

«УТВЕРЖДАЮ»
ИО директора ФГБУН
Института океанологии
и географии
Российской академии наук
Новосибирск

2026 г.

ОТЗЫВ

ведущей организации
на диссертационную работу
Короткевича Александра Олеговича

на тему «Моделирование нелинейных волн в задачах теоретической физики»,
представленной на соискание ученой степени доктора физико-математических
наук по специальности 1.3.3 - теоретическая физика.

Диссертационная работа Александра Олеговича Короткевича посвящена бурно развивающейся области современной физики - исследованию нелинейных волновых процессов. Автор диссертации демонстрирует возможности применения подходов теории нелинейных волн к решению широчайшего круга задач, начиная с динамики квазимонохроматических слабонелинейных волн и завершая задачами эволюции случайных волновых полей с приложениями к практическим задачам, в частности, к проблеме диагноза и прогноза морского волнения. По мнению автора отзыва, в настоящее время можно говорить о некотором дисбалансе солидного теоретического задела и относительно скромного использования этого задела при решении конкретных прикладных и исследовательских задач. В своей работе автор пытается смягчить сложившееся положение, решая различные исследовательские и научно-прикладные задачи и, что существенно, доводя эти решения до явных количественных оценок и практических рекомендаций.

Актуальность темы диссертации определяется именно демонстрацией возможностей современных методов исследования, в первую очередь, методов численного моделирования, к углубленному исследованию задач нелинейной волновой динамики. Автором показана реализуемость ряда важных физических эффектов в практических ситуациях. Во многих случаях представлены достоверные диапазоны физических параметров, в которых эти эффекты могут

быть реализованы. Таким образом, делается важный шаг приближения фундаментального теоретического знания к его практическому применению.

Научная новизна работы описана в диссертации и автореферате как список основных результатов, каждый из которых, безусловно, обладает новизной. В то же время, отсутствует обобщающее заключение, которое могло бы охарактеризовать новизну работы в целом. На взгляд автора отзыва, представленные новые результаты могут быть объединены использованием широкого круга оригинальных приемов сочетания теоретических и численных подходов, применением качественного анализа физических эффектов с общих позиций, не ограниченных рамками теории нелинейных волн. Автор использует методы, которые могут показаться сугубо рутинными, но на деле приводят к серьезным физическим следствиям. Так, в задаче о супергармонической неустойчивости волны Стокса с высочайшей точностью вычислены инкременты последовательно возникающих ветвей неустойчивости, численными методами продемонстрирована возможность бифуркаций до третьей ветви неустойчивости вблизи порога существования решения.

Достоверность полученных в работе результатов гарантируется публикациями в ведущих научных изданиях, включая Physical Review Letters, Journal of Fluid Mechanics, Журнал экспериментальной и теоретической физики. Эти результаты были доложены на международных и российских научных мероприятиях. Следует отметить активное многолетнее участие соискателя в сессиях Совета РАН по нелинейной динамике, традиционно проходящих в Институте океанологии им. П.П. Ширшова Российской академии наук.

Личный вклад автора описан подробно, корректно отражен вклад соавторов в отдельные части совместной работы. Работы из обширного библиографического списка цитируются корректно.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из Введения, пяти глав, заключения, списка литературы и четырех приложений. Объем работы 370 машинописных страниц. Список литературы содержит 368 наименований. К сожалению, при его оформлении допущены небрежности, в частности, дублированы ссылки на статьи 320 и 321.

Во **Введении** обосновывается актуальность работы, формулируются ее цели и задачи, формулируются результаты и выносимые на защиту положения.

Первая глава «Простейшие подходы к моделированию нелинейных волн» представляет две задачи, в которых предложено использовать свойства нелинейного взаимодействия двух гармоник для генерации волны на «полезной» частоте. В первом случае таким образом удастся реализовать прием и передачу

сигнала за пределы плазменного облака, окружающего космический аппарат и непрозрачного для «полезной» частоты. Аналитические и численные оценки показывают, что практическая задача может быть решена путем установки на аппарат двух доступных на рынке устройств, генерирующих волны достаточно высокой частоты, для которых плазма прозрачна.

Во второй задаче исследована задача об индуцированной модуляционной неустойчивости поверхностных спиновых волн в ферромагнитных пленках, которая возникает при достижении определенного порога мощности волны.

Термин «простейшие подходы» в названии главы представляется автору отзыва неудачным. Конфигурации физических эффектов и выбор параметров, для которых эти эффекты могут быть реализованы, потребовали от соискателя как изрядной физической интуиции, так и серьезной работы над построением математических моделей.

Во второй главе «Приближение огибающей в оптике и физике плазмы» рассматриваются задачи распространения волн в метаматериалах, когда возможной становится ситуация отрицательного показателя преломления. Выделение этих задач в отдельный раздел можно объяснить специфической областью их реализации в оптике активных сред и общностью математического аппарата.

Третья глава «Классическая задача гидродинамики: волна Стокса» обращается к классической проблеме устойчивости двумерной стационарной волны Стокса на поверхности тяжелой жидкости без предположений о малости амплитуды волны. С помощью конформных преобразований строятся численные решения при приближении волны Стокса к предельному значению ее крутизны. Соискателю и его соавторам удалось преодолеть известные трудности задачи: медленную сходимость решений и немонотонность зависимости фазовой скорости от крутизны волны вблизи предельного решения. Уникальные вычисления проводились с четверной точностью, что, очевидно, потребовало серьезных усилий по организации вычислений и сохранению результатов. Достигнуто рекордное на сегодняшний день значение крутизны (формула 3.41 диссертации).

Следующим важным шагом явилось исследование супергармонической (коротковолновой) неустойчивости построенных сильнонелинейных решений. Из-за упомянутой выше особенности, немонотонной зависимости энергии волны от крутизны, возникает последовательность неустойчивостей. В численных экспериментах удалось достичь третьей ветви неустойчивости. Важно отметить доступность фундаментальных результатов проведенных исследований. На сайте

<http://stokeswave.org> представлена библиотека полученных решений и вычисленные инкременты неустойчивости сильнонелинейных решений волны Стокса.

В четвертой главе «Слабонелинейное разложение для поверхностных волн в гидродинамике. Динамические уравнения» соискатель обращается к приближению слабой нелинейности для трехмерных волн на воде. Исследуются неустойчивости, возникающие в результате трех- и четырехволновых взаимодействий капиллярных и гравитационных волн. Подобные задачи довольно подробно рассмотрены, в том числе, и в работах сотрудников Института океанологии (см. например, Badulin et al., 1995, J.Fluid Mech. v.303, 297-326; Annenkov, Shrira, 1999, Nonlin. Proc.Geophys., 6 (1), pp.27-50). К сожалению, эти публикации в диссертации не упомянуты.

Наряду с аналитическими оценками в работе выполнено численное моделирование развития неустойчивостей в рамках слабонелинейных уравнений. Особого внимания заслуживает задача о неустойчивости стоячей волны с последующей изотропизацией волнового поля. Поскольку моделирование проводится в ограниченной области физического пространства, неизбежно возникает вопрос о формировании волновых структур, определяемых максимальным размером, волнового конденсата. Соискатель рассматривает вопрос о влиянии присутствия волнового конденсата на базовые режимы эволюции случайного волнового поля, прямой и обратный каскады, представляемые классическими решениями Колмогорова-Захарова. Этот вопрос тесно связан с серьезными прикладными проблемами прогноза морского волнения: справедливости основной математической модели, уравнения Хассельманна, и проблемой волн-убийц.

Еще одна важная проблема, рассмотренная в этой главе, оценка затухания волнения за счет микрообрушений. Полученный результат формально противоречит общепринятому взгляду и используемым в оперативном моделировании параметризациям волновой диссипации. Соискатель с соавторами показали, что зависимость от крутизны волнения гораздо сильнее. При степенной аппроксимации получаются степени выше шестой, тогда как используемые зависимости рекомендуют показатель не выше четырех.

Пятая глава «Статистический подход к описанию нелинейных волн. Кинетическое уравнение и его верификация» представляет особый интерес для специалистов Института океанологии, поскольку тесно связана с важнейшей практической задачей прогноза морского волнения. Значительным вкладом соискателя можно считать подробный анализ применимости общепринятого статистического описания волнения, базирующегося на кинетическом уравнении для волн на воде (уравнении Хассельманна в контексте задач волнового прогноза). Соискатель использует разработанные им методы решения

слабонелинейных динамических уравнений и алгоритмы решения кинетического уравнения для анализа различий решений для ансамблей волновых гармоник со случайными фазами. Продемонстрирована, в целом, корректность общепринятого подхода (кинетического уравнения). При этом указано на важность околорезонансных межволновых взаимодействий, что согласуется с результатами сотрудников ИОРАН (ссылка 333 списка литературы). Важная часть этой главы - численные эксперименты с эмпирическими функциями накачки и диссипации волнения. В этих экспериментах удалось в очередной раз показать несоответствие часто используемых в моделировании параметрических формул результатам прямого численного моделирования и решениям самого кинетического уравнения без обычно используемого приближения дискретных взаимодействий (DIA - Discrete Interaction Approximation).

В **Заключении** сформулированы положения, выносимые на защиту. Эти положения и в тексте диссертации, и в автореферате формулируются дважды, сначала в «описательной» форме, затем в более строгой и приличествующей формату диссертационной работы (сравните стр.14 и 290 диссертации). Для рецензента, с одной стороны, это создает определенные трудности оценки работы, с другой, позволяет глубже вникнуть в содержание реально проделанной большой работы. Работа, действительно представляет собой серьезное обобщение методов применения теоретического аппарата нелинейной волновой динамики к решению актуальных задач современной физики.

Недостатки работы могут быть сведены в две большие группы.

Структура работы, в целом соответствует масштабу работы и верно отражает основные ее направления. В то же время, часть материала могла бы быть представлена в более краткой форме, тем более, что все элементы исследований подробно изложены в легко доступных публикациях в известных журналах. Объем автореферата явно избыточен. Подробности работы могли бы быть опущены. В то же время, обобщающие заключения разделов диссертации неоправданно лаконичны.

При оформлении работы допущены многочисленные небрежности. В тексте довольно много неточных фраз и явных оговорок. Например, на стр.25, последний абзац, находим фразу «План неустойчивости следующий». Список литературы оформлен в различных стилях (пример, «Автор, Название ...» (ссылки 1-8) и «Название, Автор...» (ссылки 9, 36, 37 и т.д). Ряд ссылок дублирован (уже упоминавшиеся 320-321).

Несмотря на отмеченные недостатки диссертационная работа может быть рекомендована к прочтению широкому кругу специалистов, поскольку дает

адекватное обобщение выполненных исследований и подробный обзор современного состояния изучения динамики нелинейных волновых процессов.

Диссертационная работа Короткевича Александра Олеговича «Моделирование нелинейных волн в задачах теоретической физики» является самостоятельной работой, полностью соответствует требованиям Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного постановлением Правительства РФ № 842 от 24.09.2013 г. в действующей редакции. Автор достоин присвоения степени доктора физико-математических наук по специальности 1.3.3 - теоретическая физика.

Отзыв на диссертацию обсужден и одобрен на семинаре Лаборатории морских течений 23 сентября 2026 г. Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт океанологии им. П.П. Ширшова Российской академии наук (протокол №1 от 23.09.2026).

Я, Жмур Владимир Владимирович, даю согласие на включение моих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета.

Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН, зав. лабораторией морских течений, Технический институт, зав. кафедрой термодинамики и теплофизики, профессор, член

Жмур Владимир Владимирович
«23» сентября 2026 г.

Сведения о государственном бюджетном учреждении науки Институт океанологии им. П.П. Ширшова Российской академии наук
Адрес: 117912, Москва, Ботанический пр., д.36
Телефон/факс: +7 (495) 795-65-65
Адрес электронной почты: zhmur-vladimir@mail.ru

Подпись Жмура Владимира Владимировича заверяю.
Зам. директора ИО РАН по научно-методической работе
кандидат геолого-минералогических наук

Ширшова Лейла Джангировна

«23» сентября 2026 г.