

**Резюме проекта (ПНИ), выполняемого
в рамках ФЦП
«Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития на-
учно-технологического комплекса России на 2014 – 2020 годы»
по этапу №1**

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 (РП)

Критическая технология: 19 Технологии мониторинга и прогнозирования состояния окружающей среды, предотвращения и ликвидации ее загрязнения

Период выполнения: 26.08.2014 – 31.12.2016

Плановое финансирование проекта:

Бюджетные средства 75 млн. руб.,

Внебюджетные средства 18,75 млн. руб.

Исполнитель: Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт прикладной физики Российской академии наук (ИПФ РАН)

Индустриальный партнер: Закрытое акционерное общество НПО «ИСИНТЕК» (ЗАО НПО «ИСИНТЕК»), Общество с ограниченной ответственностью «МЕДУЗА» (ООО «МЕДУЗА»)

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

1. Цель прикладного научного исследования и экспериментальной разработки

Предполагаемые прикладные научные исследования (ПНИ) нацелены на решение научно-технической проблемы, связанной с отсутствием отечественных современных, оперативных и достоверных методов и средств (различного базирования) для мониторинга водной поверхности в СВЧ-диапазоне, с целью дистанционного определения гидрологических характеристик приповерхностного слоя океана и внутренних водоемов (течений, турбулентности, вариаций приводного ветра, пленок поверхностно-активных веществ и т.д.).

Радиолокаторы СВЧ-диапазона являются наиболее перспективным средством дистанционного (в том числе космического) мониторинга состояния океана и внутренних водоемов. Их отличает всепогодность, возможность круглосуточного использования, а при применении радиолокаторов с синтезированной апертурой и высокое пространственное разрешение (вплоть до 1 м, как, например, для радиолокатора с синтезированной апертурой (РСА) TerraSAR-X).

Основой для получения информации о состоянии водоемов, то есть физических и биологических процессов, происходящих в верхних слоях океана и приповерхностном слое атмосферы, является изменчивость характеристик ветрового волнения, прежде всего мелкомасштабных ветровых волн, под действием указанных процессов. На-

личие течений, внутренних волн, неоднородного поля ветра, пленок биогенной природы приводит к вариациям интенсивности мелкомасштабных ветровых волн см-дм-диапазона длин, которые, как правило, являются наиболее чувствительными к указанным процессам и которые определяют рассеяние СВЧ-излучения при радиолокационном зондировании водной поверхности.

При этом, как показывает целый ряд работ, вариации характеристик волнения в разных диапазонах спектра длин волн существенно различаются для разных процессов. Так, воздействие внутренних волн на ветровые волны характеризуется наиболее сильным воздействием в дм-диапазоне спектра последних, гасящее действие пленок оказывается наиболее сильным обычно в см- части спектра, для проявления ветровых порывов характерна довольно слабая зависимость от длины ветровых волн. Разумеется, сказанное дает лишь качественную, довольно схематичную, картину отображения процессов различной природы, которая существенно зависит от характеристик процессов (скоростей течений и внутренних волн, протяженности ветровых аномалий, параметров пленок и т.д.). Выявление особенностей и анализ диапазонов длин ветровых волн, наиболее сильно реагирующих на те или иные процессы и, соответственно, выбор рабочих длин волн радиолокаторов и режимов их работы и составляет одну из задач данного исследования.

В настоящее время дистанционное зондирование водной поверхности является важнейшим инструментом оперативного получения информации, необходимой для формирования прогнозов погоды и опасных явлений, рационального осуществления хозяйственной деятельности и экологического мониторинга.

Исследования последних лет показали, что использование радиолокационного зондирования в СВЧ диапазоне позволяет определять спектральные характеристики ветровых волн и, по их вариациям, параметры приповерхностных геофизических процессов в океане и атмосфере, в том числе неоднородных течений различной природы, а также характеристики загрязнений водной поверхности, в том числе в сложных погодных условиях. Не отрицая перспектив использования поляризационных одночастотных методов, можно полагать, что многочастотные (и поляризационные) радиолокационные системы смогут обеспечить развитие прорывных методов мониторинга. Это и определяет актуальность данного исследования.

Проведение данного ПНИ направленного на разработку новых методов и средств радиолокационного зондирования водной поверхности, а результаты данной ПНИ станут основой для создания мобильных автоматизированных приборов, используемых в различных приложениях, в том числе, в задачах мониторинга гидрологии водоемов и состояния их поверхности.

Развитие новых методов дистанционной многочастотной радиолокационной диагностики водоемов будет отвечать повышению уровня технологического развития России, что предполагается решить посредством реализации результатов предлагаемых ПНИ. Основными целями проекта являются обоснование и разработка новых эффективных методов многочастотной радиолокации в сверхвысокочастотном (СВЧ) диапазоне электромагнитных волн для исследования характеристик приповерхностно-

го слоя океана и ветрового волнения, а также создание экспериментального образца комплекса многочастотной радиолокации.

2. Основные результаты проекта

В соответствии с ПГ по первому этапу проведены следующие работы и получены следующие научно – технические результаты.

а) По пункту 1.1 ПГ проведен аналитический обзор современной научно-технической, нормативной, методической литературы, затрагивающей научно-техническую проблему, исследуемую в рамках ПНИ, в том числе обзор научных информационных источников: статьи в ведущих зарубежных и (или) российских научных журналах, монографии и (или) патенты) – не менее 15 научно-информационных источников за период 2009 – 2013 гг. Проанализировано всего 172 источника, среди них 52 источника за период 2009-2013 гг., и показано, что использование особенностей отображения процессов в океане в различных диапазонах при многочастотном радиолокационном зондировании в комбинации с учетом поляризационных особенностей и доплеровских сдвигов радиолокационных сигналов представляется весьма актуальным и перспективным для развития методов многочастотной радиолокации океана и внутренних водоемов.

б) По пункту 1.2 ПГ проведены патентные исследования в соответствии с ГОСТ 15.011-96, показавшие, что полученные в ходе выполнения ПНИ результаты интеллектуальной деятельности могут быть защищены патентом Российской Федерации либо на способ многочастотной радиолокации, либо, если после проведенных дополнительных исследований будет сделан вывод о патентоспособности устройства, на способ и устройство для его реализации.

в) По пункту 1.3 ПГ проведены выбор и обоснование направления исследований, методов и средств проведения лабораторных и натурных (полевых) испытаний.

г) По пункту 1.4 ПГ проведен анализ существующих математических моделей вариаций характеристик ветровых волн в присутствии внутренних волн и течений, штилевых зон, пленок ПАВ, показавший, что данные модели позволяют рассчитывать вариации спектра ветровых волн в широком диапазоне изменения характеристик внутренних волн и течений, штилевых зон, пленок ПАВ и выявить основные особенности воздействия данных факторов на короткие ветровые волны, зависящие от диапазона длин ветровых волн.

д) По пункту 1.5 ПГ проведен анализ существующих математических моделей отображения вариаций характеристик ветровых волн в присутствии внутренних волн и течений, штилевых зон, пленок ПАВ в характеристиках радиолокационных сигналов различных участков СВЧ-диапазона, который показал, что анализ существующих математических моделей отображения вариаций характеристик ветровых волн в присутствии внутренних волн и течений, штилевых зон, пленок ПАВ в характеристиках радиолокационных сигналов различных участков СВЧ-диапазона показал, что существующие модели позволяют проводить расчеты характеристик радиолокационного сигнала в присутствии указанных выше процессов.

е) По пункту 1.6 ПГ проведен анализ результатов спутниковых радиолокационных наблюдений океана и внутренних водоемов для выявления особенностей проявления внутренних волн, штилевых зон, пленок ПАВ на радиолокационных изобра-

жениях и сопоставления с результатами анализа (п.п.1.4 -1.5), который показал, что особенности проявления внутренних волн и течений, штилевых зон и пленок ПАВ на радиолокационных изображениях в целом удовлетворительно объясняются в рамках существующих математических моделей вариаций характеристик ветровых волн и моделей их отображения в характеристиках радиолокационных сигналов различных участков СВЧ-диапазона. При анализе были использованы изображения, собранные и первично обработанные в ходе выполнения пункта 1.15 ПГ.

ж) По пункту 1.7 ПГ выполнена разработка принципов многочастотной радиолокации для исследования характеристик ветровых волн и мониторинга океана и внутренних водоемов. Сформулировано три принципа многочастотной радиолокации: использование нескольких частот для определения природы процессов и однозначности определения их характеристик, двух поляризааций для выделения резонансной (пропорциональной спектру) и зеркальной составляющих и когерентного режима работы для возможности определения не только интенсивности отраженного сигнала, но и фазы.

и) По пункту 1.8 ПГ проведена разработка технических принципов построения КМРЛ для МО и ВВ, который будет представлять собой многочастотный когерентный радиолокатор, работающий на 2 взаимно-ортогональных поляризациях.

к) По пункту 1.9 ПГ разработан макет модуля блока цифровой обработки сигнала (ММЦОС), предназначенный для первичной обработки сигналов, поступающих из макета модуля приемника (ММПР). Схемотехническое решение ММЦОС состоит в размещении отдельных блоков ММЦОС на одной печатной плате.

л) По пункту 1.10 ПГ разработаны Программы и методики лабораторных испытаний ММЦОС, которые позволили провести испытания и установить возможность использования ММЦОС в ЭО КМРЛ для МО и ВВ.

м) По пункту 1.11 ПГ разработан макета модуля приемника (ММПР), предназначенный для приема СВЧ сигнала.

н) По пункту 1.12 ПГ разработаны Программы и методики лабораторных испытаний ММПР, которые позволили провести испытания и установить возможность использования ММПР в ЭО КМРЛ для МО и ВВ.

п) По пункту 1.13 ПГ разработан макет модуля передатчика (ММП), предназначенный для передачи СВЧ сигналов.

р) По пункту 1.14 ПГ разработаны Программы и методики лабораторных испытаний ММП, которые позволили провести испытания и установить возможность использования ММП в ЭО КМРЛ для МО и ВВ.

с) По пункту 1.15 ПГ проведены сбор и первичная обработка спутниковых изображений поверхности океана и внутренних водоемов для выявления особенностей проявления внутренних волн и течений, штилевых зон, пленок ПАВ на радиолокационных изображениях. Приведенные результаты спутниковых наблюдений океана и внутренних водоемов проанализированы более детально согласно пункту 1.6 ПГ, результаты анализа представлены в разделе 6 настоящего отчета.

т) По пункту 1.16 ПГ изготовлен ММЦОС.

у) По пункту 1.17 ПГ Проведены лабораторные испытания ММЦОС, продемонстрировавшие его работоспособность и возможность использования в составе ЭО КМРЛ.

ф) По пункту 1.18 ПГ изготовлен ММПР, предназначенный для приема СВЧ сигнала.

х) По пункту 1.19 ПГ проведены лабораторные испытания ММПР, продемонстрировавшие его работоспособность и возможность использования в составе ЭО КМРЛ.

ц) По пункту 1.20 ПГ изготовлен макета модуля передатчика (далее – ММП), предназначенного для передачи СВЧ сигнала.

ш) По пункту 1.21 ПГ проведены лабораторные испытания ММП, продемонстрировавшие его работоспособность и возможность использования в составе ЭО КМРЛ.

щ) По пункту 1.22 ПГ Разработаны методы контактных, оптических и акустических измерений характеристик ветровых волн и приповерхностного слоя для использования во время натурных (полевых) испытаний. Разработанные методы позволяют независимо измерять характеристики приповерхностных процессов для оценки соответствия разработанного и изготовленного ЭО КМРЛ требованиям ТЗ.

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

На данном этапе не получено охраноспособных РИД.

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**

Разрабатываемый КМРЛ имеет 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.

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт прикладной физики Российской академии наук (ИПФ РАН)

Директор ИПФ РАН


_____ А.Г.Литвак

Руководитель работ по проекту

Зав. отделом 220

М.П.




_____ С. А. Ермаков