

## ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Козлова Игоря Евгеньевича  
**«Исследование внутренних волн и фронтальных разделов в море методами  
радиолокационного зондирования из космоса»,**  
представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по  
специальности 25.00.28 – океанология

Диссертационная работа И.Е. Козлова посвящена анализу закономерностей формирования поверхностных проявлений внутренних волн (ВВ) и фронтальных разделов в море на радиолокационных изображениях (РЛИ) и определению количественных характеристик этих явлений по данным радиолокаторов с синтезированной апертурой (РСА). Тема работы является актуальной, и это связано с тем, что несмотря на то, что радиолокационные методы прочно вошли в арсенал спутниковой океанографии и широко применяются на практике, физика формирования РСА-изображений ряда океанских процессов и явлений все еще недостаточно изучена.

Диссертация затрагивает, в том числе, тему исследования пространственно-временной изменчивости этих структур в окраинных и внутренних морях. Исследование выполнено на основе обработки и анализа РЛИ спутника Envisat Баренцева, Карского, Белого и Балтийского морей, полученных в 2006-2007 и 2012 гг., и является, безусловно, актуальным. Новизна исследования заключается в привлечении большого количества данных для анализа, главных образом, данных ДЗЗ – более 200 РЛИ этих морей, включая оптические и ИК снимки. Уникальность работы также определяется выбором района исследований – это арктические моря РФ, характеризующиеся крайней «непогодой», где использование для мониторинга космических РСА и других микроволновых систем ДЗЗ не предполагает альтернативы.

В результате проведенного исследования получены полуэмпирические модели, связывающие величины РЛ-контрастов поверхностных проявлений внутренних волн и фронтов с гидрофизическими характеристиками этих процессов и параметрами приводного ветра. На основе анализа массива РСА-наблюдений впервые выделены районы регулярного появления внутренних волн в Баренцевом и Карском морях. Исследованы механизмы образования сигнатур апвеллинга в Балтийском море и сигнатур гидрологических фронтов в Белом море.

Результаты исследования могут быть использованы на практике и предлагают методологические основы для определения параметров различных процессов и явлений, происходящих в верхнем слое морей и океанов, по их поверхностным проявлениям. Так, карты распространения внутренних волн в Баренцевом и Карском морях, могут быть полезны при проведении подспутниковых измерений, а также служить подспорьем для верификации численных расчетов и результатов моделирования. Предложенный метод идентификации границ поверхностных течений на фоне волнованной поверхности моря также может быть использован при решении ряда океанологических задач.

Отметим ряд проблемных мест и недостатков автореферата:

1. Диссертация защищается по специальности «океанология», однако ее большая часть посвящена все-таки анализу космических радиолокационных изображений и поверхностных проявлений на них. И что самое интересное – без привлечения крайне необходимых для верификации полученных результатов каких-либо подспутниковых данных и измерений, что влечет за собой ряд предположений и допущений, которые не могут быть подкреплены чем-то другим.

2. Обсуждение механизма генерации ВВ в высоких широтах осталось за рамками исследования, однако это является наиболее интересующей океанологов вещью. Далее из автореферата диссертации не возможно получить сведения о характерных параметрах стратификации ВСО Баренцева и Карского морей (глубина пикноклина, градиенты и т.п.), в тех местах, где образуются эти ВВ. Из рис. 1 (частота встречаемости внутренних волн в РСА-изображениях) становится очевидно, что ВВ крайне редко наблюдаются в центральной части Баренцева моря (что существенно, например, отличает его от Карского), однако это также никак не комментируется и на этот счет не делается никаких выводов. В автореферате также отсутствуют крайне важные примеры (рисунки) с поверхностными проявлениями внутренних волн в Баренцевом и Карском морях.

3. Некоторые сомнения вызывает трактовка сигнатур образовавшихся в зоне апвеллинга в Балтийском море (рис. 2), через трансформацию атмосферного погранслоя (АПС) (рис. 2), т.к. ветер перед ветровым фронтом и за ним имеет противоположное направление (как по данным измерений(?), так и по данным модели CMOD). Из автореферата не ясно, над какой частью фронта апвеллинга и в каком месте происходит трансформация АПС, если ветер направлен параллельно фронту и береговой черте. Однако, очевидно и более простое объяснение: скорость ветра над акваторией, где наблюдается апвеллинг, падает до минимальных значений, при которых, генерации ряби на холодной воде затруднена или не происходит вовсе. В пользу подобного объяснения говорит следующее: практически полное совпадение структур, видимых на РЛИ и в поле ТПМ, отсутствие четкой границы самого фронта, а также перемежаемость темных и светлых областей вне зоны апвеллинга. Кроме того, РЛИ, полученное тремя сутками ранее (приведенное Kozlov et al. (2011)), на котором при скорости фонового ветра в 5-6 м/с проявления апвеллинга практически исчезают с поверхности моря, также не есть аргумент в пользу трансформации АПС.

4. Из текста автореферата не понятно, какой тип гидрологического фронта отобразился на РЛИ на рис. 6. Происхождение поверхностных проявлений, обусловленных фронтальным разделом в Белом море, объясняется «ослаблением ветровых напряжений при изменении режима стратификации АПС над холодным фронтом». (Заметим, что понятия «холодный» и «теплый» фронт в отечественной океанологии не используются; лучше говорить о холодной или теплой частях фронтальной зоны.) Это гидрологический фронт – термодинамический, квазистационарный, его динамика и положение определяется приливом. Причем визуально такой фронт может выглядеть как широкая полоса суоя, состоящая из интенсивной ряби, без признаков обрушений, или с ними в виде отдельно появляющихся барашков (Серебряный 2012). Из приведенных рисунков и объяснений также не ясно, почему происходит

трансформация АПС, как ориентирован набегающий поток ветра относительно фронта, не приводятся параметры самого ветра.

Кроме того, судя по положению берега на РЛИ (рис. 6), фронт находится у северо-западной части пролива Горло (т.е. у Терского берега), а не у юго-восточной, как утверждается.

В автореферате имеется ряд неудачных и малопонятных выражений, а именно:

- «тип моды проявлений ВВ» (которое с успехом можно заменить на «вид/тип поверхностных проявлений ВВ») (стр. 9);
- «массосодержание» верхнего слоя» для  $(\Delta\rho/\rho)\cdot d$  (стр. 10, 18);
- «трансформация АПС над фронтом апвеллинга» (стр. 10) – лучше «над зоной апвеллинга» (т.к. фронт – это линия, а фронтальная зона/зона апвеллинга – некая область пространства, над которой, собственно, и происходит трансформация АПС);
- «на ветер» – по-русски правильно «по ветру/вдоль ветра» (стр. 14);
- «определяющим механизмом проявления поверхностных течений в РСА» – лучше «границ поверхностных течений» (так как на РЛИ, главным образом, отображаются зоны схождения и сдвига скорости течений) (стр. 18 и др. места автореферата).

По поводу оформления автореферата:

- ряд рисунков содержит подписи на английском языке, неприемлемые в русскоязычном автореферате;
- в подписях к рисункам часто отсутствует полезная информация, в частности, не везде указано время, район и режим съемки, не дана координатная привязка;
- из рис. 3 не понятно, где оценивалась величина перепада РЛ-сигнала через фронт апвеллинга как функция безразмерного параметра;
- разрез T2 для CP/PD нанесен на рис. 6а с РЛИ вместо рис. 6ж;
- ряд аббревиатур, таких как ПАВ, АПС, УЭПР, СМОД4, не раскрыт.

Тем не менее, отмеченные недостатки не умаляют заслуг автора. Диссертационная работа И.Е. Козлова выполнена на высоком научном уровне, в ней собран, обработан и проанализирован обширный экспериментальный материал, она представляет собой законченную научно-исследовательскую работу. Результаты диссертационного исследования прошли апробацию, докладывались на конференциях и семинарах, защищены рядом патентов. В целом работа соответствует требованиям ВАК, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, а ее автор заслуживает присуждения искомой степени кандидата физико-математических наук.

в.н.с., к.ф.-м.н.

ФГБУН Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН  
Москва, 117997, Нахимовский проспект, 36  
Тел.: +7 (499) 1272981  
e-mail: [iyanoff@ocean.ru](mailto:iyanoff@ocean.ru)

А.Ю. Иванов



Верно:

Зед. канд. физ.-мат. наук ИО РАН

*Иванов А.Ю.*