

УТВЕРЖДАЮ

Директор
Федерального государственного
бюджетного учреждения науки
Федерального исследовательского
центра «Морской гидрофизический
институт РАН»
член-корреспондент РАН



Коновалов С.К.

« 25 » ноября 2022 г.

ОТЗЫВ

ведущей организации

Федерального государственного бюджетного учреждения науки

Федерального исследовательского центра

«Морской гидрофизический институт РАН»

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

Актуальность темы работы. Понимание закономерностей возникновения короткопериодных внутренних волн (КВВ) и пространственно-временной изменчивости их характеристик важно для описания и прогнозирования гидрологических условий, подводной навигации и поиска районов повышенной биологической продуктивности. В силу малого пространственно-временного масштаба КВВ, сведения о вкладе различных механизмов в их генерацию и о пространственно-временной изменчивости их характеристик во многих районах Мирового океана носят отрывочный характер. Не являются исключением Баренцево море и Курило-Камчатский регион Тихого океана, характеризующиеся ярко-выраженной приливной динамикой и сложным рельефом дна. В то же время эти регионы имеют существенное значение для добычи морских биоресурсов в России.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, четырёх глав, заключения, списка литературы, приложения. Объем диссертации составляет 133 страницы. Текст диссертации иллюстрирован 55 рисунками и 8 таблицами. Список использованной литературы включает 98 наименований.

Основные результаты, полученные в диссертации.

В первой главе описаны объекты и предмет исследования. Продемонстрировано, что КВВ являются достаточно сложным для регистрации процессом, поскольку имеют малые пространственно-временные масштабы. Делается вывод, что наиболее целесообразным инструментом для изучения особенностей пространственно-временной изменчивости КВВ является подход, основанный на анализе результатов спутниковых наблюдений с привлечением результатов контактных измерений. Но для выявления механизмов генерации КВВ требуется создание методик комплексного анализа характеристик КВВ с привлечением данных реанализа и глобальной приливной модели с целью описания фоновой гидрологической обстановки и приливной динамики.

Обзор гидрологического режима Баренцева моря показал, что внутригодовая пространственно-временная изменчивость крупномасштабных процессов, определяющих характеристики поля КВВ изучена достаточно хорошо. Однако сведения об изменчивости характеристик КВВ носят фрагментарный характер. Для акватории Баренцева моря анализ характеристик КВВ по спутниковым данным был выполнен только для летнего и осеннего периода 2007 года. Сезонная изменчивость характеристик КВВ за более продолжительный период не рассматривалась. Также, несмотря на наличие результатов сравнения характеристик КВВ по спутниковым и контактными данным, для Баренцева моря не существует исследований, посвященных прямому сопоставлению характеристик КВВ, полученных в рамках подспутниковых экспериментов. Вклад конкретных механизмов в генерацию КВВ не рассматривался.

В результате обзора гидрологического режима Курило-Камчатского региона было выявлено, что изменчивость вертикальной структуры вод и приливная динамика, влияющие на формирование поля КВВ в отдельных райо-

нах изучены достаточно хорошо. Однако характеристики КВВ рассматривались только на акваториях около острова Парамушир, проливов Екатерины и Крузерштерна, Авачинского и Кроноцкого заливов. Для Курило-Камчатского региона отсутствуют исследования, которые бы охватывали всю акваторию региона в течение длительного периода времени. Закономерности возникновения КВВ описаны лишь для шельфа полуострова Камчатка, при этом нет количественной оценки вклада различных механизмов в генерацию КВВ.

Во второй главе описаны исходные данные и методики их обработки. В работе использованы результаты контактных измерений в Баренцевом море и Авачинском заливе, спутниковые изображения Sentinel 1, Alos PALSAR, Sentinel 2, Landsat 8, Suomi NPP, Aqua/Terra MODIS, а также данные реанализа Copernicus и глобального приливного атласа TPXO9. Приводится суть разработанного метода оценки вклада различных механизмов в генерацию КВВ. Отличительной чертой разработанного метода, обуславливающей его новизну, является использование для количественной оценки вклада различных приливных и неприливных механизмов в генерацию КВВ разнородных спутниковых данных и глобальной приливной модели с привлечением контактных данных.

В третьей главе рассмотрены характеристики КВВ в южной части Баренцева моря и в Авачинском заливе Тихого океана. Для Баренцева моря результаты прямого сопоставления данных контактных и спутниковых наблюдений показывают, что при глубине залегания пикноклина около 15 м хорошо выраженные в данных контактных наблюдений КВВ с амплитудами от 2,5 м отчётливо отображаются на морской поверхности в виде пакетов волн с длинами порядка 500 м.

Сопоставление синхронных данных спутниковых, контактных и визуальных наблюдений в Авачинском заливе выявило, что КВВ с амплитудами от 2,5 м и длинами 300–400 м имеют отчетливые проявления на морской поверхности.

Анализ особенностей приливной динамики показал, что в южной части Баренцева моря по всему рассматриваемому региону наблюдаются относительно высокие скорости приливных течений от 40 см/с до 100 см/с. На акватории Авачинского залива, напротив, скорости приливных течений незначи-

тельны, и лишь над материковым склоном и континентальным шельфом в окрестностях м. Шипунский они усиливаются до значений 20–30 см/с. Это дает основание для предположения об интенсификации в этой области внутреннего прилива. При рассмотрении критериев мест возникновения и интенсификации внутреннего полусуточного прилива было выявлено, что в юго-восточной части Баренцева моря наиболее вероятно образование КВВ при обтекании приливным потоком неоднородностей рельефа дна по типу препятственных волн. В Авачинском заливе вероятен другой механизм генерации КВВ, а именно эволюция внутренних приливных волн (ВПВ).

В четвертой главе рассматривается сезонная изменчивость короткопериодных внутренних волн в Баренцевом море и Курило-Камчатском регионе по спутниковым данным. В Баренцевом море проявления КВВ на спутниковых изображениях регистрируются с начала июня по середину сентября. Минимум количества проявлений отмечается в начале июня и в середине сентября. Выделяется три локальных максимума повторяемости числа проявлений: в третью неделю июля, в первую неделю августа и в первую неделю сентября. Были выявлены «горячие точки» в поле проявлений КВВ, которые совпадают с результатами предыдущих исследований: западнее о. Надежды, западнее архипелага Земля Франца Иосифа. Также были выявлены новые «горячие точки»: северо-западнее Новой Земли, у м. Желания, а также у м. Святой Нос.

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. Показано, что в данных областях повышенная частота встречаемости проявлений КВВ регистрируется практически во все сезоны года. Было установлено, что количество проявлений волн в регионе сильно варьирует в течение года: зимой было детектировано 47 проявлений, а летом – 927. Межгодовой изменчивости подвержены частота встречаемости проявлений КВВ и их геометрические характеристики.

Было выявлено, что и в Баренцевом море, и в Курило-Камчатском регионе области «горячих точек» большей частью близки к потенциальным очагам генерации полусуточных и суточных ВПВ, соответственно. Следует

иметь в виду, что севернее критических широт ($74,5^\circ$ – для полусуточного прилива в Баренцевом море и 30° для суточного прилива в Курило-Камчатском регионе) ВПВ не могут свободно распространяться, и их дезинтеграция должна происходить вблизи очагов генерации. Минимальное количество проявлений КВВ в области очагов генерации ВПВ в Баренцевом море отмечалось в июне (16 из 65 проявлений или 25%), а максимальное – в сентябре (83 из 130 проявлений или 64%). В Курило-Камчатском регионе минимальное количество проявлений КВВ в области очагов генерации ВПВ отмечалось в марте (4 из 15 проявлений или 26%). Максимальное число проявлений КВВ в очагах генерации КВВ наблюдалось в августе (206 из 296 проявлений КВВ, что составляет 70%). Это может указывать на то, что в Баренцевом море и Курило-Камчатском регионе наиболее вероятен механизм генерации КВВ при локальной дезинтеграции субинерциальных ВПВ вблизи их очагов генерации. Было продемонстрировано, что вне очагов генерации ВПВ на участке акватории Курило-Камчатского региона от м. Лопатка до м. Опасный важную роль в генерации КВВ может играть мезомасштабная вихревая динамика.

Обоснованность и достоверность результатов определяется глубоким и детальным анализом различных типов исходных данных при помощи методов, традиционно и широко применяющихся в океанологии, что дополнительно подтверждается прохождением процедуры рецензирования при публикации материалов диссертации в ведущих профильных журналах.

Научная и практическая значимость. Теоретическая значимость исследования определяется тем, что полученные результаты расширяют существующие представления о пространственно-временной изменчивости характеристик КВВ и вкладе различных механизмов в их генерацию в арктических и субарктических регионах РФ. Созданный метод оценки вклада различных механизмов в генерацию КВВ может найти применение на других приливных акваториях. Практическая значимость исследования обусловлена тем, что результаты выделения районов частой встречаемости проявлений КВВ, можно использовать при планировании деятельности по разведке морских биоресурсов, гидротехническом строительстве и учитывать при решении задач подводной навигации.

Рекомендации по использованию результатов диссертации. Полученные результаты желательно использовать при планировании экспериментальных работ по изучению КВВ в Баренцевом море, Курило-Камчатском регионе и других областях Мирового океана с выраженной приливной динамикой и сложным рельефом дна.

Положительные особенности работы.

– Валидация методов спутниковой океанографии остается насущной и одной из важнейших задач океанологии, поскольку сегодня поток информации об океане, поступающий со спутников, намного превышает потоки из всех других источников. Настоящая работа базируется на данных двух длительных подспутниковых экспериментов, в результате которых выводы, следующие из анализа квазисинхронных радиолокационных изображений, были полностью подтверждены прямыми контактными измерениями.

– Вопросы генерации внутренних волн в конкретных районах, несмотря на длительную историю этой темы, остаются во многом неясными. Предложенная в диссертационной работе методика оценки вкладов различных механизмов генерации внутренних волн в исследуемых районах, хотя и является дискуссионной в ряде деталей, представляет собой очевидное научное продвижение.

– Диссертант участвовал во всех описанных экспедиционных работах и обработке массивов полученных данных, а также лично, опираясь на визуальный анализ, извлек из сотен спутниковых изображений наборы характеристик пакетов внутренних волн. Таким образом, была выполнена довольно трудоемкая работа, что весьма положительно характеризует соискателя.

Вопросы и замечания по диссертации.

1. В рукописи механизмы генерации КВВ перечислены с указанием ссылок на литературные источники. Однако, в виду ключевой важности этих вопросов для всей работы, желательно было бы дать подробное описание этих механизмов в первом разделе рукописи или специальном Приложении.

2. Во втором разделе дано описание методик определения характеристик внутренних волн по данным различного рода без ясного акцента, к каким именно данным применялись эти частные методики в диссертационной работе. Это вносит существенную путаницу в понимание методов дальней-

ших разделов. Необходимы четкие пояснения, как именно получены характеристики КВВ, непосредственно перед их анализом.

3. В диссертации делается акцент на исследование годового хода проявлений КВВ. Однако для оценки годового хода недостаточно наблюдений в течение только одного года. Так, например, утверждение на С. 119 «Минимум количества проявлений отмечается в начале июня и в середине сентября, а максимум – в первую неделю августа», возможно, не будет выполняться для более длительных периодов наблюдений. Следовало бы указать, что сделанные заключения не являются установленной закономерностью, а лишь демонстрируют ход исследуемых процессов в течение одного выбранного года.

4. На С. 23 обсуждаются механизмы проявления внутренних волн в оптических изображениях. Указано, что в зоне солнечного блика поверхностные проявления ВВ могут быть обнаружены благодаря неоднородностям распределения поверхностно-активных веществ. Однако стоит отметить, что в видимом диапазоне ВВ видны также благодаря модуляции поверхностных коротких ветровых волн, которые определяют яркость солнечного блика.

5. С. 51. Подраздел называется «Методика расчета спектра КВВ», но указано только в каком ПО проводился расчет. Методика требует дополнительных пояснений.

6. С. 83, рис. 38. Не ясно, за какой период времени получены спектры. Сколько цугов волн наблюдалось в течение этого времени.

7. С. 39, «Фронты поверхностных проявлений КВВ имеют изогнутую структуру, что связано с рефракцией волн при взаимодействии их с меандрами Камчатского течения.» – это утверждение требует обоснования.

8. С. 54 «Считается, что такие проявления генерируются при взаимодействии движущихся или подверженных инерционным колебаниям мезомасштабных вихревых структур с пикноклином» – необходимо дать ссылку или пояснить почему.

9. С. 51, Формулы (9), (10), (11) написаны с ошибками. Во-первых, эти параметры должны быть безразмерными, во-вторых, параметр нелинейности должен зависеть от меры интенсивности волны, скажем, от её амплитуды.

10. Диссертация в целом написана хорошим языком, практически отсутствуют орфографические ошибки и опечатки, однако имеется множество ошибок вследствие «студенческой» невнимательности. Примеры:

10.1. Принципиально неверно первое предложение диссертационной рукописи «Короткопериодные внутренние волны (КВВ) в Мировом океане имеют длины от десятков метров до единиц километров, вызывают колебания среды с частотой много меньше инерционной, но больше частоты плавучести» – здесь частота перепутана с периодом.

10.2. С. 14 «ВПВ, частота которых меньше критической широты»!?

10.3. С. 14 «колебания с частотой характеристик»!?

10.4. С. 49. выражение (6) – пропущен знак логарифма.

10.5. С. 53 «По выражению (9) оценивалась фазовая скорость проявления КВВ с использованием длины волны» – Из (9) нельзя получить фазовую скорость, не зная параметра нелинейности. По-видимому, перепутан номер формулы.

10.6. «Сравнивалась фазовая скорости, рассчитанная по выражениям (9) и (10)» – То же самое, вероятно, перепутаны номера формул.

Отметим, что вышеуказанные замечания не снижают общую положительную оценку диссертационной работы Свергуна Е.И., имеющую важное научное и прикладное значение.

Заключение. Диссертация выполнена на высоком научном уровне и представляет собой законченный этап исследований по актуальной теме. Получены новые результаты, развивающие и углубляющие современные представления об особенностях поля короткопериодных внутренних волн в арктической и субарктической зоне РФ.

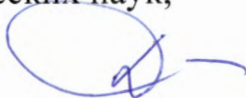
В диссертации имеются необходимые ссылки на авторов и источники заимствованных материалов, в том числе – на научные работы соискателя. Основные результаты, представленные в диссертации, опубликованы в рецензируемых научных изданиях, удовлетворяющих требованиям ВАК Российской Федерации.

Автореферат диссертации полностью отражает ее основное содержание. Диссертация полностью соответствует специальности 1.6.17 – «Океанология» и удовлетворяет всем требованиям «Положения о присуждении уче-

ных степеней», утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 года № 842, а ее автор, Свергун Егор Игоревич, заслуживает присуждения ученой степени кандидата географических наук.

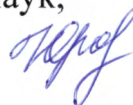
Отзыв на диссертацию и автореферат обсужден и утвержден на совместном заседании Общеинститутского научного семинара и семинара Отдела дистанционных методов исследований Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федеральный исследовательский центр «Морской гидрофизический институт РАН», протокол № 12 от 25 ноября 2022 г.

Главный научный сотрудник
Отдела дистанционных методов исследований
Федерального государственного бюджетного
учреждения науки Федеральный исследовательский центр
«Морской гидрофизический институт РАН»
доктор физико-математических наук,



Дулов Владимир Александрович

Старший научный сотрудник
Отдела дистанционных методов исследований
Федерального государственного бюджетного
учреждения науки Федеральный исследовательский центр
«Морской гидрофизический институт РАН»
кандидат физико-математических наук,



Юровская Мария Владимировна

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Федеральный исследовательский центр
«Морской гидрофизический институт РАН» (ФГБУН ФИЦ МГИ)
299011, г. Севастополь, ул. Капитанская, 2
(8692)54-52-41, secretary@mhi-ras.ru

Подписи В.А. Дулова и М.В. Юровской заверяю.
Ученый секретарь Федерального государственного
бюджетного учреждения науки
Федеральный исследовательский центр
«Морской гидрофизический институт РАН»
кандидат физико-математических наук



Алексеев Дмитрий Владимирович

«25» ноября 2022 г.