «Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.».

Официальные оппоненты:

**Иванченко Михаил Васильевич**, доктор физико-математических наук, доцент, ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского» (г. Нижний Новгород), кафедра прикладной математики, заведующий кафедрой;

**Куркин Семён Андреевич**, доктор физико-математических наук, доцент, ФГАОУ ВО «Балтийский федеральный университет имени Иммануила Канта» (г. Калининград), ведущий научный сотрудник;

**Фрисман Ефим Яковлевич**, член-корреспондент РАН, доктор биологических наук, профессор, ФГБУН Институт комплексного анализа региональных проблем ДО РАН (г. Биробиджан), главный научный сотрудник, дали положительные отзывы на диссертацию.

**Ведущая организация** – ФГБОУ ВО «Ярославский государственный университет им. П. Г. Демидова» (г. Ярославль), в своем положительном отзыве, подписанном Глызиным Сергеем Дмитриевичем, доктором физико-математических наук (01.01.02), профессором, кафедра компьютерных сетей факультета

информатики и вычислительной техники, заведующим кафедрой, указала, что диссертационная работа Сысоевой М. В. представляет собой законченную научную работу большой сложности и объёма, содержащую решение крупной научной проблемы в области построения математических (в форме уравнений) и натуральных радиофизических моделей биологических объектов как нелинейных колебательных систем. Совокупность полученных в диссертации результатов можно квалифицировать как научное достижение. Диссертационная работа полностью удовлетворяет критериям, установленным пунктами 9-11, 13, 14 «Положения о присуждении учёных степеней», утверждённого постановлением Правительства РФ №842 от 24.09.2013, предъявляемым к диссертации на соискание учёной степени доктора наук, а её автор, Марина Вячеславовна Сысоева, заслуживает присуждение ей учёной степени доктора физико-математических наук по специальностям 1.3.4. «Радиофизика» и 1.5.2. «Биофизика».

Соискатель имеет 136 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации опубликована 41 работа, из них 1 монография, 23 статьи в рецензируемых журналах из списка ВАК, все из которых индексируются в базах данных Web of Science и/или Scopus (6 статей в журналах из группы Q1, 4 статьи – из группы Q2, 9 статей – из группы Q3 и 4 статьи – из группы Q4), 11 статей в сборниках трудов конференций, индексируемых Web of Science и/или Scopus; также по теме диссертации получено 6 свидетельств о государственной регистрации программы для ЭВМ.

Наиболее значительные научные работы по теме диссертации:

1. **Сысоева М. В.**, Медведева Т. М. Оптимизация параметров метода причинности по Грейнджеру для исследования лимбической эпилепсии // Известия вузов. Прикладная нелинейная динамика. 2018. Т. 26, № 5. С. 39-62.
2. Егоров Н. М., Пономаренко В. И., Сысоев И. В., **Сысоева М. В.** Имитационное моделирование эпилептиформной активности сетью нейроподобных радиотехнических осцилляторов // Журнал технической физики. 2021. Т. 91, № 3. С. 519-528.
3. Егоров Н. М., Пономаренко В. И., Мельникова С. Н., Сысоев И. В., **Сысоева М. В.** Общность механизмов возникновения безаттракторных колебательных режимов в радиотехнических моделях таламокортикальной сети мозга // Известия вузов. Прикладная нелинейная динамика. 2021. Т. 29, № 6. С. 927-942.

4. Egorov N. M., Kulminskiy D. D., Ponomarenko V. I., Sysoev I. V., **Sysoeva M. V.** Transient dynamics in electronic neuron-like circuits in application to modeling epileptic seizures // *Nonlinear Dynamics*. 2022. Vol. 108, no. 4. P. 4231-4242.
5. Egorov N. M., Sysoev I. V., Ponomarenko V. I., **Sysoeva M. V.** Complex regimes in electronic neuron-like oscillators with sigmoid coupling // *Chaos, Solitons & Fractals*. 2022. Vol. 160. P. 112171.
6. **Сысоева М. В.**, Кузнецова Г. Д., Сысоев И. В. Моделирование сигналов электроэнцефалограмм крыс при абсансной эпилепсии в приложении к анализу связанности между отделами мозга // *Биофизика*. 2016. Т. 61, № 4. С. 782-792.
7. **Сысоева М. В.**, Ситникова Е. Ю., Сысоев И. В. Таламо-кортикальные механизмы инициации, поддержания и прекращения пик-волновых разрядов у крыс WAG/Rij // *Журнал высшей нервной деятельности имени И.П. Павлова*. 2016. Т. 66, № 1. С. 103-112.
8. **Sysoeva M. V.**, Luttjohann A., van Luijtelaaar G., Sysoev I. V. Dynamics of directional coupling underlying spike-wave discharges // *Neuroscience*. 2016. Vol. 314. P. 75-89.
9. **Sysoeva M. V.**, Vinogradova L. V., Kuznetsova G. D., Sysoev I. V., van Rijn C. M. Changes in cortico-cortical and cortico-hippocampal network during absence seizures in WAG/Rij rats revealed with time varying Granger causality // *Epilepsy & Behavior*. 2016. Vol. 64. P. 44-50.
10. **Сысоева М. В.**, Виноградова Л. В., Перескис М., ван Рейн К. М., Сысоев И. В. Выявление изменений направленных межструктурных связей при лимбических судорогах, вызванных введением антагониста эндоканнабиноидных рецепторов, методом нелинейной причинности по Грейнджеру // *Журнал высшей нервной деятельности имени И.П. Павлова*. 2019. Т. 69, № 6. С. 752-767.

На автореферат диссертации поступило 11 положительных отзывов: из ФГБУН Главная астрономическая обсерватория РАН от д.т.н. (05.13.18 – Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ), д.ф.-м.н. (01.03.03 – Физика Солнца и 25.00.10 – Геофизика, геофизические методы поиска полезных ископаемых), заведующего сектором Математического моделирования Макаренко Н.Г.; из ФГБУН Институт радиотехники и электроники им. В.А. Котельникова РАН от д.ф.-м.н. (01.04.03 – Радиофизика), профессора РАН, ведущего научного сотрудника Кузьмина Л.В.; из ФИЦ Институт прикладной физики им. А.В. Гапонова-Грехова РАН от д.ф.-м.н. (01.04.03 – Радиофизика), заведующего лабораторией автовол-

новых процессов Яхно В.Г.; из ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского» от д.ф.-м.н. (01.04.03 – Радиофизика), профессора кафедры теории колебаний и автоматического регулирования радиофизического факультета Канакова О. И.; из ФГБУН Физический институт им. П.Н. Лебедева РАН от д.ф.-м.н. (03.00.02 – Биофизика), главного научного сотрудника лаборатории нелинейной динамики и теоретической биофизики Полежаева А.А.; из ФГБУН Институт проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова РАН от д.ф.-м.н. (03.00.02 – Биофизика), старшего научного сотрудника Ольшанского В.М.; из ФГБОУ ВО «Астраханский государственный технический университет» от д.т.н. (05.13.01 – Системный анализ, управление и обработка информации), доцента, заведующего кафедрой «Автоматизированные системы обработки информации и управления» Хоменко Т.В.; из ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный технический университет» от д.т.н. (05.13.01 – Системный анализ, управление и обработка информации), профессора, заведующего кафедрой «Системы автоматизированного проектирования и поискового конструирования» Щербакова М.В.; из ФГБУН Институт психологии РАН от д.б.н. (03.03.06 – Нейробиология), ведущего научного сотрудника лаборатории психофизиологии Горкина А.Г.; из ФГБОУ ВО «Уфимский университет науки и технологии» от к.б.н. (03.03.04 – Клеточная биология, цитология, гистология), доцента, доцента кафедры физиологии и общей биологии Института природы и человека Фёдоровой А.М. и д.б.н. (16.00.02 – Патология, онкология и морфология животных), доцента, заведующего кафедрой физиологии и общей биологии Института природы и человека Хисматуллиной З.Р.; из ФГБОУ ВО «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова» от к.б.н. (03.00.02 – Биофизика), доцента, ведущего научного сотрудника Института перспективных исследований мозга Ушакова В.Л.

В отзывах на автореферат сделаны замечания: а) об отсутствии экспериментов при реализации радиотехнической модели абсансных разрядов без АЦП/ЦАП для обеспечения связей между генераторами; б) об отсутствии в автореферате схем разработанных в работе нейронов и синапсов; в) об отсутствии указаний на точное месторасположение электродов; г) о целесообразности радиофизического моделирования эпилептической активности; д) об отсутствии обсуждения смыслового содержания преобразований входных сенсорных сигналов в изучаемых системах в нормальных режимах функционирования.

*Выбор официальных оппонентов обоснован их высокой квалификацией и высокой публикационной активностью в высокорейтинговых журналах в области ра-*

диофизики, теории колебаний и биофизики, что позволяет объективно определить и оценить научную и практическую значимость диссертационной работы. Выбор ведущей организации обосновывается её статусом одной из ведущих научных организаций Российской Федерации в области анализа колебательных процессов и синтеза сложных динамических систем, в том числе математических моделей биологических систем, её высоким авторитетом среди научно-исследовательских организаций, эффективно работающих над решением актуальных задач радиофизики и теории колебаний, что подтверждается большим количеством публикаций её сотрудников в высокорейтинговых журналах, а также отсутствием договорных отношений с соискателем. Выбор официальных оппонентов и ведущей организации удовлетворяет критериям, сформулированным в пп. 22 и 24 действующего «Положения о присуждении ученых степеней» от 24 сентября 2013 г. № 842.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

**разработаны** и адаптированы методы детектирования направленной связанности в мозге по записям временных рядов локальных потенциалов поля с учётом спектральных особенностей и нестационарности сигналов;

**исследованы** механизмы взаимодействия структур мозга как колебательных систем, приводящие к возникновению и поддержанию пик-волновых (абсансных) и лимбических эпилептических разрядов;

**предложена и реализована** новая парадигма построения моделей функционирования мозга в виде сетей колебательных систем, основанная на анализе многоканальных сигналов мозга в целях реконструкции связей и последовательного воспроизведения качественно и количественно свойств этих сигналов путём построения макромасштабных и мезомасштабных моделей сначала математических, затем радиофизических в SPICE симуляторах, затем натуральных;

**разработаны** макромасштабные модели, воспроизводящие амплитудно-частотные особенности, присущие экспериментальным временным рядам локальных потенциалов мозга, на основе классических автоколебательных систем – осцилляторов ван дер Поля с потенциалом Тоды, системы Рёсслера, классических моделей нейронов ФитцХью-Нагумо и Хиндмарш-Роуз;

**разработаны** мезомасштабные модели таламокортикальной и лимбической систем мозга, нацеленные на воспроизведение свойств патологической активности, преиктальную/постиктальную динамики; в моделях были реализованы различные механизмы переключения между нормальной и эпилептиформной активностью –

как за счёт переключения между аттракторами в модели, так и за счёт длинного переходного процесса, что позволило впервые для моделей такого рода проверить масштабируемость модели;

**разработаны** имитационные модели эпилептиформной активности, в которых удалось воспроизвести все основные режимы, ранее полученные в редуцированных математических моделях, как для эпилептической таламокортикальной подсети при абсансной эпилепсии, так и для генератора ритма лимбической эпилепсии;

**построены** радиофизические сетевые модели эпилептиформной активности для абсансных разрядов, исследование режимов в них показало существование длинных квазирегулярных переходных процессы той же природы, спектрального свойства и появляющихся на границах линии тех же бифуркаций, что и в математических моделях аналогичного размера;

**сконструирована** на основе сети натуральных моделей нейронов модель радиофизического генератора с перестраиваемой частотой, качественно и количественно воспроизводящего динамику изменений основной частоты ритма во время лимбической эпилепсии.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

**исследованы и описаны** на языке взаимодействующих колебательных систем процессы инициации, поддержания и завершения пик-волновых и лимбических эпилептических разрядов;

**установлено**, что переходные процессы в ансамблях связанных осцилляторов могут служить моделью активности мозга при эпилепсии, причём степень соответствия такой модели экспериментальным сигналам и процессам в мозге, реконструированным методами анализа направленной связанности, выше, чем у моделей, основанных на динамике на аттракторе, а именно: во-первых, более естественно (без дополнительных предположений о существовании не обнаруженной до сих пор системы управления разрядом) воспроизводится завершение разряда и распределение разрядов по длительности, во-вторых, более точно количественно воспроизводятся значения старшего ляпуновского показателя;

**показано** качественное и количественное соответствие динамики математических моделей безаттракторной динамики и их радиофизических реализаций, что подтверждает структурную устойчивость данных режимов.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что:

**показана** высокая эффективность построенных в работе макромасштабных моделей эпилептиформной активности для тестирования алгоритмов оценки связанности в сложных случаях, когда аналогичные изменения амплитуды и спектра сигнала могут быть обусловлены различными причинами или когда изменения взаимодействия в течение длительного времени не проявляются в динамике;

**разработаны** модели отдельных нейронов и синапсов, которые могут быть использованы как для построения систем искусственного интеллекта и принятия решений, так и для нейропротезирования;

**построен** генератор периодических колебаний импульсных, перестраиваемый по частоте, может быть полезен как источник сигналов в различных радиофизических приложениях.

**Исследования выполнялись** при поддержке грантов Российского научного фонда, проекты №14-12-00291 (исполнитель), №19-12-00201 (исполнитель), №19-72-10030 (основной исполнитель), №21-72-00015 (руководитель), Российского фонда фундаментальных исследований, проекты №13-02-00227 (исполнитель), №14-02-00492 (исполнитель), №16-34-00203 (исполнитель), №17-02-00307 (исполнитель), №19-02-00071 (исполнитель), Гранта Президента РФ для государственной поддержки ведущих научных школ РФ, НШ-1726.2014.4 (исполнитель), Стипендии Президента РФ молодым учёным и аспирантам СП-3605.2018.4 (руководитель).

Оценка достоверности результатов исследования основана на:

**использовании** методов статистической обработки полученных оценок связанности, включая как статистические критерии, так и использование суррогатных данных и введение поправок на множественное тестирование;

**сопоставлении** результатов математического и радиофизического моделирования, а также повторяемости свойств модели от эксперимента к эксперименту даже при некоторых вариациях структуры связей в ансамбле;

**сравнении** сигналов математических и радиофизических моделей с экспериментальными по амплитудным и спектральным характеристикам, показателю Ляпунова, распределению длительности разрядов, а также на основе анализа связанности между структурами мозга методом причинности по Грейнджеру.

**Личный вклад соискателя.** Все излагаемые и защищаемые положения и результаты работы получены непосредственно автором либо под её руководством. Автор принимала участие в написании всех статей по теме диссертации и постановке задачи всех исследований. Автором диссертации были разработаны алгоритмы про-



грамм для реализации предложенных в диссертации подходов и методик, получены свидетельства об официальной регистрации программ для ЭВМ. Работы, посвящённые обработке экспериментальных биологических данных, были выполнены совместно с зарубежными и российскими коллегами-физиологами: Ж. ван Луйтелааром, К. ван Рейн, А. Люттйоханн, М. Перескисом, М. Шмык, Г.Д. Кузнецовой, Л.В. Виноградовой, Е.Ю. Ситниковой. Физиологами были предоставлены экспериментальные данные и сделана физиологическая интерпретация результатов математической обработки, полученных непосредственно автором, в том числе с помощью программных комплексов, написанных автором, на которые были получены свидетельства об официальной регистрации. Работы, посвящённые разработке методов обработки данных, прямому математическому и радиофизическому моделированию, были выполнены совместно с учениками автора: Т.М. Медведевой, А.А. Грищенко, А.Ю. Долининой, Н.М. Егоровым. Кроме них, вклад в работу в части консультирования по проведению радиофизического эксперимента внёс профессор В.И. Пономаренко.

Результаты диссертационной работы рекомендуются к использованию в научно-исследовательских организациях (Институт радиотехники и электроники РАН, Институт прикладной физики РАН), а также в учебном процессе в высших учебных заведениях, ведущих подготовку в области радиофизики и нелинейной динамики: Московском государственном университете им. М.В. Ломоносова, Национальном исследовательском Нижегородском государственном университете им. Н.И. Лобачевского, Балтийском федеральном университете им. И. Канта, Воронежском государственном университете, Южном федеральном университете, Санкт-Петербургском государственном университете, Санкт-Петербургском государственном электротехническом университете «ЛЭТИ» им. В. И. Ульянова (Ленина), Национальном исследовательском Томском государственном университете, Саратовском государственном университете им. Н.Г. Чернышевского.

В ходе защиты диссертации были высказаны следующие критические замечания: 1) о необходимости рассказать, какие результаты по моделированию эпилепсии были получены в данной области до соискателя и в чём её вклад, 2) о необходимости количественных критериев при сопоставлении экспериментальных и модельных сигналов, 3) о переходе от безразмерных величин к размерным в модели, 4) о точности описания процесса измерения в математических и натуральных моделях, 5) о специфическом способе введения связей в макромасштабных моделях эпилепсии, 6) о реализации тормозных и возбуждающих связей в математической и радиофизиче-

ской моделях, 7) о причинах выбора именно модели ФитцХью-Нагумо для получения основных результатов и возможности её замены на другую модель, 8) о возможности применения непараметрических методов и потенциально недиагностируемых ошибках при использовании параметрических, 9) о численных ошибках при расчёте мер направленной связанности, в первую очередь — частной направленной когерентности, 10) о том, насколько заранее можно предсказать эпилептический приступ, 11) о невозможности диагностировать направление взаимодействия методом причинности по Грейнджеру для синхронизованных систем, 12) о необходимости решения проблемы электромагнитной совместимости, 13) о возможности использовать в качестве источников сигналов и источников стимуляции бесконтактные, в первую очередь оптические и акустические методы измерения и воздействия, 14) о характере адаптации методов оценки связанности к данным, 15) о связи между числом осцилляторов в модели и вероятности появления в системе длинных переходных процессов искомого типа, 16) о различии картин связанности между областями мозга, восстановленных на основе анализа сигналов, при разных типах эпилепсии, 17) о причинах и способах формирования патологических сетей нейронов мозга, ответственных за эпилептогенез, 18) о методах оценки параметров в эмпирических моделях, 19) об отсутствии списка сокращений, 20) о непоследовательности изложения некоторых результатов работы, 21) о совсем некорректном обозначении функций связи, 22) о том, что мало внимания уделено фазовым перестройкам исследуемых динамических систем.

Соискатель Сысоева М. В. ответила на вопросы и замечания, сделанные в ходе заседания: 1) дала краткий обзор ранее полученных результатов, указала, что в диссертации впервые построены радиофизические модели эпилептиформной активности как натурные, так и в SPICE симуляторах, также впервые построены математические модели, опирающиеся на результаты анализа связанности, 2) согласилась, в диссертации в качестве количественных критериев использованы расчёт старшего ляпуновского показателя, улучшения прогноза и распределения длин разрядов, 3) переход осуществлялся путём нормировки времени так, чтобы основной временной масштаб в модели во время эпилептогенеза совпадал с масштабом в эксперименте, 4) согласилась с тем, что формулировка не совсем точна: радиофизическая модель хороша именно тем, что в ней технически присутствует процесс измерения напряжения, как и в биологическом эксперименте в отличие от математической модели, 5) такой способ введения связей позволил воспроизвести переключения между фоновой динамикой и разрядом в отличие от других известных способов и был подобран

эмпирически, б) связи были реализованы за счёт знака в коэффициенте связи, в натурной модели — за счёт специальной перемычки, 7) объяснила, что модель ФитцХью-Нагумо была выбрана как самая простая, но аналогичные результаты сейчас получны и на других моделях: Моррис-Лекара и Ходжкина-Хаксли, 8) пояснила, что непараметрические методы действительно неприменимы из-за нестационарности сигналов, а для тестирования параметрических были построены специальные макромасштабные модели, 9) численные ошибки возникали при числе коэффициентов более 1000, 10) пояснила, что представленные в работе методы детектирования направленной связанности дают возможность заметить предвестники разряда за 1,5-2 с, 11) пояснила, что при полной синхронности диагностировать направление действительно невозможно, но если процесс синхронизации не завершился, определение направления возможно даже при высоких значениях коэффициента фазовой синхронизации — до 0.95, 12) согласилась, что данная проблема не решена в работе, но качественное и количественное сопоставление результатов математического и натурального моделирования указывает на то, что она не критична в рассматриваемых режимах, 13) указала, что использовать оптические методы для регистрации пока затруднительно, но для стимуляции приступов оптические и акустические методы уже используются, 14) объяснила, что методы адаптировались под основной временной масштаб, частоту выборки и длину реализаций, 15) согласилась с наличием такой связи, 16) согласилась с различиями при разных видах эпилепсии и пояснила, что на основе этого можно будет построить диагностические критерии, 17) указала, что в природе причины формирования сетей не всегда ясны, но разлвитие этих сетей происходит во время жизни вследствие провоцирующих аудио и видеостимулов, 18) пояснила, какие методы использовались, 19) согласилась, что список сокращений следовало бы вставить в начало работы, 20) согласилась, что часть результатов главы 4 следовало бы изложить после главы 2, 21) согласилась с замечанием, 22) пояснила, какие режимы исследовались и почему перестройки в фазовом пространстве тяжело отследить при отсутствии в системе аттрактора.

Были также даны ответы на замечания к авторефератам: а) согласилась с замечанием и пояснила, что результаты моделирования лимбической эпилепсии позволяют рассчитывать, что на рассматриваемых частотах качественной разницы не будет; б-в) согласилась с замечанием, схемы и координаты электродов есть в диссертации, а в автореферат они не попали для недопущения превышения объёма; г) дала пояснения, что радиофизическое моделирование позволяет значимо лучше математического воспроизвести нестационарность системы, неидентичность отдель-

ных генераторов и процесс измерения; д) согласилась, что действительно начинать с моделирования нормы (смыслового моделирования) было бы методически правильнее, но сложнее в реализации.

В диссертационной работе Сысоевой М. В. решена крупная научная проблема, лежащая на стыке радиофизики и биофизики — впервые обоснован и реализован комплексный подход к моделированию сигналов мозга в виде сетей модельных (математических) и натуральных радиофизических генераторов, включая этапы анализа экспериментальных сигналов с использованием эмпирических моделей для выявления связей между ними, построения тестовых макромасштабных моделей, в которых каждому объекту, породившему наблюдаемый сигнал, сопоставляется модель в виде осциллятора, и мезомасштабных, когда породившие сигнал объекты рассматриваются как ансамбль колебательных систем.

Полученные результаты соответствуют п. 1 («Разработка физических основ генерации, усиления и преобразования колебаний и волн различной природы...»), п. 4 («Создание новых методов анализа и статистической обработки сигналов в условиях помех») и «Исследование нелинейной динамики, пространственно-временного хаоса и самоорганизации в неравновесных физических, биологических, химических и экономических системах») паспорта специальности 1.3.4. Радиофизика и п. 3 («Разработка математических моделей биологических объектов как сложных нелинейных физических систем. Исследование явлений пространственно-временной самоорганизации, саморегуляции и самоуправления в биологических системах, включая методы неравновесной термодинамики и синергетики») паспорта специальности 1.5.2. Биофизика. Содержание диссертации удовлетворяет пп. 9–11, 13, 14 действующего «Положения о присуждении учёных степеней», утверждённого постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г., № 842, предъявляемым к диссертациям на соискание учёной степени кандидата физико-математических наук.

На заседании 17 ноября 2023 года диссертационный совет принял решение: за разработку комплексного решения крупной научной проблемы на стыке радиофизики и биофизики по моделированию мозговых сигналов присудить Сысоевой М. В. учёную степень доктора физико-математических наук по специальностям 1.3.4. Радиофизика и 1.5.2. Биофизика.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 22 человек (18 человек находились в месте проведения заседания, 4 человека участвовали в заседании совета в удалённом интерактивном режиме), из них 10

докторов по специальности 1.3.4. Радиофизика, из 27 человек, входящих в состав совета, дополнительно введены на разовую защиту 4 человека (2 чел. находились в месте проведения заседания, 2 чел. участвовали в заседании совета в удалённом интерактивном режиме совета) по специальности 1.5.2. Биофизика, проголосовал:

ЗА – 26, против – нет, воздержавшихся – нет.

Председатель  
диссертационного совета

Аникин Валерий Михайлович

И. о. ученого секретаря  
диссертационного совета

Стрелкова Галина Ивановна



17 ноября 2023 г.