

УТВЕРЖДАЮ  
Директор ИПФ РАН,  
академик РАН Г.Г. Денисов



2023 г.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный исследовательский центр Институт прикладной физики им. А.В. Гапонова-Грехова Российской академии наук» (ИПФ РАН)

по диссертации Русакова Никиты Сергеевича «Исследование поляризационных характеристик рассеяния микроволнового излучения на поверхности воды в условиях штормового ветра» на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по научной специальности: 1.3.4. Радиофизика.

Работа выполнена в Отделе нелинейных геофизических процессов (отд. 230) Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный исследовательский центр Институт прикладной физики им. А.В. Гапонова-Грехова Российской академии наук».

Научный руководитель – Троицкая Юлия Игоревна, заведующий отделом ИПФ РАН, доктор физико-математических наук.

В 2019 г. соискатель ученой степени окончил магистратуру в Федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего образования "Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского" по направлению подготовки/ специальности 03.04.03 Радиофизика.

В период с 01.09.2019 по 31.08.2023 обучался в аспирантуре Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный исследовательский центр Институт прикладной физики им. А.В. Гапонова-Грехова Российской академии наук».

Свидетельство об окончании аспирантуры № 105200 00000010 от 10 июля 2023 года.

В период подготовки диссертации соискатель Русаков Никита Сергеевич работал старшим лаборантом-исследователем отдела нелинейных геофизических процессов (отд. 230) в Федеральном государственном бюджетном научном учреждении «Федеральный исследовательский центр Институт прикладной физики им. А.В. Гапонова-Грехова Российской академии наук».

### **Личное участие аспиранта в получении результатов, изложенных в диссертации**

Автор внес основополагающий вклад в получение результатов, представленных в диссертации. Постановка задач и анализ полученных результатов проводились совместно с научным руководителем Ю. И. Троицкой при участии Д. А. Сергеева, Г. А. Байдакова.



## **Научная новизна и основные результаты диссертационного исследования**

1. Впервые в лабораторных условиях было промоделировано рассеяние СВЧ-радиоволн на поверхности воды под действием штормового ветра и подтверждено наблюдавшееся ранее при дистанционном зондировании из космоса насыщение удельного сечения рассеяния поверхности воды на соосной поляризации от скорости ветра и отсутствие такого насыщения на ортогональной поляризации. Эта особенность обуславливает высокий потенциал рассеяния на ортогональной поляризации для измерения скорости приводного ветра в условиях морского шторма и урагана.

2. На основе лабораторного моделирования было показано, что в рассеяние микроволнового излучения на ортогональной поляризации значительный вклад вносят рассеиватели, имеющие скорости, превышающие скорости энергонесущих ветровых волн. Эти рассеиватели идентифицированы как обрушающиеся гребни волн.

3. Впервые измерена удельная эффективная площадь рассеяния "изолированной" области обрушения поверхностной волны. На основе метода «малых уклонов» с использованием экспериментально измеренных спектров поверхностных волн вычислен вклад в УЭПР на ортогональной поляризации поверхности воды, свободной от обрушений.

4. Показано, что вклад в рассеяние на ортогональной поляризации необрушающихся волн имеет тенденцию к насыщению при высоких скоростях приводного воздушного потока, а рост УЭПР обусловлен увеличением площади поверхности обрушений с ростом скорости воздушного потока.

5. На основе проведенных исследований построена композитная модель рассеяния электромагнитных волн на ортогональной поляризации на поверхности воды, частично покрытой обрушениями волн. На основе лабораторных экспериментов получено экспериментальное подтверждение применимости предложенной композитной модели к описанию рассеяния СВЧ-радиоволн на поверхности воды, находящейся под действием штормового ветра.

## **Степень достоверности результатов проведенных исследований**

Достоверность результатов исследования подтверждается согласием теоретических моделей с экспериментальными данными. Физическая трактовка полученных результатов, находится в согласии с общепризнанными представлениями. Основные положения диссертации опубликованы в ведущих отечественных и зарубежных журналах и монографиях, докладывались на международных и всероссийских конференциях и семинарах.

## **Практическая и теоретическая значимость результатов исследования**

1. Моделирование рассеяния СВЧ-радиоволн на поверхности воды в лабораторных условиях подтверждает особенности поведения УЭПР на соосных и ортогональных поляризациях, наблюдающиеся при дистанционном зондировании из космоса.

2. Продемонстрировано, что значительный вклад в рассеяние микроволнового излучения вносят обрушающиеся гребни волн, предложена и реализована методика измерения УЭПР обрушающейся волны.



3. Показано, что чувствительность сигнала на ортогональной поляризации к изменению скорости ветра при экстремальных условиях определяется доминирующим вкладом обрушений в рассеянный сигнал. Предложена композитная модель рассеяния сигнала электромагнитных волн на ортогональной поляризации, которая может быть использована для построения ГМФ по данным натурных измерений.

**Список работ, опубликованных в журналах из Перечня рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук**

1. Yu. Troitskaya, V. Abramov, G. Baidakov, O. Ermakova, E. Zuikova, D. Sergeev, A. Ermoshkin, V. Kazakov, A. Kandaurov, N. Rusakov, E. Poplavsky, and M.Vdovin. // Cross-Polarization GMF For High Wind Speed and Surface Stress Retrieval // Journal of Geophysical Research: Oceans 123(8), August 2018, DOI: 10.1029/2018JC014090
2. O. S. Ermakova, D. A. Sergeev, N. S. Rusakov, E. I. Poplavsky, G. N. Balandina and Y. I. Troitskaya. Toward the GMF for Wind Speed and Surface Stress Retrieval in Hurricanes Based on the Collocated GPS-Dropsonde and Remote Sensing Data // IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing, vol. 13, pp. 4803-4808, 2020, DOI: 10.1109/JSTARS.2020.3017704
3. Поплавский Е.И., Русаков Н.С., Ермакова О.С., Баландина Г.Н., Сергеев Д.А., Троицкая Ю.И. О восстановлении динамических параметров пограничного слоя атмосферы на основе измерений радиометра SFMR и GPS-зондов NOAA в ураганных условиях // «Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса», Т. 18. № 2. С. 205-215, 2021, DOI: 10.21046/2070-7401-2021-18-2-205-215
4. Ермакова О.С., Сергеев Д.А., Русаков Н.С., Поплавский Е.И., Баландина Г.Н., Троицкая Ю.И. Восстановление параметров приводного пограничного слоя в тропическом циклоне по данным падающих GPS-зондов // «Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса», Т. 16. № 5. С. 301–309, 2019 DOI: 10.21046/2070-7401-2019-16-5-301-309
5. Ермакова О.С., Сергеев Д.А., Русаков Н.С., Поплавский Е.И., Баландина Г.Н., Троицкая Ю.И. Восстановление параметров приводного пограничного слоя в тропическом циклоне на основе совмещения данных падающих GPS-зондов и спутниковых радиолокационных изображений // «Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса», Т. 16. № 6. С. 51–59, 2019, DOI: 10.21046/2070-7401-2019-16-6-51-59
6. О.С. Ермакова, Н.С. Русаков, Е.И. Поплавский, Д.А. Сергеев, Ю.И. Троицкая. О восстановлении скорости ветра и скорости трения ветра на основе данных Sentinel-1 и SFMR в условиях тропических циклонов // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2022. Т. 19. №6. С. 175–185, DOI: 10.21046/2070-7401-2022-19-6-175-185
7. Poplavsky, E.; Rusakov, N.; Ermakova, O.; Sergeev, D.;Troitskaya, Y. Towards an Algorithm for Retrieval of the Parameters of the Marine Atmospheric Boundary Layer at High



Wind Speeds Using Collocated Aircraft and Satellite Remote Sensing. J. Mar. Sci. Eng.2022, 10, 1136.

8. Ermakova, Olga, Nikita Rusakov, Evgeny Poplavsky, Daniil Sergeev, and Yuliya Troitskaya. 2023. "Friction Velocity and Aerodynamic Drag Coefficient Retrieval from Sentinel-1 IW Cross-Polarization C-SAR Images under Hurricane Conditions" // Remote Sensing 15, no. 8: 1985. <https://doi.org/10.3390/rs15081985>

Работа аспиранта представляет высокую научную ценность. Материалы диссертации в работах, опубликованных соискателем ученой степени, изложены полно. Ссылки на отдельные результаты, в том числе работы, выполненные аспирантом в соавторстве, оформлены корректно.

Научная специальность, которой соответствует диссертация: 1.3.4. Радиофизика.

По итогам обсуждения принято следующее заключение:

Диссертация соответствует критериям, установленным в соответствии с Федеральным законом Российской Федерации от 23 августа 1996 года № 127-ФЗ "О науке и государственной научно-технической политике".

Диссертация «Исследование поляризационных характеристик рассеяния микроволнового излучения на поверхности воды в условиях штормового ветра» Русакова Никиты Сергеевича рекомендуется к защите на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по научной специальности: 1.3.4. Радиофизика.

Настоящее заключение составлено на основании решения Ученого совета отделения геофизических исследований и центра гидроакустики по проведению итоговой аттестации по программам подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре по научной специальности: 1.3.4. Радиофизика.

Присутствовало на заседании 16 чел.

Результаты голосования: «за» – 16 чел., «против» – 0 чел., «воздержалось» – 0 чел.

протокол № 5 от « 28 » июня 2023 г.



Шаталина Мария Викторовна,  
кандидат физико-математических наук,  
Учёный секретарь отделения геофизических  
исследований и центра гидроакустики, научный  
сотрудник отдела 260