

«УТВЕРЖДАЮ»

Заместитель директора по научной работе
Физического института имени П.Н. Лебедева РАН

к.ф.-м.н. А.В. Колобов



ОТЗЫВ

ведущей организации на диссертацию Новоковской Алины Львовны «Трансформация электромагнитных волн на фронтах плазмообразования в широких атмосферных ливнях и при оптической ионизации сред», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.4. Радиофизика

Взаимодействие электромагнитных волн с нестационарными плазменными образованиями происходит во многих практически важных случаях, как в лабораторных, так и в природных условиях. В последние годы значительный интерес вызывают электромагнитные явления с участием релятивистски движущихся фронтов плазмообразования, создаваемых при фотоионизации вещества ультракороткими лазерными импульсами. Такие фронты позволяют реализовать на практике концепцию «релятивистского зеркала Эйнштейна» для целей преобразования частоты электромагнитных импульсов, а также могут служить источниками униполярных электромагнитных полей терагерцового диапазона. Применительно к природным явлениям большой интерес вызывает проблема радарного детектирования широких атмосферных ливней – релятивистских фронтов ионизации, порождаемых космическими частицами в атмосфере Земли. На решение конкретных задач в рамках этих актуальных тематик и направлена диссертация Новоковской А.Л.

Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка цитируемой литературы и перечня публикаций автора по диссертации.

Во введении представлен обзор литературы по теме диссертации и обоснована актуальность данной работы. Сформулированы цели и задачи диссертации, изложены выносимые на защиту положения, отмечены научная новизна, а также теоретическая и практическая значимость результатов. Указан личный вклад автора, кратко описано содержание диссертации по главам.

Первая глава диссертации посвящена исследованию взаимодействия электромагнитной волны с фронтом ионизации широкого атмосферного ливня (ШАЛ), распространяющегося в атмосфере Земли. Особенностью таких фронтов является ультрарелятивистская скорость движения, быстрая рекомбинация создаваемой на фронте плазмы и высокая частота столкновений электронов в плазме. Теоретическое исследование отражения электромагнитной волны от фронта ионизации при таких условиях проведено впервые. На основе расчетов характеристик отраженной волны предложена практическая схема радарного детектирования ШАЛ.

Вторая глава диссертации посвящена исследованию взаимодействия электромагнитной волны с внезапно останавливающимся фронтом ионизации. Остановка фронта характерна для экспериментов по повышению частоты микроволнового излучения на фронте ионизации в газонаполненной трубке или кристаллическом слое. С теоретической точки зрения интересным здесь является применение преобразования Лапласа с последующим контурным интегрированием для расчета временной динамики электромагнитных полей после остановки фронта. Для практики перспективным является обнаруженный в работе эффект выплескивания из плазмы в свободное пространство скиннующейся прошедшей волны в виде электромагнитного импульса повышенной частоты.

В третьей главе диссертации разработан метод моделирования генерации униполярных электромагнитных полей на фронте плазмообразования в условиях многофотонной ионизации электрооптического кристалла ультракоротким лазерным импульсом. Комбинирование в разработанном методе аналитических и численных подходов позволяет рассчитывать поля на сколь угодно большом расстоянии от области генерации (в отличие от ранее проводившегося FDTD моделирования). Применение метода позволило прояснить динамику потери импульсом униполярности в ходе распространения и обнаружить другие интересные особенности в эволюции пространственной структуры волнового пакета.

В четвертой главе диссертации предложен, численно промоделирован и экспериментально апробирован метод получения униполярных импульсов путем отсечки части биполярного терагерцового импульса с помощью нестационарного плазменного зеркала, создаваемого при ионизации полупроводникового кристалла фемтосекундным лазерным импульсом.

В заключении сформулированы основные результаты диссертации.

Диссертационная работа Новоковской А.Л. является завершенным научным исследованием. Использование единого подхода к рассмотрению процессов в различных

системах обеспечивает целостность работы. Заявленные результаты являются новыми и имеют как теоретическое, так и практическое значение. Следует отметить заметную роль публикаций автора по тематике ШАЛ в осознании научным сообществом бесперспективности попыток радарного детектирования ШАЛ как статических плазменных шнуров и прекращении крупных проектов в этом направлении, что подтверждается ссылками в литературе.

Достоверность и обоснованность полученных результатов и сформулированных на их основе научных положений подтверждается использованием общепринятых теоретических, численных и экспериментальных методов, а в случае главы 4 также подтверждением теоретических предсказаний полученными экспериментальными данными. Результаты диссертации не противоречат имеющимся в литературе теоретическим и экспериментальным данным, прошли рецензирование в высокорейтинговых международных журналах, а также были представлены на конференциях высокого уровня.

Результаты работы опубликованы в 6 статьях в высокорейтинговых международных научных журналах, входящих в первый и второй квартили (Q1 и Q2) международных реферативных баз данных Web of Science и Scopus. Всего же по диссертации опубликовано 19 научных работ.

По диссертации имеются следующие замечания.

1. 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.
2. 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.

Указанные замечания не являются принципиальными и не снижают научную ценность полученных результатов. Тематика диссертации соответствует специальности 1.3.4. Радиофизика. Полученные в диссертации результаты являются новыми, хорошо

обоснованными и представляют, как теоретический, так и практический интерес. Результаты диссертации опубликованы в достаточном количестве статей в рецензируемых научных журналах, рекомендованных ВАК РФ для опубликования основных результатов диссертации. Автореферат адекватно отражает содержание диссертации.

Диссертационная работа Новоковской Алины Львовны «Трансформация электромагнитных волн на фронтах плазмообразования в широких атмосферных ливнях и при оптической ионизации сред» является завершенной научно-квалификационной работой и удовлетворяет требованиям «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 года №842, предъявляемым к диссертациям, представленным на соискание ученой степени кандидата наук, а ее автор, Новоковская Алина Львовна, заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.4. Радиофизика.

Диссертационная работа и настоящий отзыв, составленный доктором физико-математических наук Урюпиным Сергеем Александровичем, обсуждались на семинаре отдела физики плазмы Физического института РАН 27 апреля 2026 г. и получили положительную оценку.

Руководитель отдела физики плазмы ФИАН,
доктор физ.-мат. наук (01.04.08. Физика плазмы),
тел.: (499) 132-63-03
e-mail: uryupin@sci.lebedev.ru

С.А. Урюпин

Сведения о ведущей организации:

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Физический институт имени П.Н. Лебедева Российской академии наук (ФИАН)

Адрес: 19991 ГСП-1 Москва, Ленинский проспект, д. 53

Веб-сайт: <https://lebedev.ru/ru/>

Телефон: 8(499) 132-65-54

E-mail: office@lebedev.ru

« 29 » апреля 2026 г.