



ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ
ИНСТИТУТ КОСМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№ 11204 / _____
на № _____ от _____

УТВЕРЖДАЮ
Директор ИКИ РАН
академик Л.М. Зелёный



« _____ » декабря 2014 г.

ОТЗЫВ

ведущей организации на диссертационную работу

Козлова Игоря Евгеньевича

**«Исследование внутренних волн и фронтальных разделов в море методами
радиолокационного зондирования из космоса»,**

представленную на соискание ученой степени

кандидата физико-математических наук

по специальности 25.00.28 - океанология

Диссертация посвящена важной проблеме физической океанологии, заключающейся в исследовании внутренних волн и фронтальных разделов в океане и их дистанционной диагностики.

Актуальность темы исследования объясняется возрастающей ролью дистанционного зондирования при изучении процессов в морской среде и в приземном слое атмосферы. Несмотря на то, что данные спутниковых радиолокаторов с синтезированной апертурой (РСА) широко используются на практике для исследования внутренних волн и фронтальных разделов в море,



117997, МОСКВА, ГСП-7, ПРОФСОЮЗНАЯ УЛ. 84/32 e-mail: iki@cosmos.ru Тел.: (495) 333 5212 Факс: (495) 333 1248
ОКПО: 02698692 ОГРН: 1027739475279 ИНН/КПП: 7728113806/772801001 333 2588 333 5178
333 1000

физика формирования РСА изображений океанических процессов все еще недостаточно глубоко изучена. Закономерности и количественные соотношения между радиолокационным (РЛ) контрастом и параметрами исследуемого явления, а также параметрами морской среды и метеоусловиями остаются малоизученными. Актуальность работы также заключается в выборе района исследований – арктических морей, характеризующихся интенсивной облачностью, в которых применение спутниковых РСА измерений, с одной стороны, является наиболее востребованным, а с другой стороны - все еще весьма ограничено.

Целью работы является исследование основных закономерностей проявления внутренних волн и фронтальных разделов в море и определение их количественных характеристик по данным РСА измерений.

Для достижения поставленной цели диссертантом были решены следующие задачи:

- Сформирована база сопряженных спутниковых РСА и ИК измерений для акваторий Белого, Баренцева, Карского и Балтийского морей, дополненная модельными полями ветра.
- Исследованы закономерности проявления короткопериодных внутренних волн (КВВ) в РСА изображениях морской поверхности при различных скоростях ветра и углах облучения на основе анализа данных для Белого, Баренцева и Карского морей;
- Исследованы физико-географические закономерности распространения короткопериодных внутренних волн в Баренцевом и Карском морях, а также возможность определения интегральных характеристик верхнего слоя моря на основе спутниковых РСА наблюдений;
- Определены механизмы формирования РСА проявлений фронтальных разделов на примере прибрежного апвеллинга в Балтийском море и исследована зависимость РЛ контраста фронта от его характеристик и метеоусловий;
- На основе анализа 4-поляризационных РСА измерений исследована роль различных механизмов рассеяния, ответственных за формирование

поверхностных проявлений внутренних волн, поверхностных течений и фронтальных разделов, а также возможность их идентификации на фоне пространственно-неоднородного поля ветра.

Результаты диссертационного исследования могут быть использованы для целого ряда практических приложений и открывают новые возможности для определения параметров различных процессов в морской среде на основе наблюдения их поверхностных проявлений из космоса. Так, полученные впервые для акватории Баренцева и Карского морей детальные карты характеристик внутренних волн могут быть использованы при проведении экспедиционных работ по исследованию внутренних волн в этих морях, а также служить в качестве экспериментальной базы для верификации высокоразрешающих численных моделей. Предложенный в работе метод идентификации поверхностных течений на фоне пространственно-неоднородного поля ветра также может быть эффективно использован при решении задач промысловой океанологии для обнаружения зон повышенной биологической продуктивности в океане.

Разработанные диссертантом методы были реализованы в виде элементов программного обеспечения и используются в исследовательской работе ЛСО РГГМУ при обработке данных спутниковых РСА.

Диссертационная работа состоит из введения, 3-х глав, заключения и списка литературы.

Содержание, представленной на отзыв диссертации, хорошо структурировано и соответствует поставленным цели и задачам и отражает заявленные автором исследовательские подходы

Во **введении** обоснована актуальность темы работы, определены цели и задачи исследования, показаны научная новизна и практическая значимость работы, сформулированы положения, выносимые на защиту.

Первая глава посвящена исследованию общих закономерностей проявления внутренних волн в РСА изображениях морской поверхности, а также определению их основных характеристик в Баренцевом и Карском морях.

Во **второй главе** на основе совместного анализа сопряженных ИК и РЛ наблюдений и результатов модельных расчетов проводится анализ проявления фронта прибрежного апвеллинга в РСА снимках юго-восточной части Балтийского моря. Предлагается полуэмпирическая модель, связывающая величину РЛ контраста фронта с безразмерным параметром стратификации, основанным на измеряемом перепаде ТПМ через фронт и скорости ветра.

В **третьей главе** на основе анализа 4-поляризационных РСА измерений исследуется роль различных механизмов рассеяния, ответственных за формирование поверхностных проявлений внутренних волн, течений и фронтальных разделов, а также возможность идентификации этих явлений на фоне пространственно-неоднородного поля ветра. В результате рассмотрения вопросов, поставленных в работе перед диссертантом, Козлов Игорь Евгеньевич приходит к ряду заслуживающих поддержки выводов, отражённых в **заключении**.

- Разработана оригинальная методика и ПМО для определения параметров внутренних волн по спутниковых РСА изображениям.
- На основе анализа массива РСА изображений предложена полуэмпирическая модель, связывающая величины РЛ контрастов ВВ с безразмерным параметром, включающим скорость ветра и полуширину солитона. РЛ контрасты уменьшаются с увеличением ветра и масштаба ВВ. РЛ контрасты ВВ обладают также явной зависимостью от азимута наблюдений, – они максимальны, когда направление ветра перпендикулярно направлению антенны, а внутренние волны сонаправлены ветру.
- Проведена оценка «массосодержания» верхнего слоя Баренцева моря и его внутрисезонной изменчивости на основе РСА наблюдений кинематики пакетов КВВ и показано, что максимальный перепад плотности в пикноклине наблюдается в первой половине сентября, что согласуется с общими представлениями об изменчивости вертикальной структуры вод в рассматриваемом районе;
- Впервые на основе анализа массива спутниковых РСА наблюдений проведено

районирование короткопериодных внутренних волн в Баренцевом и Карском морях и показано, что основные зоны генерации и распространения внутренних волн в Баренцевом море находятся вблизи арх. Земля Франца-Иосифа, о. Белый, к северо-востоку от арх. Шпицберген и к западу от прол. Карские Ворота; в Карском море – восточнее прол. Карские Ворота, над юго-восточной частью Новоземельской впадины и северо-восточнее м. Желания.

- На основе совместных РСА и ИК наблюдений фронта прибрежного апвеллинга в Балтийском море показано, что проявление фронта апвеллинга в РСА изображениях обусловлено изменениями режима стратификации атмосферного погранслоя и гашением ветровой ряби пленками ПАВ в зонах конвергенции поверхностных течений. Построена полуэмпирическая модель, связывающая величину РЛ контраста фронта с безразмерным параметром стратификации, основанным на измеряемом перепаде ТПМ через фронт и скорости ветра.
- На основе анализа ко-поляризационных РСА изображений установлено, что определяющим механизмом проявления поверхностных течений в РСА изображениях является рассеяние радиоволн на обрушениях ветровых волн, которые сильно модулируются при взаимодействии ветровых волн и течений; роль брэгговского рассеяния в формировании РЛ контрастов незначительна.
- На основе метода декомпозиции 4-поляризационных РСА измерений показана возможность идентификации поверхностных течений, внутренних волн и фронтальных разделов на фоне пространственно-неоднородного поля ветра.

Но работа не свободна от недостатков:

1. В каждой из глав диссертации автор используется словосочетание "РЛ контраст". Однако, но при этом в каждой главе РЛ контраст определяется по-разному и наполняется разным физическим смыслом, зачастую исполняя роль параметра, как например это сделано в первой главе, где вводится параметр для учета моды проявлений внутренних волн в РЛ изображениях, называемый контрастом. Необходимо было придерживаться общепринятого определения, и в

зависимости от контекста использовать другие названия, например, "изменение РЛ сигнала" и т.п.

2. Внутренние волны вызывают как вертикальные, так и горизонтальные смещения частиц за счет системы сопровождающих их орбитальных течений. Для случая волн-углублений на переднем фронте орбитальные течения создают область конвергенции течений, а для случая волн-возвышений наоборот – на переднем склоне волны образуется зона дивергенции течений. Соответственно, автор рассматривает различные ситуации проявления ВВ на РЛИ, автор называет их модами - положительной, отрицательной и двойного знака. К сожалению, в работе, не приведена схема формирования различных мод или хотя бы соответствующие примеры РЛ- изображений.

Сделанные замечания, однако, ни в коей мере не снижают ценности диссертации.

Из сказанного выше следует, что автором выполнено фундаментальное исследование по проблемам исследования и дистанционной диагностики внутренних волн и фронтальных разделов в море. Тема диссертации актуальна, а для полученных результатов характерна новизна и достоверность, научные положения и выводы обоснованы и убедительны и представляют высокую научную значимость. Результаты могут быть успешно использованы при анализе фундаментальных аспектов дистанционного зондирования Мирового океана в Институте космических исследований РАН. Основные научные результаты работы опубликованы в ведущих отечественных и международных журналах, представлялись на международных и российских конференциях и семинарах. По теме диссертации получено 6 патентов.

Автореферат правильно отражает содержание диссертации, написан понятным языком, хорошо организован, соответствует содержанию работы и наглядно представляет основные результаты.

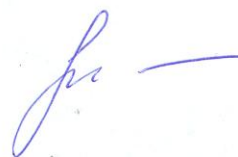
По объему выполненных исследований, новизне результатов, научному и практическому значению диссертационная работа И.Е. Козлова «Исследование

внутренних волн и фронтальных разделов в море методами радиолокационного зондирования из космоса» отвечает требованиям ВАК, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор достоин присвоения ему степени кандидата физико-математических наук по специальности 25.00.28 – «Океанология».

Диссертация и отзыв на нее были представлены, обсуждены и одобрены в Институте космических исследований РАН на заседании научного семинара отдела «Исследования Земли из космоса» Института космических исследований РАН 2 декабря 2014 г.

Отзыв ведущей организации составил:

Старший научный сотрудник
лаборатории аэрокосмической
радиолокации отдела «Исследования
Земли из космоса» ИКИ РАН
к.ф.-м.н.



Митягина Марина Ивановна

Заведующий отделом «Исследования
Земли из космоса» ИКИ РАН Шарков Евгений Александрович
Доктор физ.-мат. наук, профессор

