

О Т З Ы В

официального оппонента по диссертации С.А. Скобелева

«Самовоздействие широкополосного излучения и формирование предельно коротких лазерных импульсов», представленной на соискание ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 01.04.21 – лазерная физика

Диссертационная работа С.А. Скобелева посвящена теоретическому исследованию динамики коротких (с длительностью в несколько осцилляций оптического поля) интенсивных лазерных импульсов в диспергирующих средах с различными типами нелинейности. Тематика работы относится к одному из наиболее актуальных и фундаментальных направлений лазерной физики – исследованию взаимодействия сильных и сверхсильных лазерных полей с веществом. Полученные результаты вносят полезный вклад в понимание физических механизмов самовоздействия лазерных импульсов в нелинейных средах. Предложенные в диссертации методы самокомпрессии лазерных импульсов представляют практический интерес для целей генерации ультракоротких оптических импульсов в различных спектральных диапазонах.

Диссертация состоит из введения, шести глав, заключения, списка цитируемой литературы и списка работ по диссертации. Во введении обоснована актуальность темы и сформулированы цели работы, кратко описано содержание работы по главам и приведены основные положения, выносимые на защиту.

Первая глава диссертации посвящена исследованию одномерной динамики коротких лазерных импульсов различной поляризации в изотропной среде с керровской нелинейностью. Полученные здесь результаты фактически обобщают хорошо известные солитонные решения нелинейного уравнения Шредингера – солитоны огибающей квазимонохроматического излучения – на случай оптических видеосолитонов с малым числом колебаний оптического поля.

Во второй главе рассмотрение распространяется на двумерный случай нелинейной динамики аксиально симметричных коротких волновых пакетов. Предложено и обосновано модельное уравнение для исследования самовоздействия таких пакетов в

средах с кубической нелинейностью и довольно общим законом дисперсии. Показано, что при самофокусировке пакета важную роль играет нелинейная дисперсия среды (зависимость групповой скорости импульса от амплитуды поля), которая приводит к опрокидыванию продольного профиля импульса и, в конечном итоге, к сильному уширению спектра излучения.

В третьей главе исследован эффект компрессии (адиабатического уменьшения продольного размера) аксиально-симметричного волнового пакета при его самофокусировке в среде с кубической нелинейностью и аномальной дисперсией групповой скорости и показана устойчивость эффекта по отношению к распаду пакета на отдельные филаменты.

В четвертой главе в одномерном приближении рассматривается задача о компрессии лазерного импульса, распространяющегося в капилляре, заполненном смесью двух сортов газа с различными потенциалами ионизации. Один сорт газа обеспечивает керровскую нелинейность, другой – ионизационную. Предсказано адиабатическое формирование солитона с одним периодом оптического поля, сильно сдвинутого по частоте вверх.

Пятая глава посвящена исследованию самовоздействия мощного лазерного импульса при распространении в газонаполненном капилляре в условиях, когда доминирующим механизмом нелинейности является туннельная ионизация газа. Показана возможность формирования в капилляре узкого плазменного канала и связанного с этим эффекта сильной компрессии лазерного импульса. Приведены экспериментальные данные, неплохо согласующиеся с результатами численного расчета.

В шестой главе рассмотрены два механизма нелинейной компрессии лазерного импульса в плазме – вынужденное рамановское рассеяние при встречном распространении усиливаемого импульса и импульса накачки, а также механизм, основанный на перераспределении плотности плазмы в пределах лазерного импульса под действием пондеромоторной силы. Полученные теоретические результаты качественно подтверждаются данными двух экспериментов.

В заключении сформулированы основные результаты диссертации.

Таково, в общих чертах, содержание диссертации С.А. Скобелева, свидетельствующее о большой и кропотливой работе, проделанной автором. Диссертация явля-

ется завершенным научным трудом и обладает внутренним единством. Основные научные положения работы являются новыми и соответствуют передовому мировому уровню. Сделанные выводы и предложенные рекомендации достаточно хорошо обоснованы, так что их достоверность не вызывает сомнений. Можно заключить, что автор диссертации является искусным аналитиком, хорошо владеет численными методами решения нелинейных дифференциальных уравнений и свободно оперирует довольно обширными физическими познаниями при анализе полученных результатов. Впечатляет и состав постоянных соавторов статей, среди которых такие известные теоретики, как Литвак, Миронов, Ким.

В то же время, нельзя не отметить посредственное качество текста диссертации. Он изобилует грамматическими ошибками, несогласованиями, повторами одних и тех же формул и целых кусков. Представляются также совершенно излишними претенциозные выражения типа «мы приподняли завесу тайны новой физики в нетривиальном взаимодействии между этими солитонами» (с. 90), «дабы пролить свет на физику и ...» (с. 242) и т.п. В основном все же текст диссертации понятен.

По существу же работы имеются следующие замечания.

1. Диссертация построена на анализе упрощенных модельных уравнений, основанных на приближении однонаправленного распространения, упрощенном законе дисперсии, гидродинамическом приближении при описании плазмы и т.д. Для обоснования использованных приближений желательнее сравнение полученных результатов с результатами прямого (полноволнового) численного моделирования. В одномерных задачах глав 1 и 4 такое моделирование можно провести, например, методом FDTD. При этом для сокращения расчетной дистанции достаточно ограничиться наиболее интересной областью, где импульс перестает быть квазимонохроматическим. Для проверки подходов, развиваемых в главах 5 и 6, уместным было бы сопоставление с результатами PIC-симуляции. Хотя в п. 6.7 и приведены некоторые результаты расчетов с помощью PIC-кода, они в основном сравниваются с экспериментом и не используются для анализа адекватности упрощенного гидродинамического подхода.
2. При рассмотрении в главе 4 нелинейной динамики лазерного импульса в газонаполненном капилляре предполагается, что поперечное распределение поля определяется модой капилляра и не меняется под действием керровской и ионизационной не-

линейностей. Указывается (со ссылкой на другие работы), что данное приближение обосновано, например, для импульсов с длительностью 25 фс и энергией в несколько сотен мкДж. В то же время в качестве результата приводится возможность получения на выходе капилляра импульса с длительностью 250 ас (в 100 раз короче) и энергией 110 мкДж, для которого данное приближение явно должно нарушаться.

3. Рассмотрение самокомпрессии оптических импульсов в главах 3, 6 доводится до длительностей импульса, соизмеримых с периодом оптического поля. Для столь коротких импульсов из-за большой ширины их спектра трудно ожидать применимости модельных законов дисперсии, использованных при расчетах.
4. В главе 6 используется одномерная модель возбуждения кильватерной плазменной волны, что оправдано лишь для достаточно широких лазерных пучков. В то же время рассматриваются лазерные импульсы с поперечным размером ~ 10 мкм (начальным или после самофокусировки), меньшим длины плазменной волны. При этом остается непонятной роль возбуждения поперечных движений электронов в плазменном шнуре.

Сделанные замечания не снижают общей высокой оценки диссертации. Она удовлетворяет требованиям Положения о присуждении ученых степеней, предъявляемым к докторским диссертациям, и соответствует специальности 01.04.21 – лазерная физика. Основные результаты работы опубликованы в ведущих научных журналах. Автореферат правильно отражает содержание диссертации. Автор работы С.А. Скобелев заслуживает присуждения ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 01.04.21 – лазерная физика.

Заведующий кафедрой общей физики ННГУ,
доктор физико-математических наук,
профессор



Бакунов Михаил Иванович

Адрес: 603950 Нижний Новгород, проспект Гагарина, 23, ННГУ

Тел.: (831) 462-32-71, bakunov@rf.unn.ru

