

«УТВЕРЖДАЮ»

Проректор
Федерального государственного
бюджетного образовательного учреждения
высшего образования «Московский
государственный университет имени
М.В. Ломоносова»
д.ф.-м.н., профессор А.А. Федянин



« ____ » _____ 2016 г.

ОТЗЫВ

ведущей организации – Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова» – на диссертацию Слюняева Алексея Викторовича «Аномально высокие морские волны: физические механизмы и моделирование», представленную к защите на соискание учёной степени доктора физико-математических наук по специальности 25.00.29 – физика атмосферы и гидросферы.

Диссертация А.В. Слюняева посвящена актуальной проблеме аномально высоких волн на морской поверхности, которые в русскоязычной литературе часто именуют «волнами-убийцами». В связи с очевидной важностью этой темы для безопасного мореплавания интерес к ней существовал с тех давних пор, когда человек отважился отправиться в открытое море. Долгое время научная компонента интереса к экстремально высоким волнам отсутствовала или была минимальной, уступая первенство морскому фольклору — рассказам выживших очевидцев, которым мало кто верил.

В научном сообществе резкий рост интереса к проблеме «волн-убийц» произошел в последние 15-20 лет, что во многом обязано появлению надежных аппаратных записей волн с неожиданно большой (по сравнению с общим фоном) амплитудой, а также с накоплением достоверных описаний и фото/видео регистраций таких экстремальных событий. Подчеркнем, что в ряде случаев от «волн-убийц» страдали не только суда, но также и шельфовые платформы и даже береговые сооружения.

Проблема регистрации аномально высоких волн является существенно более сложной, чем это может показаться на первый взгляд. Поэтому неудивительно, что факты надежной регистрации «волн-убийц» относятся преимущественно к 21 веку. Локализация эффекта в узкой пространственно-временной области в сочетании с редкостью возникновения явления требует проводить регистрацию положения поверхности воды с высоким разрешением в течение длительного времени. Даже при точечном измерении (волнограф) с необходимой частотой оцифровки (например, 5 Гц) за один месяц уже накапливается впечатляющий объем информации. Пространственная регистрация положения поверхности воды (например, радаром с синтезированной апертурой) дополнительно резко увеличивает объем данных.

По мере развития теоретических моделей «волн-убийц» стало понятно, что эта проблема выходит за рамки физики волн на поверхности воды. Аналогичные явления наблюдаются в иных средах (нелинейная оптика, волны в плазме и др.), и, более того, описываются они сходными уравнениями. Все это позволяет утверждать, что проблема аномально высоких волн, рассматриваемая в диссертационной работе, в действительности является междисциплинарной, что, несомненно, расширяет область применимости результатов рецензируемого исследования и усиливает научную значимость работы.

Диссертация состоит из введения, пяти глав, заключения, трех приложений и списка литературы (39 наименований публикаций автора по теме диссертации, включая 1 монографию, и 365 прочих публикаций). Общий объем диссертации составляет 338 страниц, она включает 126 рисунков и 11 таблиц.

Работа написана хорошим языком, она легко читается, логически выверена и практически не содержит опечаток. Работа демонстрирует высокую математическую квалификацию автора и его широкую эрудицию в области физики гидросферы и физики нелинейных волн.

Одним из важных достоинств диссертационной работы, демонстрирующих докторский уровень автора, является комплексный характер: аналитические методы удачно сочетаются с численным и физическим моделированием, а также с анализом натуральных данных. Достоверность результатов диссертационной работы отчасти обязана именно такому комплексному подходу: возможности сопоставить эффекты, которые воспроизводятся численно, в физическом эксперименте или следуют из аналитических построений.

В диссертационной работе сделан акцент на изучении нелинейных механизмов возникновения аномально высоких морских волн. Дело в том, что именно нелинейность способна изменить функции распределения вероятности высот волн по сравнению с линейным приближением. Вместе с тем в *первой главе* автор, показывая свою осведомленность, представляет прекрасный обзор линейных механизмов, которые, в принципе, также способны приводить к формированию волн большой амплитуды, локализованных в пространстве и времени.

Далее остановимся на некоторых наиболее интересных и значимых результатах диссертационной работы, группируя их по главам.

Во *второй главе* выведены уравнения для огибающей однонаправленных волн 5-го порядка по нелинейности и дисперсии для бассейна постоянной глубины. Это несомненно новый результат, уточняющий существовавшие ранее модели. Основываясь на точных решениях интегрируемых уравнений огибающей, автору удалось описать процессы самофокусировки нелинейных поверхностных волн и провести реконструкцию аномальных волн по данным измерения смещения поверхности в точке (по реальным записям в Северном море), что позволило получить пространственно-временную картину динамики волн и определить времена жизни «волн-убийц». По сути дела здесь речь идет о разработке элементов прогноза экстремальных волн — это новый научно- и практически важный результат.

В *третьей главе* представлены результаты численного и лабораторного моделирования с акцентом на учет сильной нелинейности. Наиболее значимым здесь следует считать вывод о перспективности использования асимптотических теорий высокого порядка для описания сильно модулированных волн большой крутизны.

Четвертая глава посвящена моделированию ансамблей нерегулярных волн с целью выявления связей между усредненными спектрами нелинейных волновых систем и статистикой волн. Показано, что возможна эффективная параметризация картины эволюции волн в терминах индекса модуляционной неустойчивости и характерного времени нелинейности. Установлено, что максимальная вероятность аномально высоких волн достигается при переходной стадии установления нового состояния равновесия. Путем прямого численного интегрирования уравнений Эйлера исследована эволюция интенсивных волн со спектрами, характерными для условий Северного моря. Выявлена асимметрия фронтов «волн-убийц» в случае большой нелинейности, которая не отмечалась ранее. Показано, что время жизни аномально высоких волн может быть весьма значительным (до 10 мин).

В пятой главе построена асимптотическая линейная и слабонелинейная теории волн, захваченных однородным по глубине струйным течением. Здесь наиболее интересный результат относится к возможности трехволновых резонансных взаимодействий между модами захваченных волн на глубокой воде.

Результаты, полученные А.В. Слюняевым, обладают научной новизной и практической значимостью, что подтверждается публикациями в ведущих научных журналах, приглашенными выступлениями на конференциях, участием в научно-исследовательских проектах, включая выполнение государственных контрактов, грантов Президента РФ, грантов РФФИ и грантов Европейского Сообщества.

Высоко оценивая диссертационную работу в целом, отметим два связанных между собой недостатка:

1. В работе речь идет о морских волнах. Но при математической постановке задач диссертации заведомо рассматривается не реальная природная среда, а ее идеализированный аналог — несжимаемая, однородная и невязкая жидкость. При этом отсутствует физическая аргументация, почему для рассматриваемых задач можно (и можно ли?) пренебречь вязкостью (молекулярной и турбулентной), сжимаемостью, стратификацией, трехмерным характером течения и т.д.
2. За рамками проведенного в работе анализа остается главный вопрос: в какой степени повторяемость аномально высоких волн в рассмотренных автором моделях соотносится с повторяемостью этих событий в натуральных условиях.

Указанные выше замечания не снижают общей высокой оценки работы. В диссертации представлен ряд важных результатов как фундаментального, так и прикладного значения.

Результаты, представленные в диссертации, опубликованы в ведущих зарубежных и отечественных научных журналах, входящих в перечень журналов и изданий, утвержденных Высшей аттестационной комиссией; они докладывались на многих российских и международных конференциях. Научные положения, выносимые на защиту, достаточно полно отражены в опубликованных работах. Автореферат правильно отражает содержание диссертации и дает достаточно полное представление об использованных методах и подходах, актуальности, новизне и значимости работы, а также личном вкладе автора. Работа соответствует паспорту специальности 25.00.29 – физика атмосферы и гидросферы.

Диссертация А.В. Слюняева «Аномально высокие морские волны: физические механизмы и моделирование» представляет собой законченную научно-исследовательскую работу на актуальную тему, выполненную на высоком уровне. Работа удовлетворяет всем требованиям «Положения о присуждении ученых степеней» (п. 9-14), утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации № 842 от 24 сентября 2013 г., предъявляемым к докторским диссертациям, а ее автор А.В. Слюняев заслуживает присуждения ему ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 25.00.29 – физика атмосферы и гидросферы.

Работа заслушана и обсуждена на семинаре отделения геофизики физического факультета МГУ 10 декабря 2015 г. Отзыв одобрен на заседании Ученого совета отделения геофизики 22 декабря 2015 г. (протокол № 4).

Отзыв составил:

Заведующий отделением геофизики физического факультета МГУ, профессор кафедры физики моря и вод суши физического факультета МГУ, доцент, доктор физ.-мат. наук

Михаил Александрович Носов

«26» 01. 2016

Телефон: 8 (495) 939 3698, **E-Mail:** m.a.nosov@mail.ru

Секретарь Ученого совета отделения геофизики физического факультета МГУ, доцент кафедры физики атмосферы физического факультета МГУ, кандидат физ.-мат. наук

Елена Станиславовна Андреева

«26» 01. 2016

Телефон: 8 (495) 939 2089, **E-Mail:** es_andreeva@mail.ru

Адрес:

119991, ГСП-1, Москва

Ленинские горы, Дом 1, строение 2,

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова», физический факультет