

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.1.162.02, СОЗДАННОГО
НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО
УЧРЕЖДЕНИЯ НАУКИ ИНСТИТУТА ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ им. Г.И. БУДКЕРА
СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК,
подведомственного Минобрнауки России, ПО ДИССЕРТАЦИИ
НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № _____
решение диссертационного совета от 07.10.2026 № 14

О присуждении **ВОЛЧОК ЕВГЕНИИ ПАВЛОВНЕ**, ГРАЖДАНКЕ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ ученой степени **кандидата физико-математических наук**.

Диссертация «**Конверсия плазменных волн в электромагнитные как метод генерации узкополосного терагерцового излучения**» по специальности **1.3.9. Физика плазмы** принята к защите 29.05.2026 (протокол заседания № 8) диссертационным советом 24.1.162.02, созданным на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института ядерной физики им. Г.И. Будкера Сибирского отделения Российской академии наук, подведомственного Минобрнауки России, 630090, г. Новосибирск, проспект академика Лаврентьева, д. 11, приказ о создании диссертационного совета № 105/нк от 11.04.2012.

Соискатель Волчок Евгения Павловна, «16» декабря 1994 года рождения, работает инженером в Федеральном государственном бюджетном учреждении науки Институте ядерной физики им. Г.И. Будкера Сибирского отделения Российской академии наук, подведомственном Минобрнауки России.

В 2018 году соискатель с отличием окончила магистратуру Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Новосибирский национальный исследовательский государственный университет» по направлению подготовки 03.04.02 «Физика», а в 2022 году – очную аспирантуру Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института ядерной физики им. Г.И. Будкера Сибирского отделения Российской академии наук по направлению подготовки 03.06.01 «Физика и астрономия», по научной специальности 1.3.9. Физика плазмы.

Диссертация выполнена в лаборатории 9-1 Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института ядерной физики им. Г.И. Будкера Сибирского отделения Российской академии наук, подведомственного Минобрнауки России.

Научный руководитель – доктор физико-математических наук Тимофеев Игорь Валериевич, главный научный сотрудник лаборатории 9-1 Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института ядерной физики им. Г.И. Будкера Сибирского отделения Российской академии наук.

Официальные оппоненты:

- 1. Брантов Андрей Владимирович** – доктор физико-математических наук, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Физический институт им. П.Н. Лебедева Российской академии наук, г. Москва, высококвалифицированный ведущий научный сотрудник;

2. **Корнеев Филипп Александрович** – кандидат физико-математических наук, Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ», г. Москва, доцент кафедры теоретической ядерной физики

дали **положительные** отзывы на диссертацию.

Ведущая организация Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный исследовательский центр Институт прикладной физики им. А.В. Гапонова-Грехова Российской академии наук» (ИПФ РАН), г. Нижний Новгород, в своем положительном отзыве, подписанном Коржимановым Артемом Владимировичем, кандидатом физико-математических наук, заместителем заведующего отделом по научной работе ИПФ РАН, Стародубцевым Михаилом Викторовичем, доктором физико-математических наук, руководителем отделения нелинейной динамики и оптики и Корюкиным Игорем Валерьевичем, кандидатом физико-математических наук, заведующим Научно-организационным отделом, секретарём ИПФ РАН, утверждённым Врио директора ИПФ РАН, академиком РАН Денисовым Григорием Геннадьевичем, указала, что диссертация Евгении Павловны Волчок является завершённой научно-квалификационной работой, в которой теоретически и численно исследуются два механизма конверсии плазменных волн в терагерцовое излучение и найдены режимы их эффективной генерации, востребованные для создания компактного перестраиваемого источника мощного ТГц-излучения. Диссертационная работа Е. П. Волчок «Конверсия плазменных волн в электромагнитные как метод генерации узкополосного терагерцового излучения» соответствует требованиям п. 9 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. № 842, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, а ее автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.9. Физика плазмы.

Соискатель имеет 19 опубликованных работ в области физики плазмы, в том числе по теме диссертации опубликовано 6 работ, из которых 1 публикация входит в Перечень ВАК при Министерстве науки и высшего образования Российской Федерации и 5 публикация в рецензируемых научных изданиях, входящих в базы Scopus и Web of Science, приравненные к статьям из Перечня ВАК. Основные результаты по теме диссертации опубликованы в следующих работах:

1. Генерация узкополосного ТГц излучения за счёт столкновения в плазме лазерных кильватерных волн с мелкомасштабной поперечной структурой/ Е. П. Волчок, В.В. Анненков, Е.А. Берендеев, И.В. Тимофеев. - Текст: электронный // Квантовая электроника. – 2023. – Т. 53, № 3. – С. 272–277. – URL: <https://www.mathnet.ru/rus/qe18257>. – Дата публикации: 3.03.2023.

2. Volchok, E.P. Coherent terahertz emission from a plasma layer due to linear conversion of laser wakefields on pre-modulated ion density/ E.P. Volchok, I.V. Timofeev, V.V. Annenkov. - Текст: электронный // Plasma Physics and Controlled Fusion. – 2019. – Т. 61. – № 12. – С. 125006. – URL: <https://doi.org/10.1088/1361-6587/ab4cfa>. – Дата публикации: 28.10.2019.

3. Second harmonic electromagnetic emission in a beam-driven plasma antenna/ V.V. Annenkov, E.A. Berendeev, E.P. Volchok, I.V. Timofeev. - Текст: электронный // Plasma Physics and Controlled Fusion. – 2019. – Т. 61, № 5. – С. 055005. – URL: <https://doi.org/10.1088/1361-6587/ab0789>. – Дата публикации: 26.03.2019.

4. Simulations of electromagnetic emission from colliding laser wakefields/ I. V. Timofeev, E.A. Berendeev, V.V. Annenkov, E.P. Volchok. - Текст: электронный // Plasma Physics and Controlled Fusion. – 2020. – Т. 62, № 4. – С. 045017. – URL: <https://doi.org/10.1088/1361-6587/ab74e6>. – Дата публикации – 26.02.2020.

5. Optimal synchronization of laser pulses in THz generation scheme with colliding plasma wakes/ I. V. Timofeev, E.A. Berendeev, V.V. Annenkov, E.P. Volchok, V. I. Trunov. - Текст: электронный // Physics of Plasmas. – 2021. – Янв. – Т. 28, № 1. – С. 013103. – URL: <https://doi.org/10.1063/5.0029848>. – Дата публикации: 6.01.2021.

6. Electromagnetic emission due to nonlinear interaction of laser wakefields colliding in plasma at an oblique angle/ E.P. Volchok, V.V. Annenkov, I.V. Timofeev. - Текст: электронный // Plasma Physics and Controlled Fusion. – 2021. – Т. 63, № 4. – С. 045001. – URL: <https://doi.org/10.1088/1361-6587/abdcdb>. – Дата публикации: 8.02.2021.

Личный вклад автора в получении научных результатов, лежащих в основе диссертации, является определяющим. Автор принимал определяющее участие в постановке задачи, разработке аналитической теории, проводил численное моделирование и последующий анализ полученных результатов.

Вклад автора в первую публикацию состоял в получении теоретических зависимостей, описывающих взаимодействие широких встречных плазменных волн с модулированным профилем интенсивности, определении оптимальных параметров схемы генерации, определении параметров численного моделирования и последующего анализа их результатов, а также написании текста статьи.

Вклад соискателя во 2-ю статью состоял в разработке аналитической теории возбуждения электромагнитного излучения на фундаментальной гармонике плазменной частоты коротким лазерным импульсом в периодически модулированной плазме, проведении численного моделирования процесса, обработке полученных результатов и написании текста статьи.

Вклад автора во 3-ю статью состоял в получении теоретических зависимостей для амплитуды и мощности $2\omega_p$ -излучения, накачиваемого электронным пучком в тонкой модулированной плазме, исследовании зависимости характеристик излучения от ширины плазмы, волнового числа и амплитуды модуляции ионной плотности, а также анализе результатов численного моделирования. Подготовка текста осуществлялась совместно с соавторами.

Вклад автора в четвертую статью состоял в подборе оптимальных параметров генерации электромагнитного излучения при столкновении встречных лазерных импульсов в однородной плазме, анализе результатов моделирования данного механизма, исследовании влияния эффектов ионной динамики на генерацию электромагнитного излучения на второй гармонике плазменной частоты и разных

подходов к численному описанию лазерного импульса, участию в подготовке публикации.

В 5-й статье вклад автора состоял в анализе результатов численного моделирования столкновения встречных лазерных импульсов в гелиевой газовой струе с учётом ионизации и временной задержке прихода одного из импульсов в точку фокуса, а также в подготовке текста публикации.

Вклад соискателя в 6-ю статью состоял в разработке подхода к аналитическому вычислению углового распределения излучения при наличии малого угла между оптическими осями сталкивающихся лазерных импульсов. Автором были определены оптимальный угол сведения лазерных импульсов в демонстрационном эксперименте на тераваттной лазерной установке, получены оценки для ожидаемой интенсивности излучения в месте предполагаемого расположения детектора, проведены сравнения с численным моделированием и подготовлен текст статьи.

В диссертационной работе соискателя ученой степени Волчок Е.П. отсутствуют недостоверные сведения о научных публикациях, в которых изложены основные научные результаты диссертации.

На диссертацию и автореферат поступили отзывы:

1. От официального оппонента Брантова Андрея Владимировича, доктора физико-математических наук, высококвалифицированного ведущего научного сотрудника сектора лазерно-плазменной физики высоких энергий Федерального государственного бюджетного учреждения науки Физического института им. П.Н. Лебедева Российской академии наук. В отзыве представлен обзор диссертационной работы, подчеркивается актуальность темы исследования, научная новизна и практическая значимость полученных результатов. В отзыве отмечено, что диссертационная работа Е.П. Волчок является научно-квалификационной работой, в которой получены результаты, совокупность которых можно квалифицировать как решение важных научных проблем, связанных с разработкой лазерно-плазменных источников узкополосного мощного терагерцового излучения на основе нелинейного взаимодействия плазменных волн. Значимых замечаний к диссертационной работе выявлено не было, но было высказано несколько уточняющих вопросов и предложений по корректировке некоторых формулировок. В отзыве отмечено, что результаты, изложенные в диссертации, являются новыми и обладают большой научной значимостью, находятся на передовом мировом уровне исследований в области исследования генерации и эволюции плазменных волн в газовой плазме. В заключительной части отмечено, что диссертационная работа отвечает всем требованиям, предъявляемым к диссертациям, а Волчок Е.П. заслуживает присуждения степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.9. Физика плазмы.
2. От официального оппонента Корнеева Филиппа Александровича, кандидата физико-математических наук, доцента кафедры теоретической ядерной физики Института лазерных и плазменных технологий Федерального государственного автономного образовательного

учреждения высшего образования «Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ». В отзыве представлен обзор диссертационной работы, подчеркиваются актуальность темы исследования, научная новизна и практическая значимость полученных результатов. Отмечено, что диссертация Е.П. Волчок представляет собой завершённую научную работу, последовательно и подробно освещающую вопросы генерации электромагнитного излучения в плазме. Отмечено также, что работа представляет собой существенный вклад в исследования по физике плазмы, в частности, по генерации вторичного излучения при конверсии плазменных волн, полученные результаты соответствуют мировому уровню. Значимых замечаний к диссертационной работе не выявлено, но приведено несколько уточняющих вопросов. В заключительной части отзыва отмечено, что диссертационная работа Волчок Е.П. является научно-квалификационной работой, в которой получены результаты, совокупность которых можно квалифицировать как решение важных научных проблем, связанных с генерацией электромагнитного излучения в плазменной среде и разработкой соответствующих источников мощного узкополосного терагерцового излучения. Указано, что представленная диссертационная работа отвечает всем требованиям, предъявляемым к диссертациям, а Волчок Е.П. заслуживает присуждения степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.9. Физика плазмы

3. На автореферат поступило два отзыва. Первый отзыв подписан Волокитиным Александром Сергеевичем, кандидатом физико-математических наук, ведущим научным сотрудником Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн им. Н.В. Пушкова Российской академии наук (ИЗМИРАН). В отзыве отмечена актуальность и практическая значимость диссертационного исследования. В отзыве отсутствуют вопросы и замечания к исследованию, указано также, что результаты, освещенные в диссертации, вполне оригинальны, являются актуальными и представляют несомненное научное значение, а диссертантка Волчок Евгения Павловна заслуживает присуждения ей ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.9. Физика плазмы.

Второй отзыв подписан Попруженко Сергеем Васильевичем, доктором физико-математических наук, заведующим кафедры теоретической физики Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ». В отзыве отмечена актуальность темы исследования, выделены наиболее важные результаты диссертационной работы. Замечаний к автореферату не выявлено. Отмечено, что полученные в диссертационной работе результаты являются важными и интересными с точки зрения развития теоретических подходов к исследованию процессов генерации вторичного излучения в плазменных средах и управления параметрами этого излучения. Отмечено, что Е.П.

Волчок достойна присуждения ей степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.9. Физика плазмы.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается известностью их достижений в предметной области, их компетентностью, наличием публикаций по теме защищаемой диссертации и способностью определить научную и практическую значимость диссертационного исследования, а также дать рекомендации по использованию полученных результатов.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

предложено обобщение теории плазменной антенны для фундаментальной гармоника плазменной частоты на случай короткого лазерного драйвера, теория **продемонстрировала**, что электромагнитное излучение на частоте отсечки ω_p способно покидать относительно тонкую плазму диффузионным образом, а его амплитуда, несмотря на эффекты дифракции лазерного импульса, остаётся равномерной по интенсивности вдоль продольной оси на расстояниях вплоть до нескольких длин Рэлея от точки фокуса;

построена теория генерации излучения на удвоенной плазменной частоте по механизму плазменной антенны, в основе которого лежит рассеяние ленгмюровской волны на продольной к магнитному модуляции плотности плазмы, **показано**, что эффективность такого механизма может достигать нескольких процентов от полной мощности электронного драйвера;

при моделировании нелинейного взаимодействия кильватерных волн, возбуждаемых встречными лазерными импульсами с разными фокальными пятнами, **обнаружено**, что, наравне с указанным механизмом, сопоставимый вклад в полную энергию излучения даёт также механизм плазменной антенны, который начинает играть роль, когда в плазме возникает модуляция ионной плотности, создаваемая пондеромоторной силой взаимодействующих кильватерных волн.

определены оптимальные параметры и сформулированы основные требования к экспериментальной реализации механизма $2\omega_p$ излучения встречными лазерными импульсами на ТВТ-ной лазерной системе в ИЛФ СО РАН;

установлено, что использование широко апертурных кильватерных волн с пространственно модулированной интенсивностью позволяет снять ограничение на абсолютное значение энергии лазерного импульса, которую можно эффективно преобразовать в излучение в схеме со встречными плазменными волнами, и достичь эффективности конверсии на уровне 1% за счёт увеличения длины их взаимодействия.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что изученные в работе механизмы расширяют существующие теоретические представления о процессах генерации электромагнитного излучения в плазме при инжекции в неё электронных или лазерных пучков. Полученные результаты могут быть важны для интерпретации как лабораторных экспериментов по инжекции в плазму килоамперных релятивистских электронных пучков, так и процессов генерации излучения на Солнце.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что обнаруженные механизмы конверсии

плазменных волн в электромагнитные открывают возможность создания эффективных источников узкополосного ТГц излучения с уровнем мощности, который сейчас недоступен для стандартных схем вакуумной и квантовой электроники. В качестве первого шага на этом пути в диссертации детально проработан проект демонстрационного эксперимента на фемтосекундной лазерной установке тераваттной мощности в ИЛФ СО РАН, который сможет подтвердить полученные в теории и численных расчётах предсказания об эффективности рассмотренных механизмов электромагнитной эмиссии.

Оценка достоверности результатов исследования выявила, что предсказания аналитической теории и результаты численного моделирования из первых принципов непротиворечивы, соответствуют общепринятым физическим представлениям и согласуются между собой, использованный численный код базируется на известных проверенных алгоритмах вычисления эволюции частиц, полей и токов, а также многократно протестирован на базовых физических задачах с общеизвестными решениями.

Личный вклад соискателя состоит в его определяющем участии на всех этапах работы: разработка аналитической теории для описания излучения на первой гармонике плазменной частоты при распространении короткого лазерного импульса по плазме с предварительно модулированной плотностью и проведение численного моделирования этой задачи, получение теоретической зависимости для амплитуды и мощности $2\omega_p$ -излучения, накачиваемого электронным пучком в тонкой модулированной плазме, исследование зависимости характеристик излучения от ширины плазмы, волнового числа и амплитуды модуляции ионной плотности, анализ результатов численного моделирования, определение оптимальных параметров для экспериментальной реализации механизма на встречных кильватерных волнах с отличающимися поперечными профилями и анализ результатов численного моделирования, учитывающего влияние ионной динамики, а также эффекты перекрытия быстро осциллирующих лазерных полей, получение углового распределения излучения при наличии малого угла между оптическими осями сталкивающихся лазерных импульсов, проведение сравнения с результатами численного моделирования и получение оценки для ожидаемой интенсивности излучения в месте предполагаемого расположения детектора, вывод теоретических зависимостей для задачи взаимодействия плазменных волн с широкой апертурой и модулированным профилем интенсивности, определение оптимальных параметров схемы генерации и параметров численного моделирования, а также последующий анализ его результатов, подготовка публикаций и представление результатов на международных и российских конференциях.

В ходе защиты диссертации были заданы следующие вопросы. Профессор, д.ф.-м.н. Аржанников А.В. спросил, как будет меняться картина по мощности и спектральному составу, если повысится или понизится магнитное поле. Председателем диссертационного совета, д.ф.-м.н. Багрянским П.А. был задан вопрос о сравнении результатов диссертационной работы с результатами физического эксперимента. Ученый секретарь диссертационного совета, д.ф.-м.н., профессор РАН Лотов К.В. задал вопрос о сложности теоретических вычислений зависимости эффективности генерации излучения вблизи второй гармонике плазменной частоты и возможности представить теоретические зависимости в

виде гладких кривых, а также уточнил, насколько допустимо использовать выражения для потенциала кильватерной волны, полученного в приближении поперечно неограниченной плазмы, в задаче о плазменном слое конечной ширины. Профессором, д.ф.-м.н. Шайхисламовым И.Ф. был задан ряд вопросов об уровне используемой теории: на каких принципах она построена и как упрощённая модель холодной электронной жидкости позволяет оценить интенсивность излучения при столкновении лазерных импульсов в газовой среде. Он также спросил, наблюдалось ли терагерцовое излучение в многочисленных экспериментах по взаимодействию лазерных пучков с газовыми средами, проводимых с конца 1990-х годов, уточнил параметры численного моделирования и поинтересовался, проявлялись ли в расчётах неустойчивости.

Соискатель Волчок Е.П. согласилась с замечаниями и ответила на задаваемые ей в ходе заседания вопросы, приводя собственную аргументацию.

Диссертация Волчок Е.П. **«Конверсия плазменных волн в электромагнитные как метод генерации узкополосного терагерцового излучения»** соответствует всем критериям, предъявляемым к диссертации на соискание учёной степени кандидата наук, установленным в Положении о присуждении учёных степеней, утвержденном постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 года № 842 (в действующей редакции).

На заседании 07.10.2026 диссертационный совет принял решение: за решение научной задачи, имеющей значение для развития теоретических представлений о механизмах генерации электромагнитного излучения в плазме под действием электронных и лазерных пучков и разработки схем эффективной конверсии их энергии в энергию ТГц излучения с узкой спектральной линией, присудить Волчок Е.П. учёную степень кандидата физико-математических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 16 человек, из них 7 докторов наук по специальности рассматриваемой диссертации, участвовавших в заседании, из 20 человек, входящих в состав совета, дополнительно введены на разовую защиту 0 человек, проголосовали: «за» - 16, «против» - 0.

Председатель диссертационного
совета 24.1.162.02,
д.ф.-м.н.

/Багрянский Петр Андреевич /

Ученый секретарь диссертационного
совета 24.1.162.02
д.ф.-м.н., профессор РАН

/Лотов Константин Владимирович /

09.10.2026

