

## Резюме проекта, выполняемого

в рамках ФЦП

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

по этапу № 3

Номер Соглашения о предоставлении субсидии: 14.607.21.0055

Тема: «Разработка методов и создание экспериментального образца комплекса многочастотной радиолокации для мониторинга океана и внутренних водоемов»

Приоритетное направление: Рациональное природопользование

Критическая технология: Технологии мониторинга и прогнозирования состояния окружающей среды, предотвращения и ликвидации ее загрязнения

Период выполнения: 26.08.2014 - 31.12.2016

Плановое финансирование проекта: 91.25 млн. руб.

Бюджетные средства 72.50 млн. руб.,

Внебюджетные средства 18.75 млн. руб.

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

Индустриальный партнер: Закрытое акционерное общество "Научно-производственная организация "Информационные системы и наукоемкие технологии "

Индустриальный партнер: Общество с ограниченной ответственностью "Медуза"

Ключевые слова: Многочастотная радиолокация поверхности водоемов, ветровое волнение, мониторинг процессов в океане и приповерхностных слоях атмосферы.

## 1. Цель проекта

Исследование и разработка комплекса научно-технических решений, направленных на создание новых эффективных методов всепогодной многочастотной радиолокации в сверхвысокочастотном (СВЧ) диапазоне электромагнитных волн для исследования характеристик ветровых волн и мониторинга океана и внутренних водоемов. Создание экспериментального образца комплекса многочастотной радиолокации для мониторинга океанов и внутренних водоемов.

Получение значимых научных результатов в области разработки комплексов многочастотной радиолокации для мониторинга океана и внутренних водоемов (ЭО КМРЛ для МО и ВВ).

## 2. Основные результаты проекта

В ходе выполнения проекта получены следующие основные результаты:

- 1) принципы многочастотной радиолокации для исследования характеристик ветровых волн и мониторинга океана и внутренних водоемов;
- 2) технические принципы построения КМРЛ для МО и ВВ;
- 3) алгоритм восстановления спектральных интенсивностей мелкомасштабных ветровых волн с использованием КМРЛ для МО и ВВ;
- 4) алгоритм обнаружения внутренних волн и течений, штилевых зон, пленок ПАВ на поверхности океана с использованием КМРЛ для МО и ВВ;
- 5) алгоритм оценки характеристик длинных ветровых волн с использованием КМРЛ для МО и ВВ;
- 6) экспериментальный образец КМРЛ для МО и ВВ;
- 7) алгоритм оценки характеристик внутренних волн с использованием КМРЛ для МО и ВВ;
- 8) алгоритм оценки физических характеристик (упругости) пленок поверхностно-активных веществ (ПАВ) на поверхности океана в рамках существующей физической модели тонких нерастворимых пленок с использованием КМРЛ для МО и ВВ;
- 9) алгоритм оценки вариаций скорости ветра в штилевых зонах с использованием КМРЛ для МО и ВВ.

Принципы многочастотной радиолокации включают использование нескольких диапазонов излучения радиоволн, работу на

двух соосных поляризациях для выделения поляризованной и неполяризованной компонент удельного эффективного поперечника рассеяния (УЭПР), когерентный режим для определения скорости рассеивателей радиоволн, что дает возможность однозначного распознавания приповерхностных процессов и оценки их характеристик. КМРЛ для МО и ВВ состоит из четырех модулей (блоков синтезаторов, передатчика, приемника, цифровой обработки сигналов) и одной широкополосной антенны для всех диапазонов частот и использует при работе метод когерентно-импульсной локации на частотах вблизи 3, 6 и 10 ГГц и на двух поляризациях. Алгоритм восстановления спектральных интенсивностей мелкомасштабных ветровых волн основан на получении интенсивностей брэгговских компонент как разницы УЭПР на двух поляризациях. Алгоритм обнаружения внутренних волн и течений, штилевых зон, пленок ПАВ на поверхности океана включает три части: обнаружение внутренних волн основано на анализе корреляции между интенсивностью поляризованной и неполяризованной компонент УЭПР, со скоростями рассеивателей; обнаружение штилевых зон и пленок ПАВ предполагает сравнительный анализ вариаций поляризованной компоненты УЭПР на трех длинах волн; обнаружение течений основано на измерении скоростей рассеивателей в двух направлениях. Алгоритм оценки характеристик длинных ветровых волн (частоты, амплитуды) основан на определении доминирующей частоты и дисперсии вариаций скоростей брэгговских рассеивателей. Алгоритм оценки характеристик внутренних волн основан на анализе модуляции поляризованной компоненты УЭПР и позволяет определить направление распространения внутренних волн, оценить влияние пленочного механизма модуляции, для периодических волн оценить их частоту и фазовую скорость. Алгоритм оценки характеристик пленок ПАВ и алгоритм оценки вариаций скорости ветра в штилевых зонах основаны на сравнении измеренных и рассчитанных с использованием эмпирической модели локального баланса спектральных контрастов. Все развитые алгоритмы тесно взаимосвязаны. Предложенные в ходе выполнения работ решения задач ПНИ и направленные на разработку методов и средств радиолокационного зондирования водной поверхности, характеризуются высоким уровнем новизны, что, в частности, относится как к сформулированным принципам многочастотной радиолокации и техническим принципам построения КМРЛ для МО и ВВ, так и в полной мере к разработанным алгоритмам. Все полученные результаты полностью соответствуют требованиям ТЗ и ПГ, отвечают мировому уровню работ, ведущихся по проблеме радиолокационного зондирования океана и способствуют существенному повышению уровня технологического развития России.

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

Изобретение, заявка № 2015149331 от 18.11.2015 "Способ различения аномалий на водной поверхности средствами многочастотной СВЧ-радиолокации.

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

Основная область применения методов многочастотной радиолокации - дистанционное зондирование водной поверхности, включая получение информации о процессах в приповерхностных слоях океана и внутренних водоемов. Перспективным способом использования результатов ПНИ является разработка комплексов многочастотной радиолокации различного базирования (включая аэрокосмические системы мониторинга). Использование новых многочастотных радиолокаторов повысит качество, объем и надежность информации о верхнем слое водоемов и ветровом волнении, достоверность прогнозирования состояния водоемов, включая их загрязнение, что снизит экологическую уязвимость морей и внутренних водоемов России. Разработка методов и создание экспериментального образца комплекса многочастотной радиолокации для мониторинга океана и внутренних водоемов позволит существенно повысить технологический потенциал России в области создания новых технических средств контроля и систем космического мониторинга состояния водоемов, в т.ч. морского шельфа.

Возможными потребителями ожидаемых результатов являются: Гидрометеорологические службы Российской Федерации, Министерство чрезвычайных ситуаций РФ, Научно-исследовательские учреждения геофизической направленности, Научно-исследовательские учреждения космической отрасли.

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

Недостаточный уровень анализа особенностей проявления процессов, таких как внутренние и длинные поверхностные волны, штилевые зоны, пленки поверхностно-активных веществ, в спектре поверхностного волнения океана негативно отражается на возможностях диагностики этих процессов, приводя в целом ряде случаев к серьезным ошибкам не только в определении характеристик процессов, но и в самой их идентификации. Это серьезно осложняет задачу мониторинга водоемов, приводя к искажению информации и высокой вероятности ложных тревог в случае, например, катастрофического развития опасных процессов в океане и внутренних водоемах и на их поверхности, в частности, появления загрязнений. Значимость рассматриваемой задачи состоит в преодолении технических, технологических и экологических ограничений при развитии методов дистанционного мониторинга океана, что играет важную роль для развития экономики РФ. Увеличение возможностей диагностики океана и внутренних водоемов удовлетворит важные общественные потребности, в частности, в поддержании высокого уровня экологической безопасности водоемов.

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

Разрабатываемые КМРЛ имеют значительные перспективы коммерциализации в плане реализации последующих ОКР, направленных на создание (промышленное внедрение) КМРЛ для нужд организаций различных ведомств (МЧС, Росгидромет, Роскосмос, ФАНО).

## 7. Наличие соисполнителей

Государственное учреждение "НАУЧНЫЙ ЦЕНТР ПРОБЛЕМ АЭРОКОСМИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА" (НИИ "АЭРОКОСМОС") ИНН 7701526919, контрагенты, выполнение СЧ ПНИ по теме проекта в 2014, 2015 гг.

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

\_\_\_\_\_  
директор  
(должность)

\_\_\_\_\_  
(подпись)

Сергеев А.М.  
\_\_\_\_\_  
(фамилия, имя, отчество)

### Руководитель работ по проекту

\_\_\_\_\_  
заведующий отделом  
(должность)

\_\_\_\_\_  
(подпись)

Ермаков С.А.  
\_\_\_\_\_  
(фамилия, имя, отчество)

М.П.