

## **Аннотация**

"Экспериментальные исследования коротковолновой части спектра ветровых волн. Предварительный анализ результатов дистанционных радиометрических измерений"

И.Н. Садовский, А.В. Кузьмин, М.Н. Поспелов,

Д.С. Сазонов, Е.В. Пашинов

*Ilya\_Nik\_Sad@mail.ru*

### ***Авторы:***

И.Н. Садовский, вед. инженер, лаб. 553, отдел 55 ИКИ РАН;

А.В. Кузьмин, зав. лаб. 553, отдел 55 ИКИ РАН;

М.Н. Поспелов, с.н.с., лаб. 551, отдел 55 ИКИ РАН;

Д.С. Сазонов, м.н.с., лаб. 553, отдел 55 ИКИ РАН;

Е.В. Пашинов, м.н.с., лаб. 553, отдел 55 ИКИ РАН.

### ***Название:***

Экспериментальные исследования коротковолновой части спектра ветровых волн. Предварительный анализ результатов дистанционных радиометрических измерений.

### ***Ссылки на публикацию:***

[http://prorse.ikiweb.ru/\\_layouts/15/iki/MyArticles.aspx?ID=807](http://prorse.ikiweb.ru/_layouts/15/iki/MyArticles.aspx?ID=807)

Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса (одобрена к публикации)

### ***Общая формулировка научной проблемы и ее актуальность:***

Короткие гравитационно-капиллярные волны (ГКВ) оказывают основное влияние на интенсивность процессов энерго- и массообмена в системе "океан – атмосфера", а, значит, влияют на формирование климатических условий как локального, так и глобального характера. Помимо этого, изменение амплитуды спектральных компонент ГКВ является индикатором процессов внутриокеанического (например, внутренние волны, апвеллинги, океанические течения), поверхностного (например, наличие пленок/загрязнений биологического и антропогенного происхождения) и атмосферного характера (например, приповерхностный ветер и т.д.). Также следует отметить, что степень шероховатости поверхности океана является одним из главных факторов, определяющих интенсивность отражения/излучения электромагнитных волн при проведении дистанционных измерений в СВЧ диапазоне, тем самым напрямую влияя на информативность и точность методов дистанционного зондирования океана. Эти, а также множество других задач фундаментального и прикладного характера не могут быть решены без априорной информации о форме спектра ветрового волнения во всем диапазоне волновых чисел.

### ***Конкретная решаемая в работе задача и ее значение:***

Спектр морского волнения, особенно в интервале ГКВ, изучен до сих пор недостаточно в силу ряда причин. Во-первых, теоретическое описание взволнованной водной поверхности затруднено в виду сложности нелинейных механизмов накачки волновой энергии от ветра, ее диссипации за счет вязкости и нелинейных каскадных процессов, турбулентности в пограничном слое атмосферы и океана. Во-вторых, экспериментальные исследования характеристик ГКВ носят фрагментарный характер, сильно отличаются друг от друга и в общей массе получены в лабораторных условиях (ветровые бассейны).

Основной задачей, решаемой в рамках представленной работы, являлось экспериментальное определение характеристик спектра ГКВ в натуральных условиях при постоянном контроле физических параметров как водной поверхности, так и приподнятого слоя атмосферы. Знание параметров ГКВ и влияния на них различных факторов в природных условиях имеет огромное значение как для решения фундаментальных задач, связанных с изучением процессов в системе "океан-атмосфера", так и для широкого спектра прикладных задач, наиболее показательной из которых является достоверная

интерпретация данных дистанционного зондирования Мирового океана из космоса микроволновыми приборами.

***Используемый подход, его новизна и оригинальность:***

Описываемые исследования проводились с привлечением уникального метода нелинейной радиотепловой резонансной спектроскопии (НРРС), разработанного сотрудниками отдела №55 ИКИ РАН и основанном на решении обратной задачи излучения электромагнитных волн взволнованной морской поверхностью.

Используемый в настоящей работе метод не имеет аналогов, поскольку использует физический механизм, отличный от применявшихся ранее для измерения параметров спектра ГКВ, а именно, явление резонанса между поверхностными и излучаемыми электромагнитными волнами. При этом неоспоримым преимуществом используемого метода является решение обратной задачи без каких-либо априорных предположений о виде спектра. Применение метода НРРС позволяет осуществлять исследования параметров ветрового волнения в натуральных условиях и, что особенно важно при исследовании ГКВ, без непосредственного контакта с исследуемым объектом, а, значит, без вмешательства в процесс формирования структуры волнения. Еще одним неоспоримым достоинством метода НРРС является возможность проводить исследования, осуществляемые с борта различных типов летательных аппаратов. Это, в свою очередь, позволяет варьировать масштабы исследований в зависимости от глобальности решаемых задач (от «точечных» измерений при установке на неподвижных основаниях – пирс, волнорез, платформа и т.п., до оценки состояния поверхности в различных частях Мирового океана при использовании космических аппаратов). Последнее особенно важно при разработке трехмерной модели волнения, поскольку позволяет разделить влияние на процесс волнообразования физических факторов не только по типу, но и в зависимости от масштабов воздействия.

***Полученные результаты и их значимость:***

Показано, что метод НРРС представляет собой дистанционный способ получения информации о структуре ветрового волнения, а возможность восстановления абсолютных значений амплитуды спектральных компонент волнения, в совокупности с оперативностью получения итоговых данных и их высокой точностью, делают его незаменимым инструментом в задачах исследования процессов и явлений, имеющих место в системе океан-атмосфера.

За четыре года исследований удалось отработать четкий алгоритм сбора радиометрической информации, необходимой для применения метода НРРС. Оптимизация вычислительного процесса позволило сократить время поиска решений до 5 минут, что в два раза меньше времени измерений. Это позволяет говорить о возможности восстановления параметров спектра в режиме on-line, а значит, использовать метод НРРС для оперативного мониторинга состояния водной поверхности для решения как научно-исследовательских, так и практических задач.

За все время проведения исследований восстановлено около 1500 экспериментальных спектров, соответствующих обширному набору сочетаний метеорологических условий. Восстановленные спектральные кривые имеют общие черты с моделями спектров, представленных в литературе. Продемонстрирована их четкая зависимость от интенсивности ветрового воздействия, что позволяет перейти к формированию новой эмпирической модели спектра ветровых ГКВ. Исследование более тонких процессов (влияние стратификации, межволновое взаимодействие и т.п.), важных для уточнения существующих и разрабатываемых моделей спектров ветровых волн, будет возможно после жесткого разделения имеющихся спектральных функций по фиксированным параметрам волнообразования.