

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение
«Федеральный исследовательский центр
Институт прикладной физики Российской академии наук»

НЕЛИНЕЙНЫЕ ВОЛНЫ – 2020

XIX научная школа

29 февраля – 6 марта 2020 года, Нижний Новгород

ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ

Нижний Новгород

ИПФ РАН

2020

В сборнике собраны аннотации лекций и инициативных докладов XIX научной школы «Нелинейные волны – 2020» (Нижний Новгород, 29 февраля – 6 марта 2020 г.), прошедшие рецензирование членами программного комитета и одобренные к включению в программу школы.

Целями школы является обсуждение мировых достижений последних лет в области фундаментальной нелинейной физики и ее приложений, координация усилий российских ученых в наиболее актуальных направлениях физики нелинейных волновых процессов и ориентация научной молодежи на активное участие в исследованиях, ведущихся в научных центрах нашей страны. Тематика XIX научной школы включает следующие направления исследований:

- современные проблемы теории нелинейных колебаний и волн;
- нелинейные процессы в геофизике;
- модели климата и экосистем;
- нелинейные явления в космологии и астрофизике;
- физика экстремальных электромагнитных полей;
- нелинейные процессы в биофизике и нейродинамике;
- нелинейная динамика квантовых систем.

Всего в работе школы принимает участие более 200 человек. Запланировано 45 лекций приглашенных известных российских и иностранных ученых, около 70 устных докладов и более 80 стендовых выступлений других участников школы. В этом году ожидается приезд исследователей из Нижнего Новгорода (ИПФ РАН, ННГУ, ИФМ РАН, ВШЭ), Москвы (ВШЭ, ГАИШ, ИВМ РАН, ИКИ РАН, ИО РАН, ИПМ РАН, ИОФ РАН, ИРЭ РАН, ИТЭФ, ИФА РАН, ИФЗ РАН, ИЯИ РАН, МГУ, МИФИ, МФТИ, НИТУ «МИСиС», НИЦ «Курчатовский институт», МЭИ, Сколтех, ФИАН), Саратова (СГУ, СФ ИРЭ РАН), а также из Владивостока, Казани, Калининграда, Новосибирска, Обнинска, Перми, Петрозаводска, Пущино, Санкт-Петербурга, Самары, Тюмени, Черногоровки, Ярославля. Кроме того, на школу должны приехать ученые из Германии, Израиля, Великобритании, Испании, Норвегии, США, Финляндии.

Ответственный за выпуск *А.В. Слюняев*

ПРИМЕНЕНИЕ МОЗР ДЛЯ АНАЛИЗА И ПРОГНОЗА ЭКСТРЕМАЛЬНЫХ МОРСКИХ ВОЛН

А.В. Слюняев

Институт прикладной физики РАН, Нижний Новгород
Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Уравнение Кортевега – де Вриза и нелинейное уравнение Шредингера (НУШ) были первыми нелинейными эволюционными уравнениями, решенными методом обратной задачи рассеяния (МОЗР) [1]. В то же время эти уравнения – популярные приближения для описания однонаправленных волн на поверхности мелкой и глубокой воды (для достаточно глубокой воды применимо фокусирующее НУШ). Попытки анализа солитонной составляющей в инструментальных записях волн на воде с помощью МОЗР известны (см. книгу [2]). МОЗР часто рассматривается как нелинейная модификация спектрального анализа на основе преобразования Фурье. Такие спектральные данные более адекватно описывают когерентные волновые структуры, поддерживаемые нелинейностью и имеющие собственную принципиально нелинейную динамику. Сегодня особый интерес к использованию этого подхода для анализа и быстрого численного моделирования морских волн вызван проблемой аномально высоких волн на поверхности воды (так называемых волн-убийц). Их возникновение в глубоком море многими исследователями связывается с долгоживущими солитоноподобными группами, потому верная их интерпретация может помочь оценить вероятность экстремальных волн и их характерную динамику. Кроме того, становится возможным краткосрочный прогноз нелинейной динамики волн [3]; интегрируемые модели могут быть использованы для очень быстрого расчета эволюции волн. Кроме гидродинамических, активно разрабатываются приложения МОЗР к анализу сигналов в оптических линиях информации.

В статье [5] был предложен собственный подход для определения солитонной составляющей волн на глубокой воде. В более поздней работе [6] был описан рецепт, как применять этот метод (базирующийся на слабонелинейной теории для слабо модулированных волн) к сильнонелинейным волнам с сильной модуляцией. На примере одной солитонной группы, рассчитанной в рамках полных уравнений гидродинамики, была показана устойчивость метода и хорошая точность определения волнового числа и амплитуды солитонов с крутизной, близкой к порогу обрушения. Такие короткие пакеты крутых волн, способные распространяться на большие дистанции и сталкиваться без потери структуры, были недавно воспроизведены в лабораторных условиях [7, 8]. Спонтанное возникновение солитоноподобных групп в полях нерегулярных плоских волн наблюдалось в численном моделировании [9], а следы долгоживущих нелинейных паттернов среди нерегулярных трехмерных волн обнаружены в вероятностных и спектральных характеристиках в численных экспериментах [10, 11]. Перечисленное позволяет надеяться на применимость процедур на основе МОЗР для фокусирующего нелинейного уравнения Шредингера к анализу нелинейных морских волн на глубокой воде в ситуациях не слишком большой крутизны и не слишком широкого локального углового спектра. Результаты такого анализа могут быть использованы для оценки вероятности аномально высоких волн на длительности от единиц до десятка периодов волн.

Нами выполнены предварительные расчеты спектральных данных МОЗР для ряда тестовых задач, включая распространение единичного солитона огибающей в рамках исходных уравнений гидродинамики (однопиковый спектр), его взаимодействие с цугом волн другой длины (двухпиковый спектр), движение планарной солитонной группы в окружении случайных волн (широкий спектр JONSWAP), а также обобщение на слабо трехмерный случай (частотный спектр JONSWAP с угловым спектром умеренной ширины). Эти результаты будут представлены в докладе.

Разные части работы выполнены при поддержке проекта РФФИ 18-02-00042 и гранта РФФИ 16-17-00041.

Литература

1. Захаров, В.Е. Теория солитонов. Метод обратной задачи / В.Е. Захаров, С.В. Манаков, С.П. Новиков, Л.П. Питаевский. М. : Наука, 1980. 319 с.
2. Osborne, A.R. Nonlinear ocean waves and the inverse scattering transform. Amsterdam et al. : Academic Press, 2010. 944 p.
3. Слюняев, А.В. Морские «волны-убийцы»: прогноз возможен? // Вестник МГУ. Серия 3, Физика и астрономия. 2017. № 3. С. 33–47.
4. Sedov, E.V. Soliton content in the standard optical OFDM signal / E.V. Sedov, A.A. Redyuk, M.P. Fedoruk, A.A. Gelash, L.L. Frumin, S.K. Turitsyn // Optics Letters. 2018. V. 43. P. 5985–5988.

5. *Slunyaev, A.* Nonlinear analysis and simulations of measured freak wave time series // *Eur. J. Mech. B / Fluids*. 2006. V. 25. P. 621–635.
6. *Слюняев, А.В.* Анализ нелинейного спектра интенсивного морского волнения с целью прогноза экстремальных волн // *Изв. вузов. Радиофизика*. 2018. Т. 61. С. 1–23.
7. *Slunyaev, A.* Simulations and experiments of short intense envelope solitons of surface water waves / *A. Slunyaev, G.F. Clauss, M. Klein, M. Onorato* // *Phys. Fluids*. 2013. V. 25. P. 067105.
8. *Slunyaev, A.* Laboratory and numerical study of intense envelope solitons of water waves: generation, reflection from a wall and collisions / *A. Slunyaev, M. Klein, G.F. Clauss* // *Phys. Fluids*. 2017. V. 29. P. 047103.
9. *Slunyaev, A.V.* Soliton groups as the reason for extreme statistics of unidirectional sea waves / *A.V. Slunyaev, A.V. Kokorina* // *J. Ocean Eng. Marine Energy*. 2017. V. 3. P. 395–408.
10. *Kokorina, A.* Lifetimes of rogue wave events in direct numerical simulations of deep-water irregular sea waves / *A. Kokorina, A. Slunyaev* // *Fluids*. 2019. V. 4. P. 70.
11. *Slunyaev, A.* Strongly coherent dynamics of stochastic waves causes abnormal sea states // *arXiv: 1911.11532*. 2019.