

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.2.340.03, СОЗДАННОГО НА БАЗЕ
ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО АВТОНОМНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО
УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ "НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
НИЖЕГОРОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМ. Н.И. ЛОБАЧЕВСКОГО"
МИНИСТЕРСТВА НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ ПО
ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 20.05.2026 г. № 13.

О присуждении Новоковской Алине Львовне, гражданке Российской Федерации, ученой степени кандидата физико-математических наук.

Диссертация «Трансформация электромагнитных волн на фронтах плазмообразования в широких атмосферных ливнях и при оптической ионизации сред» по специальности 1.3.4. Радиофизика принята к защите 4 февраля 2026 года, протокол № 2, диссертационным советом 24.2.340.03, созданным на базе Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, 603022, г. Нижний Новгород, пр. Гагарина, д. 23, приказом Рособнадзора № 105/нк от 11 апреля 2012 г.

Соискатель, Новоковская Алина Львовна, 4 марта 1978 года рождения, в 2000 году окончила специалитет радиофизического факультета Нижегородского государственного университета им. Н.И. Лобачевского по специальности «радиофизика и электроника». С 2020 по 2024 год обучалась в аспирантуре радиофизического факультета по направлению подготовки 03.06.01 Физика и астрономия, направленность 1.3.4. Радиофизика. В настоящее время работает в должности старшего преподавателя на кафедре общей физики радиофизического факультета в федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего образования «Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

Диссертация выполнена на кафедре общей физики радиофизического факультета ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

Научный руководитель доктор физико-математических наук, профессор Бакунов Михаил Иванович, заведующий кафедрой общей физики радиофизического факультета федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им.

Н.И. Лобачевского».

Официальные оппоненты:

1. Тюхтин Андрей Викторович, гражданин Российской Федерации, доктор физико-математических наук (специальность 01.04.03 Радиофизика), профессор, заведующий кафедрой радиофизики федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский государственный университет»,
2. Грач Вероника Савельевна, гражданка Российской Федерации, кандидат физико-математических наук (специальность 01.04.08 Физика плазмы), старший научный сотрудник федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный исследовательский центр Институт прикладной физики им. А.В. Гапонова-Грехова Российской академии наук»

дали **положительные** отзывы на диссертацию.

Ведущая организация Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Физический институт им. П.Н. Лебедева Российской академии наук (ФИАН), г. Москва, в своем **положительном** отзыве, утвержденном кандидатом физико-математических наук, заместителем директора по научной работе ФИАН А.В. Колобовым 29.04.2026 г., подписанном доктором физико-математических наук, руководителем отдела физики плазмы ФИАН Урюпиным Сергеем Александровичем, указала, что диссертация Новоковской Алины Львовны удовлетворяет требованиям ВАК РФ, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор Новоковская Алина Львовна заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.4. Радиофизика.

Соискатель имеет 24 опубликованные работы, в том числе по теме диссертации опубликовано 19 работ, из них в рецензируемых научных изданиях, индексируемых WoS, Scopus и RSCI, опубликовано 6 работ. Основные результаты диссертации были представлены на международных и всероссийских конференциях.

Авторский вклад соискателя в опубликованные в соавторстве работы заключается в участии в постановке задач, выполнении аналитических и численных расчетов, анализе и интерпретации полученных результатов, а также в подготовке их к публикации.

Проверка текста диссертации не выявила неправомерных заимствований. Исследования являются оригинальными и представляются к защите впервые. В диссертации отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем ученой степени работах.

Наиболее значимые научные работы по теме диссертации:

1. Bakunov, M. I. Interaction of an electromagnetic wave with a suddenly stopped ionization front / M. I. Bakunov, A. V. Maslov, **A. L. Novokovskaya**, N. Yugami, Y. Nishida // Physical Review

E. – 2002. – V. 66. – P. 026404.

2. Bakunov, M. I. Relativistic effects in radar detection of ionization fronts produced by ultra-high energy cosmic rays / M. I. Bakunov, A. V. Maslov, **A. L. Novokovskaya**, A. Kryemadhi // *Astroparticle Physics*. – 2010. – V. 33. – P. 335-340.
3. Bakunov, M. I. Prospects for radar detection of cosmic ray air showers with medium-frequency radio waves / M. I. Bakunov, A. V. Maslov, **A. L. Novokovskaya**, A. Kryemadhi // *New Journal of Physics*. – 2013. – V. 15. – P. 113027.
4. Bakunov, M. I. The no-reflection regime of radar detection of cosmic ray air showers / M. I. Bakunov, A. V. Maslov, **A. L. Novokovskaya**, A. Kryemadhi // *New Journal of Physics*. – 2015. – V. 17. – P. 053015.
5. Sychugin, S. A. Propagation dynamics of optically generated unipolar electromagnetic pulses / S. A. Sychugin, **A. L. Novokovskaya**, M. I. Bakunov // *Physical Review A*. – 2022. – V. 105. – P. 053528.
6. Gorelov, S. D. Unipolar fields produced by ultrafast optical gating of terahertz pulses / S. D. Gorelov, **A. L. Novokovskaya**, S. B. Bodrov, M. V. Sarafanova, M. I. Bakunov // *Applied Physics Letters*. – 2025. – V. 126. – P. 011104.

На диссертацию и автореферат поступило 2 отзыва от:

1. Фетисова Юлия Константиновича, доктора физико-математических наук по специальности 01.04.10. Физика полупроводников и диэлектриков, профессора, директора научно-образовательного центра «Магнитоэлектрические материалы и устройства» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «МИРЭА - Российский технологический университет», г. Москва.
2. Архипова Ростислава Михайловича, доктора физико-математических наук по специальности 1.3.6. Оптика, старшего научного сотрудника федерального государственного бюджетного учреждения науки Физико-технический институт им. А.Ф. Иоффе Российской академии наук, г. Санкт-Петербург.

Оба отзыва **положительные**. В отзывах отмечается актуальность темы исследования, новизна полученных результатов и их значимость для науки и практики.

В отзывах на диссертацию и автореферат содержатся следующие замечания.

Замечания из отзыва ведущей организации.

При рассмотрении особенностей трансформации электромагнитного излучения на движущемся фронте ионизации значительное внимание уделено анализу влияния столкновений на коэффициент отражения. Считалось, что основной вклад в частоту столкновений электронов дает их рассеяние на нейтральных частицах и приведены численные значения частоты столкновений. В

диссертации стоило бы привести оценки частоты столкновений, как на нейтральных частицах, так и вследствие рассеяния электронов на заряженных частицах.

При изучении отсечки части тергерцового импульса посредством генерации фотовозбужденных частиц фемтосекундным импульсом лазерного излучения считалось, что движение фотовозбужденных частиц несущественно. Стоило бы написать пояснение почему такое приближение допустимо.

Замечания из отзыва официального оппонента Гюхтина А.В.

Постановки некоторых задач объясняются недостаточно подробно. Так, в главе 1 нигде не говорится о том, что среда считается изотропной и «холодной» (не обладающей пространственной дисперсией, вызываемой тепловым движением частиц). По-видимому, данные эффекты действительно несущественны, однако хотелось бы видеть соответствующие разъяснения по таким вопросам.

В той же главе при постановке задачи не вводятся граничные условия. Остается неясным, используются ли они при численном расчете. Далее, в п. 1.3, граничные условия выписываются, однако физические основания для них и соответствующий вывод не приведены. Это было бы полезно сделать, не ограничиваясь ссылкой на первоисточник.

В ряде мест в работе утверждается, что рекомбинация несущественна при выполнении некоторых неравенств, обозначенных значком «больше». Правильнее было бы использовать значок «много больше».

Обзор литературы правильно отражает современное состояние дел по теме работы, однако было бы полезно дополнить его информацией о публикациях по близкой тематике. В частности, целесообразно было бы упомянуть следующие монографии:

- В.В. Борисов. Неустановившиеся электромагнитные волны. Ленинград, ЛГУ, 1987.
- В.Н. Красильников. Параметрические волновые явления в классической электродинамике.

Санкт-Петербург, СПбГУ, 1996.

Замечания из отзыва официального оппонента Грач В.С.

В разделе 1.5 не хватает физического объяснения направлений прошедших волн, особенно смены направления распространения волны T2. Указано только математическое неравенство, достаточно сложное, но отсутствует обсуждение, каким именно факторам или процессам соответствует пороговое значение плотности плазмы. Также затрудняет восприятие отсутствие номеров волн на рис. 1.11. Данное замечание также частично относится к главе 2, где имеет место аналогичная смена направления прошедшей волны (рис. 2.1.).

Результаты главы 1 сформулированы не лучшим образом. А именно, при обсуждении практической значимости диссертации упоминается объяснение отрицательных результатов многолетних экспериментальных попыток радарного детектирования ШАЛ и влияние на

прекращение работ по проектам TARA и MARIACHI. При этом проект MARIACHI не упоминается в основном тексте главы 1, а в выводах главы 1 нет четкой и краткой формулировки указанного объяснения. В общем Заключение диссертации в результатах главы 1 не указаны ни ошибки предыдущих подходов к радарному детектированию ШАЛ, ни полученные в диссертации конкретные рекомендации.

В главе 3, в разделе 3.2 при обсуждении полученных результатов в сравнении с результатами FDTD расчетов, из текста непонятно, является ли согласование результатов количественным или только качественным. Также сравнение проведено только для формирования предвестника в кристалле. Поскольку в начале главы упомянуто, что FDTD расчеты могут проводиться и для малой дистанции за пределами кристалла, недостает комментария, почему для этого случая сравнение отсутствует.

В диссертации имеется некоторое количество опечаток. В частности, последний рисунок в главе 3 пронумерован как рис. 21, вместо рис. 3.4.

Замечание из отзыва на автореферат Архипова Р.М.

В главах 3-4 не обсуждается применимость модели Келдыша для фотоионизации полупроводников сверхкороткими фемтосекундными импульсами. Представляется интересным уточнить, в каком диапазоне параметров она корректна и проводилось ли сравнение с решением временного уравнения Шредингера?

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается значительным опытом выполнения ими научно-исследовательских работ по тематике диссертации.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований установлено следующее:

Сформулировано и подтверждено численным моделированием условие на время жизни плазмы за релятивистским фронтом ионизации, при котором рекомбинация плазмы за фронтом не оказывает существенного влияния на коэффициент отражения электромагнитной волны от фронта. Показано, что данное условие выполняется для характерных параметров плазмы широких атмосферных ливней (ШАЛ) в атмосфере Земли при частоте волны 1-10 МГц.

На основе расчета отражения зондирующего радиоизлучения средневолнового диапазона от движущегося фронта ШАЛ показана принципиальная возможность радарного детектирования ШАЛ путем приема на земле отраженного излучения, сдвинутого вверх по частоте за счет эффекта Доплера.

Найден режим эффективного повышения частоты электромагнитного импульса при его трансформации на внезапно останавливаемом фронте ионизации, связанный с вытеканием скинующегося электромагнитного поля из плазмы после остановки фронта.

Разработана полуаналитическая модель генерации квазистатических электромагнитных

предвестников фемтосекундными лазерными импульсами, испытывающими одновременно оптическое выпрямление и многофотонное поглощение в электрооптических кристаллах. Модель позволяет рассчитывать волновую форму предвестников на произвольном расстоянии от кристалла. Для типичных значений ширины лазерного пучка накачки и толщины кристалла GaP определены расстояния от кристалла, на которых предвестник при распространении сохраняет униполярность, становится квазиуниполярным и затем биполярным.

Разработан и экспериментально продемонстрирован метод преобразования биполярных терагерцовых импульсов в униполярные, основанный на отсечке части биполярного импульса нестационарным плазменным зеркалом, создаваемым при сверхбыстрой ионизации приповерхностного слоя кристалла GaAs импульсом фемтосекундного лазера.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что изучены ранее не исследованные режимы трансформации электромагнитных волн на релятивистски движущихся фронтах ионизации, связанные с быстрым распадом сильностолкновительной плазмы за фронтом ионизации, присутствием в области плазмообразования стороннего электрического поля и нестационарностью взаимодействия волны с фронтом ионизации.

Значение полученных соискателем результатов для практики определяется возможностью использования предложенной в диссертации принципиальной схемы радарного детектирования ШАЛ и рекомендаций по дизайну приемного антенного поля радарного детектора.

Найденный в диссертации режим трансформации электромагнитной волны на останавливающемся фронте ионизации с вытеканием скиннующейся волны из плазмы в свободное пространство перспективен для использования в целях частотного преобразования коротких электромагнитных импульсов.

Полученные результаты по динамике разрушения униполярности квазистатических предвестников в ходе их распространения после выхода из кристалла-генератора определяют ограничения на схемы практического использования предвестников в качестве униполярных импульсов.

Разработанный в диссертации метод конверсии биполярных терагерцовых импульсов в униполярные с помощью нестационарного плазменного зеркала может быть использован для создания источников униполярных терагерцовых полей высокой напряженности.

Оценка достоверности полученных результатов исследования выявила, что изложенные в диссертационной работе результаты получены с применением апробированных теоретических, численных и экспериментальных методов, их достоверность подтверждаются согласованием экспериментальных результатов с результатами численного моделирования, а также с имеющимися для частных случаев данными других авторов, апробацией результатов на научных конференциях и публикациями в высокорейтинговых рецензируемых журналах.

Личный вклад соискателя состоит в непосредственном участии в постановке задач, проведении аналитических исследований и численного моделирования, обработке и анализе полученных результатов, подготовке публикаций в научных журналах.

В ходе защиты диссертации было высказано критическое замечание о том, что в расчетах не учитывалось изменение концентрации плазмы за фронтом широкого атмосферного ливня в ходе распространения ливня. Были заданы вопросы об уточнении профиля концентрации плазмы за фронтом ливня, об особенностях предложенного в диссертации метода радарного детектирования ливня как релятивистски движущегося плазменного диска, о возможности детектирования ливня при его сверхсветовом движении, о причинах выбора GaAs в качестве материала для создания нестационарного плазменного зеркала при генерации униполярных терагерцовых импульсов.

Соискатель Новоковская А.Л. ответила на замечание и заданные в ходе заседания вопросы и привела собственную аргументацию. Соискатель отметила, что медленная эволюция широкого атмосферного ливня не принималась во внимание, уточнила форму профиля концентрации плазмы за фронтом ливня, указала особенности предложенного метода радарного детектирования ливней как релятивистски движущихся плазменных дисков, разъяснила предполагаемый способ детектирования сверхсветовых ливней, отметила преимущества GaAs по сравнению с другими полупроводниками при использовании в качестве нестационарного плазменного зеркала.

На заседании 20.05.2026 г. диссертационный совет принял решение: за решение научной задачи, имеющей значение для развития радиофизики, присудить Новоковской А.Л. ученую степень кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.4. Радиофизика.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 17 человек из них 8 докторов наук по специальности 1.3.4. Радиофизика, участвовавших в заседании, из 24 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за присуждение ученой степени — 17, против присуждения ученой степени — 0, недействительных бюллетеней — 0.

Председатель
диссертационного совета

Ученый секретарь
диссертационного совета



(Handwritten signatures in blue ink)

Гурбатов Сергей Николаевич

Клюев Алексей Викторович

20.05.2026