

**СЕКЦИЯ**  
**«ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ МЕТОДОВ**  
**ВОССТАНОВЛЕНИЯ РАЗЛИЧНЫХ ПАРАМЕТРОВ**  
**ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ, ПОТЕНЦИАЛЬНО ОПАСНЫХ**  
**ЯВЛЕНИЙ И ОБЪЕКТОВ ПО ДАННЫМ**  
**ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ»**

**О возможной роли электромагнитных процессов в динамике  
кризисных атмосферных явлений и определении их управляющих  
параметров**

*Артеха С.Н., Ерохин Н.С.*

*Институт Космических Исследований РАН,  
117997, г. Москва, ул. Профсоюзная 84\32  
тел: 333-53-56, 333-22-23*

Несмотря на наличие многочисленных наблюдательных данных, нескольких развитых гидродинамических теорий и численных моделей, проблема зарождения, интенсификации и длительной фазы устойчивого существования тропических циклонов (ТЦ), ураганов и торнадо еще далека от своего алгоритмического решения. В частности, ряд наблюдательных данных не укладывается в существующие теории. Кроме того анализ тайфуногенеза приводит к выводу о возможной важной роли электромагнитных явлений в данных атмосферных процессах. Например, оценки электромагнитных сил и энергии для развитой стадии тайфуна также свидетельствует о существенном вкладе этих сил в поддержании устойчивой стадии тайфуна. Измеренные значения концентрации свободных зарядов и заряженных микрочастиц в области ТЦ свидетельствуют о необходимости учета законов движения плазмоподобных подсистем внутри вихря, их влияния на поддержание его развитой стадии и траекторию движения. Это может быть сделано либо в рамках самосогласованной плазменной модели, либо с помощью ЕМГД-уравнений. Для целей наблюдения и прогноза необходимо знать размеры заряженных областей, их заряды и характеристики движения. Поскольку движение заряженных областей ТЦ должно вызывать отклики в ионосфере, то зондирование ионосферы радиоволнами на предмет выявления ионосферных волн и других возмущений, возникающих в следе ТЦ, может помочь определению характеристик заряженных областей. Обсуждение указанных вопросов и составляет предмет настоящего сообщения.

## **Методы и проблемы мониторинга лесных пожаров из космоса**

***Белов В.В., Афонин С.В.***

*Институт оптики атмосферы СО РАН*

*634055, Томск, пр.Академический, 1*

*Тел.: (8-3822) 259237, E-mail: belov@iao.ru*

Среди задач дистанционного зондирования земной поверхности из космоса можно выделить важную для России проблему оперативного мониторинга лесных пожаров. Данную проблему можно разбить на две самостоятельные задачи: 1) обнаружение очага пожара и наблюдение за его динамикой; 2) определение характеристик очага (пространственных, энергетических и т.д.). В работе рассмотрены различные аспекты решения этих задач.

В первой части работы анализируются данные о результативности обнаружения очагов лесных пожаров на территории Томской области в 1998–2002 годах с использованием спутниковой информации AVHRR/NOAA. При этом выделен важный, по-нашему мнению, вопрос об эффективности раннего обнаружения лесных пожаров.

Во второй части работы рассмотрена задача восстановления по спутниковым измерениям в спектральной области 3.5-4 мкм интенсивности теплового излучения очага лесного пожара. Методами численного моделирования исследовано влияние ряда факторов на точность решения этой задачи: 1) влияние качества априорной метеорологической информации (АМИ); 2) влияние тропосферного аэрозоля. Результаты расчетов показали, что влияние качества АМИ на точность решения задачи заметно лишь в случае малоразмерных пожаров (площадь высокотемпературной зоны менее 100-200м<sup>2</sup>). В этом случае средняя погрешность восстановления достигает 10%. Степень влияния тропосферного аэрозоля на точность решения задачи зависит от размера очага и характеристик аэрозоля и в определенных ситуациях погрешность восстановления составляет 30-60%. В работе также представлены примеры восстановления по спутниковым данным AVHRR интенсивностей теплового излучения реальных высокотемпературных объектов.

# **Влияние гранулометрического состава, гумуса и зольных загрязнений на излучательные и диэлектрические характеристики почв в микроволновом диапазоне**

*Беляева Т.А., Бобров А.П., Бобров П.П., Ивченко О.А., Кривальцевич С.В.,  
Мандрыгина В.Н.*

*Омский государственный педагогический университет*

*644099, Омск, наб.Тухачевского, 14,*

*[bobrov@omgpu.omsk.edu](mailto:bobrov@omgpu.omsk.edu), Тел.: (3812)23-51-38*

Гумус определяет плодородие почвы. В результате хозяйственной деятельности человека содержащиеся гумуса в почвах уменьшается и происходит загрязнение промышленными выбросами. Поскольку гумус и некоторые загрязнители изменяют гидрофизические и диэлектрические характеристики почв, возможно осуществления дистанционного контроля за качеством почв микроволновыми методами.

Нами исследованы диэлектр-влажностные зависимости почв с различным содержанием гумуса и зольных загрязнений в диапазоне частот 0,1-24 ГГц. Установлено, что эти вещества увеличивают количество связанной воды в почве и уменьшают диэлектрическую проницаемость при средней и большой влажности на 10-20%.

В результате натурных исследований установлено, что эти вещества изменяют также гидрофизические характеристики почв, вследствие чего изменяется характер динамики радиояркостной температуры на длинах волн 3.6, 5 и 11 см в процессах инфильтрации и испарения. При этом в поверхностных слоях по-разному изменяется градиент влажности, а под воздействием осадков наблюдаются различия в степени изменения поверхностной шероховатости. Вследствие различий в поглощательной способности в оптическом и ИК диапазонах, различий в коэффициенте теплопроводности поверхностные слои таких почв в дневные часы имеют различную температуру. Исследование отмеченных особенностей позволит в перспективе создать методику дистанционной оценки качества почв.

## **Определение методами СВЧ радиолокации и радиотеплолокации утечек газа из подводных трубопроводов**

*Булатов М.Г., Ю.А. Кравцов, М.Д. Раев, В.Г. Пунгин,*

*К.Д. Сабинин, Е.И. Скворцов*

*117977, Москва, Профсоюзная 84/32, ИКИ РАН*

*Тел. 333-35-33, Fax 333-10-56, E-mail: bulatov@mx.iki.rssi.ru*

В связи с бурным развитием во всем мире магистральных сетей для транспортировки газа весьма актуальной становится задача обнаружения утечки газа на подводных участках газопроводов. Наши исследования направлены на решение этой задачи методами микроволнового зондирования

В представляемой работе рассматриваются результаты натурных экспериментов, проведенных в 2000-03 г.г. на Черном море.

Микроволновые измерения осуществлялись с помощью радиометров-поляриметров Ka- и K-диапазонов, когерентного скаттерометра Ka-диапазона и радиолокатора X-диапазона с цифровой записью радиоизображения, позволяющего вести измерения на вертикальной и горизонтальной поляризациях.

В ходе эксперимента были исследованы радиояркостные и радиотепловые контрасты в зависимости от расхода воздуха, глубины погружения источника, поляризации принимаемого излучения, длины электромагнитной волны и угла зондирования.

В результате эксперимента было установлено, что радиотепловые контрасты могут достигать 16-17К, а на радиолокационных изображениях надежно определяется место выхода газа на поверхность. Радиолокационный контраст в этой области может достигать 20 дБ по отношению к невозмущенной поверхности. Допплеровские спектры сигналов, рассеиваемых морской поверхностью, возмущаемой потоком газа, существенно отличаются от спектров, рассеянных невозмущенной поверхностью. Эти результаты позволяют рассматривать микроволновое зондирование как эффективное средство обнаружения неисправностей подводных газопроводов.

# **Анализ метода восстановления размеров и концентрации аэрозоля по данным дистанционного зондирования рассеивающих сред двухпозиционными системами**

*Бухарин А. В., Арумов Г. П., Н. С. Ерохин*

*Институт космических исследований РАН,  
117997, г. Москва, Профсоюзная 84/32 ИКИ РАН,  
e-mail: buhblih@iki.rssi.ru, тел. 333-3133*

На примере двухпозиционной схемы зондирования (ДПС), состоящей из одного передающего и двух приемных каналов, проанализирован метод восстановления размеров и концентраций частиц в рассеивающей среде. Существующие лидары упругого рассеяния имеют, как правило, однопозиционную схему (ОПС) зондирования с одним приемным и одним передающим каналами. ОПС лидары, в отсутствие искажений пучка, позволяют измерять коэффициенты обратного рассеяния и экстинкции вдоль трассы зондирования. В отличие от лидаров с ОПС, лидар с ДПС позволяет дополнительно определять угловые искажения зондирующего пучка при его распространении в среде. На примере случайного пропускающего экрана показано, что в этом случае появляется возможность определения коэффициента поглощения и углового размера диффузного гало, обусловленного рассеянием на неоднородностях экрана. Полученный набор параметров является достаточным для определения эффективного размера и поверхностной плотности непрозрачных неоднородностей некоторого случайного экрана двухпозиционным одночастотным лидаром. Получение эффективного размера частиц основано на использовании микрофизических калибровок. Основной целью микрофизических калибровок является определение пересчетных коэффициентов между угловым размером диффузного гало и эффективным поперечным размером отдельной частицы. Предложенный метод дистанционного определения размеров и концентраций аэрозоля может быть реализован как для слоя, так и для однородной среды в виде алгоритма. Такая возможность делает перспективным применение ДПС для получения соответствия между данными спутникового мониторинга и микрофизическими параметрами аэрозоля.

## **Диагностика и прогноз влияния глобальных климатических осцилляций на активность дальневосточных ураганов**

*Головко В. А., И. Л. Романов*

*Научно-исследовательский центр космической гидрометеорологии «Планета»*

*141700, г. Долгопрудный Московской обл., ул. Первомайская д.7.*

*тел. 483-3125, e-mail – [golovko@planet.iitp.ru](mailto:golovko@planet.iitp.ru)*

Уходящая длинноволновая радиация (УДР) является одним из основных климатологических факторов в существенной степени определяющих динамику явлений в системе «подстилающая поверхность-атмосфера» Земли. На основе данных спутниковых наблюдений за составляющими радиационного баланса Земли (РБЗ), полученными с помощью космических систем за последние 20 лет, было проведено математическое моделирование взаимосвязей радиационных компонентов климатической системы с аномальными природными явлениями.

На примере тропических ураганов (тайфунов) были получены численные оценки связей частоты появления этих опасных природных явлений с характеристиками УДР Земли и с осциллирующими компонентами климата (ЭНЮК, САК и др.). В результате была построена Байесовская иерархическая модель, связывающая пространственное распределение месячного количества наблюдений тайфунов с региональными характеристиками поля УДР и основными осциллирующими климатическими индексами. Базовая иерархическая модель предусматривает три уровня:

- 1) модель данных [данные | процесс, параметры],
- 2) модель процесса [процесс | параметры],
- 3) модель параметров [параметры].

Для выделенной области зарождения тайфунов в западной части Тихого океана была установлена статистическая значимость региональных характеристик УДР, как оптимальных предикторов годового количества тайфунов в исследуемой области. Подтверждена статистически значимая связь пространственного распределения годового количества тайфунов с индексом Южного колебания. Валидация полученных результатов прогноза количества тайфунов на основе сопоставления с данными независимых наблюдений за трехлетний период показывает, что средняя относительная точность прогноза составляет около 10%. На основе прогнозируемых значений поля УДР в области зарождения тайфунов с помощью иерархической модели получены оценки среднегодового количества тайфунов вплоть до 2008 года.

# **Проблемы оценки и прогноза термокарстовых и термоэрозионных процессов с использованием космических снимков ASTER на севере Западной Сибири**

*Глушкова Н. В., Мартысевич У. В., Зольников И. Д., Гуськов С. А.*

*НИУ ОИГГМ им. А.А.Трофимука СО РАН Россия,*

*г. Новосибирск, пр. Коптюга, д.3*

[hope@uiggm.nsc.ru](mailto:hope@uiggm.nsc.ru)

В настоящее время в число приоритетных исследований входит оценка реакции региональных экосистем на глобальное потепление. На севере Западной Сибири в трансформации ландшафтов важную роль играет протаивание подземных льдов и льдистых грунтов с дневной поверхности. В связи с этим особый интерес приобретает оценка скорости развития термокарстовых и термоэрозионных процессов. На сегодняшнем этапе развития технологий наиболее оптимальным инструментом (доступность, дешевизна, оперативность) мониторинговых исследований регионального уровня является обработка материалов спутниковой съёмки. Для решения сформулированной выше задачи средствами ГИС и ДЗ используются мультиспектральные спутниковые данные датчика Aster. Дистанционные мониторинговые исследования основываются на геоинформационной модели территории, учитывающей её ландшафтные особенности. Для создания геоинформационной модели используются данные мелкомасштабных карт, в которых обобщена информация по рельефу, почвам, растительности, геологическому субстрату, подземной льдистости.

Комплексный подход с использованием методов ГИС и ДЗ позволяет:

- оценить степень поражения территории термокарстовыми озерами;
- оценить расчлененность территории водотоками;
- оценить степень поражения грязевыми потоками.

Кроме того, мониторинговый характер исследований позволяет оценить тенденции в интенсивности проявления термокарстовых и термоэрозионных процессов в ключевых участках, выбранных для изучения на севере Западной Сибири.

Работа выполняется в рамках РФФИ № 04-05-64017. Снимки ASTER предоставлены центром ERSDAC по программе ASTER ARO(AP-313).

# **Воздействие катастрофических атмосферных явлений на ионосферу и магнитосферу Земли**

*Исаев Н.В., В.М. Сорокин*

*Институт земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн РАН  
142190 Троицк, Московская обл. Тел.334 09 14 , E-mail: [isaev@izmiran.rssi.ru](mailto:isaev@izmiran.rssi.ru)*

По данным спутника «Космос-1809» обнаружены эффекты генерации квазипостоянных электрических полей, возмущений плотности фоновой плазмы и образования плазменных неоднородностей над областями подготовки и развития тропических штормов, циклонов и тайфунов. По тем же спутниковым данным зафиксированы коррелированные с указанными выше эффектами всплески КНЧ-ОНЧ электромагнитного излучения над районами развития этих атмосферных явлений и вариации электронной температуры плазмы. Одновременно с генерацией электрического поля (до ~15-20 мВ/м), возмущений плотности фоновой плазмы (до 10%) и развития плазменных неоднородностей наблюдается усиление интенсивности КНЧ-ОНЧ-излучения в каналах 140, 450, 800, 4500 и 15000 Гц. Наиболее сильные всплески (до 100-150 мкВ/м) зарегистрированы на частотах 4500 и 15000 Гц. Эти результаты получены для ряда (более 20) тропических и низкоширотных катастрофических атмосферных явлений, протекавших в различных регионах. Разработана модель генерации электрического поля в ионосфере над областями развития штормов и тайфунов. Данная модель основана на формировании сторонних токов в результате вертикальных конвективных движений в районе тайфуна и воздействии этих токов на глобальную атмосферно – ионосферную электрическую цепь. Численные расчеты, проведенные на основе данной модели, показывают, что поля могут достигать значений в десятки мВ/м.

Работа выполнена при поддержке РФФИ, грант № 01-05-6477

# **Создание трёхпараметрической зависимости для мониторинга термического состояния Ладожского озера на основе ИК-спутниковой информации**

*Каретников С.Г., Карпеев Г.А., Науменко М.А.*

*Институт озероведения РАН. 196105,*

*С.Петербург, Севастьянова, 9*

*тел.(812)3878020; e-mail: naumenko@limno.org.ru*

Ладожское озеро, крупнейшее в Европе ( $S= 17800 \text{ км}^2$ ,  $H_{\text{ср.}}= 47 \text{ м}$ ), относится к димиктическим озёрам, в которых температура поверхности дважды весной и осенью достигает температуры наибольшей плотности ( $4^\circ\text{C}$ ). Космический инфракрасный мониторинг температуры воды озера необходим для исследования термического и динамического состояния озера, фронтальных разделов, вихревых образований. Использование зависимости, полученной для морских условий, часто дает неудовлетворительные результаты. Региональная зависимость для определения абсолютной температуры поверхности воды по ИК-информации создана на основе обширной базы контактных наблюдений Ладожского озера и архива спутниковой изображений NOAA, имеющейся на сервере ИКИ РАН. Использовались температурные измерения и синхронная информация 4 и 5 канала с учётом зенитного угла спутника для безоблачной погоды, начиная с 1996 года.

Зависимость апробирована на независимых съёмках.

Обсуждаются сезонные особенности термического режима Ладожского озера.

# **Нелинейная радиотепловая резонансная спектроскопия и ее применение в измерениях свойств морской поверхности**

*Кузьмин А.В.*

*Институт космических исследований РАН,*

*997810 Москва, Профсоюзная ул. 84/32*

*Тел. 333-4302, факс 333-1056, E-mail: Alexey.Kuzmin@asp.iki.rssi.ru*

В работе приводятся экспериментальные исследования новой методики дистанционного измерения параметров спектра гравитационно-капиллярного волнения (ГКВ) на морской поверхности с использованием уникальных возможностей нелинейной радиотепловой резонансной спектроскопии (НРРС). Эта методика позволяет исследовать динамику пространственного спектра ГКВ в натуральных условиях и изучить влияние на него параметров ветрового потока, энергонесущих компонент волнения, поверхностно-активных веществ, турбулентности в приповерхностном слое.

Проведенные радиометрические измерения с пирса Южного отделения института океанологии РАН им. П.П. Ширшова позволили получить новые данные о радиотепловом излучении взволнованной морской поверхности. Установка измерительной системы на неподвижном основании обеспечила возможность точной юстировки и калибровки радиометров. Использование новой методики НРРС позволило детально исследовать динамику радиометрического отклика в условиях переменного ветра, обнаружить новый эффект, заключающийся в том, что при уменьшении скорости ветра яркостная температура уменьшается с некоторым запаздыванием, величина которого составляет 1–2 часа, определить спектр кривизны гравитационно-капиллярных волн и среднеквадратичный уклон крупных волн.

Полученные результаты могут использоваться для интерпретации спутниковых данных и разработке новых алгоритмов определения параметров морской поверхности по многоканальным радиометрическим измерениям с аэрокосмических носителей.

**Учет искажающего влияния атмосферы при оценке ТПО и альbedo океана по данным AVHRR/NOAA**

*Люшвин П.В.*

*Научный центр оперативного мониторинга Земли (НЦ ОМЗ)*

*127490, г. Москва, ул. Декабристов, вл.51, стр. 25*

*Тел.(095) 105-04-16, тел/факс: (095) 404-77-45, E-mail: [ntsomz@ntsomz.ru](mailto:ntsomz@ntsomz.ru)*

Работа посвящена оценке альbedo и температуры поверхности моря на основании анализа измерений AVHRR/NOAA. Обычно для этой цели используются наблюдения в красном, ближнем и дальнем ИК диапазонах спектра. Здесь дополнительно привлекаются данные измерений в среднем ИК диапазоне. За счет этого удастся разделить вклады атмосферы, волнения и органической взвеси в уходящую солнечную радиацию, а также формализовать индикацию нефтеорганических соединений в воде.

**Восстановление параметров системы океан-атмосфера  
по данным микроволнового зондирования со спутников  
Aqua и ADEOS-II: результаты численных и натуральных  
экспериментов**

*Митник М. Л., Митник Л. М.*

*Тихоокеанский океанологический институт им. В.И. Ильичева ДВО РАН*

*Владивосток 690041, ул. Балтийская, д. 43,*

*Тел: 7-4232-312-854, e-mail: [maia@poi.dvo.ru](mailto:maia@poi.dvo.ru)*

На запущенных в 2002 г спутниках Aqua (США) и ADEOS-II (Япония) установлены одностипные многоканальные микроволновые радиометры AMSR-E и AMSR, принимающие излучение Земли на фиксированных частотах  $\nu$  в диапазоне от 6,9 до 89,0 ГГц на вертикальной (в) и горизонтальной (г) поляризациях. Ширина полосы обзора, разрешение на местности и чувствительность радиометров заметно лучше аналогичных параметров радиометров SSM/I спутников DMSP. Для моделирования яркостных температур  $T_{\text{я}}(\nu)$  и разработки алгоритмов восстановления ТПО, скорости приводного ветра  $W$ , паросодержания атмосферы  $V$  и водозапаса облаков  $Q$  были созданы глобальная и региональные базы судовых и станционных аэрологических данных и наземных гидрометеорологических измерений, дополненные модельными распределениями водности облаков. Восстановление ТПО и  $W$  проводилось по статистическим алгоритмам, погрешности которых были оценены при различных комбинациях измерительных каналов и вариациях шумов радиометров. Погрешности 4- и 5-канальных алгоритмов лишь незначительно выше, чем у 10-канальных. Атмосферные параметры находились по значениям  $T_{\text{я}}^{\text{B}}(23,8)$  и  $T_{\text{я}}^{\text{B}}(36,5)$  с использованием восстановленных значений ТПО. Погрешности оценки параметров при применении разработанных региональных алгоритмов (тропических, полярных, арктических – в зависимости от диапазона изменений ТПО) к расчетным значениям  $T_{\text{я}}(\nu)$  в большинстве случаев были ниже, чем у соответствующих глобальных алгоритмов. Алгоритмы были применены к полям  $T_{\text{я}}(\nu)$ , полученным со спутника Aqua и предоставленным космическим агентством Японии NASDA. В докладе приводятся примеры обработки данных зондирования радиометром AMSR-E над северо-западной частью Тихого океана.

# **Наблюдение подветренных волн и вихревых структур за природными препятствиями в атмосфере при помощи радиолокационного зондирования морской поверхности**

*Митягина М.И., О.Ю. Лаврова, В.Г. Пунгин*

*Институт космических исследований РАН,  
117997, Москва, Профсоюзная ул., 84/32  
E-mail: mityag@mx.iki.rssi.ru*

На основе данных дистанционного зондирования, полученных с помощью радиолокаторов с синтезированной апертурой, установленных на европейских спутниках ERS-1/2, проведено теоретическое и экспериментальное исследование пространственно-временной структуры и динамики волн, вихрей и вихревых дорожек, образующихся в атмосфере при обтекании воздушными потоками гор на побережье.

Основное внимание уделено акватории Черного моря в районе Геленджика. Главной отличительной чертой побережья в этом районе является горный хребет, вытянутый вдоль берега и имеющий сложную структуру с многочисленными расщелинами, выходящими к морю. В зависимости от характеристик воздушного потока, набегающего на препятствие столь сложной структуры, возможно возникновение подветренных волн, струй, следов и вихрей и т. д. в атмосфере над морем.

Проведена систематизация накопленных экспериментальных данных и сопоставление радиолокационных образов проявлений подветренных структур в атмосфере с данными о географическом расположении районов съемки, орографии, сопутствующих гидрометеорологических условиях, расположении зон фронтогенеза, конвекции, облачности и осадков, возможных непосредственных источников наблюдаемого возмущения, стратификации пограничного слоя океан-атмосфера.

Проведено визуальное дешифрирование и феноменологическая идентификация радиолокационных образов структур, возникающих при обтекании препятствий в зависимости от параметров набегающего потока и геометрии природных препятствий.

На основе имеющихся данных выделены и количественно описаны основные зависимости между пространственными и динамическими характеристиками изучаемых явлений и скоростью набегающего потока, стратификацией среды и морфометрией препятствия. Доказано, что стратификация приподнятого слоя атмосферы оказывает определяющее влияние на формирование подветренных структур в воздушном потоке за горным хребтом.

# **Оптические проявления гелио-геофизических возмущений в верхней атмосфере Земли**

*Михалев А.В.*

*Институт солнечно-земной физики СО РАН,*

*664033, Иркутск, а/я 4026;*

*Тел: (3952) 564530; [mikhalev@iszf.irk.ru](mailto:mikhalev@iszf.irk.ru)*

Представлены результаты исследований вариаций свечения верхней атмосферы Земли в средних широтах во время гелио-геофизических возмущений различной природы: в период больших геомагнитных бурь, при землетрясениях, стратосферных потеплениях, полетах космических объектов, атмосферных оптических вспышках.

Обсуждаются возможные механизмы регистрируемых вариаций и возмущений в свечении атмосферы. Предлагается использование свечения верхней атмосферы в качестве одного из параметров гелио-геофизической обстановки при мониторинге и прогнозе состояния окружающей среды.

# Двухволновое радиолокационное зондирование облачной атмосферы и осадков

*Павлюков Ю.Б.*

*Центральная Аэрологическая Обсерватория (ЦАО) Росгидромета,  
141700 Долгопрудный МО, ул. Первомайская д.3,*

*E-mail: yurav@orm.mipt.ru*

Одной из актуальных задач дистанционного зондирования облачной атмосферы является измерение атмосферных осадков радиолокационным способом. Радиолокатор как измерительный прибор обладает уникальными возможностями с точки зрения оперативности наблюдений и размеров зоны обзора.

В процессе наблюдений измеряется, как правило, одна характеристика плотности облачности и осадков – радиолокационная отражаемость  $Z$ . Для получения интенсивности осадков  $R$  (мм/ч) по измерениям отражаемости  $Z$  используется полуэмпирическое  $Z$ - $R$  соотношение  $Z=AR^b$ , коэффициенты  $A$  и  $b$  которого зависят от микроструктуры поля осадков через DSD – функцию распределения капель по размерам. В расчетах осадков используются фиксированные значения коэффициентов –  $A_0$  и  $b_0$ , которых выбираются исходя из результатов сопоставления радиолокационных и наземных осадкомерных измерений для конкретного региона за длительный период. Общеизвестно, что основной вклад в ошибку данного метода вносят пространственно-временные вариации микроструктуры осадков, приводящие к отклонениям реальных значений этих коэффициентов от фиксированных значений  $A_0$  и  $b_0$ .

В докладе рассматривается метод калибровки радиолокационных осадкомерных измерений, предназначенный для восстановления текущих значений коэффициентов  $A$  и  $b$  по измерениям эффекта ослабления радиоизлучения на длине волны 3 см в атмосферных осадках двухволновым методом. В его основе лежит оригинальная, самосогласованная по коэффициентам, модель микроволнового ослабления в осадках. В докладе обсуждаются устойчивость полученных данным методом оценок параметров по отношению к шуму во входных данных и возможность его применения для обработки данных радиолокационных наблюдений.

Радиолокационные наблюдения проводились на базе отечественного двухволнового радиолокатора МРЛ-5 X- и S-диапазонов и автоматизированной системы обработки информации АКСОПРИ, обеспечивающей круглосуточный режим радиолокационных метеорологических наблюдений с периодичностью 10 мин и радиусом обзора – 200 км.

Предлагаемый метод калибровки интересен не только для обработки данных наземных радиолокаторов, но также и космического двухволнового радиолокатора второго поколения для измерения атмосферных осадков PR-2, который разработан в рамках программы NASA GPM (Global Precipitation Measurement) для замены одноволнового радара PR, запущенного на орбиту в декабре 1997 года на спутнике TRMM (Tropical Rainfall Measuring Mission).

## **Сезонная динамика фитомассы, хлорофильного и вегетационного индексов в степях Хакасии**

*Парфенова Е.И., Чебакова Н.М., Стасова В.В., Отнюкова Т.Н., Ковалева Т.М.*

*Институт леса СО РАН, Красноярск,  
e-mail: lyeti@forest.akadem.ru*

Использование ДДЗЗ для определения ресурсного потенциала растительного покрова дало толчок множеству работ, связывающих фитомассу и продуктивность с вегетационными индексами, например, NDVI, характеризующим фотосинтетически активную биомассу, или «зеленость». Обычно эти показатели связывают через листовой индекс (LAI), широко применяемый для моделирования характеристик растительности. Поскольку в степях из-за специфики морфологии растений определение LAI вызывает сложности, мы использовали более прямой показатель «зелености» для связи с продукционными характеристиками и вегетационным индексом NDVI – содержание хлорофилла на единицу площади.

Работа проводилась в четырехзлаковой мелкодерновинной степи в северной Хакасии. Дважды в месяц с начала и до конца вегетационного периода (с мая по октябрь) проводились укосы на площадках площадью  $0.25 \text{ м}^2$  в 20-и кратной повторности для учета живой и мертвой фракций фитомассы. Параллельно из спиртовой вытяжки на фотоэлектроколориметре КФК-2МП определялось содержание хлорофилла в живой и неживой компоненте. В результате были получены кривые сезонной динамики живой и общей фитомассы и содержания хлорофилла. Живая надземная фитомасса менялась от 0 до  $200 \text{ г/м}^2$  воздушно сухого веса, содержание хлорофилла варьировало от 0 до 8 мг/г абсолютно сухого вещества. Полученные данные были сопоставлены со значениями NDVI системы MODIS.

Работа выполнена при поддержке РФФИ (гранты 03-04-63047; 02-04-49888).

# **Экспериментальные исследования аэрозолей тектонических разломов с помощью микролидара**

*Першин С.М., В.А.Алексеев, А.Н.Ляш*

*ТРИНИТИ, ИКИ РАН, ИОФАН*

*117997 г. Москва, ИКИ РАН Профсоюзная ул. 84/32 e-mail: [alyash@iki.rssi.ru](mailto:alyash@iki.rssi.ru)*

*тел.333-32-01*

Ранее было показано, что для предсказания таких тектонических явлений как извержение вулканов и землетрясений могут быть использованы лидарные измерения. Различными исследователями предполагается, что предвестником тектонических явлений может служить аномальное увеличение концентрации приземного аэрозоля и потоков газов в зоне тектонических разломов. В докладе представлены некоторые экспериментальные результаты, полученные в ходе полевых экспериментов с использованием микролидара и датчиков водорода. Эксперименты проводились в зоне активной тектонической деятельности в районе Кубани. Обнаружена связь между выбросами аэрозоля и водорода в районе Бугаского разлома (полуостров Тамань). Зафиксировано увеличение концентрации приземного аэрозоля и водорода предшествующего активации грязевого вулкана возле станицы Сенной.

В докладе обсуждается возможность использования малогабаритных лидаров в составе сейсмических комплексов для наблюдения за тектонической активностью и прогнозов.

# **Геоинформационная технология оперативной оценки пожарной опасности в лесах на основе использования спутниковой информации**

*Пономарев Е.И.*

*Институт леса им. В.Н. Сукачева СО РАН,*

*г. Красноярск*

Предложена методика оперативной оценки и картирования пожарной опасности по условиям погоды (ПО) на основе данных, получаемых со спутников серии NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration). Алгоритм был разработан в лаборатории мониторинга леса Института леса им. В.Н. Сукачева СО РАН, Красноярск. Ежедневно в оперативном режиме генерируются карты пожарной опасности на территорию Восточной Сибири.

Технология оперативного создания карт пожарной опасности включает три взаимосвязанные этапа. Первый этап – предварительная обработка спутниковых данных. Это выбор сцены, спектральных каналов, перевод в заданную проекцию.

Следующий шаг – вычисление показателя пожарной опасности программными средствами методом попиксельного анализа и обработки серии спутниковых изображений в заданной картографической проекции. В вычислениях используется соотношение В.Г. Нестерова для комплексного метеорологического показателя пожарной опасности. При этом метеорологические параметры нижних слоёв воздуха заменены радиометрическими данными о состоянии подстилающей поверхности. По изображению в тепловом канале радиометра AVHRR (Advanced Very High Resolution Radiometer) восстанавливается температурное поле видимой поверхности. Комбинация видимого и ближнего инфракрасного каналов AVHRR позволяет выявить и исключить из расчетов области закрытые облачностью и водные поверхности.

Заключительный этап – создание карт, отображающих распределение классов пожарной опасности, с использованием геоинформационных технологий (ГИС). Архитектура информационных слоёв формирующейся ГИС открыта и может быть дополнена любыми необходимыми данными. Это позволит перейти от оценки ПО по условиям погоды к комплексной оценке вероятности возникновения лесных пожаров, с учетом лесотаксационных характеристик, антропогенных и метеорологических факторов. Единственная трудность реализации такого подхода сегодня – не полная база данных, особенно на регион Сибири и Дальнего Востока. Результат работы ГИС – ежедневно обновляемая карта распределения показателя пожарной опасности.

На этапе прогнозирования пожарной опасности используются краткосрочные метеорологические прогнозы. Результат представляется в виде прогноза возможной верхней границы пожарной опасности. Для ежедневной коррекции прогноза используется итерационный метод учета осадков, выпавших за каждый день прогнозируемого периода.

Многолетние наблюдения (1996–2003 гг.) подтверждают тесную корреляционную связь предложенного показателя ПО с российским ( $r \approx 0,88$ ) и зарубежными ( $r \approx 0,76$ ) аналогами (Показатель Нестерова, BUI/FWI). Таким образом, предлагаемая методика оперативной оценки и картирования пожарной опасности перспективна и ее дальнейшее совершенствование позволит получать крупномасштабные картосхемы пожарной опасности наименее затратным дистанционным методом.

## **Комплексная оценка состояния лесных экосистем севера по наземным и дистанционным данным**

*Пономарёва Т.В.*

*Институт леса им. В.Н. Сукачёва СО РАН, г. Красноярск*

Для оценки влияния техногенных продуктов производства Норильского горно-металлургического предприятия на ландшафты северной тайги Институт леса СО РАН проводит комплексный наземный и дистанционный мониторинг. Конечной целью этих исследований является создание системы оценки состояния лесных экосистем Норильского промышленного района (НПР) и прогноз её динамики.

В НПР наблюдаются многотоннажные выбросы сернистого ангидрида. В результате дымовых выбросов происходит массовое региональное усыхание лесов. Крупномасштабные карты нарушенности лесов могут быть получены при дешифрировании и классификации данных аэрофотосъемки и спутниковых сцен. При этом карты распределения выбросов сернистого ангидрида и других техногенных элементов можно получать, только используя данные наземных исследований. Данные дистанционного мониторинга, калиброванные таким образом, позволят создавать карты предельно допустимых концентраций (ПДК) токсичных веществ. Летние экспедиции 2001, 2003 гг. положили начало созданию соответствующей базы данных наземных исследований, кроме того, накоплен архив спутниковых изображений (NOAA/AVHRR, TERRA/Modis) на тот же период.

По результатам текущих исследований можно сделать вывод о том, что зона воздействия кислых газов, кислых осадков и тяжелых металлов на экосистемы начинается сразу от источника. В зоне загрязнения в почве значительно повышается содержание серы и происходит циркуляция почвенных растворов с высокой концентрацией ионов водорода и сульфат-иона. В настоящее время определено содержание серы в почвах изучаемых экосистем, следующим этапом работы будет расчет ПДК и составление карт ПДК.

Пространственное распределение общей серы в почвах промрайона варьирует, и почти во всех разрезах содержание ее превышает кларк (максимум в 9 раз). В 100 км от источника загрязнения содержание серы может составлять 6,15 г/кг, или в 7 раз выше кларка. Наблюдается тенденция увеличения данного элемента по мере приближения к источнику загрязнения. Такая закономерность “розы загрязнения” почв серой, вероятно, связана с недоучетом в исследовании розы ветров и рельефа местности.

## **Применение поляризационной радиометрии в дистанционном зондировании**

***Поспелов М.Н.***

*Институт космических исследований РАН, Москва, Профсоюзная 84/32,  
E-mail: Michael.Pospelov@iki.rssi.ru, Тел.: (095)-333-5078*

История применения микроволновой радиометрии в дистанционном зондировании Земли из космоса насчитывает более трех десятилетий. В наши дни спутниковая микроволновая радиометрия обеспечивает на регулярной основе получение в глобальном масштабе, круглосуточно и вне зависимости от облачности, информации о ключевых гидрометеорологических параметрах, таких как скорость ветра над океаном, влагосодержание атмосферы и водозапас облачности над океаном, характеристики ледового покрова, оценка интенсивности осадков.

Развитие средств микроволновой радиометрии до последнего времени шло, главным образом, по двум основным направлениям. Во-первых, расширялся частотный диапазон измеряемого из космоса радиотеплового излучения. Во-вторых, увеличивалась точность измерений, для чего разрабатывалась высокочувствительная приемная аппаратура, и повышалось пространственное разрешение путем увеличения размеров приемной антенны. В последние годы наметились еще два перспективных направления развития спутниковой радиометрии, обещающих дальнейшее увеличение точности и расширение перечня определяемых дистанционно параметров. Это – применение в радиометрии принципов синтеза антенной апертуры, блестяще зарекомендовавших себя в радиолокации, и поляризационные микроволновые измерения. Причем, если радиометры с синтезированной апертурой пока существуют в виде лабораторных и самолетных макетов, то первый космический радиополяриметр был в начале этого года запущен на орбиту.

С точки зрения задач дистанционного зондирования, поляризационные измерения дадут возможность:

- измерять одновременно скорость и направление ветра над океаном; выделять поляризованное излучение от морской поверхности на фоне слабополяризованного излучения облаков и осадков;
- определять влажность почвы и зоны осадков над сушей;
- измерять параметры спектры морского волнения в гравитационно-капиллярной области.

Возможность решения последней задачи была подтверждена в ходе исследований, проводившихся в ИКИ РАН по проекту РФФИ 01-02-16538.

# Методика микроволнового определения минерализации водоемов с учетом внутренней структуры растворенных солей

*Романов А.Н., Винокуров Ю.И., Суторихин И.А.*

*Институт водных и экологических проблем СО РАН*

*656099, г. Барнаул, ул. Молодежная, 1, тел (385-2)36-78-49, [ran@iwep.ab.ru](mailto:ran@iwep.ab.ru)*

Водные растворы минеральных солей широко распространены в природе, что вызывает постоянный, неослабевающий интерес к их изучению. Исследование радиоизлучательных свойств водно-солевых растворов является основой для разработки высокоэффективных дистанционных методов диагностики состояния минерализованных водоемов, позволяющих по измеренным в микроволновом диапазоне коэффициентам излучения  $\chi$  водной поверхности определять массовую концентрацию  $S$  растворенных в воде солей.

Значительное влияние на радиоизлучательные свойства растворов оказывают происходящие в них структурные и гидратационные изменения, обусловленные искажением структуры чистого растворителя (воды), наблюдаемым при взаимодействии ионов растворенных солей с молекулами растворителя, в результате чего вокруг ионов образуются состоящие из молекул воды внутренняя и внешняя гидратные оболочки, объем и свойства которых определяются строением гидратированного раствора и структурой растворителя.

Таким образом, водно-солевой раствор можно представить, как совокупность отдельных фаз, имеющих границу раздела и характеризующихся различными значениями  $\chi$  в микроволновом диапазоне. Зависимости  $\chi(S)$  могут быть выражены через значения  $\chi$  этих же растворов, взятых при некоторых характерных концентрациях, соответствующих изменению фазового состава раствора, происходящего при появлении или исчезновении в растворе гидратных оболочек.

Результаты измерений  $\chi$  водных растворов позволяют разработать методику обработки данных микроволнового зондирования водной поверхности. При интерпретации данных микроволнового зондирования воды, содержащей растворенную соль  $Na_2CO_3$ , возможно однозначное дистанционное определение величины  $S$  в диапазоне  $S \approx 0 \div 0.2$ . Для раствора  $NaCl$  однозначное определение массовой концентрации из данных дистанционного радиометрического зондирования возможно до значения  $S = 0.21$ , так как при большей концентрации изменение коэффициента излучения с увеличением  $S$  весьма незначительно.

# Проблемы и перспективы микроволновой диагностики засоленных почв

*Романов А.Н., Винокуров Ю.И., Суторихин И.А.*

Институт водных и экологических проблем СО РАН  
656099, г. Барнаул, ул. Молодежная, 1,  
тел (385-2)36-78-49, e-mail: [ran@iwep.ab.ru](mailto:ran@iwep.ab.ru)

Засоленные почвы представляют собой сложную динамически развивающуюся систему, физико-химические свойства которой зависят от погодно-климатических условий, влажности, типа и количества минеральных солей. Применение методов микроволнового зондирования засоленных почв сопряжено с возникновением значительной погрешности, так как происходящие изменения в водно-солевом балансе засоленной почвы существенным образом изменяют радиоизлучательные свойства почвы и делают невозможной интерпретацию данных дистанционного зондирования.

Возможность дистанционного микроволнового определения типа соли и степени засоления основана на образовании в засоленной почве различающихся по диэлектрическим свойствам категорий физически и химически связанной воды, а также почвенного раствора, объемные доли которых определяются как свойствами минеральных почвенных компонентов, так и самих солей, входящих в состав почвы.

Радиоизлучательные свойства засоленных почв в значительной мере зависят от соотношения между влажностью почвы и засоленностью, показывающего, какие категории почвенной влаги присутствуют в засоленной почве и какие количества соли находятся в растворенном и нерастворенном состояниях.

В случае присутствия в засоленной почве слаборастворимых солей ( $CaCO_3$ ,  $MgCO_3$ ) наблюдаются незначительные вариации коэффициента излучения почвенного покрова, а для растворимых солей ( $Na_2CO_3$ ,  $Na_2SO_4$ ,  $MgSO_4$ ,  $CaCl_2$ ) значения коэффициента излучения изменяются значительным образом при возрастании засоленности почвенного образца. Величина этих вариаций вполне достаточна при современном уровне чувствительности радиометрических приемников для определения засоленности  $Z$  при условии, что объемная влажность почвы известна.

# Тепловая эмиссия в условиях периодической модуляции поверхности океана

Селунский А. Б., Кузьмин А.В.

Институт космических исследований РАН, 997810 Москва, Профсоюзная ул. 84/32

Тел. 333-4302, факс 333-1056, Email: [selunsky@mx.iki.rssi.ru](mailto:selunsky@mx.iki.rssi.ru)

Представлена новая трактовка эффекта «критических явлений» в тепловом излучении водной поверхности в свете многолучевой интерференции. Объяснена тонкая структура ряда экспериментальных кривых в ряде лабораторных экспериментов. Развита математическая теория дифракции, близкая к методам Лауэ и Вуда.

Рассмотрим следующую модель: падение плоской гармонической волны на границу среды воздух-вода, которая имеет вид  $z=a*\sin(L*x)$ , где L-период морской ряби.

$$E=A_0*\exp(-i\omega t+ik_{0x}x-ik_{0z}z)$$

Мы будем развивать волновой подход к решению данной задачи. Суть его состоит в том, что при прохождении волны через подобную границу, возникает бесконечное число волн, с эквидистантным сдвигом волнового вектора на L, то есть, поле и в воздухе, и в среде состоит из бесконечного числа волн вида:

$$\sum_{n=-\infty}^{\infty} A_n \exp\{-i\omega t + i(k_{0x} + nL)x + ik_{0z}z\}.$$

Учитывая, далее, уравнение границы, получим для граничных условий, волны в виде:

$$A_n*\exp(-i\omega t+ik_{0x}x+ik_{0z}a*\sin(L*x)),$$

что уже само по себе приводит к бесконечному ряду. Для граничных условий необходимо выделять соответствующие тангенциальные составляющие полей, что для синусоидальной границы приводит к дополнительным синусоидальным множителям.

Мы будем интересоваться лишь отраженными компонентами. Поэтому, чтобы сократить число уравнений и не рассматривать поле в среде, воспользуемся приближенными граничными условиями Леонтовича. Приравниваем коэффициенты при соответствующих экспонентах, получаем линейную, вообще говоря, бесконечномерную систему алгебраических уравнений для определения  $A_n$ .

Если рассматривать качественное поведения волн, то по виду функции на границе можно сделать вывод о том, что ряд не может быть оборван ни на каком

конечном  $n$  (в силу нелинейности экспоненты). При этом ни один коэффициент не обнуляется и мы наблюдаем следующий эффект при критическом угле: вторичная волна из отраженной становится поглощенной, это приводит в свою очередь к скачку типа бифуркационного в показателях поглощения/преломления.

Условия Леонтовича для плоской волны, падающей на границу приводит к системе линейных уравнений, которые решаются стандартно. Обращает на себя внимание тот факт, что при падении волны под произвольным углом возникает скачок в показателе поглощения (и отражения), что в свою очередь, учитывая теорему взаимности Кирхгоффа, соответствует максимальному излучению воды в данном направлении. Отметим, что в оптике аналогичный вид имеют зависимости показателей отражения и поглощения для дифракционных решеток (аномалии Вуда).

На эксперименте подобная картина в силу конечной ширины диаграммы направленности антенны и полосы принимаемых частот радиометра приводит к размазанности резких скачков «вудовского» типа и возникновению гладкого максимума.

# **Особенности представления горно-таежной растительности в пространстве яркостных характеристик многозональных космических снимков**

*Солодянкина С.В., А.К. Черкашин*

*Институт географии СО РАН, г. Иркутск, 664033, ул. Улан-Баторская, д. 1,  
[svsolodynkina@giscenter.icc.ru](mailto:svsolodynkina@giscenter.icc.ru), (3952) 428250*

Решается задача поиска объективных оснований автоматизированного дешифрирования космических снимков при создании карты растительности горно-таежной территории (зона Ковыктинского газоконденсатного месторождения, Жигаловский район Иркутской области). Использовался снимок *LANDSAT* (август, 2000 г., разрешение 30 м). На снимке по принципам функционального подобия вычленяются однородные по этому признаку выделы и их границы, где подобие нарушается. Границы векторизовались, и проводилось наземное обследование объектов территории. Для каждого выдела и канала съемки определяется гистограмма распределения пикселей по яркости, по которой строится модель ниши объекта в гиперобъеме яркостных характеристик. Осуществлена ординация объектов в пространстве показателей яркости наименее коррелированных каналов.

Автоматизированное проведение границ с последующей идентификацией объектов на местности показало, что достоверно разделить объекты в ординационном пространстве невозможно из-за значительного пересечения областей определения гистограмм. Теоретические исследования и расчеты позволили математически описать форму гистограмм и обосновать их функциональную эквивалентность (с точностью до гомотопического коэффициента), а также восстановить топологию пространства ординации. Это пространство имеет многослойную структуру, так что ниши разных объектов многократно накладываются друг на друга, обуславливая неоднозначность интерпретации фрагментов снимка. Разделение возможно только на уровне точек оптимума проявления на снимке данного выдела (определяется по положению максимума гистограмм).

По этой причине распространенные процедуры, основанные на возможности разделения объектов в признаковом пространстве ординации, несостоятельны. С географической точки зрения более эффективен подход, основанный на

предварительной сегментации изображения по данным разных каналов с использованием нетривиальных процедур локально-дифференциального анализа снимка (расчет определителя Якоби, коэффициентов конгруэнтных связей и т.д.). Затем с использованием частотных и ранговых распределений пикселей по выделам осуществляется свертка информации в точку оптимума и проводится сравнение распределений с эталонными распределениями, соответствующими базовой топологии пространства ординации. Объекты считаются эквивалентными, если они имеют статистически сходное положение оптимума и гомотопический коэффициент.

## **О задаче радиационной коррекции при дистанционном зондировании мозаичной земной поверхности**

*Сушкевич Т.А., С.А.Стрелков, Е.В.Владимирова, С.В.Максакова, А.К.Куликов*

*Институт прикладной математики имени М.В.Келдыша РАН,*

*125047, Москва, Миусская пл., д. 4*

*Тел. (095)250-79-97, 433-16-23; Факс (095)972-07-37 E-mail: [tamaras@keldysh.ru](mailto:tamaras@keldysh.ru)*

Многочисленные экспериментальные и теоретические исследования переноса солнечной радиации в системе "атмосфера – земная поверхность" и собственного излучения Земли позволили создать достоверные представления о радиационном поле планеты и установить явные и количественные связи между радиационными характеристиками и оптико-физическими параметрами атмосферы и земной поверхности, ответственными за радиационный режим Земли и передаточные характеристики атмосферного канала в системах видения и дистанционного зондирования.

Можно выделить следующие типы радиационных задач, требующих учета земной поверхности. Первый тип — это задачи энергетики и радиационного баланса Земли, когда источником служит радиация Солнца. Второй тип — это задачи дистанционного зондирования атмосферы и облачности, когда земная поверхность является помехой. Третий тип — это задачи дистанционного зондирования земной поверхности, когда необходимо устранить (провести атмосферную коррекцию) или достоверно учесть влияние атмосферы.

Проведенные исследования позволили получить фундаментальные результаты в теории оптического передаточного оператора (ОПО) и решении задач радиационной коррекции. Во-первых, с единых методических основ сформулирован ОПО для всего разнообразия угловых и пространственных структур и характеристик отражения и источников излучения для плоских и сферических моделей Земли. Во-вторых, все нелинейные приближения представлены через линейные функции влияния (ФВ) и пространственно-частотные характеристики (ПЧХ) общей краевой задачи теории переноса. В-третьих, определен полный набор базовых моделей ФВ и ПЧХ, необходимый и достаточный для описания передаточных характеристик системы переноса излучения. В-четвертых, ОПО построен строго математически и физически корректно в рамках линейно-системного подхода. Разработанная теория ОПО описывает известные зарубежные и отечественные теоретические результаты.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского Фонда Фундаментальных Исследований (проекты 03-01-00132, 03-01-06018).

# **Обобщенная (трехмасштабная) модель рассеяния электромагнитных волн на морской поверхности**

*Чурюмов А.Н., Ю.А. Кравцов, М.И. Митягина, А.В. Моркотун*

*Институт космических исследований РАН,  
117997, Москва, Профсоюзная ул., 84/32*

Работа направлена на развитие теории рассеяния на высоких по сравнению с длиной зондирующей волны и крутых неровностях морской поверхности. Предлагается обобщенная (трехмасштабная) модель, которая в отличие от стандартной двухмасштабной модели учитывает рассеяние на крутых морских волнах мезомасштабного спектра. Рассеяние на крутых мезомасштабных неровностях имеет нерезонансный (небрэгговский) характер и не описывается ни одной из существующих теорий.

Рассмотрено многоканальное рассеяние для модельной формы крутой обрушающейся волны с заостренной кромкой и получено аналитическое решение задачи рассеяния с помощью методов геометрической теории дифракции. Выявлено, что основное влияние на рассеяние оказывает профиль волны в ближайшей окрестности гребня и произведено обобщение модели на случай произвольного профиля обрушающейся волны. Проведено усреднение сечения обратного рассеяния по параметрам обрушающихся волн и оценен относительный вклад мезомасштабных обрушающихся волн в суммарное сечение обратного рассеяния от морской поверхности. Оценены границы применимости и выделены эффекты характерные для настильных углов наблюдения.

Предложена удобная интерполяционная формула, сопрягающая результаты геометрической теории дифракции и теории возмущений. Интерполяционная формула позволяет проследить переход от коротких (миллиметровых и сантиметровых) электромагнитных волн к длинным (дециметровым) и открывает путь к построению универсальных частотно-угловых закономерностей рассеяния электромагнитных волн на морской поверхности с учетом трех компонент волнения: крупномасштабных (энергонесущих) волн, мелкомасштабной компоненты (ряби) и мезомасштабных крутых волн.

## **Пассивное микроволновое зондирование Земли: прошлое, настоящее и планы на будущее.**

*Шарков Е. А.*

*Институт космических исследований РАН*

*Профсоюзная ул., д. 84/32, Москва , 117997*

*E-mail : [esharkov@iki.rssi.ru](mailto:esharkov@iki.rssi.ru)*

Стремительное внедрение за последние 10-15 лет методов и средств микроволнового зондирования при аэрокосмических наблюдениях явилось следствием принципиально новой ( по отношению к оптическому и инфракрасному диапазонам) физической информативности микроволнового зондирования при изучении земных объектов ( поверхности и атмосферы ). Развитие и эволюция приборного парка и научно-исследовательских проектов микроволнового зондирования происходило, разумеется, весьма неоднородным и неравномерным образом. Тем не менее на сегодняшний день ни одна потенциальная крупная спутниковая миссия по исследованию Земли не обходится без включения в нее пассивных и активных радиофизических приборов в той или иной конфигурации. В настоящей работе анализируются некоторые исторические элементы развития микроволновых миссий (включая вопросы развития приборного парка), современное состояние и некоторые планы на будущее.