

## **ОТЗЫВ**

**официального оппонента диссертации**

**Кокоулиной Марии Владимировны**

**на диссертацию «Особенности нелинейных волновых движений в стратифицированных бассейнах»,**

**представленной на соискание ученой степени**

**кандидата физико-математических наук**

**по специальности 1.1.9 – механика жидкости, газа и плазмы**

Представленная работа Кокоулиной М.В. посвящена актуальной теме – изучению особенностей внутренних волн в различных акваториях Мирового океана.

Диссертация состоит из введения, четырех глав и заключения. Во введении раскрыта актуальность работы, сформулированы цели диссертационной работы, перечислены пункты, отражающие новизну работы.

В первой главе обсуждаются основные модели внутренних волн. Изучены источники данных для анализа характеристик внутренних волн. Описана информационная онлайн-система для анализа дисперсионных зависимостей, модового состава, скоростей внутренних волн, их нелинейных характеристик.

В рамках второй главы были проанализированы термохалинная структура вод Охотского моря и составлены карты распределения индекса стратификации плотности морской воды в летний и зимний период. Показано, что максимальная величина индекса достигает  $3000 \text{ Дж/м}^3$  и летом, и зимой, главным образом в Курильской котловине. Также выявлена корреляция между скоростью распространения внутренних волн и индексом стратификации, на основе которой предложен метод оценки скорости внутренних волн с использованием данного индекса. Этот метод также может применяться для определения других кинематических и нелинейных параметров поля внутренних волн в различных акваториях Мирового океана. Кроме этого, в

рамках второй главы получены карты массовой силы плавучести для Охотского моря для зимнего и летнего периода.

В третьей главе представлены результаты исследования гидрологических данных для Японского моря, показаны сезонные изменения плотностной стратификации и кинематических параметров внутренних волн. Показано, что летом наблюдается более сильная вертикальная стратификация и большие значения кинематических параметров. В работе также представлены карты возможных типов внутренних волн и предельных амплитуд солитонов для условий Японского моря, типичными из которых являются солитоны отрицательной полярности.

В четвертой главе представлены результаты анализа нелинейных внутренних волн в различных бассейнах Мирового океана. Исследованы временные ряды профилей температуры, полученные в Японском море. Определены характеристики внутренних волн, такие как высоты, периоды, скорости. Проведена оценка вероятности появления интенсивных возмущений. Проанализированы гидрологические данные, полученные в Балтийском море, получены дисперсионные зависимости, скорости. На примере модельных и натурных данных показано разложение волнового поля на модовые функции и расчет волновых пучков. Кроме этого, по результатам численного моделирования для условий шельфа Камчатки приведены оценки транспортных свойств внутренних волн.

В Заключении сформулированы основные результаты диссертации.

В списке литературы содержится 194 ссылки, которые достаточно полно отражают современный уровень исследования.

Представленная диссертация отражает большой объем работы, выполненный автором. 9 статей напечатаны в изданиях рекомендованных ВАК и/или входящих в международные базы цитирования WoS и Scopus, а общее число публикаций 40.

Достоверность полученных результатов обоснована выбором апробированных физических моделей, математической корректностью

постановок гидродинамических задач, строгим использованием аналитических и численных методов, сопоставлением с известными результатами в частных случаях.

Стоит отметить ряд замечаний:

1. Хорошо было бы добавить подробную процедуру численного решения краевой задачи (1.2.7) и (1.2.10), а также оценки скорости алгоритма.
2. В параграфе 1.6 приводится описание созданной онлайн-системы для расчета характеристик внутренних волн, но не сказано какие и в каком формате загружаются данные.
3. В работе использовались усредненные данные из международного гидрологического атласа WOA18 (параграфы 2.2, 2.3, 3.2, 3.3). Здесь хотелось бы видеть более подробное обсуждение вопроса интерполяции профилей, ведь исходные данные приведены с неравномерным шагом по глубине.

Технические замечания по тексту диссертации:

1. Стр. 92. Рис. 4.3.11 подпись не соответствует рисунку. Дисперсионные кривые приведены для двух низших мод, а в подрисуночной надписи указано три моды.
2. Стр. 97. Рис.4.4.5 и далее 4.4.8 – в подписи к рисунку написано «амплитуда мод», но «амплитуда каждой моды нормирована и равна 1. Поэтому имеет смысл как-то уточнить подписи к рисункам и в тексте также.
3. Не все географические объекты, о которых говорится в тексте отмечены на физической карте, что усложняет понимание. Например, на странице 61 говорится про мыс Шульца, однако на карте выше он не отмечен.

Несмотря на замечания стоит отметить положительное впечатление о работе, которая содержит ряд новых выводов и заключений.

Представленная Кокоулиной М.В. диссертация на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.1.9 –

механика жидкости, газа и плазмы является законченной научно-квалификационной работой. Предлагаемые методы и решения являются актуальными и практически значимыми.

Автор, Кокоулина Мария Владимировна, продемонстрировала хорошую научную квалификацию и заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.1.9 – Механика жидкости, газа и плазмы.

Булатов Виталий Васильевич,  
доктор физико-математических наук,  
профессор,  
ведущий научный сотрудник  
лаборатории механики сложных жидкостей  
Федерального государственного  
бюджетного учреждения науки  
Институт проблем механики им. А.Ю.Ишлинского РАН (ИПМех РАН)

119526 Москва пр-т Вернадского  
Тел. 8(495)4343238  
e-mail: internalwave@mail.ru

Подпись д.ф.-м.н., профессора В.В.Булатова подтверждаю:

Ученый секретарь ИПМех РАН,  
к.ф.-м.н.

М.А. Котов



2023