

Аннотация

1. Автор.

Сазонов Дмитрий Сергеевич.

2. Название цикла работ.

Исследование и моделирование микроволнового излучения взволнованной морской поверхности на основе экспериментальных данных

3. Ссылки на публикации.

Сазонов Д.С. Корреляционный анализ экспериментальных дистанционных измерений и моделей микроволнового излучения взволнованной водной поверхности. // Исслед. Земли из космоса. 2017. №3. С. 53-64.

Сазонов Д.С. Моделирование микроволнового излучения взволнованной морской поверхности на основе экспериментальных данных. // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2017. Т. 14. № 3. 271-287.

4. Общая формулировка научной проблемы и ее актуальность.

Исследование и разработка методов описания радиоизлучения водной поверхности в микроволновом диапазоне длин волн и сравнение их результатов с экспериментальными измерениями.

5. Конкретная решаемая в работе задача и ее значение.

В настоящее время ведутся интенсивные исследования Мирового океана с ИСЗ при помощи пассивных приборов ДЗЗ. Среди большого количества средств ДЗЗ стоит выделить микроволновую радиометрию, так как ее измерения обладают высокой информативностью, в силу зависимости восходящего радиотеплового излучения от физико-химических, диэлектрических свойств воды и, в особенности, от ее геометрии. Микроволновое исследование крутизны радиационно-ветровой зависимости собственного радиотеплового излучения взволнованной водной поверхности является важной частью большой задачи по изучению процессов, протекающих в системе океан–атмосфера.

В целях интерпретации получаемых спутниковых данных сейчас, в основном, используются полуэмпирические модели. Применение таких моделей вызывает ряд актуальных вопросов, например: насколько хорошо эти модели согласуются с известными теоретическими моделями и экспериментальными наземно-дистанционными измерениями?

В представленном цикле работ рассмотрены следующие задачи:

1. Сравнение результатов натуральных измерений с моделями крутизны радиационно-ветровой зависимости в рамках совместного корреляционного анализа и анализа невязок.

2. Разработка модели радиоизлучения взволнованной водной поверхности на основе детальных экспериментальных исследований. В работе проведено моделирование только для одной частоты в 37,5 ГГц (длина волны ~8 мм).

6. Используемый подход, его новизна и оригинальность.

Используемые в работе изменения восходящего излучения взволнованной водной поверхности, получены в ходе экспериментальных исследований. Комплексные эксперименты проводились на океанографической платформе, принадлежащей федеральному государственному бюджетному учреждению науки "Черноморскому гидрофизическому полигону РАН" (ЧГП РАН) в период с 2005 по 2016 годы. Основной частью экспериментов является измерение собственного восходящего излучения взволнованной водной поверхности (радиояркостной температуры) и нисходящего излучения атмосферы с помощью микроволновых радиометров. Также в ходе

экспериментов выполнялись и вспомогательные измерения, такие как: измерение метеопараметров (скорость и направление ветра, температура атмосферы, давление и относительная влажность), измерение температуры воды, измерение волнения, фотосъемка состояния атмосферы и поверхности моря.

За время экспериментальных исследований накоплена большая база данных обработка которой позволила получить качественные и количественные оценки величины радиационно-ветровой зависимости собственного радиотеплового излучения взволнованной водной поверхности.

1. С целью получения модельных оценок величины радиационно-ветровой зависимости была выполнена серия электродинамических расчетов радиотеплового излучения взволнованной водной поверхности на основе теоретических и эмпирических моделей. Для сравнения модельных и экспериментальных оценок были использованы совместно корреляционный анализ и анализ невязок. Использование математических подходов, таких как корреляционный анализа и анализ невязок, позволяет получить строгую численную разницу при сравнении модельных и экспериментальных данных, а их совместное использование для анализа радиометрических измерений выполнено впервые.

2. В отличие от существующих моделей радиоизлучения взволнованной водной поверхности в работе впервые проводится моделирование величины радиационно-ветровой зависимости (приращения излучения от приращения скорости ветра). Выбор для моделирования данного параметра оправдан тем, что вклад атмосферы, как показано в одной из работ цикла, в величину радиационно-ветровой зависимости пренебрежимо мал, поэтому данная модель описывает изменение интенсивности излучения водной поверхности связанное исключительно с физическими характеристиками водной среды и геометрией ее поверхности.

7. Полученные результаты и их значимость.

1. В работе были проведены корреляционный анализ и анализ невязок модельных и экспериментальных оценок крутизны радиационно-ветровой зависимости собственного радиотеплового излучения взволнованной водной поверхности на частоте 37.5 ГГц. Результаты корреляционного анализа показали, что существует значимая корреляция между экспериментальными и модельными данными. Однако анализ невязок показал, что есть расхождения по абсолютному уровню. Таким образом, можно сделать вывод, что среди выбранных для сравнения моделей нет ни одной адекватно описывающей изменение излучательной способности водной поверхности вследствие ветрового воздействия. Проведенное сравнение экспериментальных и модельных оценок показало, что наиболее близкой к экспериментальным оценкам на вертикальной поляризации можно считать полуэмпирическую модель (*Meissner Th., Wentz F.J. The emissivity of the ocean surface between 6 and 90 GHz over a large range of wind speeds and Earth incident angles // IEEE Trans. Geosci. Rem. Sens. 2012. V. 50. № 8. P. 3004–3026*), а на горизонтальной поляризации модель (*Durden S.L., Vesecky J.F. A physical radar cross-section model for a wind-driven sea with swell // IEEE J. Ocean. Engin. 1985. V. OE-10. № 4. P. 445–451*).

2. В настоящей работе представлена модельная функция **MiROSE** (**M**icrowave **R**ough **O**cean **S**urface **E**mission model). Данная модель связывает приращение микроволнового излучения взволнованной водной поверхности с приращением скорости приводного ветра, температурой поверхности и вертикальным углом наблюдения на частоте 37,5 ГГц. На основе разработанной модели можно рассчитать радиояркий контраст и радиояркую температуру водной поверхности. Предлагаемая модель адекватно описывает экспериментальные данные в диапазоне температур воды 12,5 – 25°C, скоростей ветра 3 – 13 м/с и вертикальных углов наблюдения 30 – 80 градусов от надира.

Разработанная регрессионная модель излучения взволнованной водной поверхности может быть использована при обработке данных натуральных

радиометрических измерений. Также модель может быть применена для получения предварительных (экспресс) оценок скорости ветра и температуры поверхности воды, которые будут использоваться для решения различных задач дистанционного зондирования, например восстановления спектра гравитационно-капиллярных волн.

Представленные результаты еще раз подчеркивают важность проведения натуральных измерений в контролируемых метеорологических условиях, а именно, исследование собственного радиотеплового излучения взволнованной водной поверхности в небольших (до сотен метров) локальных областях. Результаты подобных экспериментальных исследований очень важны для уточнения и дополнения модели рассеяния излучения водной поверхностью.