

ОТЗЫВ

на диссертацию Диденкуловой Екатерины Геннадьевны на тему
«Солитонная турбулентность и аномально большие волны в системах, описываемых
уравнениями типа Кортевега-де Вриза»,
представленную на соискание ученой степени доктора физико-математических наук по
специальности 1.3.4. Радиофизика

Актуальность темы исследования

Диссертационная работа Диденкуловой Е.Г. посвящена актуальной тематике - проблеме возникновения аномально больших волн в различных нелинейных средах. Значительная часть исследований сосредоточена на развитии теории солитонной турбулентности и возможности возникновения волн-убийц в таких волновых полях. Особенно эта проблема актуальна в нелинейной оптике, где аномально большие импульсы могут нарушить работу линий оптоволоконной связи, а также в гидродинамике, когда волны-убийцы представляют опасность для судов и нефтяных платформ. В обоих случаях ансамбли солитонов могут быть значительной частью волновой динамики. Не менее актуальны рассмотренные в диссертации исследования, связанные с безотражательным распространением волн в сильно неоднородных средах, когда волна может переносить энергию на значительные расстояния, не отражаясь на неоднородностях, и даже усиливаться на них. Также в работе рассмотрен ряд приложений, связанных с теорией распространения нелинейных волн на воде, которые вызывают очень большой научный интерес.

Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации

Обоснованность подтверждается результатами проведенного компьютерного моделирования, согласия с тестовыми примерами, а также согласованностью с классическими подходами и результатами других авторов. Также обоснованность и достоверность полученных в диссертации результатов подтверждается тем, что они не противоречат полученным ранее результатам по смежным темам других авторов. Основные результаты диссертации доложены на многочисленных научных всероссийских и зарубежных конференциях, опубликованы в высокорейтинговых журналах. Диденкулова Е.Г. является руководителем и исполнителем целого ряда грантов, и лауреатом престижных премий и стипендий (от фондов «Династия» и «Базис»).

Научная новизна

Научная новизна диссертационной работы состоит в развитии теории солитонной турбулентности в широком классе моделей типа Кортевега - де Вриза. Показана принципиальная разница в поведении солитонов в интегрируемых и неинтегрируемых уравнениях, а также в механизмах образования волн-убийц в солитонном газе. Проведена классификация алгебраических солитонных решений в уравнениях типа Кортевега - де Вриза с произвольной нелинейностью. Впервые получено уравнение Кортевега-де Вриза с

переменными коэффициентами в самосогласованном канале с произвольно меняющейся глубиной. Составлена база данных волн-убийц в Мировом океане, на которую получено свидетельство о государственной регистрации. Впервые представлена аналитическая модель генерации внутренних волн при эксплозивном извержении подводного вулкана с расчетом характеристик волнового поля.

Содержание диссертации

Первая глава посвящена исследованию динамики ансамблей солитонов и бризеров в рамках интегрируемых версий иерархии уравнений Кортевега-де Вриза. Здесь детально исследуются парные взаимодействия волн, так и их вклад в мульти солитонную/бризерную динамику. Исследуются статистические характеристики волновых полей, часто анализируемые в теории турбулентности. Исследуется роль полярности солитонов в процессе формирования волн-убийц. Рассмотрена роль толстого солитона в солитонном газе на основе анализа асимметрии и эксцесса. Проведено численное моделирование взаимодействия бризеров со случайным квазигармоническим полем.

Вторая глава посвящена аналогичным процессам в неинтегрируемом уравнении Шамеля. Показано, что динамика однополярных солитонных ансамблей ведет себя примерно так же, как и в случае интегрируемого КдВ-газа, несмотря на то, что солитоны тут взаимодействуют не совсем упруго, но излучение крайне мало и не влияет в целом на статистические характеристики солитонного газа. При взаимодействии же разнополярных солитонов неупругое взаимодействие ведет к односторонней передаче энергии от малых солитонов к большим, что приводит к росту эксцесса солитонного газа во времени. Также рассмотрено движение солитонов в случайных полях в рамках вынужденного уравнения Бенджамина-Оно. Определены условия обрушения римановых волн в бездисперсионных приближениях модульной КдВ иерархии.

Третья глава посвящена исследованию безотражательных волн в сильно неоднородных средах, то есть в средах с произвольно меняющимися параметрами. Выведено модифицированное уравнение Кортевега-де Вриза для поверхностных гравитационных волн в самосогласованном водном канале переменного сечения. Исследован процесс возникновения вторичных солитонов в зоне резкого изменения сечения канала. Получен новый класс бегущих радиально симметричных волн в среде с переменной по радиусу скоростью распространения волны. Найдены бегущие магнитогидродинамические волны в сильно неоднородной плазме с магнитным полем, и определены условия на характеристики плазмы, допускающие существования безотражательных волн.

В *четвертой главе* рассмотрен ряд гидродинамических задач. В частности, составлен каталог наблюдений волн-убийц в Мировом океане и проведен анализ их характеристик. Приведен пример расчета волны-убийцы на поверхности океана. Исследована применимость уравнений Кортевега-де Вриза и Бенджамина-Бона-Махони для описания вариаций донного давления. Рассмотрена динамика ансамбля солитонов внутренних гравитационных волн на шельфе Австралии. Оценены параметры внутренних волн, возникающих при взрывном извержении подводного вулкана.

Замечания и вопросы

- 1) Чем обоснован такой выбор параметров задачи о численном моделировании солитонного газа (число солитонов в начальном поле, время счета и т.д.)?
- 2) В задаче о численном моделировании солитонных ансамблей внутренних волн на реальном шельфе движение солитонов исследуется на дистанции протяженностью 250 км. При этом для счета выбрано уравнение с постоянными коэффициентами. Насколько реалистична такая постановка задачи, при которой глубина океана является постоянной на протяжении такого расстояния?
- 3) В диссертации рассмотрены в основном одномерные задачи. На мой взгляд, в тексте диссертации следовало бы более подробно описать, при каких условиях такие одномерные задачи могут возникать в природе.
- 4) Параграф 2.2 посвящен построению рациональных (алгебраических) решений уравнений типа Гарднера. Утверждается, что такие волны движутся со скоростью длинных волн в сопровождающей системе координат. Хотелось бы уточнить, всегда ли алгебраические солитоны являются статическими?
- 5) На странице 156 утверждается: «Учет течения, важного для воды в реках, произведен в работах [Churilov and Stepanyants, 2022ab]». Слово «течение» необходимо заменить на «фоновое течение в отсутствии волн». Поскольку возникает путаница, так как выше автор говорит, что u – скорость течения.

Заключение

Сделанные замечания не снижают общей положительной оценки диссертационной работы и не ставят под сомнение достоверность полученных результатов и защищаемых положений. Тематика и содержание диссертации полностью соответствуют специальности 1.3.4. Радиофизика. Основные результаты работы опубликованы в 33 авторских рецензируемых научных журналах, которые входят в список журналов ВАК РФ, рекомендованных для опубликования основных результатов диссертации. Выводы диссертации соответствуют целям, задачам и положениям, выносимым на защиту. Содержание автореферата соответствует содержанию диссертации.

Диссертационная работа Диденкуловой Екатерины Геннадьевны «Солитонная турбулентность и аномально большие волны в системах, описываемых уравнениями типа Кортевега-де Вриза» является завершенным научным трудом и удовлетворяет требованиям «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 года № 842, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени доктора наук, а ее автор, Диденкулова Екатерина Геннадьевна, заслуживает присуждения ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 1.3.4. Радиофизика.

Я, Булатов Виталий Васильевич, даю согласие на обработку моих персональных данных (приказ Минобрнауки России от 01.07.2015 №662) и на включение моих персональных данных в аттестационные документы соискателя ученой степени доктора физико-математических наук Диденкуловой Екатерины Геннадьевны.

Официальный оппонент

Доктор физико-математических наук (специальность
05.13.18 - Математическое моделирование,
численные методы и комплексы программ),
профессор, ведущий научный сотрудник
Федерального государственного бюджетного
учреждения науки Институт проблем механики
им. А.Ю. Ишлинского РАН (ИПМех РАН)
119526 Москва, проспект Вернадского, д. 101, корп. 1.
тел.: 8-495-433-64-23, e-mail: internalwave@mail.ru
«02» февраля 2026 г.



В.В. Булатов

Подпись Булатова Виталия Васильевича заверяю
Ученый секретарь ИПМех РАН
канд. физ.-мат. наук


2026

М.А. Котов