



ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ
ИНСТИТУТ КОСМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

«УТВЕРЖДАЮ»

Директор ИКИ РАН

академик Л.М. Зелёный

№ 11204 /
на № _____ от _____



« _____ » июня 2016 г.

ОТЗЫВ

ведущей организации на диссертационную работу

Титченко Юрия Андреевича

«Диагностика поверхностного волнения с использованием ультразвуковых и микроволновых локаторов с диаграммами направленности специальной формы», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 25.00.29 – Физика атмосферы и гидросферы

Диссертация посвящена важной проблеме дистанционного измерения параметров поверхностного волнения с помощью ультразвуковых и микроволновых локаторов.

Основное внимание в работе Ю.А. Титченко уделено развитию теоретических и экспериментальных подходов в задаче определения параметров поверхностного волнения по спектральным и энергетическим характеристикам отраженных волн различной природы. На сегодняшний день космическая радиолокация предоставляет основной объем информации о приповерхностном слое Мирового океана и успешно применяется для решения задач судоходства, сельскохозяйственной деятельности, обеспечения безопасности жизнедеятельности человека и составления прогнозов погоды. Современное развитие методов дистанционного зондирования морской поверхности направлено на увеличение количества измеряемых величин и повышение точности восстановления



параметров волнения и скорости ветра. Однако расширение возможностей космической радиолокации сдерживается отсутствием надежных средств наземной валидации, т.к. традиционно используемые для валидации морские буи не могут обеспечить измерение, например, дисперсии наклонов морской поверхности. Таким образом, разработка новой измерительной аппаратуры для проведения подспутниковых измерений морского волнения является важной задачей и должна вестись параллельно с развитием радиолокационной аппаратуры.

В работе Ю.А. Титченко для проведения подспутниковых измерений поверхностного волнения предлагается использовать методы подводной ультразвуковой акустики, которые позволят измерять параметры поверхностного волнения, влияющие на характеристики отраженного радиолокационного сигнала. Применение подводного акустического волнографа позволит провести калибровку алгоритмов обработки спутниковых данных, включить алгоритмы в стандартный пакет и восстанавливать новые параметры волнения для всего Мирового океана и, конечном итоге, ассимилировать новые параметры в модели предсказания погоды и волнового климата. Например, измерение дисперсии наклонов водной поверхности позволит повысить точность существующих алгоритмов определения поля приповерхностного ветра и усовершенствовать методы оценки интенсивности процесса теплообмена между океаном и атмосферой. Исходя из сказанного, актуальность работы не вызывает сомнения.

Автором получен целый ряд новых и значимых результатов:

1) Развита модифицированная модель квазизеркального рассеяния для случая бистатического радиолокационного и акустического зондирования, учитывающая разные диаграммы направленности приемной и передающей антенн. Получены формулы, устанавливающие в явном виде связь между сечением рассеяния, шириной и смещением доплеровского спектра волн, отраженных морской поверхностью, с одной стороны и вторыми моментами поверхностного волнения и параметрами антенн с другой;

2) Разработаны методы восстановления всех параметров поверхностного волнения, влияющих на сечение рассеяния, ширину и смещение доплеровского спектра отраженных электромагнитных и акустических волн.

3) Разработан алгоритм восстановления значительной высоты волнения по форме отраженного морской поверхностью импульса при использовании

радиолокатора или гидролокатора с широкими диаграммами направленности антенн.

4) Спроектированы и изготовлены два действующих макета акустических волнографов, с помощью которых в натуральных условиях подтверждена работоспособность предлагаемых методов и алгоритмов решения обратной задачи дистанционного зондирования.

5) Показана возможность дистанционной диагностики параметров дождя акустическими методами, путем анализа спектральных и энергетических характеристик отраженных волн при подводном наблюдении.

Диссертация состоит из введения, 3-х глав, заключения, приложений, списка литературы и списка публикаций автора. Объем диссертации составляет 159 страниц, включая 75 рисунков. Список цитируемой литературы содержит 115 наименований, включая работы автора.

В **Главе 1** приведен вывод модифицированной модели рассеяния, описывающей спектральные и энергетические характеристики отраженных морской поверхностью волн для квазизеркального рассеяния в случае бистатического зондирования. Для вычислений отраженного поля применяется метод касательной плоскости и рассматривается случай неподвижных излучателя и приемника с разными диаграммами направленности антенн. Используемый подход позволил получить аналитические выражения для расчета сечения рассеяния, ширины и смещения доплеровского спектра волн, рассеянных морской поверхностью.

В **Главе 2** рассматриваются задачи восстановления основных параметров поверхностного волнения по данным зондирования морской поверхности акустическими системами различной конфигурации. Для анализа используется сечение рассеяния и доплеровский спектр отраженного водной поверхностью сигнала. Для восстановления высоты значительного волнения анализируется форма импульса отраженного водной поверхностью. Разработанные в **Главе 2** методы и алгоритмы получены для акустических волн, однако они могут быть распространены и на электромагнитные волны для случая одинаковых излучаемой и приемной поляризации без существенных изменений.

Глава 3 посвящена экспериментальной проверке методов решения прямой и обратной задач дистанционного зондирования поверхностного волнения,

предложенных в первой и второй главе. Приводятся результаты применения в натуральных условиях акустических волнографов, изготовленных в ИПФ РАН. Выполнено сравнение параметров поверхностного волнения, восстановленных по данным акустических волнографов, с данными струнного волнографа. В ходе экспериментов были проведены измерения доплеровским радиолокатором с ножевой диаграммой направленности антенны и выполнено сравнение с модельными оценками, полученными на основе данных струнного волнографа.

В Заключении сформулированы основные результаты работы.

Все полученные результаты обладают высокой степенью достоверности и являются обоснованными. Подтверждением этого служат результаты качественного и количественного сравнения данных, полученных в натуральных экспериментах дистанционными методами, с данными контактных измерений, данными численного моделирования и аналитических расчетов.

Однако, несмотря на все достоинства представленной на рассмотрение работы, необходимо сделать следующие замечания.

1. Основная идея работы, как следует из введения и анализа литературы заключается в дополнении системы уравнений, описывающей отражение электромагнитного излучения от взволнованной водной поверхности, соответствующими уравнениями из теории акустики. В свою очередь, по заявлению автора, это позволит перейти от решения обратной задачи к получению чисто аналитического решения, поскольку число измеряемых параметров будет равно числу неизвестных характеристик волнения. Но этот интереснейший подход так и не нашел отражения в тексте диссертации.

2. Одна из целей работы имеет следующую формулировку: "...построение модифицированной модели квазизеркального рассеяния волн различной природы взволнованной морской поверхностью...". По-сути же, в теоретической основе работы осуществлен лишь учет формы диаграммы направленности используемых антенных систем. Этот результат с трудом можно классифицировать как "создание модифицированной модели". Кроме этого, в работе отсутствуют соответствующие соотношения для электромагнитного излучения (рассмотрена задача отражения акустического сигнала). С этой точки зрения выглядит необоснованным заключение о возможности распространения полученных соотношений на "волны различной природы".

3. Одна из идей, озвученных автором, свидетельствует о возможности калибровки спутниковых систем ДЗ на основе данных, получаемых с помощью акустического локатора. Возникает вопрос относительно проблемы совмещения данных, получаемых с различным пространственно-временным разрешением.

4. К сожалению, наиболее сильной стороне работы - экспериментальной части (по сути, данные четырех различных экспериментов), в тексте рукописи не уделено должного внимания.

5. В тексте рукописи отсутствует информация о форме используемых локационных сигналов (для акустического метода).

6. В недостаточной для понимания форме описан процесс формирования моделируемой поверхности. Этот вопрос является критическим в связи с анализом доплеровских спектров (т.к. в данной ситуации необходимо анализировать поверхность в динамике) и применения метода квазизеркального отражения (процесс выделения зеркальных площадок необходимого размера и отслеживания их перемещения в пространстве).

Тем не менее, диссертационная работа представляет несомненную ценность, как с научной, так и с практической стороны.

По теме диссертации опубликовано 4 статьи, опубликованных в научных журналах, входящих в перечень изданий, рекомендованных Президиумом Высшей аттестационной комиссии, в 1 патенте, в 2 препринтах, в 5 трудах конференций и в 18 тезисах конференций

Результаты диссертационной работы Ю.А. Титченко могут использоваться в научных организациях, занимающихся теоретическими и экспериментальными исследованиями в области дистанционного зондирования морской поверхности (ФГБУН Институт космических исследований РАН, ФГБУН Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН, ФГБОУВО МГУ им. М.В. Ломоносова, ФГБУН Морской гидрофизический институт РАН, ФГБУН Институт физики атмосферы РАН, ФГБУН Институт радиотехники и электроники им. В. А. Котельникова РАН, ФГБНУ Институт прикладной физики РАН и др.). Автореферат полностью соответствует содержанию диссертационной работы.

По объему выполненных исследований, новизне результатов, научному и практическому значению диссертационная работа Ю.А. Титченко «Диагностика поверхностного волнения с использованием ультразвуковых и микроволновых

локаторов с диаграммами направленности специальной формы» отвечает требованиям ВАК к кандидатским диссертациям, а ее автор достоин присвоения ему степени кандидата физико-математических наук по специальности 25.00.29 – Физика атмосферы и гидросферы.

Диссертационная работа Титченко Ю.А. и отзыв на нее были представлены, обсуждены и одобрены на научном семинаре отдела «Исследования Земли из космоса» Института космических исследований РАН 30 мая 2016 г.

Отзыв ведущей организации составили:

Старший научный сотрудник лаборатории «Микроволновой радиометрии» отдела «Исследования Земли из космоса» ИКИ РАН к.ф.-м.н. Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт космических исследований Российской академии наук (ИКИ РАН), 117997, г. Москва, ул. Профсоюзная 84/32, телефон +7(495) 333-52-12, факс +7(495) 333-10-56, email:

ilya_nik_sad@mail.ru

Заведующий лабораторией «Микроволновой радиометрии» отдела «Исследования Земли из космоса» ИКИ РАН к.ф.-м.н., Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт космических исследований Российской академии наук (ИКИ РАН), 117997, г. Москва, ул. Профсоюзная 84/32, телефон +7(495) 333-52-12, факс +7(495) 333-10-56, email: alexey.kuzmin@asp.iki.rssi.ru

Заведующий отделом «Исследования Земли из космоса» ИКИ РАН

Д. ф.-м. н., профессор

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

Садовский Илья Николаевич

Кузьмин Алексей Владимирович

Шарков Евгений Александрович

Митягина Марина Ивановна