

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

на диссертационную работу

Свергуна Егора Игоревича

«Короткопериодные внутренние волны в шельфовых областях с выраженной приливной динамикой на примере Баренцева моря и Курило-Камчатского региона Тихого океана»,
представленную на соискание ученой степени кандидата географических наук по специальности 1.6.17 – Океанология

Представленная к защите диссертационная работа Свергуна Егора Игоревича посвящена исследованию физико-географических особенностей поля короткопериодных внутренних волн (КВВ) в Баренцевом море и Курило-Камчатском регионе Тихого океана на основе спутниковых наблюдений с привлечением результатов контактных измерений и данных глобальной приливной модели. При выполнении работы автор, во-первых, решает задачу разработки и реализации метода количественной оценки вклада различных механизмов в генерацию наблюдаемых КВВ в каждом из регионов, во-вторых, выявляет особенности пространственно-временной изменчивости их характеристик. Тема исследований актуальна в связи с тем, что знание расположения зон частой встречаемости, закономерностей распределений характеристик и преобладающих механизмов генерации внутренних волн в прибрежных и шельфовых районах арктических и дальневосточных морей России позволяет сделать шаг к снижению риска, обеспечению безопасности и повышению эффективности хозяйственной деятельности в этих акваториях.

Автор уделяет большое внимание методике проведения измерений и обработке натурных данных, а также умело использует современные общедоступные вспомогательные инструменты – широко известные атласы и реанализы для получения среднеклиматических гидрологических и батиметрических данных и глобальную приливную модель для определения характеристик баротропных приливных потоков, что обеспечивает достоверность полученных результатов и обоснованность защищаемых автором научных положений. Текст диссертационной работы грамотно структурирован, легко читается, несмотря на некоторые

технические пометки, которые перечислены ниже. Работа хорошо иллюстрирована и содержит необходимые ссылки.

Значительный личный вклад автора в исследование, так же как достоверность и новизна научных результатов работы, подтверждается тем, что основные положения и результаты диссертационной работы докладывались на многочисленных российских и международных конференциях. Основные результаты диссертации опубликованы в ведущих научных изданиях. Всего с участием автора опубликовано пять статей в журналах, входящих в Перечень изданий, рекомендованных ВАК.

Диссертационная работа Е.И. Свергуна состоит из введения, четырех глав, заключения и списка цитируемой литературы. Работа содержит 55 рисунков и 8 таблиц, общий объем работы – 133 страницы. Список литературы включает 98 источников.

Во введении подробно описывается актуальность работы, сформулированы цель и задачи исследования, подчеркнута новизна, теоретическая и практическая значимость решаемых задач, приведены выносимые на защиту положения, указаны сведения об апробации работы и публикациях диссертанта.

В первой главе дан обзор объектов (гидрологические режимы рассматриваемых акваторий) и предмета (внутренние волны) исследования. Подробно описана классификация механизмов генерации КВВ, условия их реализуемости, перечислены контактные и дистанционные методы измерения характеристик КВВ. Приведены данные о географическом положении, рельефе дна, водных массах, вертикальной структуре вод и приливах Баренцева моря и Курило-Камчатского региона, проанализировано состояние изученности КВВ в них.

Вторая глава посвящена исходным данным, применяемым в работе (результаты контактных измерений, спутниковые изображения из различных источников, данные реанализа Copernicus и глобального приливного атласа TPXO), и методике их обработки. Разработанный автором метод количественной оценки вклада различных механизмов в генерацию КВВ является оригинальным, многоуровневым и многошаговым, все этапы анализа подробно описаны. Здесь следует особо отметить применение композитных карт как эффективного средства наглядного представления промежуточных результатов.

В третьей главе описаны характеристики КВВ в южной части Баренцева моря и в Авачинском заливе Тихого океана по результатам подспутниковых экспериментов. Установлено, что районы исследований характеризуются высокой активностью КВВ, которые проявляются как в спутниковых, так и в *in-situ* данных. Установлены места возникновения и интенсификации внутреннего полусуточного прилива, выявлены особенности генерации КВВ в различных районах. Так, в юго-восточной части Баренцева моря наиболее вероятно образование КВВ при обтекании приливным потоком неоднородностей рельефа дна по типу запрепятственных волн. В Авачинском заливе вероятен другой механизм генерации КВВ, а именно эволюция внутренних приливных волн (ВПВ).

Четвертая глава посвящена исследованию сезонной изменчивости КВВ в Баренцевом море и Курило-Камчатском регионе по спутниковым данным и классификации проявлений КВВ с точки зрения сценариев генерации с применением разработанного метода. Оба региона демонстрируют высокую пространственную локализованность поверхностных проявлений КВВ. Было выяснено, что скопления проявлений КВВ регистрируются в Баренцевом море преимущественно в третью неделю июля, в первую неделю августа и в первую неделю сентября в зоне локальных неоднородностей рельефа дна юго-восточнее Шпицбергена, юго-западнее ЗФИ, около Мурманского берега Кольского полуострова и севернее Новой Земли; а в Курило-Камчатском регионе наиболее часто в течение всего года проявления КВВ регистрировались южнее острова Кунашир, в районе острова Онекотан над хребтом Витязь, около м. Шипунский, а также в Камчатском заливе. Сделан вывод, что в Баренцевом море и Курило-Камчатском регионе наиболее вероятен механизм генерации КВВ при локальной дезинтеграции субинерционных ВПВ вблизи их очагов генерации. Выделен участок акватории Курило-Камчатского региона, где важную роль в генерации КВВ может играть мезомасштабная вихревая динамика, образованная неустойчивостью крупномасштабного течения.

В заключении сформулированы основные результаты диссертационной работы и перспективы дальнейших исследований.

По своему содержанию, полученным результатам и характеру выводов диссертация полностью отвечает специальности 1.6.17 – Океанология.

Однако к представленной работе имеются следующие небольшие замечания:

1. Автор использует в качестве одного из ключевых элементов анализа «критерий tidal body force», этот термин взят из англоязычных работ по рассматриваемой тематике и является научным жаргонизмом, поэтому хотелось бы рекомендовать к употреблению его русскоязычный вариант, например, тот, который автор сам применяет при пояснении этого понятия на с. 56: «массовая сила плавучести», либо уточняющий происхождение силы вариант «приливная массовая сила плавучести». Эти варианты термина можно найти в русскоязычной литературе, см., например, работы В.И. Власенко с соавторами, В.В. Новотрясова с соавторами и других.
2. В отношении внутренних приливных волн для характеристики их диапазона частот автором часто применяется определение «субинерциальные», которое является «калькой» англоязычного «subinertial». Более традиционным в русскоязычной литературе в рассматриваемом контексте является термин «субинерционные волны», который используется гораздо чаще.
3. Термин «луч», используемый автором для описания одного из механизмов генерации КВВ, также является не совсем удачным в силу неоднозначности в рамках используемого контекста. Дело в том, что в английском языке здесь есть два различных термина: «ray», относящийся к процессу рефракции в горизонтально-неоднородной среде, и «beam», определяющий путь распространения волновой энергии в вертикальном направлении. При этом русскоязычный термин «луч» чаще все же ассоциируется с первым явлением, а для второго лучше использовать «пучок».
4. Рассматриваемые в качестве предмета исследования внутренние волны по своей природе являются гравитационными (или, точнее, инерционно-гравитационными), поэтому, строго говоря, при анализе амплитуд этих волн, методика которого описана в разделе 2.1.1., наиболее правильно было бы использовать отклонения

изопикнических, а не изотермических поверхностей, так как силы, действующие на частицу, зависят от ее плотности (и скорости), а не только от температуры. Использование колебаний изотерм для оценки амплитуд может быть уместным, но хорошо было бы подтвердить оправданность такой замены прямыми расчетами, хотя бы для примера.

5. Методика оценки фазовой скорости внутренних волн (раздел 2.2.3) предполагает замену реальной вертикальной структуры вод ее двухслойной моделью. В вертикальных профилях температуры и плотности морской воды, приведенных в качестве примеров на рис. 9, 14, 24, 30, толщина переходного слоя сопоставима и даже превышает толщину верхнего слоя. В рамках линейной и слабонелинейной теории внутренних волн в стратифицированной среде параметры внутренних волн, определяемые средой, для таких профилей могут существенно отличаться от параметров внутренних волн в двухслойной среде, и погрешность вычисления фазовой скорости может быть значительной. Полезно было бы провести расчеты и дать пример оценки этой погрешности для подтверждения правомерности использования двухслойной модели среды.

Технические замечания и вопросы по тексту диссертации:

1. На рисунке 1 очень мелкий шрифт надписей, читаемый с трудом, особенно в печатном варианте диссертации.
2. С. 19, второй абзац. Фазовая скорость необрушающейся волны всегда больше орбитальной скорости частиц жидкости в волне, иначе частицы в волне будут обгонять саму волну, т.е. будет происходить обрушение. Поэтому при характеристике сильной нелинейности автор, наверное, имел ввиду условие на обратное отношение – орбитальной скорости к фазовой – больше 0.1.
3. С. 19, внизу. Частота Вьясьяля – Брента определяет верхний предел частот, но нижний (а не верхний, как написано) предел периодов. И далее, не нижний, как написано, а верхний предел периодов определяется нижним пределом диапазона частот – инерционной частотой.

4. С. 21, рисунок 3 – не указана ссылка на источник, откуда взят рисунок, явно не принадлежащий авторству диссертанта.
5. С. 40. «При этом, отражённый от шельфа луч внутреннего прилива выходит близко к поверхности на некотором расстоянии от границы шельфа, распадаясь на мелкие солитоноподобные волны.» Во-первых, как идентифицировались волновые пучки во внутреннем волновом поле? Во-вторых, луч, или пучок, не может «распадаться на мелкие солитоноподобные волны», он может их генерировать, взаимодействуя с неоднородностью на его пути в виде пикноклина (что соответствует 4-му механизму генерации КВВ со с. 18).
6. С. 52, п. 2.2.6. Из текста неясно, приходилось ли перебирать сотни изображений вручную или процедура все же автоматизирована. С. 53, сверху: база данных характеристик проявлений КВВ заполнялась вручную или автоматизированно? Открыт ли доступ к этой БД?
7. С 54, внизу. Выражение для длины волны $\lambda = cT$ верно лишь для линейных волн, а для нелинейных волн (ИВВ) длина зависит еще и от амплитуды. Учитывалась ли эта зависимость?
8. С. 57, п. 2.2.13. Для корректного использования этого критерия наклон дна должен браться в проекции на направление распространения волны, т.к. волны не всегда распространяются вдоль вектора градиента глубин (т.е. фронты не всегда параллельны изобатам, и такие примеры приведены в диссертации). В указанной форме критерий является весьма приближенным.
9. С. 65, рисунок 27. Из характера зависимости на рис. 27 а следует, что $\lambda \approx cT$, где $c \approx 1/0.03$ м/мин ≈ 0.56 м/с – постоянная величина, что противоречит $c(\lambda)$ на рис. 27 б. Требуется пояснение.
10. Несколько раз встречаются смысловые небрежности, связанные с подменой понятий «проявление КВВ» и непосредственно «КВВ». Например, на с. 68: «проявление пакета КВВ состоит из 6 волн» - проявление не может состоять из волн!
11. С. 69 – неправильный номер формулы, вместо выражения (9) должно быть выражение (8).

Перечисленные выше замечания не снижают ценность и высокий научный уровень работы. Автореферат полностью соответствует содержанию диссертации.

Рассмотренная работа, без сомнения, соответствует требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям п.9 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 года № 842, а ее автор, Свергун Егор Игоревич, заслуживает присуждения ученой степени кандидата географических наук по специальности 1.6.17 – Океанология.

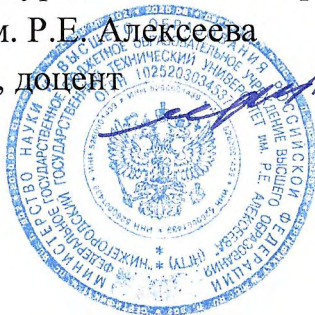
Официальный оппонент,
кандидат физико-математических наук
(специальность 01.02.05 - Механика жидкости,
газа и плазмы), доцент, ведущий научный
сотрудник Научно-исследовательской
лаборатории моделирования природных и
техногенных катастроф в интересах
устойчивого промышленного развития страны
и региона Федерального государственного
бюджетного образовательного учреждения
высшего образования «Нижегородский
государственный технический университет им.
Р.Е. Алексеева»

Куркина Оксана Евгеньевна

5 декабря 2022 г.

603950, Нижний Новгород, ул. Минина, д. 24
тел.: +79103211231, e-mail: oksana.kurkina@mail.ru

Подпись к.ф.-м.н., доцента Куркиной О.Е. заверяю
Ученый секретарь НГТУ им. Р.Е. Алексеева
кандидат технических наук, доцент



И.Н. Мерзляков