

ОТЗЫВ

официального оппонента Носова Михаила Александровича
о диссертационной работе Русакова Никиты Сергеевича
*«Исследование поляризационных характеристик рассеяния микроволнового излучения на
поверхности воды в условиях штормового ветра»*,
представленной к защите на соискание ученой степени кандидата физико-
математических наук по специальности 1.3.4 – «Радиофизика».

Диссертационная работа Русакова Никиты Сергеевича направлена на развитие методов дистанционного измерения скорости ветра в штормовых условиях по анализу рассеяния микроволнового излучения взволнованной водной поверхностью. Работа основана на результатах лабораторных экспериментов на Высокоскоростном ветровом канале на базе Большого термостратифицированного бассейна ИПФ РАН, а также на результатах аналитических и численных исследований, которые дополнены анализом натурных данных по тропическим циклонам со спутника Sentinel-1.

Актуальность темы диссертации связана с тем, что дистанционное спутниковое зондирование в микроволновом диапазоне позволяет получать информацию независимо от времени суток и наличия облачности сразу на больших площадях. Этим микроволновое дистанционное зондирование выгодно отличается от контактных измерений или от дистанционных измерений в иных диапазонах, например, в оптическом или инфракрасном. Существующие алгоритмы восстановления скорости ветра имеют ограничения при ураганных ветрах, обусловленные немонотонности зависимости удельной эффективной площади рассеяния морской поверхности от скорости ветра. Но, как было недавно показано, на ортогональной поляризации сечение обратного рассеяния поверхности моря характеризуется зависимостью, которая не испытывает насыщения при высоких скоростях ветра. Диссертационная работа использует этот факт и посвящена разработке метода построения геофизической модельной функции, описывающей связь скорости ветра и сечения рассеяния поверхности океана, который опирается на лабораторный эксперимент, сопряженный с аналитическими и численными исследованиями особенностей рассеяния микроволнового излучения на взволнованной водной поверхности с учетом эффекта обрушения волн.

Научная новизна диссертационной работы обязана созданию композитной модели рассеяния электромагнитных волн на морской поверхности в условиях штормовых ветров с учетом обрушения поверхностных волн с образованием «барашков», а также проверке созданной модели с использованием оригинального лабораторного эксперимента.

Достоверность результатов подтверждается публикациями в рецензируемых научных журналах, а также выступлениями автора на всероссийских и международных научных конференциях.

Личный вклад автора адекватно представлен в тексте диссертации и реферата, где отражено участие соавторов и приведены корректные ссылки на предыдущие исследования

Диссертационная работа включает в себя введение, пять глав, заключение и список цитируемой литературы, который с учетом работ автора насчитывает 114 наименований. Общий объем работы составляет 89 страниц, включая 38 иллюстраций.

Во **Введении** обосновывается актуальность работы, формулируются её цели и задачи, описываются научная новизна, положения, выносимые на защиту, достоверность, а также научная и практическая значимость результатов. Приводятся сведения о публикациях и апробации работы, кратко излагается содержание.

Первая глава посвящена обзору литературы по теме исследования. Здесь приводятся сведения о дистанционных методах определения скорости ветра. Описаны принципы измерения скорости ветра инструментами активной и пассивной радиолокации, дан краткий обзор действующих приборов. Описана проблема восстановления высоких скоростей ветра.

Во **второй главе** описана лабораторная установка, созданная на базе «Высокоскоростного ветро-волнового канала на базе Большого термостратифицированного бассейна ИПФ РАН», включая приборную базу и методики измерений. Отдельный параграф посвящен описанию доплеровского скаттерометра X-диапазона, его калибровке и измерению диаграммы направленности.

В **третьей главе** представлены результаты лабораторного моделирования динамики приводного слоя воздуха и поверхности воды в условиях штормовых ветров. В частности, здесь подробно описана методика определения площади пенного покрытия, возникающего при обрушении поверхностных волн и предложены зависимости доли площади водной поверхности, покрытой пеной, как от скорости ветра, так и от динамической скорости.

Четвертая глава посвящена экспериментальному исследованию рассеяния электромагнитных волн СВЧ-диапазона на поверхности воды при сильном ветре. Здесь, в частности, продемонстрировано, что при высоких скоростях ветра происходит насыщение мощности рассеянного сигнала на соосных поляризациях, а на ортогональной поляризации сохраняется чувствительность сигнала к изменениям скорости ветра. Выдвинуто и проверено предположение о том, что рассеянный сигнал формируется на обрушающихся гребнях волн. Предложена эмпирическая зависимость, связывающая удельную эффективную площадь рассеяния (УЭПР) на ортогональной поляризации с долей области водной поверхности, покрытой пеной (или «обрушениями» - в терминологии автора).

Глава 5 посвящена композитной модели рассеяния излучения на водной поверхности, отдельно учитывающей вклад от ветровых волн и от «обрушений». Расчет вклада ветровых волн в УЭПР водной поверхности был оценен путем численного моделирования методом малых уклонов с использованием измеренных спектров волнения. Вклад «обрушений» в рассеянный сигнал был учтен с использованием измеренных зависимостей площади пенного покрытия от скорости ветра. Показано, что предложенная композитная модель хорошо соответствует измерениям УЭПР на ортогональной поляризации в лабораторных условиях. По анализу РСА-изображений тропических циклонов со спутника Sentinel-1 с применением композитной модели делается вывод о возможности ее успешного использования.

В **Заключении** сформулированы основные результаты, полученные в диссертации.

Диссертационная работа представляет собой заверченный научный труд. Основные научные результаты, изложенные в диссертации, с достаточной степенью

полноты опубликованы в 13 печатных работах, из которых 7 – статьи в известных рецензируемых журналах, таких как Доклады Российской академии наук, Journal of Geophysical Research, Remote Sensing и др. Автореферат отражает основное содержание диссертационной работы.

К **положительным сторонам** диссертационной работы следует отнести удачное сочетание лабораторного эксперимента, теоретических разработок и работу с натурными данными. Особое восхищение вызывает изощренная техника лабораторного эксперимента, сочетающая традиционные и оригинальные аэрогидродинамические измерения с микроволновым зондированием.

Диссертационная работа не свободна от отдельных недостатков, которые будут перечислены ниже. Большая часть недостатков носит технический характер.

Замечания по диссертации:

1. Важнейший элемент работы (привязка к натурным данным по тропическим циклонам) описан чрезвычайно скупо (параграф 5.3 — менее 3 стр.). При общем весьма незначительном объеме текста диссертационной работы можно было дать более развернутое описание.
2. Стр. 74, Рис. 5.3. При скоростях свыше 40 м/с экспериментальные точки, представленные на рисунке, обнаруживают явный выход зависимости на насыщение, а теоретические кривые (композитная модель) — нет. В тексте диссертации это называется «функциональные отличия», которые, если судить по фразе «Предложенная модель демонстрирует хорошее совпадение с экспериментальными измерениями» расцениваются как незначительные. Автору работы следовало бы предложить более развернутый комментарий наблюдаемого различия между теорией и экспериментом.
3. Автор весьма подробно описывает технику эксперимента, но эти описания являются «сырыми», т. е. они несомненно пригодны для внутреннего использования теми, кто хорошо знаком с экспериментальной установкой. Но для стороннего читателя из текста часто практически невозможно понять, как именно устроен или расположен тот или иной блок установки. Необходимо было не пожалеть времени на создание подробной функциональной схемы установки. Рис. 2.2 и 4.6 здесь явно недостаточно. Косые опоры канала, изображенные на Рис. 2.2, вызывают недоумение. С какой целью они наклонены и зачем показаны на схеме? Ребра жесткости канала, аккуратно прорисованные на Рис. 4.6, тоже явно лишняя деталь на схеме.
4. Оформление работы оставляет желать лучшего. Мелкие и даже практически нечитаемые подписи на некоторых рисунках (например, Рис 3.7, 3.10 и др.). Подписи к рисункам никак не отделены от основного текста и ничем (размер шрифта, наклон и т.п.) от него не отличаются, что создает неудобства для читателя. В подписи к одному из ключевых рисунков диссертации (Рис. 4.1) не расшифровано, что именно изображено на фрагментах «а», «б» и «в». Почти всегда отсутствуют знаки препинания после формул, а строчки после формул с расшифровкой обозначений не выровнены и т. п.

Экспериментальные точки в каких-то случаях представлены с доверительными интервалами, а в каких-то нет.

5. Текст читается сложно, встречается научный жаргон. Например, повсеместно (и даже в положениях, выносимых на защиту) используется слово «обрушения», под которым автор наверняка понимает область, в которой происходит обрушение, а не процесс обрушения волны, как это принято в русском языке.

Высказанные замечания следует рассматривать, как пожелания к дальнейшей работе соискателя, которые никак не подвергают сомнению общий высокий научный уровень работы, обоснованность выводов и положений, выносимых на защиту.

Диссертационная работа Русакова Никиты Сергеевича «Исследование поляризационных характеристик рассеяния микроволнового излучения на поверхности воды в условиях штормового ветра» является самостоятельной работой, полностью соответствует требованиям пп. 9-11, 13, 14 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства РФ №842 от 24.09.2013 г., предъявляемым к кандидатским диссертациям, а автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.4 — «Радиофизика».

Выражаю свое согласие на обработку моих персональных данных и включение их в аттестационные документы соискателя ученой степени кандидата физико-математических наук Русакова Н.С.

Официальный оппонент:

Носов Михаил Александрович

д.ф.-м.н. (25.00.29 – «Физика атмосферы и гидросферы»), заведующий кафедрой физики моря и вод суши, физический факультет, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова»

119991, ГСП-1, г. Москва, Ленинские горы, МГУ имени М.В. Ломоносова, д. 1, стр. 2.

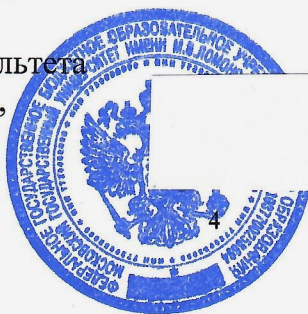
e-mail. m.a.nosov@mail.ru

Тел. +7(495)939-16-77

12 сентября 2024 г.

Подпись Носова М.А. заверяю:

И.о. декана физического факультета
МГУ имени М.В. Ломоносова,
профессор



В.В. Белокуров