

УТВЕРЖДАЮ:

Ректор

ФГБОУ ВО «СГУ имени Н.Г. Чернышевского»

доктор географических наук

Алексей Николаевич Чумаченко

«19» _____ 2026 г.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

федерального государственного бюджетного образовательного учреждения
высшего образования «Саратовский национальный исследовательский
государственный университет имени Н.Г. Чернышевского»

по диссертации **Гуйо Германа Александровича** «Развитие радиофизических методов анализа многокомпонентных сигналов в исследованиях динамики головного мозга» на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.4. – Радиофизика, выполненной на кафедре физики открытых систем института физики ФГБОУ ВО «СГУ имени Н.Г. Чернышевского».

Тема диссертационной работы утверждена приказом ректора СГУ от 28.10.2022 г. № 154-Д, переутверждена приказом ректора СГУ от 19.12.2025 г. № 199-Д.

Соискатель **Гуйо Герман Александрович** окончил в 2022 году федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н.Г. Чернышевского» по направлению 09.04.02 «Информационные системы и технологии» с присвоением квалификации «Магистр».

В период подготовки диссертации с 2022 года и по настоящий момент соискатель обучается в очной аспирантуре ФГБОУ ВО «СГУ имени Н.Г. Чернышевского» по группе научных специальностей 1.3. Физические науки, специальность 1.3.4. – Радиофизика.

Справка о сданных кандидатских экзаменах № 26–2026 выдана 05.06.2026 г. федеральным государственным бюджетным образовательным учреждением высшего образования «Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н.Г. Чернышевского».

Научный руководитель – Павлов Алексей Николаевич, доктор физико-математических наук, профессор, профессор кафедры физики открытых систем института физики ФГБОУ ВО «СГУ имени Н.Г. Чернышевского», утвержденный приказом ректора СГУ от 28.10.2022 г. № 154-Д, представил положительный отзыв о диссертации и соискателе.

Научную экспертизу диссертация проходила на расширенном заседании кафедры физики открытых систем института физики ФГБОУ ВО «СГУ имени Н.Г. Чернышевского» с приглашением специалистов по профилю диссертации из других структурных подразделений СГУ.

На заседании присутствовали:

1. Короновский Алексей Александрович, доктор физико-математических наук, профессор, заведующий кафедрой физики открытых систем СГУ;
2. Москаленко Ольга Игоревна, доктор физико-математических наук, профессор, профессор кафедры физики открытых систем СГУ;
3. Павлов Алексей Николаевич, доктор физико-математических наук, профессор, профессор кафедры физики открытых систем СГУ;
4. Аникин Валерий Михайлович, доктор физико-математических наук, профессор, профессор кафедры радиотехники и электродинамики СГУ;
5. Караваев Анатолий Сергеевич, доктор физико-математических наук, профессор, заведующий кафедрой динамического моделирования и биомедицинской инженерии СГУ;
6. Стрелкова Галина Ивановна, доктор физико-математических наук, доцент, заведующий кафедрой радиофизики и нелинейной динамики СГУ;
7. Бегинин Евгений Николаевич, кандидат физико-математических наук, доцент, заведующий кафедрой нелинейной физики СГУ;

8. Бух Андрей Владимирович, кандидат физико-математических наук, доцент кафедры радиофизики и нелинейной динамики СГУ;
9. Журавлев Максим Олегович, кандидат физико-математических наук, доцент кафедры физики открытых систем СГУ;
10. Егоров Евгений Николаевич, кандидат физико-математических наук, доцент, доцент кафедры электроники, колебаний и волн СГУ;
11. Курбако Александр Васильевич, кандидат физико-математических наук, доцент кафедры динамического моделирования и биомедицинской инженерии СГУ;
12. Куровская Мария Константиновна, кандидат физико-математических наук, инженер кафедры физики открытых систем СГУ;
13. Савин Алексей Владимирович, кандидат физико-математических наук, доцент, заведующий кафедрой олимпиадной и проектной подготовки по физике на базе МОУ «Лицей прикладных наук имени Д.И. Трубецкого» СГУ;
14. Савин Дмитрий Владимирович, кандидат физико-математических наук, доцент кафедры физики открытых систем СГУ;
15. Садовников Александр Владимирович, кандидат физико-математических наук, доцент, доцент кафедры физики открытых систем СГУ;
16. Семенов Владимир Викторович, кандидат физико-математических наук, доцент кафедры радиофизики и нелинейной динамики СГУ;
17. Сельский Антон Олегович, кандидат физико-математических наук, доцент кафедры физики открытых систем СГУ;
18. Слепченков Михаил Михайлович, кандидат физико-математических наук, доцент, доцент кафедры радиотехники и электродинамики СГУ;
19. Титов Алексей Владимирович, кандидат физико-математических наук, доцент кафедры электроники, колебаний и волн СГУ;
20. Торгашов Роман Антонович, кандидат физико-математических наук, доцент кафедры нелинейной физики СГУ;

21. Шешукова Светлана Евгеньевна, кандидат физико-математических наук, доцент кафедры физики открытых систем СГУ.

Рецензенты диссертации:

Караваев Анатолий Сергеевич, доктор физико-математических наук, профессор, заведующий кафедрой динамического моделирования и биомедицинской инженерии ФГБОУ ВО «СГУ имени Н.Г. Чернышевского» представил положительный отзыв.

Стрелкова Галина Ивановна, доктор физико-математических наук, доцент, заведующий кафедрой радиофизики и нелинейной динамики ФГБОУ ВО «СГУ имени Н.Г. Чернышевского» представила положительный отзыв.

По итогам обсуждения диссертации принято следующее заключение:

Заключение

по диссертации Гуйо Германа Александровича «Развитие радиофизических методов анализа многокомпонентных сигналов в исследованиях динамики головного мозга» на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.4. – Радиофизика.

В диссертации Гуйо Г.А. проведено совершенствование методов исследования структуры многокомпонентных сигналов, основанных на спектрально-корреляционном, флуктуационном, вейвлет-анализе, мультифрактальном формализме и их модификациях, тестирование соответствующих методов на модельных системах и применение к сигналам электрической активности головного мозга.

Научная новизна работы

1. С использованием базовых моделей нелинейной динамики выполнены оценки минимального объема выборки, позволяющей идентифицировать реализующийся в модели режим сложных автоколебаний при рассмотрении переходных процессов в условиях быстрых и сравнительно медленных изменений управляющего параметра.

2. Методы, использующие разложение сигналов по вейвлет-функциям, применены к решению задачи выявления возрастных изменений электрической активности головного мозга при выполнении задач мелкой моторики, выполняемых разными руками. Установлено, что у пожилых испытуемых различия в сигналах ЭЭГ при сжатии в кулак левой и правой руки менее выражены по сравнению с молодыми испытуемыми.
3. Предложен обобщенный метод основанного на вейвлетах мультифрактального анализа, обеспечивающий возможность диагностики изменений в функционировании систем с использованием совместного спектра сингулярностей. На примере базовых моделей нелинейной динамики (связанные системы Рёсслера, Лоренца) установлены типичные изменения совместного спектра сингулярностей при синхронизации хаотических колебаний.
4. Протестирован комбинированный метод, использующий флуктуационный анализ детальных вейвлет-коэффициентов. На примере связанных систем Рёсслера продемонстрирована более высокая помехоустойчивость метода при диагностике сложных режимов колебаний по зашумленным последовательностям времен возврата в секущую Пуанкаре по сравнению с традиционным подходом, основанным на расчете стандартных отклонений.
5. Предложено расширение метода детрендрованного взаимного корреляционного анализа сигналов. На примере динамики макро- и микроцеребрального кровотока в соседних сосудах разного размера показано, что предложенный подход позволяет выявлять изменения в физиологических регуляторных механизмах, вызванные изменением условий функционирования.
6. Проведено изучение характерных изменений взаимосвязи различных пар корковых ритмов во время циклов сон-бодрствование в группах здоровых испытуемых и пациентов с черепно-мозговыми травмами. Выделены несколько типичных вариантов поведения, включая монотонные

изменения взаимных корреляций; изменения, демонстрирующие нелинейный характер; слабые или плохо классифицируемые изменения.

Практическая значимость работы

В диссертационной работе содержится решение важной радиофизической задачи, состоящей в развитии методов анализа сложных сигналов, регистрируемых в условиях нестационарной динамики и наличия флуктуаций. Представленный комплекс радиофизических методов найдет практическое применение в решении различных задач диагностической направленности в медицине, геофизике, климатологии, экономике и других областях науки и техники, где типична нестационарность регистрируемых процессов.

Ценность научных работ соискателя, лежащих в основе его диссертации, определяется тем, что представленные результаты вносят большой вклад в развитие научного направления, связанного с разработкой новых методов анализа структуры сложных сигналов, а полученные новые знания о потенциальных возможностях и ограничениях различных методов анализа временных рядов и выявленные новые эффекты в динамике структур головного мозга расширяют существующие представления в этой области.

Личный вклад автора

Все защищаемые результаты и положения, вошедшие в настоящую диссертационную работу, получены соискателем лично. Автором проводилась разработка программ для анализа структуры сигналов, численные исследования динамики модельных систем и экспериментальных данных, диагностика различных режимов динамики и статистический анализ полученных результатов. Обсуждение полученных результатов, подготовка научных публикаций и докладов для представления на научных конференциях были проведены совместно с научным руководителем.

Достоверность результатов

Достоверность полученных результатов и выводов основывается на использовании хорошо изученных моделей и методов анализа структуры

сигналов, устойчивости применяемых алгоритмов к изменениям параметров счета, непротиворечивости результатов и выводов диссертационной работы известным теоретическим представлениям, хорошим согласованием с результатами и выводами других экспериментальных исследований в области динамики структур головного мозга, а также с результатами, полученными при использовании различных подходов.

Апробация работы

Основные материалы работы докладывались на следующих школах и конференциях:

1. XX Международной конференции «Математическое моделирование и суперкомпьютерные технологии», 23–27 ноября 2020 г., Нижний Новгород, Российская Федерация (устный доклад);
2. Конференции международных математических центров мирового уровня, 9–13 августа 2021 г., Сочи, Российская Федерация (устный доклад);
3. V Scientific School “Dynamics of Complex Networks and their Applications”, 13-15 сентября 2021 г., Калининград, Российская Федерация (устный доклад);
4. VI Scientific School “Dynamics of Complex Networks and their Applications”, 14-16 сентября 2022 г., Калининград, Российская Федерация (устный доклад);
5. Saratov Fall Meeting’22 (SFM-2022), Conference on Computation Biophysics and Analysis of Biomedical Data IX, 26 – 30 сентября 2022 г. Саратов, Российская Федерация (устный доклад);
6. Международной школе-конференции «XX научная школа “Нелинейные волны – 2022”», 07–13 ноября 2022, Нижний Новгород, Российская Федерация (стендовый доклад);
7. XIV научной конференции молодых ученых “Представляем научные достижения миру. Естественные науки”, 10–11 апреля 2023 г., Саратов, Российская Федерация (устный доклад);

8. Международной школе-конференции Summer School “Neuro-Sleep as a Complex System”, 10–12 июля 2023 г., Саратов, Российская Федерация;
9. Saratov Fall Meeting’23 (SFM-2023), Conference of Nonlinear Dynamics XIV, 25–29 сентября 2023 г., Саратов, Российская Федерация (устный доклад);
10. VII Scientific School “Dynamics of Complex Networks and their Applications”, 18-20 сентября 2023 г., Калининград, Российская Федерация (стендовый доклад);
11. Всероссийской 10 конференции «Моделирование и экспериментальные исследования динамики сложных систем» (МЭИДСС), 16–18 ноября 2023 г., Нижний Новгород, Российская Федерация (устный доклад);
12. Международной школе-конференции «XXI научная школа “Нелинейные волны – 2024”», 05–11 ноября 2024 г., Нижний Новгород, Российская Федерация (стендовый доклад);
13. Всероссийской конференции «Моделирование и экспериментальные исследования динамики сложных систем» (МЭИДСС), г. Нижний Новгород, 14–16 ноября 2024 г., Нижний Новгород, Российская Федерация (устный доклад);
14. XXXI Всероссийской научной конференции “Нелинейные дни Саратове для молодых – 2025”, 26–30 мая, 2025 г., Саратов, Российская Федерация (устный доклад)
15. Международной конференции “Complex system and future technologies in neuroscience – CSFTN’25, 26–29 июня 2025, Иркутск, Российская Федерация (стендовый доклад)
16. Saratov Fall Meeting’25 (SFM-2025), Conference of Nonlinear Dynamics XV, г. Саратов, 29 сентября – 03 октября 2025 г., Саратов, Российская Федерация (устный доклад)
17. Международной конференции «Моделирование и экспериментальные исследования динамики сложных систем» (МЭИДСС), 15–18 октября 2025 г., Нижний Новгород, Российская Федерация (устный доклад).

Результаты диссертации были использованы при выполнении грантов:

1. Фундаментальные закономерности процессов установления / разрушения динамических режимов и переходов между ними в сложных нелинейных системах. Грант Российского научного фонда № 19-12-00037, 2019-2023 гг. (руководитель – д.ф.-м.н., профессор Короновский А.А.);
2. Перспективные методы диагностики кооперативной динамики сложных сетей по экспериментальным данным: теоретические аспекты и применение в нейрофизиологии. Грант Российского научного фонда № 22-22-00065, 2022-2023 гг. (руководитель – д.ф.-м.н., профессор Павлов А. Н.);
3. Новые тренды в диагностике взаимодействия сложных сетей: применение в исследованиях ЭЭГ. Грант Российского научного фонда № 24-22-00015, 2024-2025 гг. (руководитель – д.ф.-м.н., профессор Павлов А. Н.);
4. Открытие фундаментальных механизмов сна для прорывных технологий нейрореабилитационной медицины. Грант Правительства РФ № 075–15-2022-1094, 2022-2023 гг. (руководитель – д.б.н., доцент Семячкина-Глушковская О. В.);
5. Методы нелинейной динамики в исследовании полисомнографии: механизмы адаптации к нарушению режима сна при различных хронотипах. Грант Российского научного фонда № 22-72-10061-П, 2025-2026 гг. (руководитель – к.ф.-м.н., доцент Журавлев М. О.);
6. Развитие радиофизических методов анализа многокомпонентных сигналов в исследованиях динамики головного мозга. Грант научного центра междисциплинарных и перспективных исследований «Идея» АСП-09-2022/II, 2022-2026 гг. (руководитель – д.ф.-м.н., профессор Павлов А. Н.);
7. Новые подходы к автоматической обработке и анализу сигналов головного мозга. Стипендия Президента РФ для аспирантов № SPN.2024.03530, 2024-2026 гг. (руководитель – д.ф.-м.н., профессор Павлов А. Н.).

Публикации

По результатам диссертационной работы опубликовано 26 работ, из них 14 статей в рецензируемых научных журналах, входящих в Белый список и/или системы цитирования Web of Science, Scopus, RSCI, рекомендованных ВАК РФ для опубликования основных научных результатов диссертаций на соискание ученой степени кандидата и доктора наук:

1. Pavlov A. N., Pitsik E. N., **Guyo G. A.**, Frolov N. S., Grubov V. V., Pavlova O. N., Wang Z., Hramov A. E. Effects of healthy aging on electrical activity of the brain during motor tasks characterized with wavelets, *European Physical Journal Plus* 136 (2021) 408 (Web of Science, Scopus, УБС1). Личный вклад автора состоит в получении результатов исследования, создании программного обеспечения и визуализации полученных результатов, а также написании текста.
2. Pavlov A. N., Pavlova O. N., Koronovskii Jr. A. A., **Guyo G. A.** Extended detrended crosscorrelation analysis of nonstationary processes, *Chaos, Solitons and Fractals* 157 (2022) 111972 (Web of Science, Scopus, Q1, УБС1). Личный вклад автора состоит в получении результатов исследования, создании программного обеспечения и визуализации полученных результатов, верификации результатов, а также написании текста.
3. **Guyo G. A.**, Pavlov A. N., Pitsik E. N., Frolov N. S., Badarin A. A., Grubov V. V., Pavlova O. N., Hramov A. E. Cumulant analysis in wavelet space for studying effects of aging on electrical activity of the brain, *Chaos, Solitons and Fractals* 158 (2022) 112038 (Web of Science, Scopus, Q1, УБС1). Личный вклад автора состоит в получении результатов исследования, создании программного обеспечения и визуализации полученных результатов, а также написании текста.
4. Pavlova O. N., **Guyo G. A.**, Pavlov A. N. Multiresolution wavelet analysis of noisy datasets with different measures for decomposition coefficients, *Physica A* 585 (2022) 126406 (Web of Science, Scopus, УБС1). Личный вклад автора состоит в получении результатов исследования, визуализации полученных результатов, а также написании текста.

5. **Guo G. A.**, Pavlova O. N., Blokhina I. A., Semyachkina-Glushkovskaya O. V., Pavlov A. N. Multiresolution wavelet analysis of transients: numerical simulations and application to EEG. *European Physical Journal Special Topics* 232 (2023) 635–641 (Web of Science, Scopus, УБС1). Личный вклад автора состоит в получении результатов исследования, создании программного обеспечения и визуализации полученных результатов, а также написании текста.
6. Pavlova O. N., **Guo G. A.**, Pavlov A. N. Multifractal formalism combined with multiresolution wavelet analysis of physiological signals, *European Physical Journal Special Topics* 232 (2023) 643–647 (Web of Science, Scopus, УБС1). Личный вклад автора состоит в получении результатов исследования, создании программного обеспечения и визуализации полученных результатов, а также написании текста.
7. **Гуйо Г. А.**, Павлова О. Н., Павлов А. Н. Диагностика изменений динамики сложных систем по переходным процессам на основе многомасштабного вейвлет-анализа, *Письма в ЖТФ* 49 (2) (2023) 7–9 (Web of Science, Scopus, УБС2, K1). Личный вклад автора состоит в получении результатов исследования, создании программного обеспечения и визуализации полученных результатов, а также написании текста.
8. **Гуйо Г. А.**, Павлов А. Н. Анализ кооперативной динамики нелинейных систем на основе совместного спектра сингулярностей, *Письма в ЖТФ* 49 (10) (2023) 6–8 (Web of Science, Scopus, УБС2, K1). Личный вклад автора состоит в получении результатов исследования, и визуализации полученных результатов, а также написании текста.
9. **Гуйо Г. А.**, Павлов А. Н. Применение совместного спектра сингулярностей для анализа кооперативной динамики сложных систем, *Известия высших учебных заведений. Прикладная нелинейная динамика* 31 (3) (2023) 305–315 (Web of Science, Scopus, УБС2, K2). Личный вклад автора состоит в получении результатов исследования, создании программного обеспечения и визуализации полученных результатов, а также написания текста.

10. **Guyo G. A.**, Pavlov A. N., Semyachkina-Glushkovskaya O. V. Anesthesia effects in rat electrocorticograms characterized using detrended fluctuation analysis and its extension, *European Physical Journal Special Topics* 233 (2024) 463–470 (Web of Science, Scopus, УБС1). Личный вклад автора состоит в получении результатов исследования, создании программного обеспечения и визуализации полученных результатов, а также написании текста.
11. **Guyo G. A.**, Pavlova O. N., Pavlov A. N. Short-term sleep deprivation: considering brain rhythm coordination in the context of an integrated neural network, *European Physical Journal Special Topics* 234 (2025) 4437–4443 (Web of Science, Scopus, УБС1). Личный вклад автора состоит в получении результатов исследования, создании программного обеспечения и визуализации полученных результатов, а также написании текста.
12. **Guyo G. A.**, Adushkina V. V., Pavlov A. N., Semyachkina-Glushkovskaya O. V. Age-related distinctions in cooperative dynamics of brain rhythms during sleep-wake transitions, *European Physical Journal Special Topics* 234 (2025) 4773–4778 (Web of Science, Scopus, УБС1). Личный вклад автора состоит в получении результатов исследования, создании программного обеспечения и визуализации полученных результатов, а также написании текста.
13. **Guyo G. A.**, Pavlova O. N., Pavlov A. N. Coordination among brain waves during sleep: age aspects. *European Physical Journal Special Topics* (2025) <https://doi.org/10.1140/epjs/s11734-025-02044-6>. Published online 27.10.2025 (Web of Science, Scopus, УБС1). Личный вклад автора состоит в получении результатов исследования, создании программного обеспечения и визуализации полученных результатов, а также написании текста.
14. **Guyo G. A.**, Trofimov A. O., Volkova E. D., Pavlova O. N., Pavlov A. N., Semyachkina-Glushkovskaya O. V. Phenomenon of adjustment of brain rhythm coordination in healthy adolescents and with traumatic brain injury: An important marker of post-traumatic brain restoration, *Chaos: An Interdisciplinary Journal of Nonlinear Science* 35 (2025) 103130 (Web of Science, Scopus, Q1, УБС1). Личный вклад автора состоит в получении результатов исследования,

создании программного обеспечения и визуализации полученных результатов, а также написании текста.

В работе Гуйо Г.А. не содержится материал или отдельные результаты без ссылок на авторов и источники заимствования.

Общая оценка диссертации

Диссертационная работа «Развитие радиофизических методов анализа многокомпонентных сигналов в исследованиях динамики головного мозга» является логически законченной научно-квалификационной работой, содержащей решение актуальной задачи радиофизики, направленной на совершенствование методов исследования структуры многокомпонентных сигналов, основанных на спектрально-корреляционном, флуктуационном, вейвлет-анализе, мультифрактальном формализме и их модификациях, тестирование соответствующих методов на модельных системах и применение к сигналам электрической активности головного мозга.

Основные положения и результаты диссертации в полной мере опубликованы в научных статьях и материалах конференций. Тема и содержание диссертации соответствуют специальности 1.3.4. – Радиофизика (п. 4 паспорта специальности). Диссертация удовлетворяет требованиям пп. 9-11, 13, 14 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842, предъявляемым к кандидатским диссертациям.

Диссертация «Развитие радиофизических методов анализа многокомпонентных сигналов в исследованиях динамики головного мозга» Гуйо Германа Александровича рекомендуется к защите на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.4. – Радиофизика как удовлетворяющая критериям, установленным «Положением о присуждении ученых степеней» для кандидатских диссертаций.

Заключение принято на расширенном заседании кафедры физики открытых систем ФГБОУ ВО «СГУ имени Н.Г. Чернышевского» с приглашением специалистов по профилю диссертации из других

структурных подразделений СГУ. На заседании присутствовало 21 человек, из них 6 докторов наук и 15 кандидатов наук по профилю диссертации (физико-математические науки). Результаты голосования: «за» – 21 чел., «против» – нет, воздержались – нет (протокол № 11 от 15 июня 2026 г.).

Заведующий кафедрой
физики открытых систем
института физики

ФГБОУ ВО «СГУ имени Н.Г. Чернышевского»,
доктор физико-математических наук, профессор



19.06.2026

Короновский Алексей Александрович

410012, г. Саратов, ул. Астраханская, 83

Тел.: +7 (8452) 27 - 14 - 96

e-mail: alexey.koronovskii@sgu.ru

