

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.2.340.03, СОЗДАННОГО НА БАЗЕ
ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО АВТОНОМНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО
УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ "НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
НИЖЕГОРОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМ. Н.И. ЛОБАЧЕВСКОГО"
МИНИСТЕРСТВА НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ, ПО
ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ ДОКТОРА НАУК

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 04.03.2026 г. № 5.

О присуждении Диденкуловой Екатерине Геннадьевне, гражданке Российской Федерации, ученой степени доктора физико-математических наук.

Диссертация «Солитонная турбулентность и аномально большие волны в системах, описываемых уравнениями типа Кортевега-де Вриза» по специальности 1.3.4. – Радиофизика принята к защите 24 сентября 2025 г., протокол № 27, диссертационным советом 24.2.340.03, созданным на базе Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, 603022, г. Нижний Новгород, пр. Гагарина, д. 23, приказом Рособнадзора № 105/нк от 11 апреля 2012 г.

Соискатель, Диденкулова Екатерина Геннадьевна, 01 августа 1989 года рождения, защитила диссертацию на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по теме «Динамика ансамбля нерегулярных волн в прибрежной зоне» (по специальности 01.02.05 — Механика жидкости, газа и плазмы) в 2015 году (диплом кандидата наук КНД № 013381, приказ Министерства образования и науки Российской Федерации от 12.11.2015 № 1383/нк-2) в диссертационном совете 212.165.10, созданном на базе Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева». В настоящее время работает научным сотрудником Международной лаборатории динамических систем и приложений и доцентом Кафедры фундаментальной математики в Нижегородском филиале федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики» Правительства Российской Федерации.

Диссертация выполнена в Международной лаборатории динамических систем и приложений Нижегородского филиала федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский университет Высшая школа

экономики» Правительства Российской Федерации.

Научный консультант доктор физико-математических наук, профессор Пелиновский Ефим Наумович, главный научный сотрудник отдела нелинейных геофизических процессов в Федеральном государственном бюджетном научном учреждении «Федеральный исследовательский центр Институт прикладной физики им. А.В. Гапонова-Грехова Российской академии наук» (ИПФ РАН).

Официальные оппоненты:

1. Кузнецов Евгений Александрович, гражданин Российской Федерации, доктор физико-математических наук (специальность 01.04.02 - Теоретическая и математическая физика), профессор, академик РАН, главный научный сотрудник Федерального государственного бюджетного учреждения науки Физический институт им. П. Н. Лебедева РАН (ФИАН), г. Москва;
2. Капцов Олег Викторович, гражданин Российской Федерации, доктор физико-математических наук (специальность 01.01.02 - Дифференциальные уравнения, динамические системы и оптимальное управление), профессор, ведущий научный сотрудник Федерального исследовательского центра информационных и вычислительных технологий (ФИЦ ИВТ) СО РАН, г. Новосибирск;
3. Булатов Виталий Васильевич, гражданин Российской Федерации, 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), г. Москва

дали **положительные** отзывы на диссертацию.

Ведущая организация Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт спектроскопии Российской академии наук (ИСАН), г. Москва, г. Троицк, в своем **положительном** отзыве, утвержденном 24.11.2025 г. заместителем директора по научной работе Института спектроскопии Российской академии наук, доктором физико-математических наук Суриным Л.А., подписанном доктором физико-математических наук (01.04.02 – Теоретическая физика), и.о. заведующего Теоретическим отделом ИСАН, главным научным сотрудником ИСАН Камчатновым А.М., указала, что диссертация Диденкуловой Екатерины Геннадьевны представляет собой законченное научное исследование и удовлетворяет всем требованиям «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842, предъявляемым к диссертациям, а ее автор, Диденкулова Екатерина Геннадьевна, заслуживает присуждения ученой степени доктора физико-математических

наук по специальности 1.3.4 Радиофизика.

Соискатель имеет 54 статьи, опубликованных в рецензируемых научных изданиях, входящих в Белый список, индексируемых WoS, Scopus и RSCI, в том числе по теме диссертации опубликовано 33 статьи (из которых 12 работ в журналах первого квартеля). Основные результаты диссертации были представлены на международных и всероссийских конференциях.

Автору диссертации принадлежит проведение теоретических и численных расчетов, участие в постановке задачи и обсуждении результатов. Статьи по диссертации опубликованы как в соавторстве (28 работ), так и единолично (5 работ). Все приведенные результаты получены либо лично автором, либо при его непосредственном участии.

Проверка текста диссертации не выявила неправомерных заимствований. Исследования являются оригинальными и представляются к защите впервые. В диссертации отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем ученой степени работах.

Наиболее значимые научные работы по теме диссертации:

1. **Didenkulova, E.** Mixed turbulence of breathers and narrowband irregular waves: mKdV framework / E. Didenkulova // *Physica D: Nonlinear Phenomena*. – 2022. – V. 432. – 133130.
2. **Didenkulova, E.G.** Numerical modeling of soliton turbulence within the focusing Gardner equation: rogue wave emergence / E.G. Didenkulova (Shurgalina) // *Physica D: Nonlinear Phenomena*. – 2019. – V. 399. – P. 35-41.
3. Flamarion, M.V. Investigating overtaking collisions of solitary waves in the Schamel equation / M.V. Flamarion, E.N. Pelinovsky, **E. Didenkulova** // *Chaos, Solitons & Fractals*. – 2023. – V. 174. – 113870.
4. **Didenkulova, E.** Long-wave approximations in the description of bottom pressure / E. Didenkulova, E. Pelinovsky, J. Touboul // *Wave Motion*. – 2021. – V. 100. – 102668.
5. Flamarion, M.V. Non-integrable soliton gas: The Schamel equation framework / M.V. Flamarion, E.N. Pelinovsky, **E. Didenkulova** // *Chaos, Solitons & Fractals*. – 2024. – V. 180. – 114495.
6. Pelinovsky, E. Interfacial long traveling waves in a two-layer fluid with variable depth / E. Pelinovsky, T. Talipova, I. Didenkulova, **E. Didenkulova** // *Stud Appl Math*. – 2019. – V. 142. – № 4. – P. 513-527.
7. **Шургалина (Диденкулова), Е.Г.** Особенности двухсолитонного взаимодействия в рамках уравнения Гарднера / Е.Г. Шургалина // *Известия вузов. Радиофизика*. – 2017. – Т. 60. – № 9. – С. 787-792.
8. Pelinovsky, E. Nonlinear wave dynamics in self-consistent water channels / E. Pelinovsky, I. Didenkulova, **E. Shurgalina (Didenkulova)**, N. Aseeva // *Journal of Physics A: Mathematical and Theoretical*. – 2017. – V 50. – 505501.

9. Petruhin, N.S. Phase mixing of Alfvén waves in axisymmetric non-reflective magnetic plasma configurations / N.S. Petruhin, M.S. Ruderman, **E.G. Shurgalina (Didenkulova)** // Monthly Notices of the Royal Astronomical Society. – 2018. – V. 474. – № 2. – P. 2289–2301.
10. **Shurgalina (Didenkulova), E.G.** Nonlinear dynamics of a soliton gas: Modified Korteweg-de Vries equation framework / E.G. Shurgalina, E.N. Pelinovsky // Physics Letters A. – 2016. – V. 380. – № 24. P. 2049–2053.
11. Talipova, T. Internal tsunami waves in the stratified ocean, induced by explosive volcano eruption: parametric source / T. Talipova, E. Pelinovsky, **E. Didenkulova** // Phys. Fluids. – 2024. – V. 36. – 042110.
12. Pelinovsky, E.N. The Hopf equation with certain modular nonlinearities / E.N. Pelinovsky, T.G. Talipova, **E.G. Didenkulova** // Physics Letters A. – 2024. – V. 507. – 129489.
13. **Диденкулова, Е.Г.** Роль «толстого» солитона в динамике солитонного газа в рамках уравнения Гарднера / Е.Г. Диденкулова, Е.Н. Пелиновский // Известия Вузов. Радиофизика. – 2018. – Т. 61. – № 8-9. – С. 700–710.
14. Петрухин, Н.С. Безотражательные магнитогидродинамические волны в неоднородной плазме / Н.С. Петрухин, Е.Н. Пелиновский, **Е.Г. Диденкулова** // Изв. вузов. Радиофизика. – 2020. – Т. 63. – № 1. – С. 32–43.
15. **Didenkulova, E.** Catalogue of rogue waves occurred in the World Ocean from 2011 to 2018 reported by mass media sources / E. Didenkulova // Ocean & Coastal Management. – 2020. – V. 188. – 105076.
16. Talipova, T. Internal waves generated by explosive eruptions of underwater volcanoes and their effect on the sea surface / T. Talipova, E. Pelinovsky, **E. Didenkulova** // Nat. Hazards. – 2025. – V. 121. – P. 661–675.
17. **Didenkulova, E.** Freak wave events in 2005–2021: statistics and analysis of favourable wave and wind conditions / E. Didenkulova, I. Didenkulova, I. Medvedev // Nat. Hazards Earth Syst. Sci. – 2023. – V. 23. – P. 1653–1663.
18. Flamarion, M.V. Soliton dynamics in random fields: The Benjamin-Ono equation framework / M.V. Flamarion, E.N. Pelinovsky, **E. Didenkulova** // Applied Mathematical Modelling. – 2025. – V. 144. – 116092.

На диссертацию и автореферат поступило 9 отзывов от:

1. Долгих Станислава Григорьевича, доктора технических наук по специальности 25.00.10 – Геофизика, геофизические методы полезных ископаемых, член-корреспондента РАН, заведующего Лабораторией нелинейной гидрофизики и природных катастроф Федерального государственного бюджетного учреждения науки Тихоокеанский океанологический

институт им. В.И. Ильичева Дальневосточного отделения Российской академии наук, г. Владивосток;

2. Ерофеева Владимира Ивановича, доктора физико-математических наук по специальности 1.1.8 – Механика деформируемого твердого тела, директора Института проблем машиностроения РАН – филиала ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр Институт прикладной физики им. А.В. Гапонова-Грехова Российской академии наук» (ИПМ РАН), г. Нижний Новгород,
Землянухина Александра Исаевича, доктора физико-математических наук по специальности 1.1.8 – Механика деформируемого твердого тела, профессора, проректора по науке и инновациям ФГБОУ ВО «Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.» (СГТУ имени Гагарина Ю.А.), г. Саратов;
3. Зайцева Андрея Ивановича, доктора физико-математических наук по специальности 1.1.9-механика жидкости, газа и плазмы, члена-корреспондента РАН, директора Специального конструкторского бюро средств автоматизации морских исследований ДВО РАН, г. Южно-Сахалинск;
4. Ильичёва Андрея Теймуразовича, доктора физико-математических наук по специальности 01.02.05 – Механика жидкости, газа и плазмы, профессора, ведущего научного сотрудника Математического института имени В.А. Стеклова РАН, г. Москва;
5. Морозова Евгения Георгиевича, доктора физико-математических наук по специальности 25.00.28 – Океанология, член-корр. РАН, главного научного сотрудника, заведующего Лабораторией гидрологических процессов Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института океанологии им. П.П. Ширшова Российской академии наук, г. Москва;
6. Попеля Сергея Игоревича, доктора физико-математических наук по специальности 01.04.02 «Теоретическая физика» и 01.04.08 «Физика плазмы», профессора, заведующего лабораторией плазменно-пылевых процессов в космических объектах Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института космических исследований Российской Академии Наук (ИКИ РАН), г. Москва;
7. Порубова Алексея Викторовича, доктора физико-математических наук по специальности 01.02.04 – механика деформируемого твердого тела, главного научного сотрудника Лаборатории микромеханики материалов Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Институт проблем машиноведения Российской академии наук», г. Санкт-Петербург;
8. Чурилова Семена Михайловича, доктора физико-математических наук по специальности 01.04.02 - Теоретическая физика, ведущего научного сотрудника ФГБУН Ордена Трудового

Красного Знамени Институт солнечно-земной физики СО РАН, г. Иркутск;

9. Шишленина Максима Александровича, доктора физико-математических наук по специальности 01.01.07 – вычислительная математика, профессора РАН, главного научного сотрудника Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт математики им. С.Л. Соболева Сибирского отделения Российской академии наук, г. Новосибирск.

Все отзывы **положительные**. В отзывах отмечается актуальность темы исследования, новизна полученных результатов и их значимость для науки и практики.

В отзывах на диссертацию и автореферат содержатся следующие замечания и вопросы.

Замечания и вопросы из отзыва ведущей организации.

- 1) Случайные начальные поля солитонного газа задаются в диссертации суперпозицией солитонов, находящихся на значительном расстоянии друг от друга (редкий солитонный газ). А можно ли исследовать плотный солитонный газ, для которого уже делаются попытки вывода кинетического уравнения (El & Kamchatnov, 2005)? Какие здесь возникают принципиальные трудности?
- 2) Было бы интересно выполнить серию численных экспериментов по распаду начального импульса на солитоны и диспергирующим ударным волнам в неинтегрируемой модели; здесь есть определенный теоретический задел в работах сотрудников нашего института. Неупругость соударения солитонов должна приводить к отличиям от теоретических предсказаний, основанным на теории модулированных волн.
- 3) В первых двух главах сравнивается динамика и статистика солитонного газа в рамках интегрируемых и неинтегрируемых моделей, описываемых уравнениями типа Кортевега-де Вриза. В качестве интегрируемой модели рассмотрено уравнение Гарднера (которое, по сути, объединяет уравнения КдВ и мКдВ), поэтому очевидно, что в рамках этих моделей эффекты должны быть схожими. А вот неинтегрируемая модель взята только одна – уравнение Шамеля. Хотелось бы понять, насколько сделанные выводы справедливы для неинтегрируемых моделей из КдВ иерархии с другими нелинейностями?
- 4) В тексте диссертации имеется небольшое количество опечаток. Например, в словах «приводят» (после формулы 3.2.43), «перемены» (перед формулой 3.2.44), «совпадает и уравнением Кортевега-де Вриза» (перед 3.2.42), должно быть «совпадает с», «рисунков» и «библиографических» на стр. 12. Пропущено слово «назад» в первом предложении актуальности: «появился 60 лет в знаменитой работе Забуского и Крускала».
- 5) Актуальность исследований подтверждается многочисленными публикациями других авторов. Мы бы особо отметили публикации: Suret, P., Randoux, S., Gelash, A., Agafontsev, D., Doyon,

B., & El, G. (2024). Soliton gas: Theory, numerics, and experiments. *Physical Review E*, 109(6), 061001
и Ablowitz, M. J., Cole, J. T., El, G. A., Hoefler, M. A., & Luo, X. (2023). Soliton–mean field interaction in Korteweg–de Vries dispersive hydrodynamics. *Studies in Applied Mathematics*, 151(3), 795–856, на которые стоило бы сослаться в диссертации.

Замечания и вопросы из отзыва официального оппонента Кузнецова Е.А.

1) Если солитоны в интегрируемых системах, как правило, являются главными объектами и определяются одним полюсом коэффициента прохождения в методе обратной задачи рассеяния, то МКДВ бризеры задаются одновременно двумя полюсами в плоскости спектрального параметра. Факт их устойчивости в диссертации нигде не обсуждается. Именно этого не хватает в этой главе. Бризеры обладают нулевой массой и весьма похожи на волны из непрерывного спектра и по этой причине оказываются менее устойчивыми при наложении внешнего шума.

2) Хотелось бы отметить находку диссертации по изучению влияния шума, зависящего только от времени, в уравнении Бенджамина-Оно. Выяснилось, что простой заменой оно сводится к «невозмущенному» уравнению Бенджамина-Оно (БО), формально не содержащему шум. Это позволяет продвинуться существенно в исследовании турбулентных состояний в этом случае, в частности продемонстрировать разрушение и затухание солитонов под действием внешней случайной силы. Удивляет, почему не исследован аналогичный вопрос для уравнения КДВ, хотя легко видеть, что данный анзац для уравнения БО применим непосредственно к КДВ.

3) К недостаткам данной (второй) главы следует отнести отсутствие обсуждения физических ограничений при моделировании турбулентности для уравнения Шамеля с точки зрения плазменных исследований; это касается физического смысла величины u в этом уравнении.

4) К сказанным выше замечаниям следует отнести также некоторое число опечаток и грамматических неточностей. Например, во Введении геофизика названа физической средой. Если говорить в целом, то диссертация содержит небольшое (допустимое) количество опечаток, в отличие от автореферата, где их побольше, особенно это относится к знакам препинания.

Замечания и вопросы из отзыва официального оппонента Капцова О.И.

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 ошибка (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.

Замечания и вопросы из отзыва официального оппонента Булатова В.В.

- 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.

Замечания и вопросы из отзыва на автореферат Чурилова С.М.

- 1) В уравнении (34) следовало бы указать замену не только функции η , но и переменной x , так как уравнение (35) содержит производные уже не по x , а по новой переменной $X=x-V(t)$.
- 2) На левом рисунке 9 ни по форме, ни по расцветке невозможно понять, в чем проявляется заявленное в тексте затухание импульсов.

- 3) На стр.19 написано, что в параграфе 2.7 изучается модульное уравнение Хопфа ($F \sim |u|^\alpha$), но не сказано, что все приведенные далее результаты относятся к случаю $\alpha = 1$. В последнем абзаце на стр. 19 речь должна идти об «определенной гладкости функции» $u(x)$ (а не $F[u(x)]$) при $t=0$.
- 4) Рисунку 17 противоречит указанный чуть выше (с опечаткой) критерий модуляционной неустойчивости: $kh > 1.63$ вместо $kh > 1.363$.

Замечания и вопросы из отзыва на автореферат Порубова А.В.

- 1) Положения, выносимые на защиту, с.5,6, приведены в разных стилях, либо просто изложение результата, либо с использованием слов «предложена».
- 2) Определение солитонной решетки отсутствует на с. 11. В параграфе 1.4 исследуются одномерные решения, а решетка – двумерный, как минимум, объект.
- 3) Толстый (с.13) и столообразный (с.5) солитоны – это одно и то же?

Замечания и вопросы из отзыва на автореферат Ерофеева В.И. и Землянухина А.И.

- 1) На стр. 16 в предложении, содержащем грамматические ошибки, утверждается, что модифицированное уравнение Гарднера, имеющее решение в виде кинка, должно содержать как минимум три нелинейных члена. Это неверно. Например, неинтегрируемая версия модифицированного уравнения Кортевега – де Вриза, называемая иногда «2+4 уравнением КдВ», допускает существование точных кинковых решений, наряду с солитонными и рациональными.

Так, для уравнения $\frac{\partial u}{\partial t} - 6u^2 \frac{\partial u}{\partial x} + 5u^4 \frac{\partial u}{\partial x} + \frac{1}{3} \frac{\partial^3 u}{\partial x^3} = 0$, точное решение в виде «рационального» кинка имеет вид: $u = \frac{x+t+C}{\sqrt{(x+t+C)^2+1}}$, а для уравнения $\frac{\partial u}{\partial t} + 12u^2 \frac{\partial u}{\partial x} - 15u^4 \frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial^3 u}{\partial x^3} = 0$ точное решение в виде

«обычного» кинка задается выражением $u = \frac{1}{\sqrt{C \exp(2x-2t)+1}}$.

- 2) На стр. 16 приведено обобщенное уравнение Гарднера (27), решениями которого являются «пирамидальные и столообразные солитоны». В уравнении 27, наряду с зависимой переменной u , присутствуют параметры u_1 и ε , о которых в автореферате ничего не говорится. Ниже, на рис. 7 приведены рациональные решения уравнения (27), найденные численно. Здесь представляется не вполне обоснованным использование термина «алгебраические солитоны» для численно найденных приближенных решений.

Замечание из отзыва на автореферат Зайцева А.И.

В качестве пожелания для дальнейших исследований можно отметить, что при анализе столь обширного каталога волн-убийц (п. 6 положений, выносимых на защиту) было бы интересно увидеть более детальную классификацию событий не только по глубине, но и по предлагаемому физическому механизму генерации (дисперсионная фокусировка, взаимодействие с течениями, атмосферные воздействия и т.д.), что позволило бы ещё точнее верифицировать теоретические

модели.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается значительным опытом выполнения ими научно-исследовательских работ по тематике диссертации.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований установлено следующее:

Обнаружены новые эффекты в солитонной и бризерной турбулентности для уравнения Гарднера (обобщение уравнения Кортевега – де Вриза (КдВ) с квадратичной и кубической нелинейностями). Определено влияние полярности солитонов на характеристики интегрируемого гарднеровского солитонного газа. В случае дефокусирующего уравнения Гарднера, где солитоны имеют только одну полярность, выявлено влияние предельного (толстого) солитона на статистические моменты солитонного газа, которое существенно, если интенсивность толстого солитона сравнима с интенсивностью солитонов умеренной амплитуды. В случае фокусирующего уравнения Гарднера установлено, что взаимодействие разнополярных солитонов ведет к росту статистических моментов и сдвигу функции распределения амплитуд волн в область больших значений. Аналитически выведен и численно подтвержден критерий перехода к отрицательной скорости малого солитона как в периодической решетке больших солитонов, так и в солитонном газе со случайными амплитудами. Показано, что однородный шум большой интенсивности подавляет бризерную турбулентность, а волновые поля со значительной бризерной составляющей являются наиболее экстремальными с точки зрения генерации аномально больших волн (волн-убийц).

Развиты методы исследования процессов формирования волн-убийц в случайных полях нелинейных волн, где доминирующую роль играют уединенные волны (солитоны). Показано, что в разнополярном интегрируемом гарднеровском солитонном газе амплитуды волн-убийц зависят от количества сталкивающихся солитонов. Формы волн-убийц весьма разнообразны, и их полярность совпадает с полярностью наиболее быстрого солитона, участвующего во взаимодействии (даже если его амплитуда меньше остальных). В неинтегрируемом шамелевском солитонном газе наблюдается рост усредненного эксцесса во времени — в отличие от интегрируемых моделей, где усредненные статистические моменты на больших временах выходят на стационарное значение. Накопление энергии в наибольших солитонах и нелинейное взаимодействие разнополярных солитонов в неинтегрируемых системах являются новыми механизмами образования волн-убийц.

Получен ряд новых точных результатов в теории нелинейных волн. Найдено точное решение и исследована динамика волн в рамках бездисперсионного предела уравнения КдВ-типа с неаналитической скоростью распространения (уравнение Хопфа или уравнение простой волны с неаналитической нелинейностью). Показано, что для существования римановой волны необходима

конечность градиента нелинейной скорости распространения в начальный момент времени, в противном случае волна сразу опрокидывается. Условия обрушения длинных волн рассмотрены для модульного уравнения Хопфа (бездисперсионный предел модульного уравнения КдВ), бездисперсионных пределов уравнения Шамеля и логарифмического уравнения КдВ. Найдены рациональные ограниченные решения (алгебраические солитоны) обобщенного уравнения Гарднера. Аналитические выражения получены для уравнения, в котором имеются два нелинейных слагаемых, степени которых отличаются в два раза. Если число нелинейных слагаемых больше двух, то показано, что возникают новые типы алгебраических решений, представляющих собой кинки, пирамидальные или столообразные солитоны.

Определены условия на характеристики сред (типа импедансных условий), при которых возможно безотражательное распространение волн, что позволяет передавать энергию на большие расстояния. Выведено модифицированное уравнение КдВ для поверхностных гравитационных волн в самосогласованном канале переменного сечения, параметры которого могут значительно меняться с расстоянием. 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 пространственные конфигурации магнитного поля и плотности плазмы, соответствующие реальным условиям солнечной плазмы, где возможно значительное усиление волн.

Теоретическая значимость заключается в открытии нового механизма образования волн-убийц в неинтегрируемой солитонной турбулентности, получении ранее неизвестных условий среды, где возможно безотражательное распространение волн, выводе уравнения типа Кортевега-де Вриза для волн в сильно неоднородной среде с постоянным импедансом, определении характеристик солитонной/бризерной турбулентности, которые расширяют знания о роли нелинейных явлений в теории турбулентности и могут быть использованы для анализа волн-убийц в различных физических приложениях: радиофизика, астрофизика, динамика атмосферы и океана, оптические волноводы и плазма.

Значение полученных соискателем результатов для практики заключается в составлении базы данных волн-убийц в Мировом океане, включая моря, окружающие Россию (на которую получено свидетельство о государственной регистрации), и демонстрации важности этих процессов для предотвращения и смягчения последствий морских природных катастроф. Практически важными являются выводы о применимости критерия модуляционной неустойчивости для описания волн-убийц на промежуточной и глубокой воде, и о преимуществе уравнения Бенджамина – Бона – Махони для расчета вариаций донного давления, вызванных прохождением волн-убийц на морской поверхности. Разработанная аналитическая модель генерации внутренних волн при эксплозивном

извержении подводного вулкана представляет значительный интерес для прогноза опасных геофизических явлений.

Оценка достоверности полученных результатов исследования выявила, что изложенные в диссертационной работе результаты обеспечены использованием строгих аналитических методов и современных численных методов, согласуются с имеющимися физическими представлениями и математическими моделями теории нелинейных волн, а также натурными данными.

Личный вклад соискателя состоит в непосредственном участии в постановке задач, проведении аналитических исследований и численного моделирования, обработке данных реанализа, обработке и анализе полученных результатов, подготовке публикаций в научные журналы. Определяющим является вклад соискателя в развитие теории солитонной турбулентности в интегрируемых и неинтегрируемых системах из КдВ-иерархии и определении новых механизмов возникновения аномально больших волн в разнополярном солитонном газе.

В ходе защиты диссертации членами диссертационного совета критических замечаний высказано не было. Были заданы вопросы о необходимом количестве солитонов в солитонном газе, о причинах уменьшения (в случае однополярных солитонов) и увеличения (в случае разнополярных солитонов) амплитуды результирующего импульса в интегрируемых системах, а также о причине возникновения дисперсионных хвостов в результате взаимодействия солитонов в неинтегрируемых моделях, о возможности рассчитать статистику солитонной турбулентности аналитически для интегрируемых моделей, о возможности описания солитонной турбулентности как детерминистского хаоса, о виде рассматриваемой турбулентности (вырождающаяся или стационарная), было сказано о роли нелинейных эффектов при отражении волны над безотражательным профилем.

Соискатель Диденкулова Е.Г. ответила на задаваемые ей в ходе заседания вопросы и замечание и привела собственную аргументацию: приведены аргументы по выбору количества солитонов в солитонном газе и указаны данные, использованные при численном счете в диссертации (количество солитонов, количество реализаций), дано объяснение причин поведения солитонов в разных типах взаимодействия, приведена аргументация о причине использования численного счета для исследования статистики солитонного газа, отмечено, что в диссертации рассматривается вырождающаяся турбулентность, связи с методами описания детерминистского хаоса не исследовались.

На заседании 04.03.2026 г. диссертационный совет принял решение: за решения научной проблемы, имеющей важное значение для радиофизики, присудить Диденкуловой Е.Г. ученую степень доктора физико-математических наук по специальности 1.3.4. – Радиофизика.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 19 человек из них 9 докторов наук по специальности 1.3.4. – Радиофизика, участвовавших в заседании, из 24 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за присуждение ученой степени — 19, против присуждения ученой степени — 0, недействительных бюллетеней — 0.

Председатель
диссертационного совета

Ученый секретарь
диссертационного совета



Гурбатов Сергей Николаевич

Клюев Алексей Викторович

04.03.2026