

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.1.028.01 (д 003.005.02)  
НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО  
УЧРЕЖДЕНИЯ НАУКИ ИНСТИТУТА АВТОМАТИКИ И ЭЛЕКТРОМЕТРИИ  
СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК ПО  
ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № \_\_\_\_\_

решение диссертационного совета от «13» декабря 2022 г. № 10

О присуждении Жданову Иннокентию, гражданину Респуб́лики Казахста́н, ученой степени кандидата физико-математических наук.

**Диссертация** «Исследование генерации сильночирпованных диссипативных солитонов в области нормальной дисперсии на длинах волн более 1,5 мкм» по специальности 1.3.6. «Оптика» принята к защите «27» сентября 2022 г. протокол № 5 диссертационным советом 24.1.028.01 (д 003.005.02) на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института автоматки и электрометрии Сибирского отделения Российской академии наук (ИАиЭ СО РАН), 630090, г. Новосибирск, проспект Академика Коптюга, д. 1, приказ Минобрнауки России 255/нк от 28 марта 2020 года.

**Соискатель** Жданов Иннокентий 23.11.1993 года рождения, в 2017 году окончил Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Новосибирский национальный исследовательский государственный университет» (НГУ), в 2021 году освоил программу подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Новосибирский национальный исследовательский государственный университет» (НГУ), работает в должности исполняющего обязанности младшего научного сотрудника в Федеральном государственном бюджетном учреждении науки Институте автоматки и электрометрии Сибирского отделения Российской академии наук.

**Диссертация выполнена** в Лаборатории волоконной оптики (17) Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института автоматизации и электрометрии Сибирского отделения Российской академии наук (ИАиЭ СО РАН).

**Научный руководитель** – кандидат физико-математических наук

**Харенко Денис Сергеевич**, старший научный сотрудник Лаборатории волоконной оптики (17) Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института автоматизации и электрометрии Сибирского отделения Российской академии наук (ИАиЭ СО РАН), г. Новосибирск.

**Официальные оппоненты:**

**Анашкина Елена Александровна**, д.ф.-м.н., старший научный сотрудник Лаборатории экстремальной нелинейной оптики (332), Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный исследовательский центр Институт прикладной физики Российской академии наук», г. Нижний Новгород.

**Иваненко Алексей Владимирович**, доктор философии (PhD), старший научный сотрудник Отдела лазерной физики и инновационных технологий, Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Новосибирский национальный исследовательский государственный университет» (НГУ), г. Новосибирск.

**дали положительные отзывы на диссертацию.**

**Ведущая организация** Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Федеральный исследовательский центр «Институт общей физики им. А.М. Прохорова Российской академии наук» (ИОФ РАН), г. Москва,

**в своем положительном заключении, подписанном**

- Камынин Владимир Александрович, к.ф.-м.н., старший научный сотрудник Лаборатории «Фотоника: квантовые материалы и технологии», Отдел колебаний ИОФ РАН,

**заверенном**

- Гарнов Сергей Владимирович, член-корреспондент РАН, профессор, д.ф.-м.н., директор ИОФ РАН, г. Москва,

**указала, что** диссертационная работа полностью соответствует критериям Положения о порядке присуждения ученых степеней, предъявляемых к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, а ее автор заслуживает присуждения степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.6. - «Оптика».

**Соискатель имеет 25 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации 18 научных работ, из которых 6 в рецензируемых научных журналах и изданиях:**

1. Zhdanov I. S., Kharenko D. S., Podivilov E. V. et al. Generation of highly-chirped dissipative solitons in Er-doped all-fiber oscillator // 2017 Progress In Electromagnetics Research Symposium - Spring (PIERS).— IEEE, 2017.— P. 1605–1609.

2. Kharenko D. S., Zhdanov Innokentiy S., Bednyakova Anastasia E. et al. All-fiber highly chirped dissipative soliton generation in the telecom range // **Optics Letters**.— 2017.— Vol. 42, no. 16.— P. 3221.

3. Жданов И. С., Харенко Д. С., Бабин С. А. Полностью волоконный эрбиевый лазер с синхронизацией мод с высокой энергией в импульсе // **Прикладная Фотоника**.— 2018.— Т. 3.— С. 173–179.

4. Zhdanov I. S., Bednyakova A. E., Volosi V. M., Kharenko D. S. Energy scaling of an erbium-doped mode-locked fiber laser oscillator // **OSA Continuum**.— 2021.— Vol. 4, no. 10.— P. 2663.

5. Bednyakova A. E., Kharenko D. S., Zhdanov I. et al. Raman dissipative solitons generator near 13 mkm: limiting factors and further perspectives // **Optics Express**.— 2020.— Vol. 28, no. 15.— P. 22179.

6. Zhdanov I., Kharenko D. S., Bednyakova A. E. et al. All-fiber pulsed laser source based on Raman dissipative soliton generation for biological tissue analysis // *Ultrafast Nonlinear Imaging and Spectroscopy VIII* / Ed. by Zhiwen Liu, Demetri Psaltis, Kebin Shi.— SPIE, 2020.— P. 41.

**Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается их** высокой научной квалификацией в области волоконных фемтосекундных лазеров и нелинейных методов генерации ультракоротких импульсов.

**Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:**

**предложено:** использовать метод генерации рамановских диссипативных солитонов с помощью синхронной накачки внешнего волоконного резонатора для получения импульсов с длиной волны вблизи второго окна прозрачности воды (1,7 мкм);

**разработан** ряд волоконных схем с разделением физических процессов для получения импульсной генерации в эрбиевом волоконном лазере с синхронизацией мод в различных режимах, а также разработан волоконный источник ультракоротких импульсов с длиной волны вблизи 1,7 мкм, где сдвиг длины волны генерации происходит за счет эффекта вынужденного комбинационного рассеяния;

**доказано,** что:

- схемы с разделением физических процессов могут применяться для создания волоконных лазеров эрбиевого спектрального диапазона;
- шумы эрбиевой активной среды, определяемые, в том числе, направлением излучения накачки по отношению к направлению сигнального излучения, ограничивают энергию генерируемых сильночирпованных диссипативных солитонов за счет перехода к генерации шумоподобных импульсов, однако их влияние может быть подавлено использованием спектрального фильтра, обладающего высоким контрастом;
- в волоконных лазерах с пространственным разделением эффектов нелинейного вращения поляризации и дисперсионного и нелинейного набегов фазы возможно получение генерации солитонов, управляемых дисперсией;
- методом синхронной накачки внешнего резонатора сильно-чирпованными диссипативными солитонами с центральной длиной волны 1,55 мкм возможно получение когерентного импульсного излучения с длиной волны вблизи 1,7 мкм;

**Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что** его результаты демонстрируют фундаментальную роль эффекта вынужденного комбинационного рассеяния для генерации ультракоротких оптических импульсов в ранее недоступных или труднодостижимых спектральных диапазонах. Помимо этого, понимание факторов, влияющих на возникновение перехода к режиму шумоподобных импульсов важно для дальнейшего повышения энергии генерируемых импульсов волоконных эрбиевых лазеров с синхронизацией мод.

**применительно к проблематике диссертации результативно (эффективно, то**

**есть с получением обладающих новизной результатов)**

**использованы** экспериментальный метод с разделением физических процессов для создания волоконных источников сильночирпованных диссипативных солитонов и солитонов, управляемых дисперсией, метод синхронной накачки внешнего резонатора, методы численного моделирования с использованием нелинейного уравнения Шредингера, современные измерительные техники для характеристики свойств генерируемых импульсов;

**изложены** аргументы, подтверждающие обоснованность выбора экспериментальной методики и достоверность результатов проведенных экспериментов;

**изучены** факторы, влияющие на существование перехода от режима генерации сильночирпованных диссипативных солитонов к режиму генерации шумоподобных импульсов в кольцевом волоконном импульсном лазере с разделением физических процессов.

**проведена модернизация** метода оценки суммарной дисперсии резонатора по положению пиков Келли для получения данных о дисперсии групповых скоростей второго и третьего порядка активных эрбиевых световодов.

**Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что:** они могут быть использованы для создания на их основе волоконных систем нелинейной спектроскопии и многофотонной микроскопии для исследования биологических объектов.

**разработаны** волоконные схемы, позволяющие получить генерацию сильночирпованных диссипативных солитонов в эрбиевом диапазоне и рамановских диссипативных солитонов вблизи 1,7 мкм;

**определены** требования на контраст спектрального фильтра для повышения порога перехода к режиму шумоподобных импульсов, значения энергии импульсов необходимой для генерации импульсов за счет эффекта вынужденного комбинационного рассеяния, требования к контролю дисперсии для создания волоконного источника солитонов, управляемых дисперсией, с низкой частотой повторения;

**созданы** волоконный источник сильночирпованных диссипативных солитонов с

перестраиваемым фильтром на базе объемной дифракционной решетки. На его базе собран волоконный источник ультракоротких импульсов, получаемых посредством вынужденного комбинационного рассеяния при внешней накачке резонатора.

**Оценка достоверности результатов исследования выявила:**

**для экспериментальных работ:** результаты получены с помощью современного экспериментального и измерительного оборудования; показана воспроизводимость результатов исследований;

**теория** построена на известных и проверяемых данных и согласуется с опубликованными экспериментальными данными по теме диссертации и смежным областям;

**установлено** качественное совпадение авторских результатов с результатами, представленными в независимых источниках по данной тематике;

**использованы** современные методики сбора и обработки исходной информации.

**Личный вклад соискателя состоит в:**

непосредственном участии на всех этапах работы, в которую входили:

- разработка и сборка волоконного эрбиевого лазера с пространственным разделением эффектов;
- адаптация методов оценки дисперсии групповых скоростей второго и третьего порядка из положения пиков Келли;
- оптимизация резонатора и исследование возможности усиления импульсов за счет удлинения резонатора;
- экспериментальное исследование и постановка задачи для численного моделирования перехода от сильночирпованных диссипативных солитонов к шумоподобным импульсам;
- постановка эксперимента и численного счета по усилению генерируемых импульсов;
- характеристика генерируемых импульсов в терминах автокорреляционной функции и спектрограмм частотно-разрешенного оптического стробирования;
- обработка, анализ и интерпретация полученных экспериментальных данных;
- апробация результатов на конференциях;
- подготовка публикаций по выполненной работе.

**В ходе защиты диссертации критических замечаний не было.**

На заседании 13 декабря 2022 года диссертационный совет принял решение за решение научной задачи, имеющей значение для развития отрасли знаний, связанной с разработкой новых волоконных источников ультракоротких оптических импульсов присудить Жданову Иннокентию ученую степень кандидата физико-математических наук 1.3.6. «Оптика».

При проведении электронного тайного голосования диссертационный совет в количестве 22 человека, из них 7 докторов физико-математических наук по специальности 1.3.6. (01.04.05) «Оптика», участвовавших в заседании (очно 17, дистанционно 5), из 30 человек, входящих в состав совета, дополнительно введены на разовую защиту 0 человек, проголосовали: за 22, против 0.

Председатель диссертационного совета  
академик РАН



Шалагин Анатолий Михайлович

Ученый секретарь диссертационного совета  
д. ф.-м. н.

Ильичев Леонид Вениаминович

« 15 » декабря 2022 г.