

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

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

Диссертационная работа Е.Г. Диденкуловой посвящена изучению солитонной турбулентности и аномально больших волн в системах из уравнений типа Кортевега-де Вриза. Поскольку солитоны и солитонные структуры – явление довольно универсальное, наблюдаемое в совершенно разных физических средах, результаты диссертации представляются интересными с точки зрения общезначимых представлений и выработки адекватных математических теорий. В диссертации рассматривается также проблема нахождения бегущих волн в неоднородных средах для объяснения распространения волн на большие расстояния без потери энергии. Сказанное свидетельствует о бесспорной актуальности выбранной темы диссертационного исследования.

Первые две главы диссертационной работы Диденкуловой Е.Г. посвящены развитию солитонной турбулентности в системах из КдВ – иерархии: как в рамках интегрируемых моделей (первая глава), так и в рамках неинтегрируемых (вторая глава). В качестве элементарного акта солитонной турбулентности подробно рассмотрено двухсолитонное взаимодействие, аналитически - для интегрируемых моделей и численно – в рамках неинтегрируемого уравнения Шамеля. Рассмотрено влияние взаимодействия солитонов разных полярностей на моменты волнового поля. Далее выполнен переход к мультисолитонному взаимодействию или солитонному газу. Показано, что даже в разреженном солитонном газе наблюдаются множественные солитонные столкновения. Изучен процесс формирования аномально больших волн, называемых волнами-убийцами, в солитонном газе. Показано, что в интегрируемом газе волны-убийцы могут возникать в результате взаимодействия солитонов разной полярности. В случае же неинтегрируемого солитонного газа помимо этого механизма, возникает ещё и другой – рост амплитуды большого солитона в результате передачи ему энергии малыми солитонами. Основной упор в этих главах сделан на численных решениях соответствующих уравнений. Для меня наибольший интерес представляет третья глава, в которой рассматриваются решения уравнений типа волновых с переменными коэффициентами, и в которой используются аналитические методы. С математической точки зрения изучаются случаи, когда в

результате различных процедур уравнивания с переменными коэффициентами сводятся к уравнениям с постоянными коэффициентами, в рамках которых существование бегущих волн становится очевидным. Такие решения найдены для случая волн в самосогласованном канале, волн в кольцевом бассейне, а также магнитогидродинамических волн в сильно неоднородной плазме различных конфигураций. В четвертой главе рассмотрен ряд прикладных задач о нелинейных волнах в гидродинамике. В частности, составлена база данных волн-убийц в Мировом океане, и проанализированы их характеристики и условия возникновения; проведено численное моделирование динамики поверхностных гравитационных волн с параметрами, близкими к параметрам события волны-убийцы из базы данных; Исследована применимость линейных эволюционных уравнений Уизема, Кортевега-де Вриза и Бенджамина-Бона-Махони для описания вариаций донного давления; проведено численное моделирование динамики ансамбля солитонов внутренних гравитационных волн на реальном шельфе; развита аналитическая модель генерации внутренних волн при эксплозивном извержении подводного вулкана.

Достоверность и обоснованность научных положений и результатов подтверждаются применением классических математических методов линейной и нелинейной математической физики и корректных численных схем. Результаты численного моделирования подтверждены, где возможно, аналитическими оценками. Научная новизна диссертационной работы подтверждается публикациями в высокорейтинговых журналах и выступлениями на российских и международных конференциях. Я бы особо выделил результаты третьей главы, где, на мой взгляд, впервые удалось получить бегущие волны в рамках нелинейных уравнений Буссинеска с переменными коэффициентами. Полученное таким образом обобщенное уравнение Кортевега-де Вриза для волн в так называемом самосогласованном канале не имеет аналогов в мировой литературе. В какой-то степени автор состояла у истоков подхода, названного безотражательными решениями; в этой проблеме сейчас наблюдается бум исследований.

По содержанию диссертационной работы я бы хотел высказать ряд замечаний и уточняющих вопросов:

1) Большинство безотражательных решений в третьей главе найдены путем сведения исходных линейных гиперболических уравнений к волновому уравнению с постоянными коэффициентами. Этот подход не является единственным, более общим является метод факторизации, уже известный в математике, но ранее не рассматриваемый с точки зрения существования бегущих волн. Эти вопросы сейчас активно обсуждаются на нашем всероссийском семинаре, которым я руковожу.

- 2) Делалась ли попытка получения бегущих волн в нелинейных гиперболических системах с переменными коэффициентами, рассматриваемых в диссертации (кроме самосогласованного канала)? Оппонент получал некоторые решения для нелинейных акустических уравнений, и думается, что такие решения можно получить для волн в других средах.
- 3) В формуле (2.7.7) присутствует опечатка при взятии производной от модульной функции. Формула должна содержать функцию sign .
- 4) В предложении «Фактически, неаналитичность скорости распространения $F(u)$ в случае $\alpha \geq 1$ не проявляется, поскольку производная dF/dx существует для всех конечных значений аргумента.» на стр. 143 присутствует неточность. Очевидно, для случая $\alpha = 1$ это утверждение неверно.
- 5) Стр. 164: «дисперсия в сильно неоднородной среде приводят к изменению скорости распространения волны, пропорциональной квадрату градиента донных неоднородностей». Вероятно, имелось в виду «пропорциональной второй производной донных неоднородностей».
- 6) Геометрия задачи на рис. 3.2.1.1, на мой взгляд, не совсем корректна. На рисунке изображена волна, бегущая к берегу, хотя задача наката тут не рассматривается.

Следует, однако, отметить, что указанные неточности и опечатки не искажают смысла написанного и не влияют на выводы и результаты, представленные в диссертационной работе. Указанные замечания не влияют на положительную оценку диссертации в целом.

Заключение

Диссертационная работа Диденкуловой Екатерины Геннадьевны «Солитонная турбулентность и аномально большие волны в системах, описываемых уравнениями типа Кортевега-де Вриза», представленная на соискание ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 1.3.4 Радиофизика, является законченным исследованием, представляющим большой интерес как в теоретическом плане, так и с точки зрения различных физических приложений. Результаты диссертации опубликованы в 33 статьях, многие из которых в журналах с квартилем Q1 и Q2. Автореферат правильно и полно отражает структуру и содержание диссертации.

Считаю, что диссертация Диденкуловой Екатерины Геннадьевны «Солитонная турбулентность и аномально большие волны в системах, описываемых уравнениями типа Кортевега-де Вриза» полностью соответствует всем требованиям пп. 9 – 14 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства

Российской Федерации № 842 от 24 сентября 2013г., предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени доктора наук, а ее автор заслуживает присуждения искомой степени по специальности 1.3.4 Радиофизика.

Официальный оппонент

доктор физ.-мат. наук

(специальность 01.01.02 - Дифференциальные уравнения,
динамические системы и оптимальное управление), профессор,
ведущий научный сотрудник

Федерального исследовательского центра
информационных и вычислительных технологий

Олег Викторович Капцов

23/12/2025г.

Федеральный исследовательский центр информационных и вычислительных технологий
(ФИЦ ИВТ)

630090, Новосибирск, пр-т Академика Лаврентьева, 6

+7 913 558 9312

profkap@mail.com

Подпись ведущего научного сотрудника лаборатории вычислительных технологий
Федерального исследовательского центра информационных и вычислительных технологий
доктора физ.-мат. наук Капцова Олега Викторовича заверяю.

Ученый секретарь ФИЦ ИВТ

к.ф.-м.н.



Киланова Наталья Владимировна