

***Разработка методов и создание  
экспериментального образца системы  
мониторинга антропогенных воздействий на  
шельфовые зоны черноморского побережья  
Российской Федерации, включая Крымский  
полуостров, на основе спутниковых и  
контактных данных***

**Руководитель исследования:**

*Бондур В.Г., академик РАН, доктор технических наук,  
профессор, директор*

**Организация:**

*НИИ «АЭРОКОСМОС»*

# Цели и задачи исследования



## Цели проекта:

- разработка и экспериментальная отработка методов и технологий комплексного наземно-космического мониторинга прибрежных акваторий российского шельфа, в том числе Крымского полуострова и г. Севастополь, для обеспечения экологической безопасности, рационального природопользования и снижения уровня антропогенной нагрузки на морские экосистемы;
- исследование и разработка научно-технологических решений, направленных на создание экспериментального образца региональной системы сбора и обработки космических и наземных данных для мониторинга антропогенных и природных воздействий на акватории черноморского побережья Российской Федерации, в интересах предотвращения их загрязнения.

## Актуальность:

- большинство акваторий Черного моря ( в том числе Крымского шельфа), загрязнены и находятся под постоянно нарастающей антропогенной нагрузкой (наличие крупных портов, обширных сельскохозяйственных угодий, транспортировка углеводородов, интенсивное строительство, рекреационная деятельность, устаревшие очистные системы и др. );
- существующие методы и технологии не позволяют осуществлять эффективный мониторинг этих акваторий.

**Новизна:** впервые на системном уровне обеспечивается комплексирование результатов обработки космических и контактных данных о состоянии водной среды, позволяющих регистрировать широкий спектр параметров, необходимых для получения достоверной информации о состоянии прибрежных акваторий шельфовых зон черноморского побережья Российской Федерации, включая Крымский полуостров, на различных уровнях детальности.



## Цели и задачи исследования

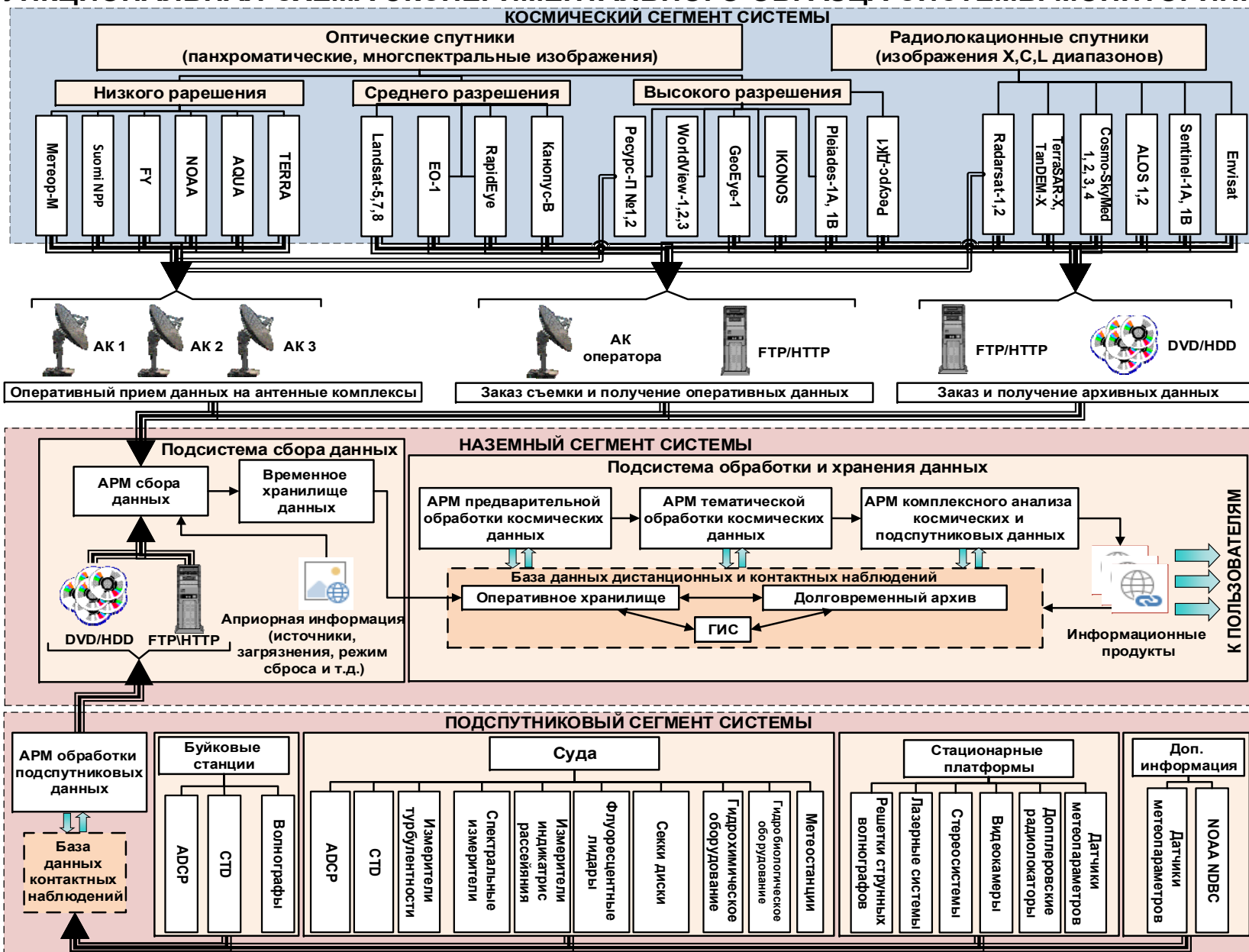
Реализуемый проект направлен на решение следующих задач:

- разработка новых подходов к комплексному наземно-космическому мониторингу состояния прибрежных акваторий черноморского побережья России, обеспечивающих более высокую оперативность (до 2-3 часов) и достоверность полученных результатов, за счет совместного использования различных спутниковых данных и данных контактных измерений;
- разработка методов анализа космических оптических и радиолокационных изображений, а также контактных данных, позволяющих определять значимые характеристики прибрежных акваторий и исследовать различные процессы, происходящие на морской поверхности и в толще воды для выявления негативных воздействий на шельфовые зоны с учетом случайного характера морского волнения;
- разработка новых методов, основанных на совместном использовании и комплексной обработке разнотипных спутниковых изображений и данных контактных измерений, позволяющих сочетать высокое пространственное разрешение оптических (до 0.5 метра), всепогодность и широкий охват радиолокационных систем (полоса обзора до 500 км), достоверность и надёжность подспутниковых данных, а также регистрировать большее число значимых параметров водной среды;
- обеспечение регистрации широкого набора значимых параметров водной среды с разрешением до 1 метра и частотой до нескольких раз в сутки за счёт комплексного использования разнотипных космических и контактных данных.



# Описание исследования

## ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ СХЕМА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ОБРАЗЦА СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА



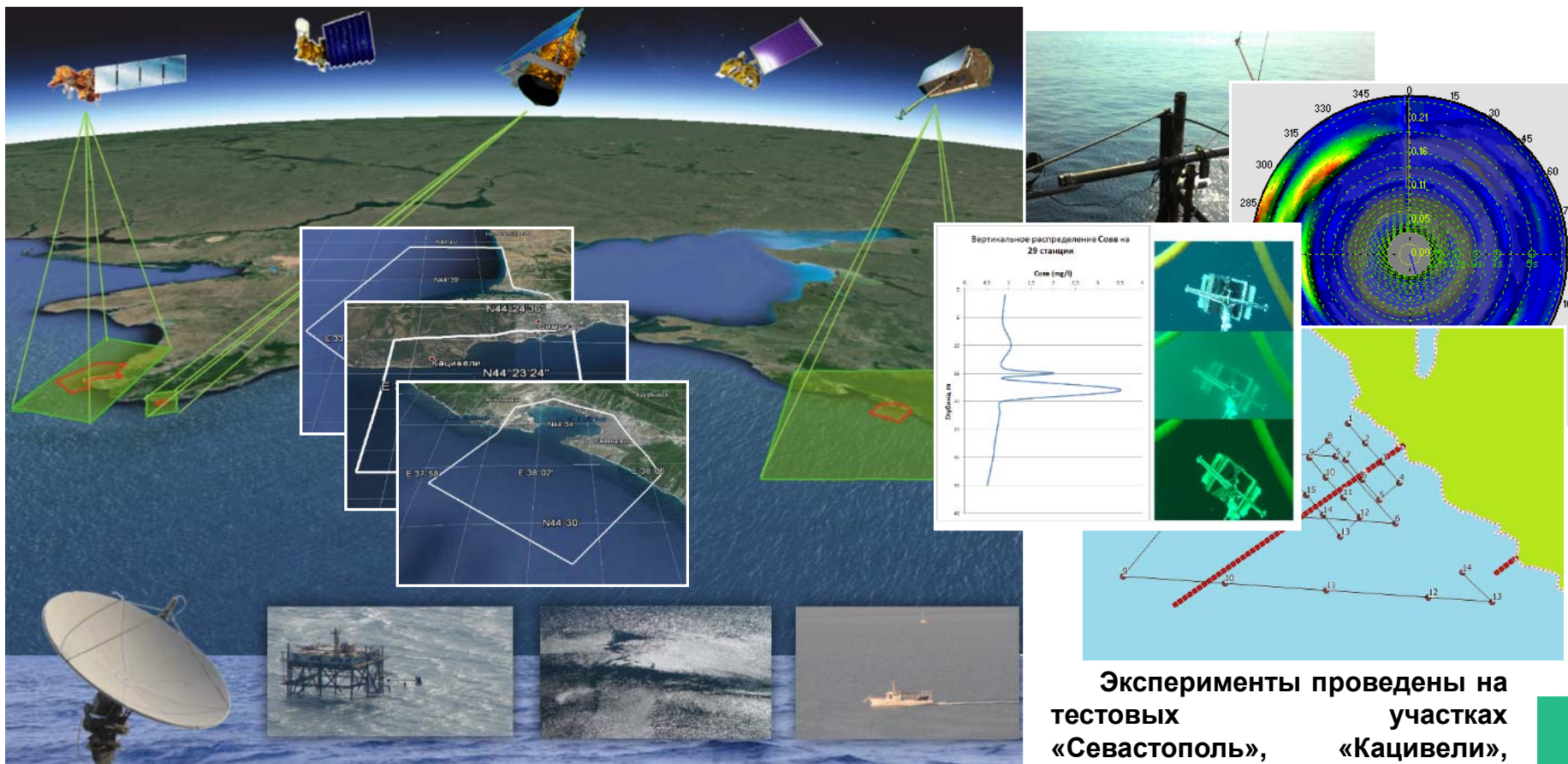


# Описание исследования



## ЭКСПЕРИМЕНТЫ. ТЕСТОВЫЕ УЧАСТКИ

В соответствии с разработанными программами и методиками проведены экспериментальные исследования на тестовых участках прибрежных акваторий черноморского шельфа России. Систематизированы и обработаны данные с использованием более чем 20 типов аппаратуры (космические оптические панхроматические и многоспектральные системы, РСА, акустические измерители скоростей течений, STD-датчики, термокосты, датчики мутности, микроструктурные зонды и др.).



Эксперименты проведены на тестовых участках «Севастополь», «Кацивели», «Геленджик»

# Описание исследования



## Разработанные методы:

1. Методы восстановления спектров уклонов и возвышений поверхностного волнения по космическим изображениям, основанные на синтезе восстанавливающих операторов, учитывающих линейную и нелинейную модуляции поля яркости поверхностью.

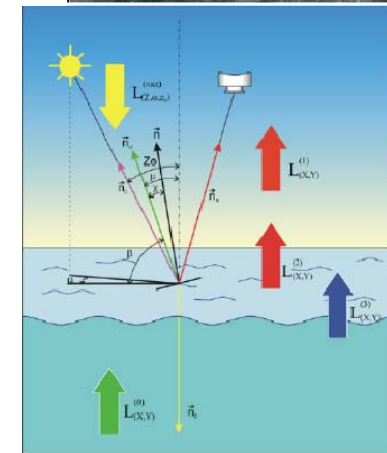
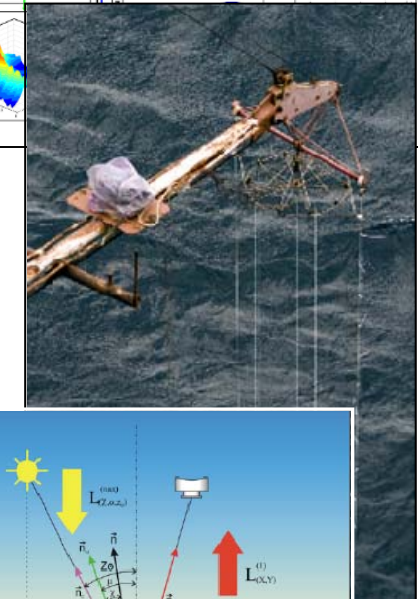
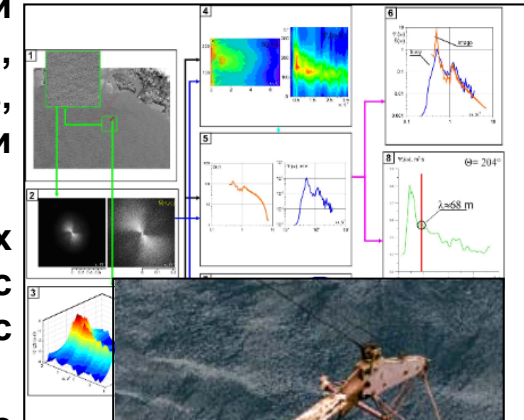
2. Методический подход к построению, восстанавливающих операторов и их синтезе путем численного моделирования с использованием степенной функции волнового числа с параметрами, зависящими от волнового азимута.

3. Метод прямой оценки пространственных спектров морских волн с помощью решётки волнографов, основанный на Вейвлет-преобразовании, позволяющем изучать нестационарные явления.

4. Метод обработки поляризационных радиолокационных изображений морской поверхности, основанный на представлении удельной эффективной поверхности рассеяния в виде суммы поляризованного излучения, связанного с Брэгговским рассеянием, и неполяризованного, связанного с обрушением волн

5. Методический подход, основанный на сопоставлении спектров волнения, полученных контактными и спутниковыми методами с использованием дисперсионного соотношения морских волн.

6. Технологии сбора и комплексной обработки различных спутниковых и контактных данных, реализуемые в Экспериментальном образце системы мониторинга, позволяющие получать информационные продукты, обеспечивающие оценку состояния исследуемых акваторий на локальном и региональном уровнях

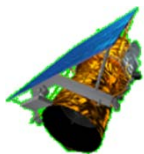




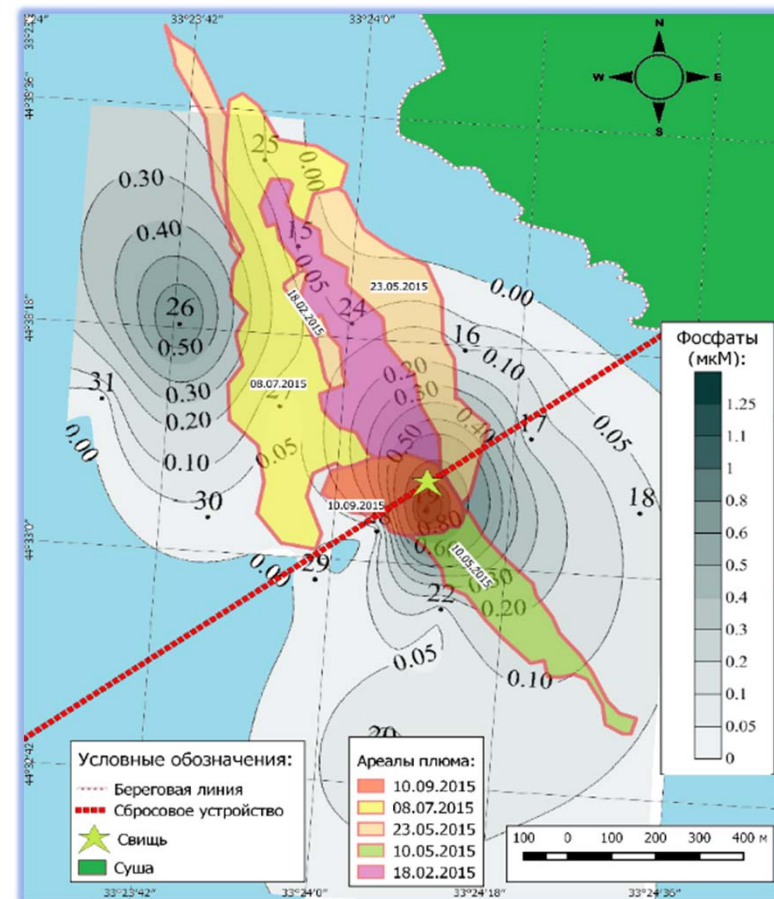
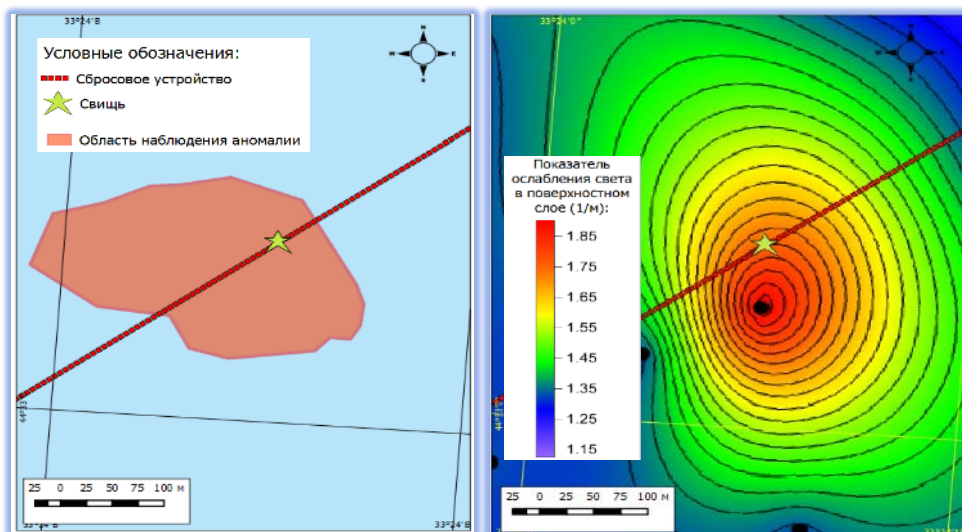
# Результаты исследования



ПРИМЕР ВЫЯВЛЕНИЯ АВАРИЙНОЙ СИТУАЦИИ В РАЙОНЕ СБРОСОВОГО УСТРОЙСТВА ОС ГОРОДА СЕВАСТОПОЛЬ ПО КОСМИЧЕСКИМ МНОГОСПЕКТРАЛЬНЫМ И ПОДСПУТНИКОВЫМ ДАННЫМ



Фрагменты космических оптических многоспектральных изображений высокого разрешения, на которых были обнаружены антропогенные загрязнения



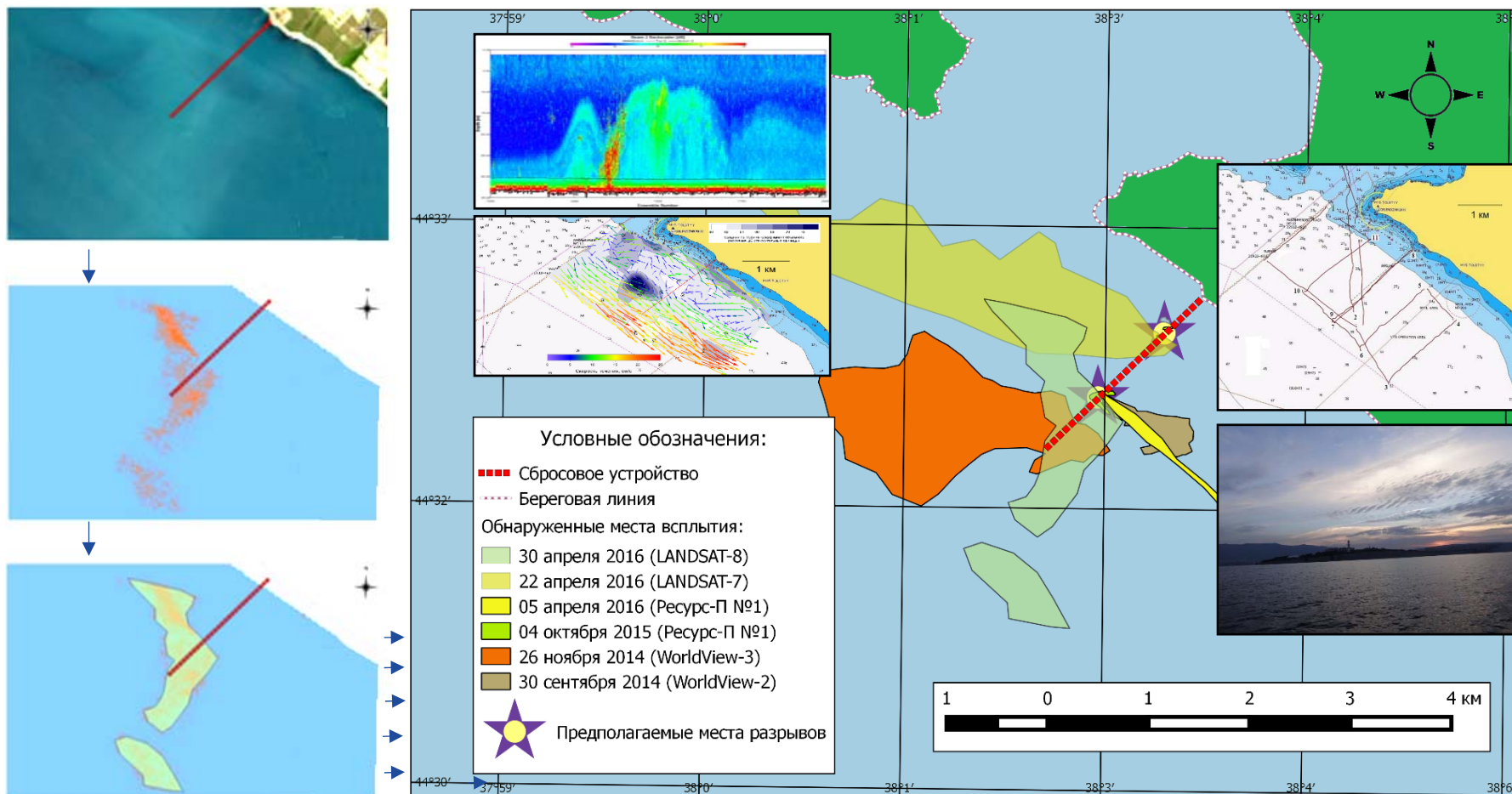
Сводная карта загрязнений, вызванных свищем, совмещенная с картой результатов обработки подспутниковых измерений

Сопоставление результатов выделения области загрязнения по космическим оптическим изображениям с данными подспутниковых измерений в районе пробоины в сбросовом устройстве  
*Соглашение № 14.577.21.0110* (10.09.2015)

# Результаты исследования



## ПРИМЕР ВЫЯВЛЕНИЯ АВАРИЙНОЙ СИТУАЦИИ В РАЙОНЕ СБРОСОВОГО УСТРОЙСТВА ОС ГОРОДА ГЕЛЕНДЖИК ПО КОСМИЧЕСКИМ МНОГОСПЕКТРАЛЬНЫМ И ПОДСПУТНИКОВЫМ ДАННЫМ



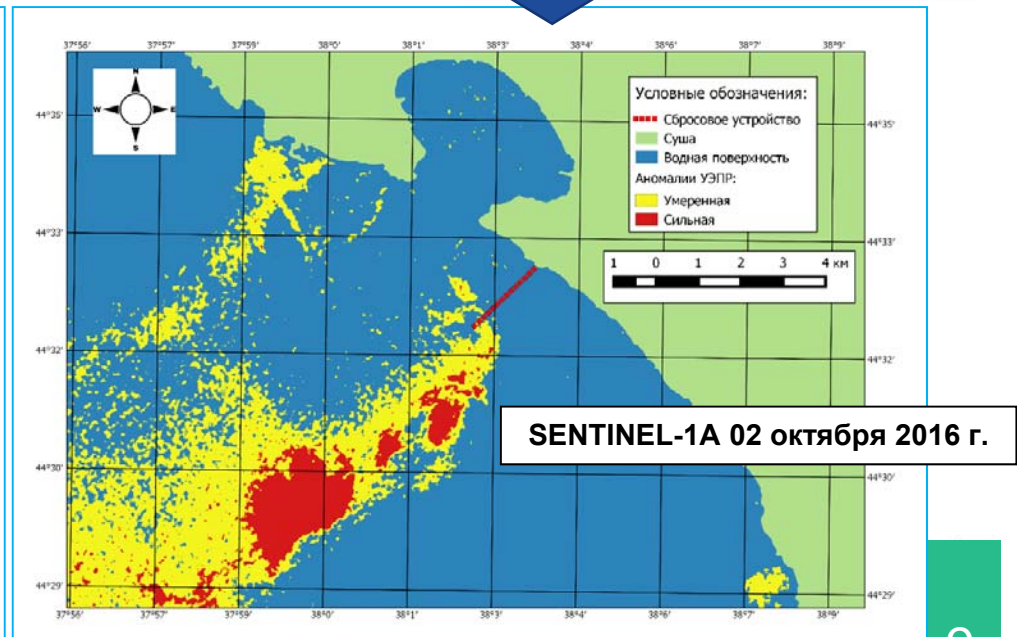
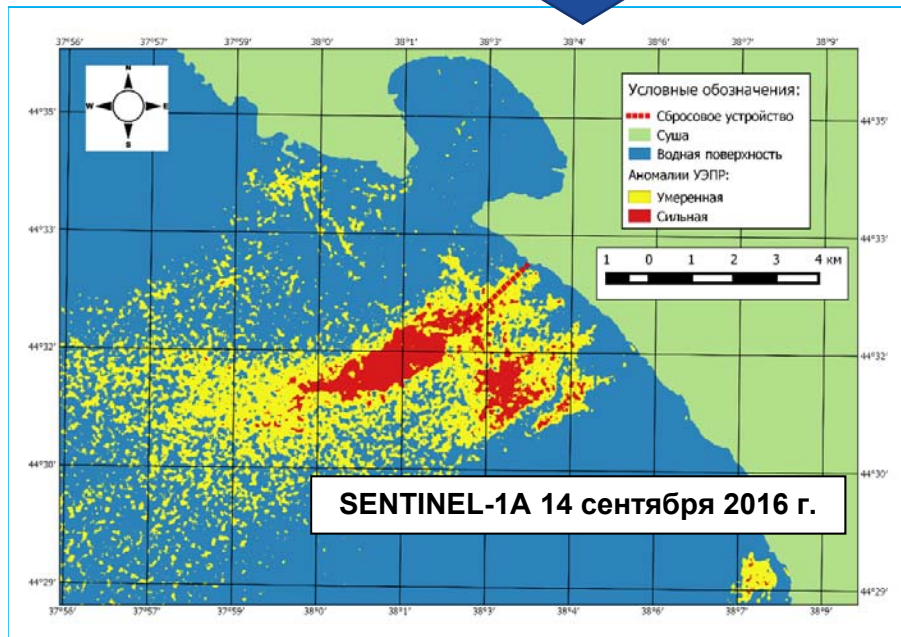
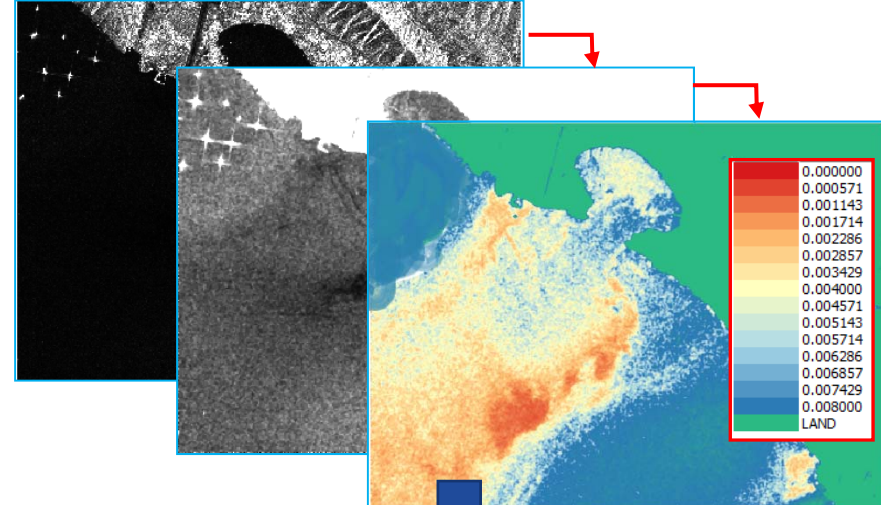
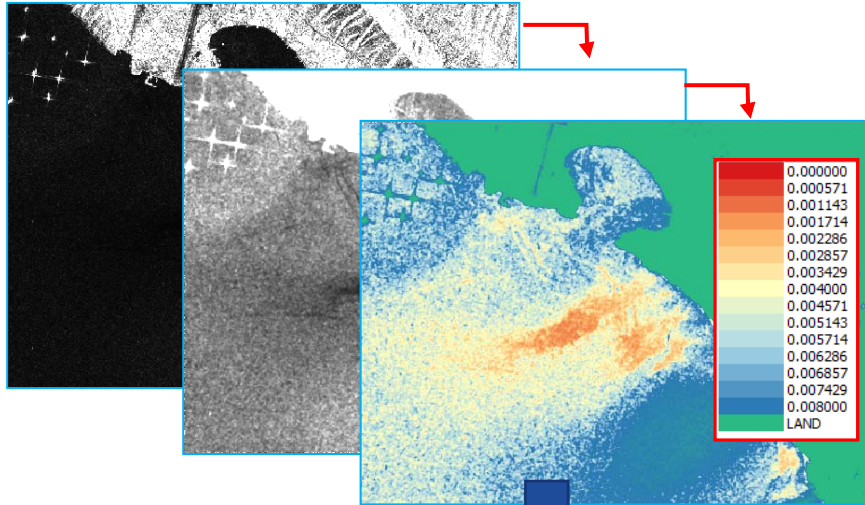
Примеры основных этапов обработки многоспектральных изображений с использованием канальных отношений

Сводная карта загрязнений, вызванных свищем, совмещенная с картой результатов обработки подспутниковых измерений



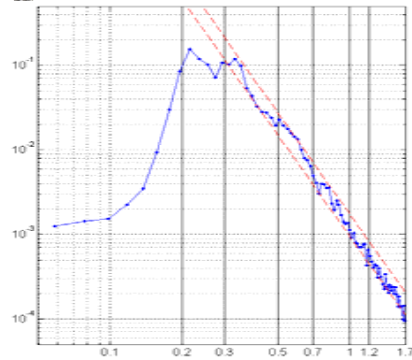
# Результаты исследования

ПРИМЕР ОБРАБОТКИ КОСМИЧЕСКИХ РАДИОЛОКАЦИОННЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ И ВЫЯВЛЕНИЯ УЧАСТКОВ С АНОМАЛЬНО-НИЗКИМИ ЗНАЧЕНИЯМИ УЭПР В РАЙОНЕ СБРОСОВОГО УСТРОЙСТВА ОС ГОРОДА ГЕЛЕНДЖИК

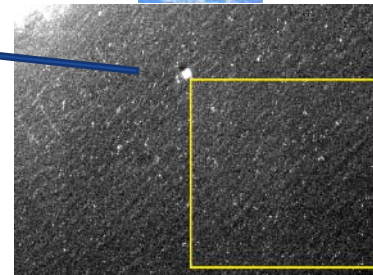


# Результаты исследования

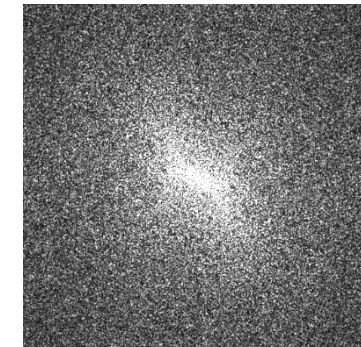
ПРИМЕРЫ РЕЗУЛЬТАТОВ СОПОСТАВЛЕНИЯ СПУТНИКОВЫХ И КОНТАКТНЫХ ДАННЫХ О СПЕКТРАХ МОРСКОГО ВОЛНЕНИЯ



Контактные данные:  
спектр возвышений  $S(f)$

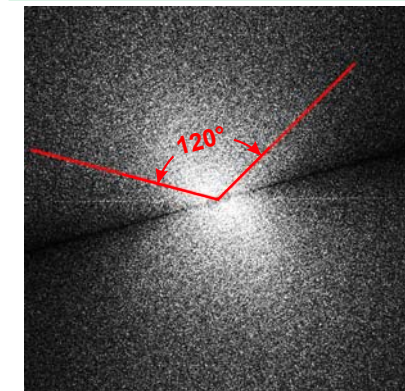


Космическое изображение

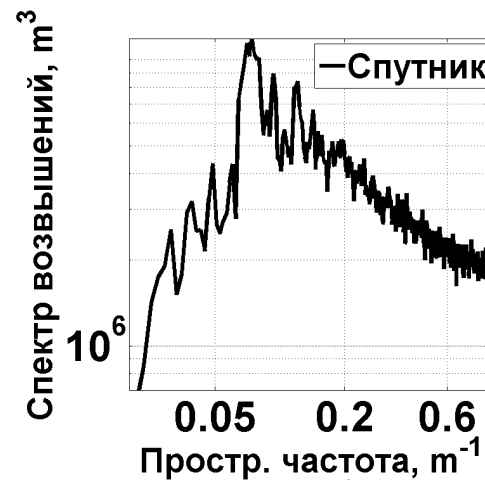
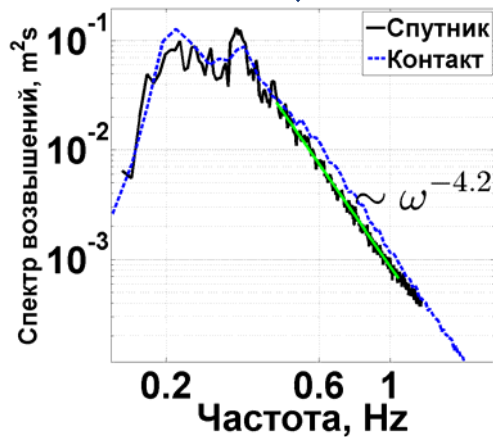


Пространственный спектр  
изображения

$$\Phi(\mathbf{k}) = R(\mathbf{k})S(\mathbf{k})$$



Восстановленный спектр уклонов  
морской  $R(\mathbf{k})$  поверхности



$$\chi(k) = \int \Phi(k, \theta) d\theta$$

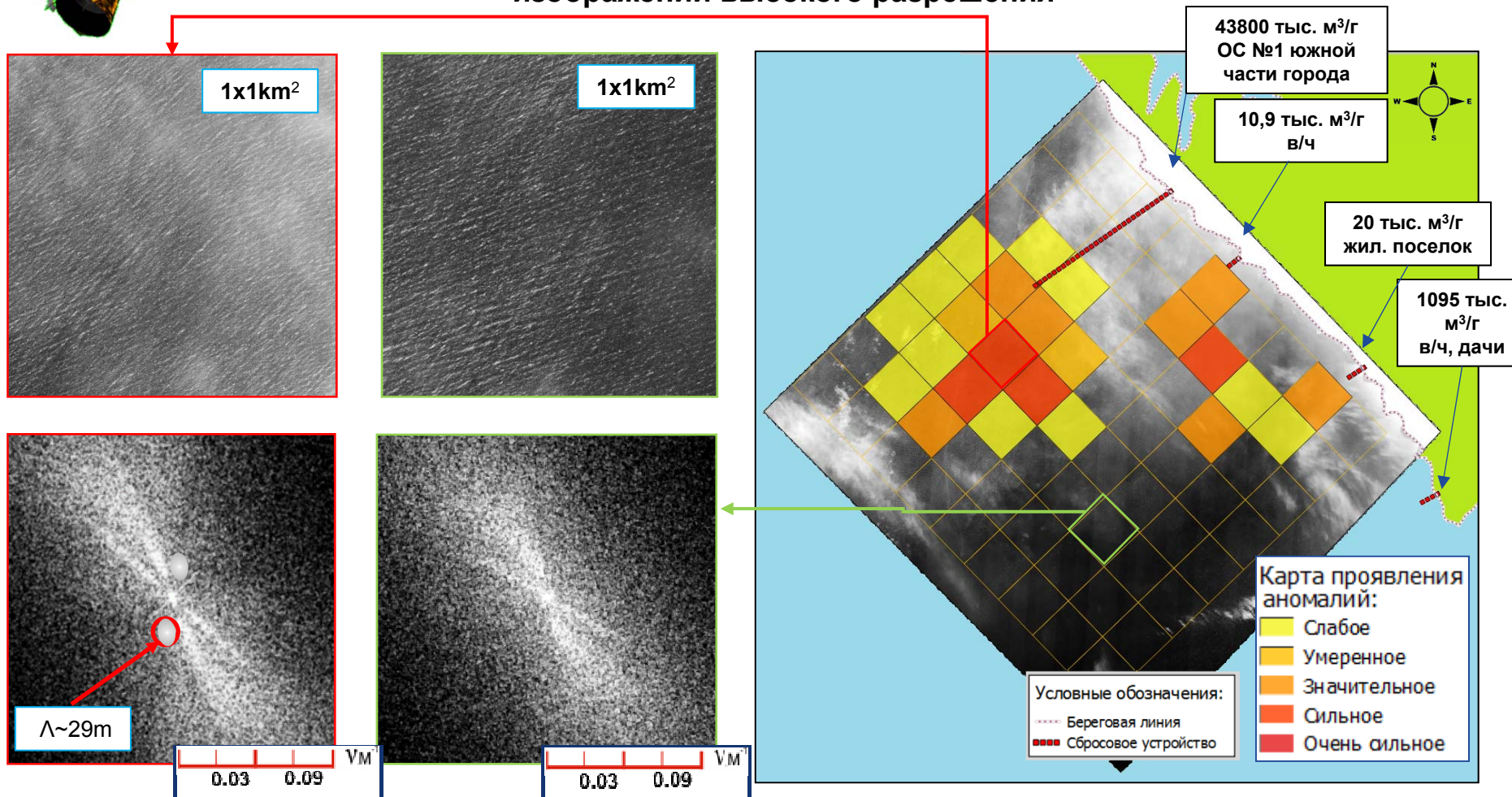
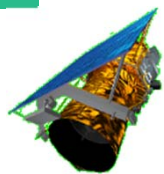
$$S(\omega) = \chi(k(\omega)) \frac{dk(\omega)}{d\omega}$$



# Результаты исследования



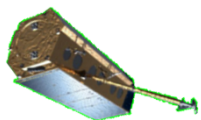
Выявление поверхностных проявлений глубинных стоков путем пространственной спектральной обработки космических оптических изображений высокого разрешения



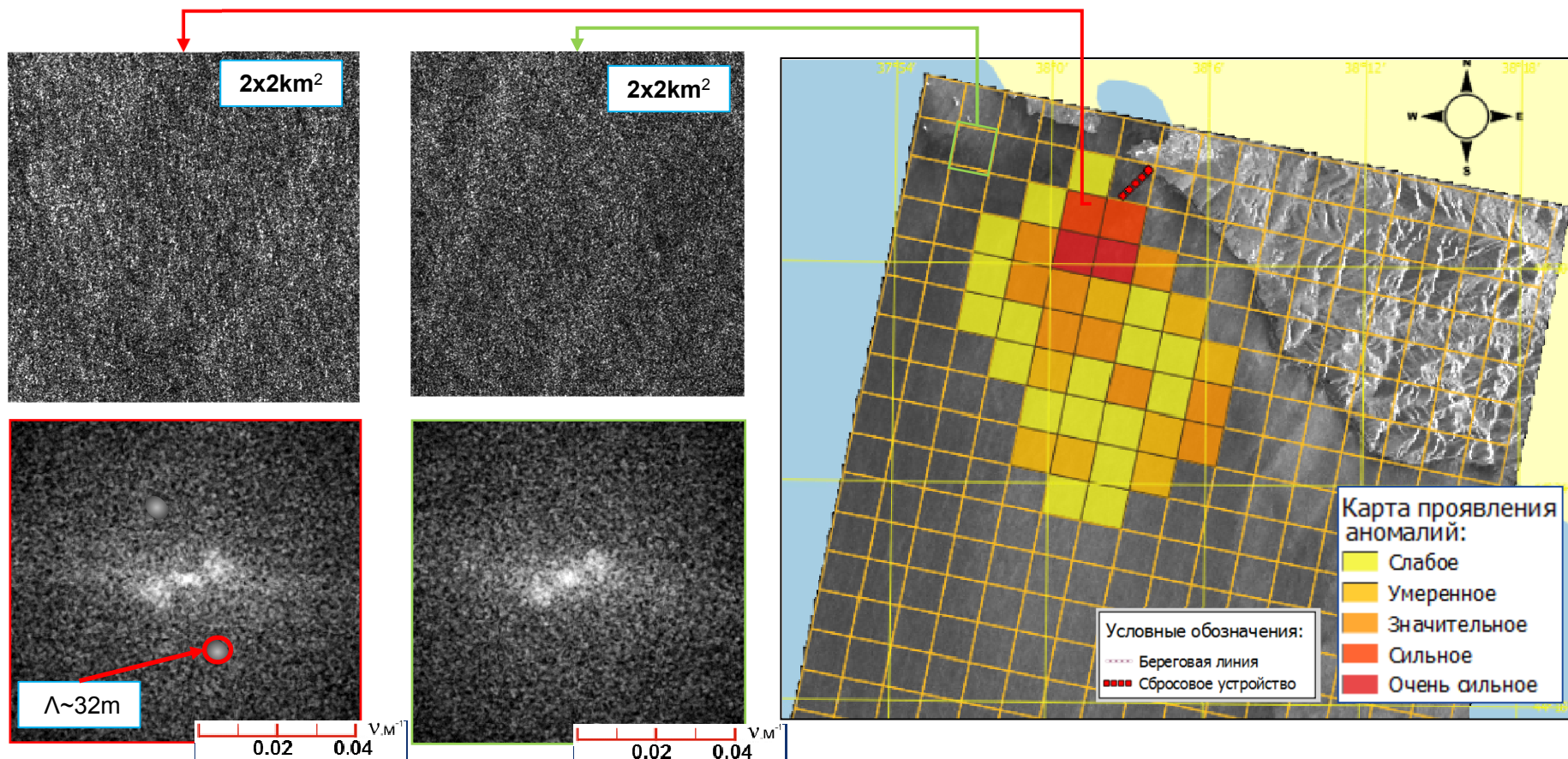
Обнаружены проявления внутренних волн, вызванных заглубленными стоками, путем регистрации «квазикогерентных» спектральных гармоник ( $\Lambda \sim 30-60$  м) различной интенсивности спектров фрагментов космического изображения (спутник GeoEye, 10 сентября 2015 г.). Тестовый участок «Севастополь».

Соглашение № 14.577.21.0110

# Результаты исследования



Выявление поверхностных проявлений глубинных стоков путем пространственной спектральной обработки космических радиолокационных изображений высокого разрешения



Выполнен анализ пространственно-частотных спектров фрагментов (2км\*2км) РСА-изображения. Выявлены зоны присутствия внутренних волн, вызванных глубинным стоком на тестовом участке «Геленджик» (06.10.2013). Критерий выявления – наличие «квазимонохроматических» спектральных гармоник ( $\lambda \sim 25-80$  м) различной интенсивности.



# Практическая значимость исследования



**Результаты проекта могут быть востребованы:**

Министерством природных ресурсов и экологии Российской Федерации, Федеральной службой по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды; Министерством транспорта Российской Федерации; Министерством Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий, а также Минсельхозом России; Росземкадастром; Роснедвижимостью; нефте- и газодобывающими компаниями; судостроительными и транспортными компаниями; институтами и учреждениями Федерального агентства научных организаций ВУЗами и другими образовательными учреждениями; а также международными организациями.

**Предлагаемые объекты внедрения:**

- а) услуги по космическому мониторингу и комплексной обработке космических данных для оценки состояния прибрежных акваторий;
- б) услуги по сбору статистической информации;
- в) услуги по подготовке информационных продуктов (например, тематических карт), созданных с применением разработанных методов и технологий на основе космических и подспутниковых данных;
- г) оказание консультационных и образовательных услуг.

# Практическая значимость исследования



## Внедрение результатов проекта:

- даст значительный эффект в области обеспечения рационального природопользования, экологической безопасности и приведёт к снижению уровня негативного воздействия природных и антропогенных факторов на состояние прибрежных акваторий черноморского шельфа Российской Федерации, включая Крымский полуостров, а также к улучшению здоровья и условий жизни населения;
- приведет к уменьшению отрицательного техногенного воздействия на окружающую среду, снижению риска смертности, повышению качества жизни населения, проживающего на российском побережье Черного моря. Впоследствии результаты проекта могут быть внедрены в других регионах Российской Федерации. Результаты разработок планируется внедрять на отдельных предприятиях, а также в управляющие и регулирующие органы власти на различных уровнях от федеральных агентств до администраций отдельных населенных пунктов.



# Спасибо за внимание!

## Докладчик:

*Бондур В.Г., директор НИИ «АЭРОКОСМОС», [office@aerocosmos.info](mailto:office@aerocosmos.info)*

Исследование выполнено в рамках программы  
“ИССЛЕДОВАНИЯ И РАЗРАБОТКИ ПО ПРИОРИТЕТНЫМ  
НАПРАВЛЕНИЯМ РАЗВИТИЯ НАУЧНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО  
КОМПЛЕКСА РОССИИ НА 2014-2020 ГОДЫ”