

## Резюме проекта, выполняемого

в рамках ФЦП

### «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014 – 2020 годы»

по этапу № 2/итоговый

Номер Соглашения о предоставлении субсидии: 14.616.21.0059

Тема: «Разработка методов оценки и прогнозирования опасных метеорологических явлений в океане на основе инновационных микроволновых технологий и новых физических моделей взаимодействия атмосферы и океана при штормовых условиях»

Приоритетное направление: Рациональное природопользование (РП)

Критическая технология: Технологии предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера

Период выполнения: 11.11.2015 - 31.12.2016

Плановое финансирование проекта: 49.817425 млн. руб.

Бюджетные средства 11.57 млн. руб.,

Внебюджетные средства 38.247425 млн. руб.

Получатель: Федеральное государственное бюджетное научное учреждение "Федеральный исследовательский центр Институт прикладной физики Российской академии наук"

Иностранный партнер: Ruprecht-Karls-University Heidelberg (Гейдельберг, Германия)

Иностранный партнер: University d Aix Marseille

Иностранный партнер: University of Keele

Ключевые слова: спутниковая метеорология и океанология, шторм, ураган, микроволновое дистанционное зондирование, поляризация, пограничные слои атмосферы и океана, поверхностные волны, рассеяние радиоволн на морской поверхности

## 1. Цель проекта

Целью проекта является разработка методов и технологических решений для оценки и прогноза опасных метеорологических явлений в океане на основе новых микроволновых технологий, а также применения новых физических представлений о процессах вблизи границы раздела атмосферы и океана. Объединение исследовательского опыта, последних научных достижений и уникальной научной инфраструктуры Российских и Европейских участников проекта должно привести к получению значимых научных результатов, созданию новых и эффективных методов и средств и информационных услуг для существенного повышения надежности прогнозов опасных явлений погоды в интересах повышения безопасности морской деятельности и качества жизни населения прибрежных территорий.

Для достижения поставленной цели был создан прототип комплекса программного обеспечения для определения параметров пограничных слоев океана и атмосферы по данным дистанционного (в том числе, космического) зондирования. Создание такого комплекса потребовало решения ряда тесно связанных друг с другом задач:

I. разработка методик для восстановления параметров приводного слоя атмосферы при штормовых и ураганных условиях по данным микроволнового зондирования

II. теоретические и экспериментальные исследования для получения новых представлений о физических процессах в пограничных слоях и разработка методик для определения турбулентных потоков в приводном слое атмосферы в зависимости скорости ветра при штормовых и ураганных условиях

III. создание программных продуктов для определения параметров пограничных слоев океана и атмосферы при штормовых и ураганных ветрах по данным дистанционного (в том числе, космического) зондирования

## 2. Основные результаты проекта

1. Проведено экспериментальное исследование процессов обмена импульсом и механизмов генерации брызг при сильных (ураганных) ветрах.

2. Разработана методика расчета турбулентного потока импульса в зависимости от скорости приводного ветра в широком диапазоне включая ураганные.

3. Создан экспериментальный образец доплеровского скаттерометра X- диапазона, работающего на прямой и перекрестной поляризации (на основе ранее полученного результата)

4. Проведено экспериментальное исследование рассеяния микроволнового излучения на прямой перекрестной поляризации при сильных ветрах.
  5. Разработана методика для восстановления скорости приводного ветра по измерению деполяризации излучения в широком диапазоне включая ураганные ветра.
  6. Разработан прототип программного комплекса обеспечения для оценки характеристик приводного слоя атмосферы (включая поля скорости приводного ветра, поля турбулентного потока импульса тепла и двуокси углерода) по данным микроволнового зондирования поверхности океана, применимой для штормовых и ураганных условий.
  7. Проведены обобщение и оценка полученных результатов, в том числе: - обобщение результатов исследований; сопоставление анализа научно-информационных источников и результатов теоретических и экспериментальных исследований; - оценка эффективности полученных результатов в сравнении с современным научно-техническим уровнем; анализ выполнения требований ТЗ на проведение исследований; - оценка полноты решения задач и достижения поставленных целей проведения исследований.
  8. Разработаны рекомендации по использованию результатов проведенных исследований в реальном секторе экономики, а также в дальнейших исследованиях и разработках;
  9. Разработан проект технического задания на проведение ОКР по теме: «Разработка системы оценки и прогнозирования опасных метеорологических явлений в океане»;
  10. Осуществлено участие в мероприятиях по демонстрации и популяризации результатов и достижений в рамках проводимых исследований.
- Выполнение работ в тесном международном сотрудничестве ведущих научных коллективов в области исследования процессов атмосферы и гидросферы в пограничных слоях позволило выполнить все поставленные задачи и получить заявленные результаты.

Сочетание различных методик исследований и использование сразу нескольких экспериментальных стендов (ВВК БТСБ, LASIF, AELOTRON, ветро-волновой канал университета Киото) позволило выполнить экспериментальные исследования процессов обмена импульсом и процессов газобмена в широком диапазоне условий, включая штормовые и ураганные ветра. С использованием высокоскоростной видеосъемки удалось выполнить исследование механизмов генерации брызг, которые играют значительную роль в исследуемых процессах обмена. Разработанный экспериментальный образец доплеровского скаттерометра X-диапазона, позволяющий работать на прямой и перекрестной поляризации был специально оптимизирован для проведения измерений в лабораторных условиях. Наиболее важный его компонент, ОМТ, является оригинальной разработкой и на него были оформлены права РИД. С помощью нового скаттерометра были выполнены исследования рассеяния микроволнового излучения при ураганных ветрах в контролируемых условиях лабораторного эксперимента. Это позволило затем определить ГМФ связывающую УЭП рассеянного сигнала с характеристиками воздушного потока в том числе для условий ураганных ветров.

На основе анализа полученных результатов экспериментальных исследований были разработаны методики позволяющие рассчитывать скорость приводного ветра, турбулентный поток импульса и поток углекислого газа на границе атмосферы и гидросферы на основе анализа изображений водной поверхности, полученной дистанционным микроволновым зондированием в X и C диапазоне на перекрестной поляризации с ИСЗ. Данные методики были представлены в виде алгоритмов и реализованы в численных кодах прототипа комплекса программного обеспечения для обработки данных микроволнового зондирования поверхности Земли и получения информации о состоянии приводного слоя атмосферы и приповерхностного слоя мирового океана. Выполненная тестовая обработка на изображениях полученных в C-диапазоне со спутника RADARSAT полностью подтвердила его работоспособность.

Все результаты достигнуты.

### **3. Охраноспособные результаты интеллектуальной деятельности (РИД), полученные в рамках прикладного научного исследования и экспериментальной разработки**

Секреты производства ("know-how"), патент № 430 от 28.12.2016 "Разделитель линейных поляризаций ОМТ для доплеровского радиоскаттерометра X-диапазона", РФ

### **4. Назначение и область применения результатов проекта**

Созданный комплекс программного обеспечения для определения параметров пограничных слоев океана и атмосферы по данным дистанционного зондирования, на основе новых микроволновых технологий и новых физических представлений о взаимодействии атмосферы и океана при штормовом и ураганном ветре открывает возможности для

- 1) создания новых и информационных услуг,
- 2) существенного повышения надежности прогнозов опасных явлений погоды в интересах повышения безопасности морской деятельности и качества жизни населения прибрежной зоны,
- 3) проведения фундаментальных исследований климатической системы Земли,
- 4) образовательных целей в ВУЗах, готовящих специалистов в области метеорологии, океанологии, радиофизики, географии.

Использование новых алгоритмов для восстановления скорости ураганного ветра, а также новых моделей турбулентных потоков, новых моделей ветровой накачки при моделировании волнения позволит повысить качество оценок параметров приводного слоя атмосферы и характеристик поверхности волнения, что в конечном итоге будет способствовать повышению безопасности морской деятельности и качества жизни населения прибрежной зоны. Комплекс может быть непосредственно использован для оценки параметров пограничного слоя атмосферы и поверхностного волнения по данным микроволновых приборов на платформах, уже находящихся на орбите (Radarsat-2, Sentinel-1, ALOS PALSAR) и планируемых к запуску в ближайшее время (MetOp-SG). Прямыми потребителями результатов являются российские и зарубежные космические агентства (Федеральное космическое агентство России, Британский национальный космический центр, Европейское космическое агентство, Германский центр авиации и космонавтики, и др.), отечественные и зарубежные компании, занимающиеся развитием добычи полезных ископаемых в прибрежной зоне, подразделения Федеральной службы

по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды, а также научно-исследовательские институты как в России, так и за рубежом, занимающиеся дистанционной диагностикой поверхности океана и экспериментальным исследованием мелкомасштабного взаимодействия океана и атмосферы (ИО РАН, ИФА РАН, ИКИ РАН, ИРЭ РАН и т.д.), потребители методических разработок являются ВУЗы по соответствующим специальностям (РГГМУ, МГУ, НГТУ, ННГУ, и т.д.).

## **5. Эффекты от внедрения результатов проекта**

Программные продукты и разработки приборной базы, полученные в результате выполнения данного проекта будут способствовать повышению безопасности жизнедеятельности, основанной на качественно новых знаниях о мелкомасштабных процессах на границе океана и атмосферы с помощью современных экспериментальных и вычислительных технологий, разработке принципиально новых микроволновых методов их дистанционной диагностики, а также применении этих знаний для предупреждения и смягчения последствий локальных опасных инцидентов.

## **6. Формы и объемы коммерциализации результатов проекта**

- 1) Коммерческое специализированное программное обеспечение, предназначенное для обработки космических снимков поверхности Земли для получения о метеорологической, гидрологической и экологической обстановки на границе атмосферы-гидросферы.
- 2) Отдельные элементы и целые приборы (мелкосерийное производство) для исследования характеристик состояния окружающей среды в пограничных слоях атмосферы-гидросферы с помощью микроволнового зондирования.

Услуги, продукция.

Услуга по специализированной обработке космических снимков для получения информации о состоянии приземного слоя атмосферы (скорости приземного ветра, потока импульса и углекислого газа через границу океан-атмосфера). В дальнейшем могут быть добавлены функции получения дополнительной информации о потоках тепла, других газов, имеющих важное значение для климатических процессов.

Продажа специализированного программного обеспечения для обработки изображений поверхности гидросферы Земли.

Услуга по проведению исследований с помощью специализированных приборов микроволнового зондирования поверхности гидросферы в натуральных условиях и при лабораторном моделировании на крупномасштабных стендах.

Общие объемы рынка услуг и продукции порядка – 3 000 000 долл (отечественный рынок около 30%).

## **7. Наличие соисполнителей**

Иностранные партнеры:

Кильский Университет (Великобритания, г. Киль), профессор Виктор Шрира,

Университет Экс-Марсель (Франция, г. Марсель) доктор Гимет Колье,

Университет Гейдельберга (Германия, г. Гейдельберг) профессор, координирующий директор лаборатории обработки изображений г. Гейдельберг, глава лаборатории ветро-волнового взаимодействия Бернд Яне.