

**ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА**  
на диссертационную работу Панфиловой Марии Андреевны  
«Восстановление параметров волнения, скорости приводного ветра и  
положения ледяного покрова по данным дистанционного зондирования в  
СВЧ диапазоне при малых углах падения»,  
представленную на соискание ученой степени  
кандидата физико-математических наук  
по специальности 25.00.29 – физика атмосферы и гидросферы.

Диссертационная работа М.А. Панфиловой посвящена разработке новых алгоритмов обработки данных сканирующего СВЧ-радиолокатора, работающего при малых углах падения с целью определения дисперсии уклонов волнения, скорости приводного ветра, а также положения ледяного покрова.

Актуальность темы работы не вызывает сомнений. В настоящее время дистанционное зондирование Земли (ДЗЗ) из космоса активно используется в различных областях науки и экономики. Данные ДЗЗ стали основными источниками информации о поле приводного ветра, морском волнении и состоянии ледяного покрова на акватории Мирового океана. Они открыли новые возможности изучения взаимодействия атмосферы и океана, а также моделирования и прогнозирования их состояния. Основные приборы дистанционного зондирования работают в СВЧ частотном диапазоне при различных углах зондирования. Развитие и создание новых алгоритмов обработки и интерпретации таких данных – это не только повышение точности обработки данных ДЗЗ, но и толчок к усовершенствованию и модернизации самой приборной базы.

Основной задачей работы является разработка новых алгоритмов обработки данных радиолокационного зондирования морской поверхности при малых углах падения для получения информации о состоянии поверхности океана, положении ледяного покрова и скорости приводного ветра.

Научная новизна и практическая значимость работы также не вызывает сомнений. Созданы и реализованы новые алгоритмы определения дисперсии уклонов морской поверхности по данным радиолокаторов на спутниках TRMM и GPM, что позволяет рассчитать параметры поля волнения, скорости приводного ветра и положения ледяного покрова.

На защиту автором выносятся 4 положения:

1. Полная дисперсия уклонов крупномасштабного волнения (равная сумме дисперсий уклонов в двух взаимно перпендикулярных направлениях) может быть восстановлена в полосе обзора сканирующего радиолокатора при малых углах падения.
2. При использовании данных об угловой зависимости удельная эффективная площадь рассеяния (УЭПР) скорость приводного

- ветра определяется даже в тех областях полосы обзора, где исходный сигнал слабо коррелирует со скоростью ветра.
3. Зависимость полной дисперсии уклонов по данным *Ки*-диапазона в нефтяном слике от скорости приводного ветра близка к измерениям в оптическом диапазоне.
  4. Коэффициент эксцесса плотности вероятности уклонов является критерием для классификации типа подстилающей поверхности: вода или ледяной покров.

Достоверность полученных результатов подтверждается сопоставлением восстановленных параметров с данными других приборов для дистанционного зондирования, а также результатами численного моделирования.

Личный вклад автора в представленные в работе научные результаты сомнений не вызывает, так как она принимала участие на всех этапах исследования от постановки задачи до анализа результатов, в разработке и программной реализации, предложенных в работе методов и алгоритмов.

Диссертация состоит из введения, пяти глав и заключения. Полный объем диссертации составляет 112 страниц с 49 рисунками. Список литературы содержит 112 наименований, включая работы автора.

Основные результаты диссертации опубликованы в 27 печатных изданиях, 6 из которых изданы в рецензируемых научных журналах, рекомендованных ВАК, 21 – в статьях в сборниках трудов и тезисах докладов.

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

Замечания к Введению:

1. Отсутствует четкая формулировка актуальности темы исследования. Описание приборов дистанционного зондирования (радиолокаторов, скаттерометров, альтиметров), классификация углов падения, а также основных задач, решаемых с привлечением данных ДЗЗ (детектирование разливов нефти и наличия ледового покрова, определение параметров ветрового и волнового полей) – лучше было бы перенести в первую главу.
2. Первое положение, выносимое на защиту, носит декларативный характер, так как отсутствует оценка точности восстановления полной дисперсии уклонов крупномасштабного волнения в полосе обзора сканирующего радиолокатора при малых углах падения.
3. Расшифровка понятия «полной дисперсии уклонов крупномасштабного волнения» как «сумма дисперсий уклонов в двух взаимно перпендикулярных направлениях») в первом положении, выносимом на защиту, излишне.

4. Описание подробной структуры работы, которая включает описание не только глав, но и разделов, более характерна для автореферата, а не для текста диссертационной работы.

Первая глава диссертационной работы посвящена историческому обзору космических программ, выполняющие зондирование морской поверхности радиолокаторами при малых углах падения, а также алгоритмам и результатам обработки этих данных. Изложены основные условия, при которых справедливо приближение геометрической оптики, приводится выражение для зависимости УЭПР от угла падения при малых углах падения. Рассмотрены основные модели для УЭПР морского льда и приведен краткий обзор экспериментальных работ по измерению УЭПР при малых углах падения. Основное внимание уделяется результатам обработки данных радиолокаторов, расположенных на борту спутников GPM и TRMM.

Замечания к Первой главе:

1. Изложение основных условий, при которых справедливо приближение геометрической оптики, слишком подробно.
2. Большое количество рисунков с пояснениями на английском языке в поле рисунка. Это замечание относится некоторым рисункам в работе в целом.

Во второй главе описана процедура обработки данных сканирующего радиолокатора в полосе обзора. Изложен подход определения дисперсии уклонов крупномасштабного, по сравнению с длиной волны радиолокатора, морского волнения и УЭПР при нулевом угле падения. Автор оценивает ошибку определения дисперсии уклонов на примере обработки данных в области тайфуна. В главе приведены карты пространственного распределения дисперсии уклонов морского волнения на акватории Мирового океана за январь и июль 2018 года. На акватории персидского залива показано, что данные о дисперсии уклонов могут использоваться для верификации численных моделей волнения на примере сравнения результатов обработки данных ДЗЗ с моделью WAVEWATCH III.

Замечания ко Второй главе:

1. Не понятно, почему говорится о верификации расчетов по модели WAVEWATCH III по результатам обработки данных ДЗЗ, а не наоборот.

В третьей главе речь идет об актуальной проблеме мониторинга нефтяных загрязнений. Рассматривается случай разлива нефти в результате аварии на платформе в Мексиканском заливе в апреле 2010 года. Показано, что наличие пленки приводит к уменьшению дисперсии уклонов морского волнения, как и в случае с оптическими измерениями.

Четвертая глава посвящена важной проблеме определения скорости приводного ветра. Автор акцентирует внимание на том, что существует проблема определения скорости ветра для углов падения 8-10 градусов и предлагает методику, которая позволяет обойти данное ограничение. Для определения скорости ветра используется УЭПР при нулевом угле падения, способ определения которого изложен во второй главе. Модель для

определения скорости ветра получена по большому объединенному массиву с данными морских буев за несколько лет. Автором предложена новая параметризация зависимости скорости ветра от УЭПР при нулевом угле падения, более простая, чем в существующем алгоритме по данным радиовысотомера. Полученная модель валидируется по данным скаттерометра, при этом показана хорошая точность метода. Скорость ветра по данным дождевых радиолокаторов может быть определена с высоким разрешением – 5 км и в непосредственной близости от берега, что является существенным преимуществом нового подхода.

#### Замечания к Четвертой главе:

1. Выбор NDBC буев, расположенных в акватории Великих озер не правилен, так как режим волнения в закрытых водоемах и в открытом океане различен. В закрытых водоемах в распределении значимых высот волн в области высоких значений наблюдается повышенное число наблюдений по сравнению с распределениями открытом океане.
2. Из многочисленных параметрических моделей (около 10) расчета скорости приводного ветра по данным спутниковой альтиметрии была выбрана модель Abdalla (4.4). Точность расчета скорости приводного ветра по всем моделям в интервале 1–10 м/с равны. Нет обоснованности рассмотрения именно этой модели.

Пятая глава посвящена определению положения ледяного покрова по данным при малых углах падения. Рассматривает два различных подхода. Первый подход подразумевает определение положения границы «вода–лед» на радиолокационных изображениях методом компьютерного зрения. Второй подход опирается на исследование угловой зависимости УЭПР. Показано, что классифицировать тип подстилающей поверхности можно опираясь на информацию о статистике уклонов морской поверхности. В качестве критерия классификации типа подстилающей поверхности автором предлагается оригинальный подход, использующий коэффициент эксцесса плотности вероятности уклонов подстилающей поверхности.

#### Замечания к Пятой главе:

1. Почему для сравнения алгоритма определения положения кромки льда в Охотском море (рисунок 5.4) было выбрано поле радиояркостной температуры на частоте 36.6 ГГц с горизонтальной поляризацией, а не поле сплоченности морского льда.

В заключении автором сформулированы основные результаты работы (4 пункта), которые объединяют в себе основные выводы по каждой главе, и на основе которых сформулированы положения, выносимые на защиту (4 положения).

Принципиально важно, что большинство отмеченных выше замечаний носит частный характер и лишь косвенно затрагивают основные научные результаты, многие из которых получены Панфиловой Марией Андреевной впервые и могут рассматриваться как значительный вклад в развитие

методов обработки данных ДЗЗ. Другим подтверждением научной значимости является то, что результаты работы докладывались на большом количестве представительных российских и международных конференциях и семинарах.


Общий итог состоит в том, что диссертационная работа Панфиловой Марией Андреевной «Восстановление параметров волнения, скорости приводного ветра и положения ледяного покрова по данным дистанционного зондирования в СВЧ диапазоне при малых углах падения» является законченным научным исследованием, представляющим значительный научный интерес и высокое практическое значение, в котором разработаны новые алгоритмы обработки данных сканирующего СВЧ-радиолокатора, работающего при малых углах падения с целью определения дисперсии уклонов волнения, скорости приводного ветра, а также положения ледяного покрова. Диссертация Панфиловой Марии Андреевны соответствует пункту 9 «Положения о присуждении ученых степеней» от 24 сентября 2013 г. № 842, предъявляемым к кандидатским диссертациям и содержит решение научной проблемы, имеющей важное экономическое значение.

Автореферат полностью соответствует содержанию диссертации.

Таким образом, диссертационная работа отвечает всем требованиям ВАК, а ее автор достоин присуждения ему ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 25.00.29 – физика атмосферы и гидросферы.

Я, Лебедев Сергей Анатольевич, даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета, и их дальнейшую обработку.

д.ф.-м.н., ведущий научный  
сотрудник Лаборатории  
геоинформатики и геомагнитных  
исследований ФГБУН  
Геофизического центра РАН



---

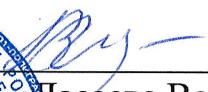
Лебедев Сергей Анатольевич

16.09.2022

119296, г. Москва, ул. Молодежная, д. 3, тел.: +7 495 930-56-39,  
факс: +7 495 930-05-06, E-mail: s.lebedev@gcras.ru

Личную подпись Лебедева С.А. заверяю

Главный специалист по кадрам  
ГЦ РАН



---

Тасаева Вера Петровна