

ИНТЕГРАЦИЯ РЕСУРСОВ В ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ РОСКОСМОСА: РЕШЕНИЯ И ПРОБЛЕМЫ

А.И. Алексанин^{1,2}

¹ Институт автоматики и процессов управления Дальневосточного отделения Российской академии наук (ИАПУДВО РАН, Россия)

² Дальневосточный федеральный университет (ДВФУ, Россия)

Что требуется потребителю:

- 1. Автоматическое получение качественных данных под свою задачу от надежных международных поставщиков и часто в режиме реального времени.**
- 2. Создание автоматических сервисов решения своей задачи за счет использования в автоматической цепочки обработки данных алгоритмов и данных сторонних поставщиков.**

Возможные решения:

- 1. Возможности Исследовательско-образовательного и инжинирингового космического центра Госкорпорации "Роскосмос".**
- 2. Использование Государственной информационной системы обеспечения потребителей данных дистанционного зондирования (ГИС ОПД ДЗЗ)**

**Создание Исследовательско-образовательного и инжинирингового
космического центра на острове Русский (ИОИКЦ)
Госкорпорации Роскосмос
и участие в нем институтов ДВО РАН**

Поручение Президента РФ от 10.10.2018 № Пр-1849

Цели:

- расширение использования результатов космической деятельности;
- подготовка квалифицированных специалистов;
- создание регионального центра в составе ЕТРИС ДЗЗ Роскосмоса



Космический центр ИОИКЦ Технологическая база



Приемная станция ДВФУ

**Спутниковый центр ДВО РАН:
4-х антенный приемный комплекс
Технологии мониторинга океана и
атмосферы**

**Создание Регионального центра
В составе ЕТРИС ДЗЗ.
(наземный комплекса получения и
обработки космической информации
– НКПОИ-ВУЗ/ДВ)**

**Лаборатория Космических технологий:
Технологии первичной и тематической
обработки данных, получаемых с
космических аппаратов
Создается**

**Доступ к технологиям и данным
проекта «Цифровая Земля»
Оборудование завезено.**



Лицензия от Роскосмоса

ТЗ об участии

Функции Космического центра

Основными задачами Центра являются:

- **подготовка специалистов в области использования результатов космической деятельности (далее – РКД)**
- **участие в научно-исследовательских и опытно-конструкторских работах в области использования РКД**
- **практическое использование данных ДЗЗ в интересах развития Приморского края и всего Дальневосточного федерального округа**

Открытие Центра – ноябрь 2023г.

Реализация - создания центра компетенций Приморского края в области использования результатов космической деятельности на базе НКПОИ-ВУЗ/ДВ.

Центр компетенции ... субъекта Российской Федерации ... Определяются направления сотрудничества Соглашением между Роскосмосом и субъектом РФ. Оформляется соглашение с АПК.

Участники: Роскосмос, МЧС, ДВФУ, ДВО РАН, АО «НИИ ТП», АО «Российские космические системы».
Документы на стадии подписания.

Финансирование: проекты Роскосмоса, проекты ДВФУ, заказы и поддержка Администрации Приморского края

Роскосмос добивается, чтобы это стал центр компетенции всего Дальнего востока.

За что платят – сервисы и услуги

Проблемы Исследовательско-образовательного и инжинирингового центра Роскосмоса

1. Роскосмос:

- **закупил и установил в ДВФУ и протестировал оборудование и программное обеспечение для**
- **получения информации с антенн ГУ МЧС по Приморскому краю и Спутникового центра ДВО РАН;**
- **протестировал автоматический доступ к данным основной информационной системы Роскосмоса – ЕТРИС ДЗЗ;**
- **но**
- **не ввел центр в эксплуатацию;**
- **и не разработал регламент доступа к данным и услугам для участников центра Роскосмоса: МЧС, ДВФУ, ДВО РАН**

2. ДВФУ.

Предыдущая администрация серьезно относилась к выполнению поручения Президента:

- **были закуплены и введены в эксплуатацию антенные станции приема и обработки данных как со спутников Роскосмоса и зарубежных стран, так и с микроспутников;**
- **закуплено оборудование и стенд для разработки и тестирования собственных микроспутников;**
- **налажено взаимодействие с различными организациями как поставщиков услуг, так и потребителей.**

Нынешняя администрация:

- **по всем трем приведенным пунктам деятельность свернула;**
- **должна была организовать лабораторию ДЗЗ – не организовала;**
- **деятельность по этому проекту не поддерживает, но почти не мешает тем «осколкам», что остались от предыдущей администрации, заниматься темой ДЗЗ.**

Государственная информационная система обеспечения потребителей данными
дистанционного зондирования Земли из космоса
ОКР «Потребитель»



Создание государственной информационной системы с использованием ключевых элементов ЕТРИС ДЗЗ, позволяющей обеспечить федеральные, региональные и муниципальные органы исполнительной власти, государственные и коммерческие организации, а также физических лиц данными ДЗЗ и продуктами на их основе с использованием различных сервисов и услуг для решения социальных, экономических, экологических и других задач.

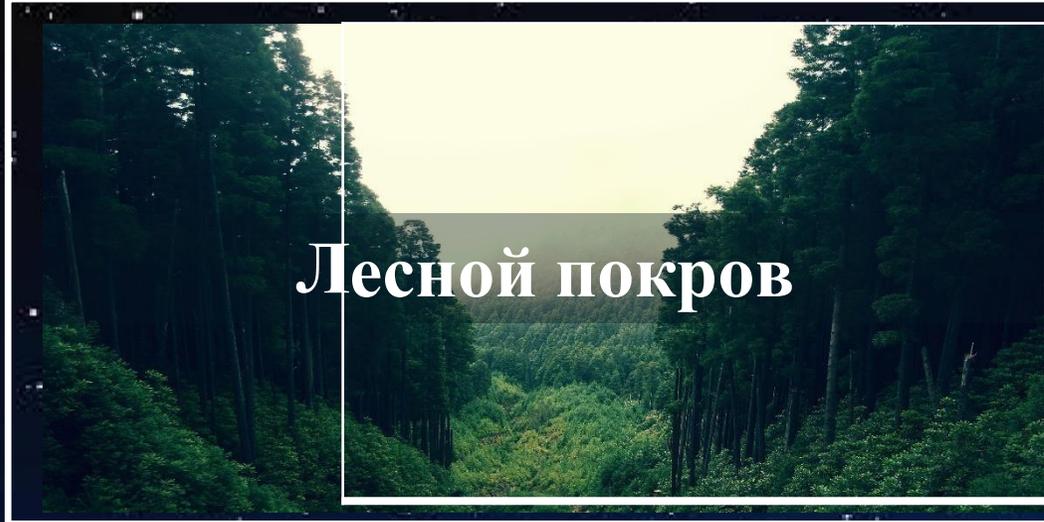
1. Реализация принципа «Одного окна» для организации доступа потребителей к продуктам, сервисам и услугам ДЗЗ в требуемой тематической области.
2. Автоматизация информационного взаимодействия с поставщиками исходных данных, продуктов, сервисов и услуг ДЗЗ.
3. Обеспечение потребителей данными и продуктами высокоуровневой обработки с использованием различных сервисов и услуг ДЗЗ.

Средства доступа к данным,
продуктам, сервисам и услугам

Поставщики данных,
продуктов, сервисов и услуг



- Предварительный просмотр изображений земной поверхности на основе архивных данных.
- Доступ и отображение данных ДЗЗ различных уровней обработки.
- Поиск архивных продуктов в Едином геобанке ДЗЗ.
- Заказ данных и продуктов ДЗЗ на геопортале Роскосмоса.
- Онлайн-каталог поиска и заказа космических снимков «Космоснимки».
- Мониторинг процессов обработки данных ДЗЗ.
- Просмотр служебной, измерительной информации и оценок качества данных ДЗЗ.



Лесной покров

Контроль за использованием и охраной лесов

Мониторинг лесных пожаров

Контроль динамики и состояния растительных покровов

Определение таксационных показателей в пределах выделов

Оценивание противопожарного состояния

Выявление и определение характеристик рубок

Выявление нарушений правил рубок, правил содержания лесосек

Выявление изменений на территории лесных массивов на основе сравнительного анализа разновременных снимков



Атмосфера

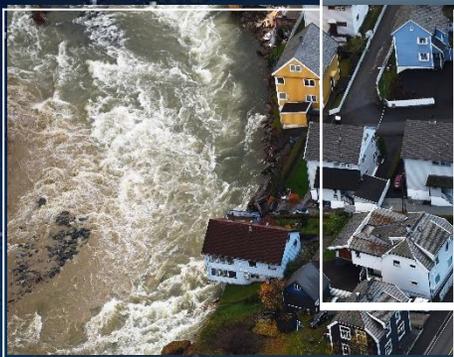
Система мониторинга тропических циклонов

Система регионального прогноза погоды

Система регионального прогноза ветрового волнения

Концентрация газов в атмосфере

Оценка пространственно-временного изменения загрязняющих веществ над городами и промышленными объектами



Водные ресурсы

Сервис по моделированию, прогнозированию, мониторингу и оценке последствий паводков и наводнений

Сервис по мониторингу и анализу состояния водоохранных зон

Сервис по мониторингу и анализу экологического состояния водных объектов

Выявление пленочных загрязнений по спутниковым данным

Мониторинг дрейфа нефтяных пятен

Выявление подвижных источников пленочных загрязнений

Расчет безопасной осадки судна

Обнаружение и оценивание степени загрязнения водоемов

Оценка глубин прибрежных акваторий

Расчет экономического ущерба от загрязнения водоемов

Анализ состояния водоохранных зон

Анализ динамики изменения состояния водных объектов

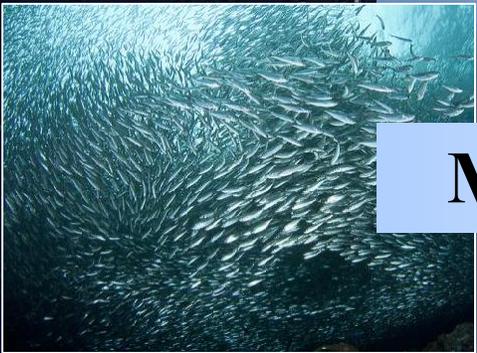
Мониторинг водных объектов

Мониторинг наводнений

Моделирование зон затоплений

Выявление сточных вод

Сервисы, предоставляемые ГИС ОПД ДЗЗ



Мировой океан



Мониторинг дрейфа айсбергов

Составление композиционных карт температуры поверхности океана

Мониторинг судоходства по данным С-АИС

Оценка состояния прибрежных акваторий в местах расположения портов, нефтяных терминалов и других объектов

Оценка состояния открытых морских акваторий

Определение судов и их характеристик по радарным спутниковым изображениям

Биопродуктивность океана (морские природные ресурсы)

Ледовая обстановка (расчет дрейфа льда)

Карты температуры поверхности океана

Безопасность на море

Состояние прибрежных территорий

Состояние открытых водных поверхностей

Контроль трека судов по радарным снимкам

Мониторинг ледовой обстановки

Обнаружение судов и треков их движения по радарным данным

Сервисы, предоставляемые ГИС ОПД ДЗЗ



Чрезвычайные ситуации

Карта пожаров

Мониторинг ЧС

Обзорный мониторинг природных пожаров

Детализированный мониторинг очагов природных пожаров, представляющих угрозу для населенных пунктов и объектов инфраструктуры

Обзорный мониторинг паводковой обстановки

Детализированный мониторинг участков подтоплений (затоплений) населенных пунктов и объектов инфраструктуры

Мониторинг аварийных разливов нефтепродуктов

Поиск аварийных объектов в труднодоступной местности и акваториях

Мониторинг и оперативное прогнозирование речных наводнений

Выявление природно-технологических объектов, попадающих в зоны поражения



Земли сельскохозяйственного назначения



КосмосАгро

Сервис определения возделываемых культур в пределах маски пахотных земель

Сервис построения маски пахотных земель, включая последующий анализ по выявлению неиспользуемых земель

Сервис раннего обнаружения засухи

Наблюдение за снежным покровом и оценка влагонакопления

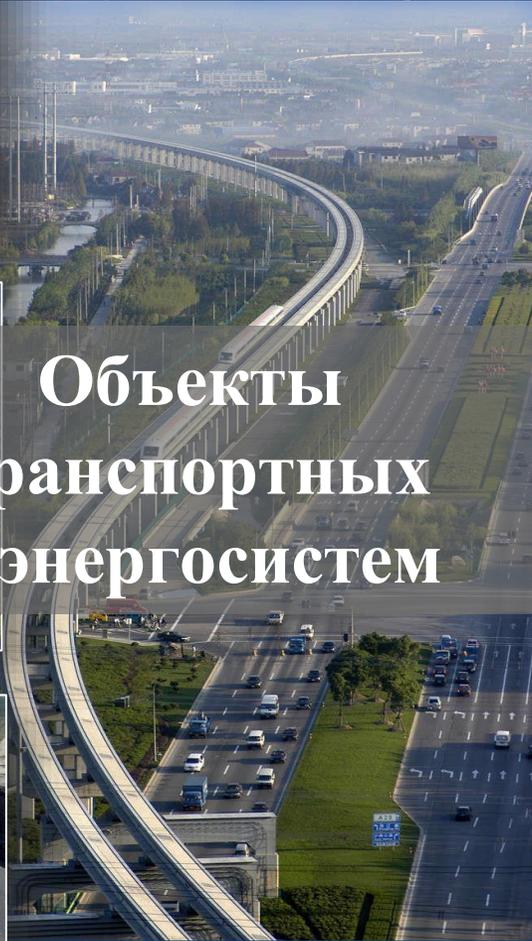
Оценка температуры и влажности почвы

Определение площади полей, занятых теми или иными культурами

Контроль за состоянием растительности различных сельскохозяйственных культур и прогнозирование урожайности

Мониторинг темпов уборки урожая

Выявления участков эродированности и деградации почвы



Объекты транспортных и энергосистем

Сервис по обеспечению потребителей информацией о состоянии полосы отвода высоковольтных линий электропередач (ВЛЭП)

Анализ состояния полосы отвода автомобильных и железных дорог

Выявление участков превышения предельно допустимого уровня шумового воздействия вдоль автомобильных дорог

Контроль содержания санитарно-защитных зон объектов электроэнергетики

Оценка состояния полосы отвода линий электропередач

Мониторинг состояния объектов транспортной инфраструктуры

Мониторинг дорожной разметки

Мониторинг плотности движения автотранспорта



Сервис по обеспечению потребителей информацией о состоянии и развитии городской инфраструктуры

Мониторинг градостроительства

Выявление зон с изменениями территорий

Картографирование объектов инфраструктуры



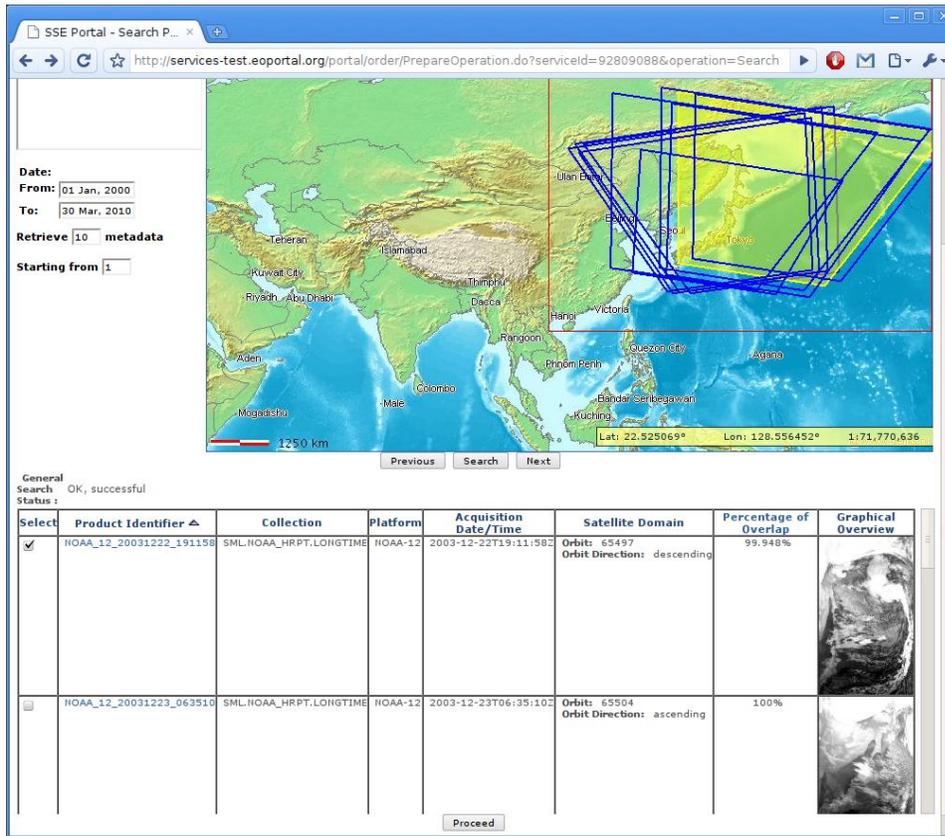
Сервис по выполнению мониторинга минеральных ресурсов с применением данных дистанционного зондирования Земли из космоса

Сервис выявления естественных выходов нефти на поверхность

Интеграция в портал Европейского космического агентства

Проект SSE, как несостоявшийся аналог ГИС ОПД ДЗЗ

Каталоги: стандарты и пользовательский интерфейс на портале SSE



The screenshot shows the SSE Portal search interface. At the top, there is a search bar with the URL <http://services-test.eoportal.org/portal/order/PrepareOperation.do?serviceld=92809088&operation=Search>. Below the search bar, there are search criteria: Date From: 01 Jan, 2000; To: 30 Mar, 2010; Retrieve: 10 metadata; Starting from: 1. A map of East Asia is displayed with several blue rectangular search areas overlaid. Below the map, there is a table of search results.

Select	Product Identifier	Collection	Platform	Acquisition Date/Time	Satellite Domain	Percentage of Overlap	Graphical Overview
<input checked="" type="checkbox"/>	NOAA_12_20031222_191158	SML:NOAA_HRPT.LONGTIME	NOAA-12	2003-12-22T19:11:58Z	Orbits: 65497 Orbit Direction: descending	99.948%	
<input type="checkbox"/>	NOAA_12_20031223_063510	SML:NOAA_HRPT.LONGTIME	NOAA-12	2003-12-23T06:35:10Z	Orbits: 65504 Orbit Direction: ascending	100%	

Веб-интерфейс каталога продуктов Центра на сервере SSE Test Portal (NOAA, AQUA, TERRA)

Каталог продуктов (наборов данных):

- EOLI (реализован на базе SSE Toolbox)
- OGC 06-131r6 v0.2.4, EO Products Extension Package for ebRIM (ISO/TS 15000-3) Application Profile (реализован на базе Toolbox 9)

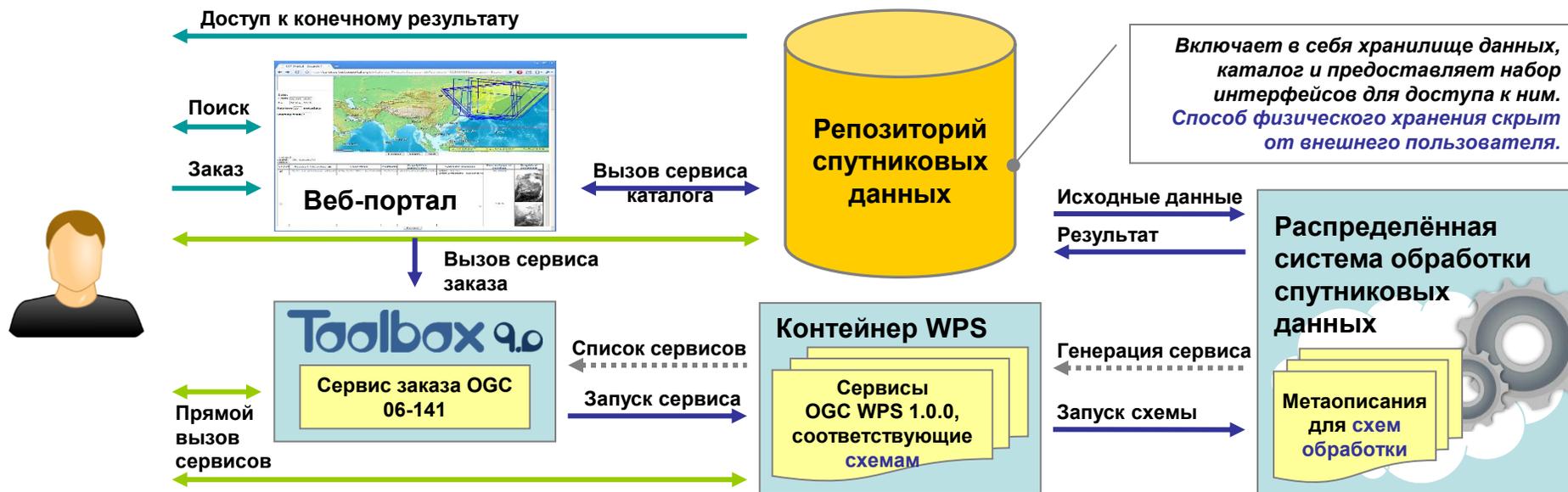
Каталог коллекций:

- OGC 07-038r3 v0.1.11, CIM Extension Package for ebRIM (ISO/TS 15000-3) Application Profile (ведутся работы)





Заказ на обработку данных



Заказы на обработку 2012 года

- В виде прототипа реализован доступ к подсистеме обработки данных радиометра MODIS пакетом SeaDAS (свыше 200 продуктов):
 - Пользователю предоставлена возможность (через портал SSE ESA):
 - поиска по архиву данных спутников AQUA и TERRA;
 - выбора отдельного файла PDS для обработки;
 - задания набора интересующих продуктов и параметров их обработки.
 - По завершении обработки пользователь получает уведомление на e-mail со ссылкой для получения результата (через FTP).
 - Использованы средства портала SSE, стандарты EOLI-XML, SSE Order и пакет SSE Toolbox.
- Создан прототип сервиса заказа нового поколения OGC 06-141
 - Обеспечено необходимое поведение на основе пакета Toolbox и скриптов-заглушек
- Создан прототип WPS-слоя над распределённой системой обработки спутниковых данных Центра
 - Использована спецификация OGC WPS 1.0.0 и пакет deegree



Конкурс потенциальных сервисов для информационной системы Роскосмоса в 2023 г.

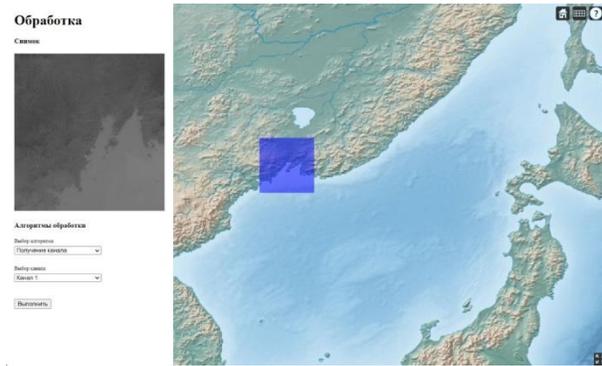


Спутниковый центр ДВО РАН совместно с ДВФУ – 5 сервисов получили одобрения, 2 сервиса – лучшие в своей номинации

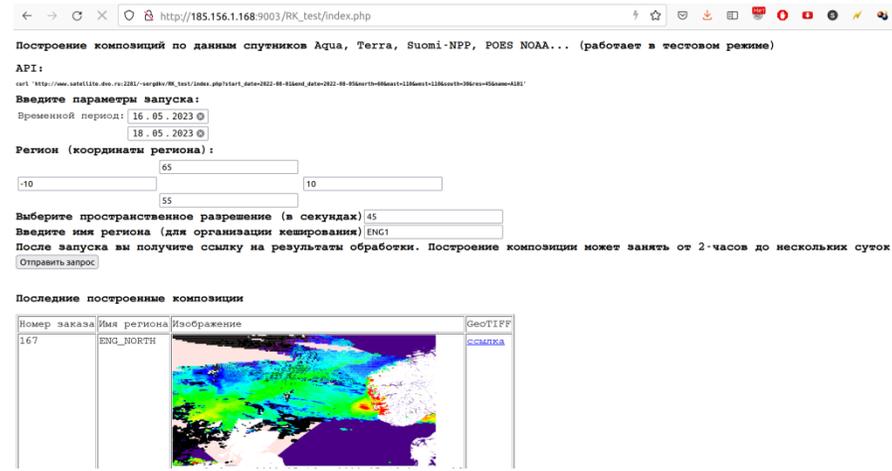
**Этапы интеграции сервисов в ГИС ОПД ДЗЗ
На примере сервисов ИАПУ ДВО РАН и ДВФУ**

Интеграция сервисов Космического центра в ГИС ОПД ДЗЗ Роскосмоса

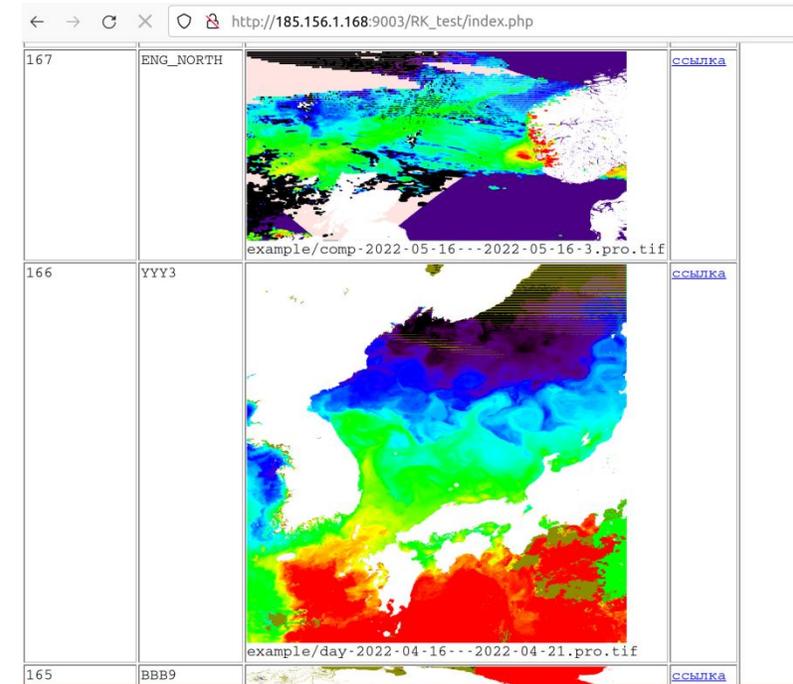
Интерфейс тестового прототипа доступа в ИС

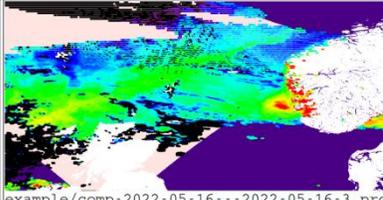
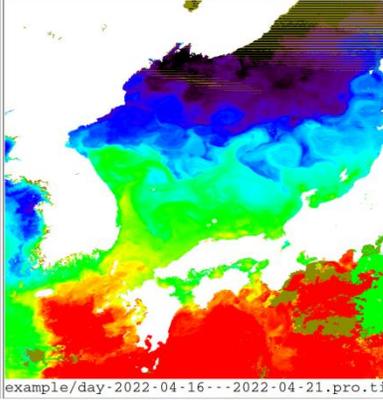


Формирование заказа на расчет ТПО



Просмотр выполненных заказов



167	ENG_NORTH	 example/comp-2022-05-16---2022-05-16-3.pro.tif	Ссылка
166	YYY3	 example/day-2022-04-16---2022-04-21.pro.tif	Ссылка
165	BBB9		Ссылка

**Сервисы,
готовые к применению
(сервисы по любому району
земного шара)**

Сервис калибровки данных

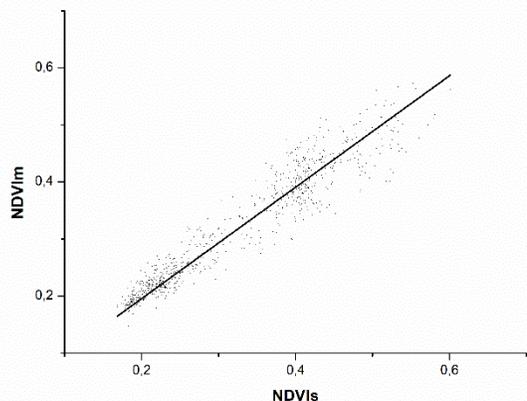
Автоматический контроль качества спутниковых данных на международных полигонах

ПРИМЕР

Вегетационный индекс NDVI

Полигон La Crau (Франция)

ПОЛИГОНЫ:
RadCalNet
Станции AERONET



Ошибка NDVI (MODIS/AQUA) – 0,03
Данные за 7 лет,
Объем – несколько Тбайт, расчет за
неделю.

При доступе в систему ЕТРИС ДЗЗ Роскосмоса можно провести автоматический контроль калибровок радиометров российских космических аппаратов и верификацию базовых продуктов проекта «Цифровая Земля»



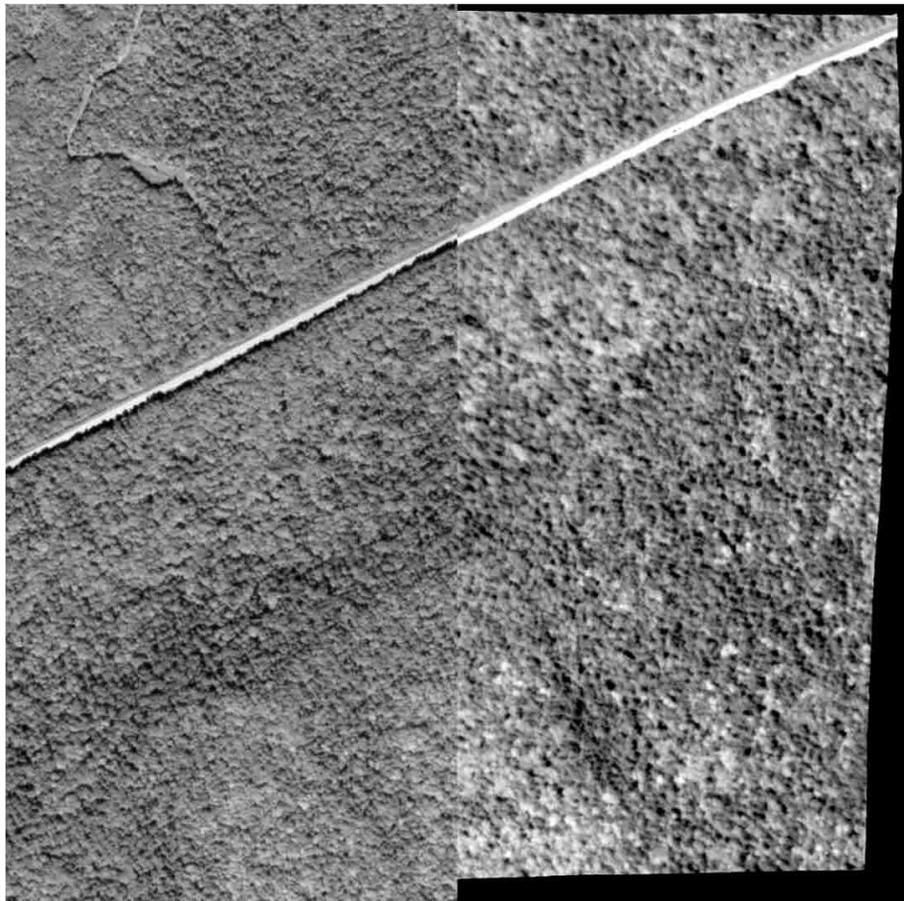
Сервис совмещения изображений

Автоматическое совмещение с пиксельной точностью (70 см)

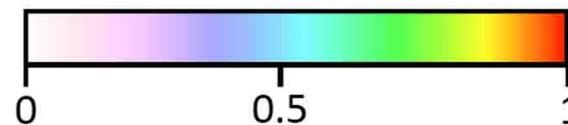
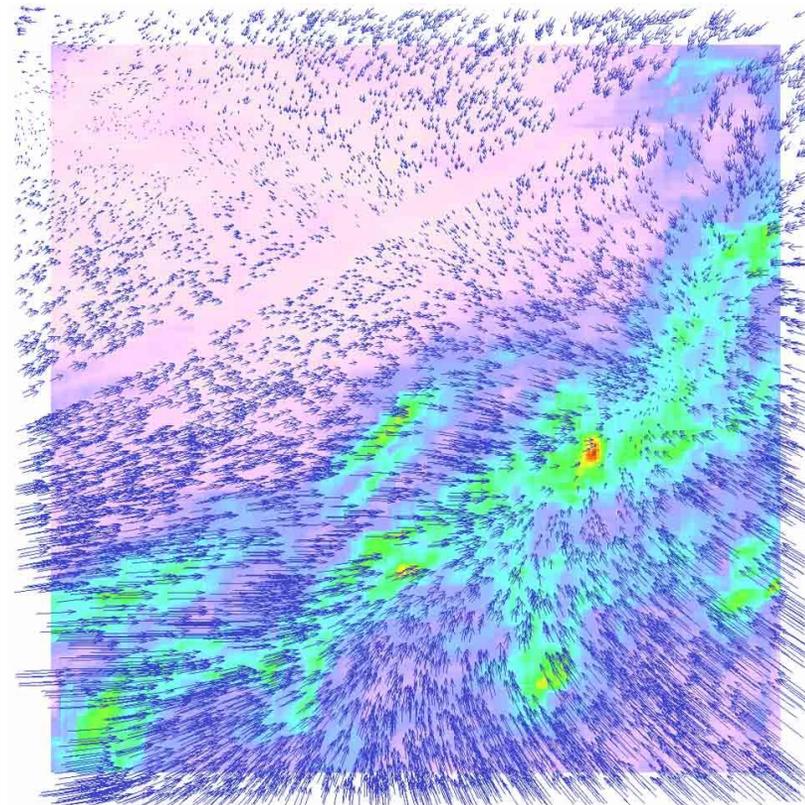
Изображения спутника Ресурс-П (Геотон)



Реперные точки
около 20 тыс.
(зеленый цвет).
Изображение за
14.09.2015



а

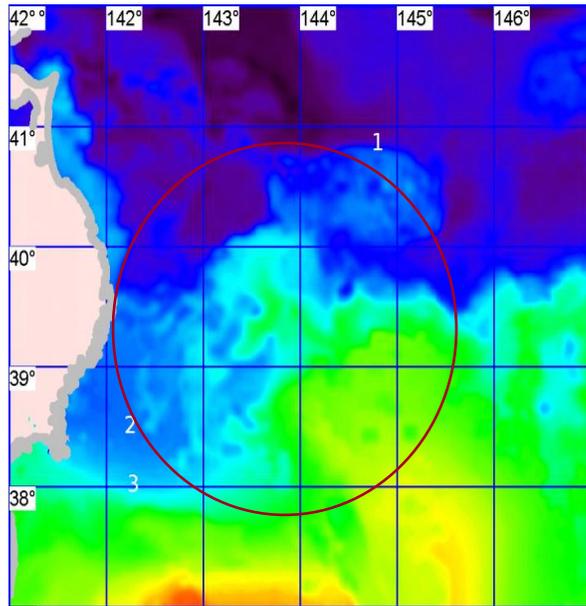


б

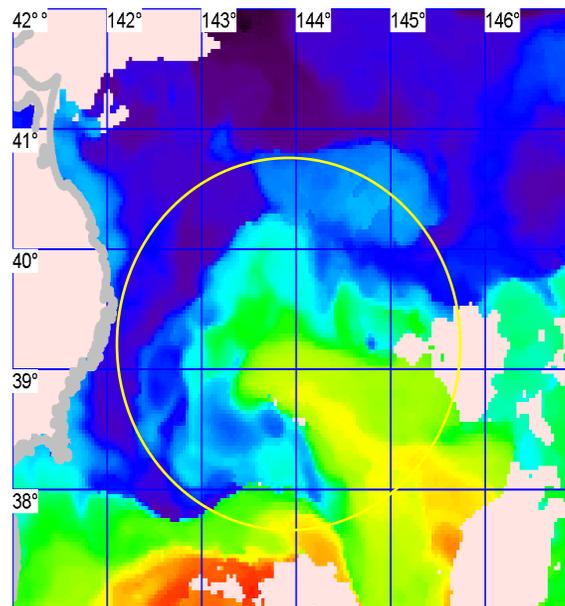
а - состыкованные совмещенные изображения. б - вектора смещений на карте точности расчета векторов (в пикселях)



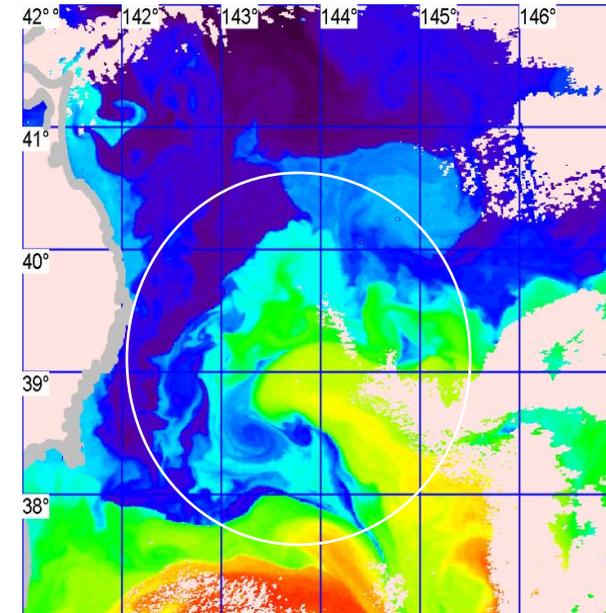
Композиционные карты ТПО, сохраняющие структуру сравнение с картами G1SST (JPL NASA)



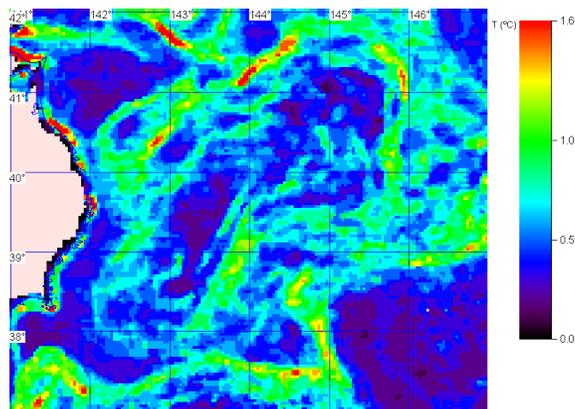
ТПО NASA за
2013.03.15
«размытость
фронтов»



ТПО Спутникового
центра ДВО РАН



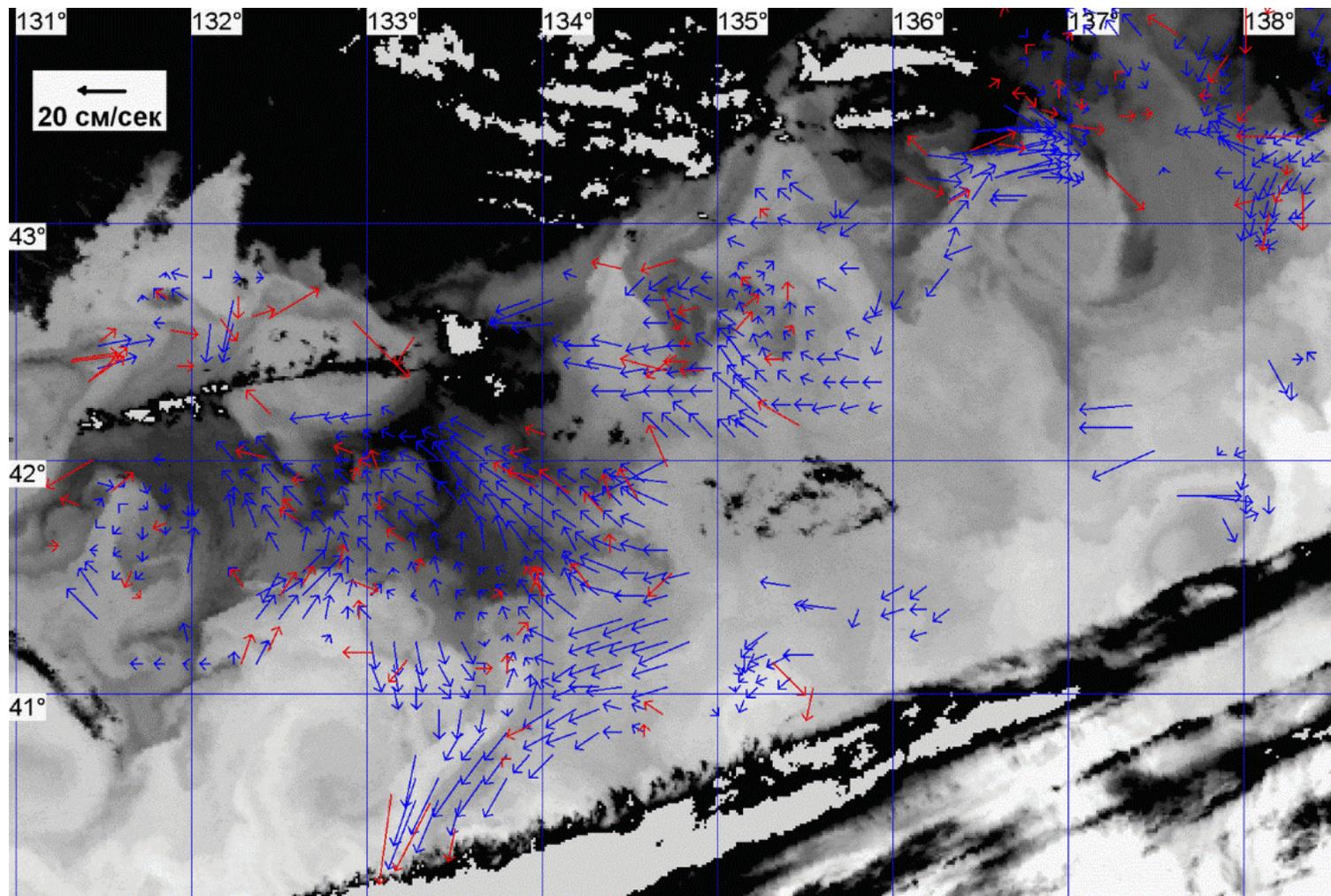
Мгновенная
карта ТПО



Карта
пространственно-
временной
изменчивости ТПО



Скорости поверхностных течений с оценкой априорной точности Сопоставление с векторами, построенными экспертом

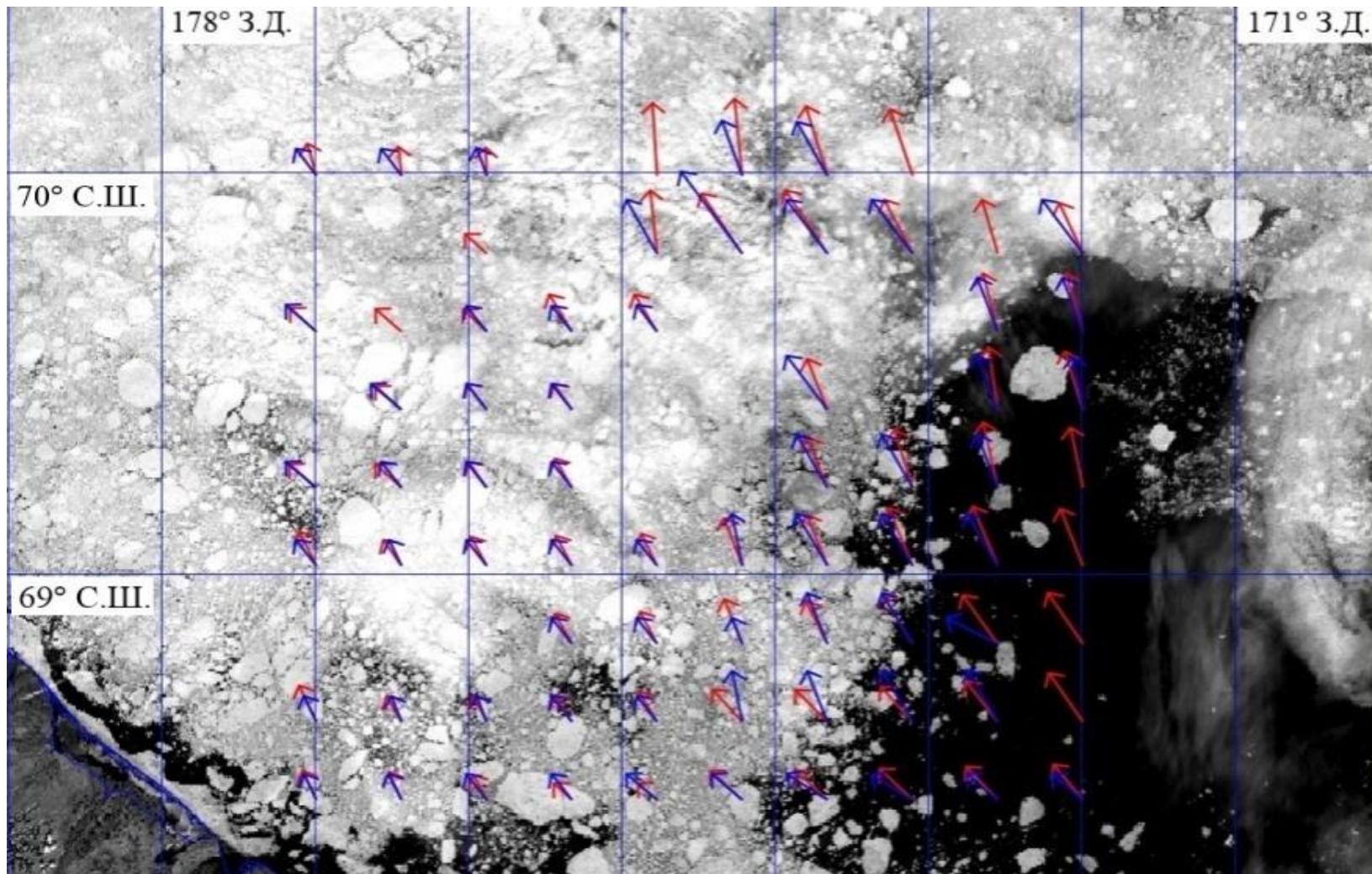


Синие вектора – автоматически посчитанные

RMS= 6 см/сек; среднее рассогласование модулей скоростей – 1см/сек. 1/3 векторов отфильтровалась



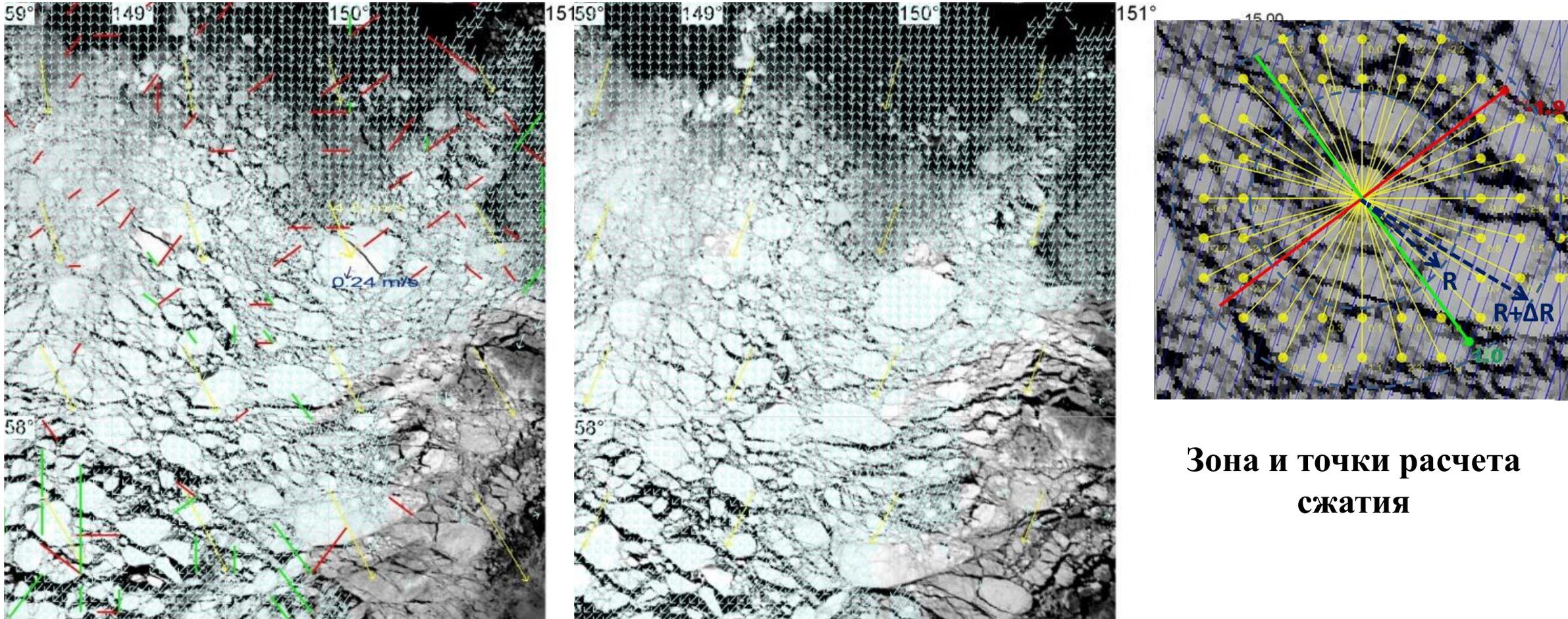
Скорость дрейфа льда в Чукотском море по данным радиометров MODIS (красный цвет) и AMSR-E (синий) за 16 июля 2013



Синие вектора строятся под облачностью. Точность – 5 см/сек.

Сжатие льда

Считаются направления и величины сжатия/растяжения

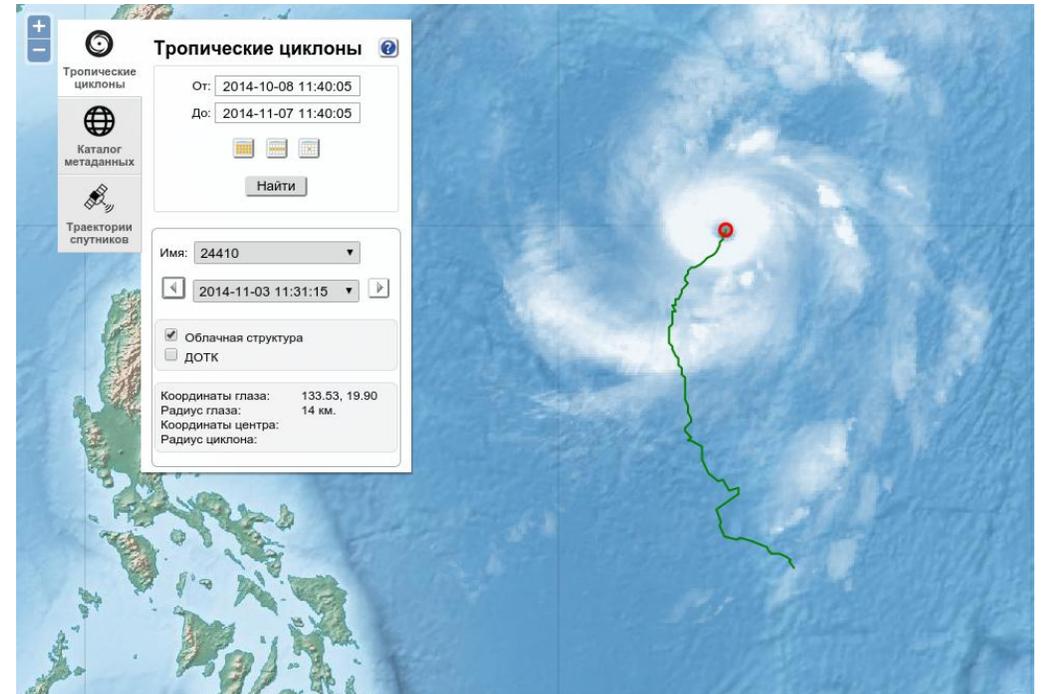
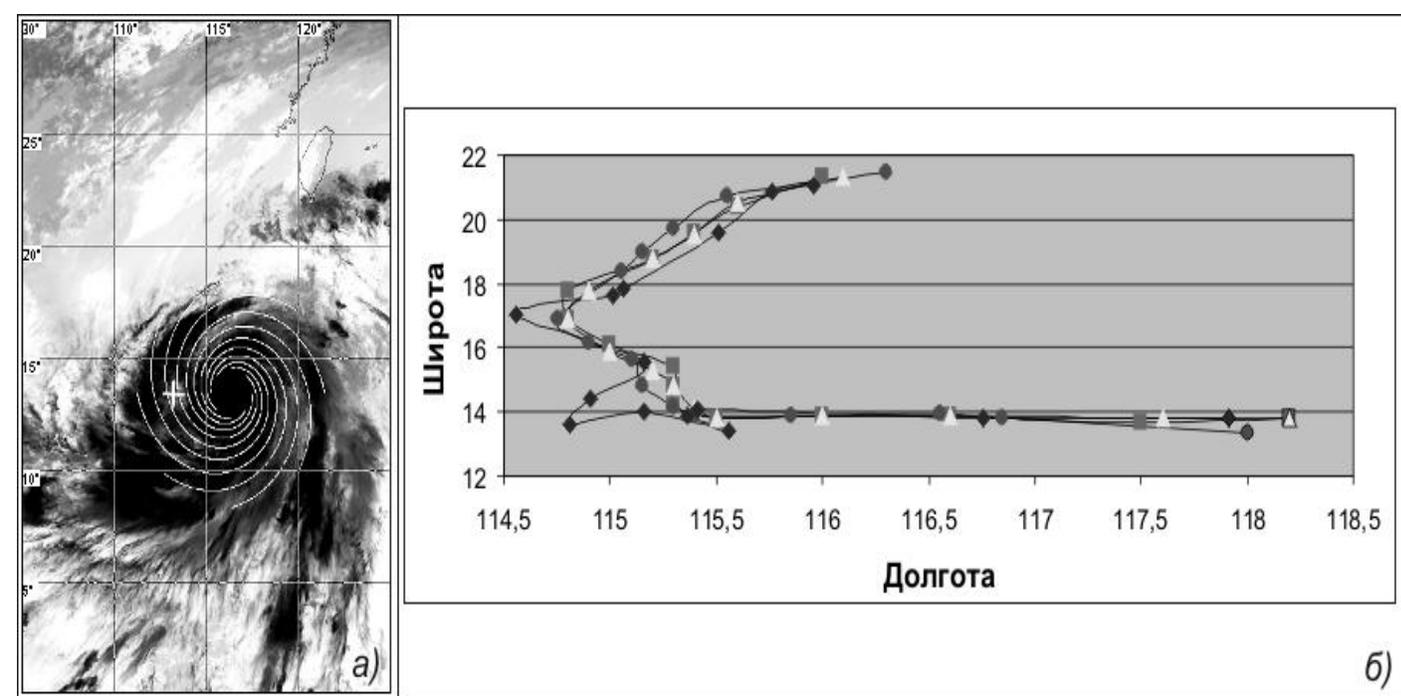


Зона и точки расчета сжатия

Пример, когда сжатие льда наблюдается визуально. Апрель 2010, Охотское море, изменчивость за сутки
Красные и зеленые отрезки – статистически значимые величины сжатия и разрежения соответственно.
Желтые вектора - скорости ветра, голубые вектора – автоматически рассчитанные скорости дрейфа.



Автоматическое прослеживание тропических циклонов с расчетом положения, размера и диаметра глаза



Траектории тайфуна CHANCHU, построенные:
автоматически (ромбики), вручную
(треугольники), JMA (круги) и JWTС (крестики).

Интерфейс системы слежения

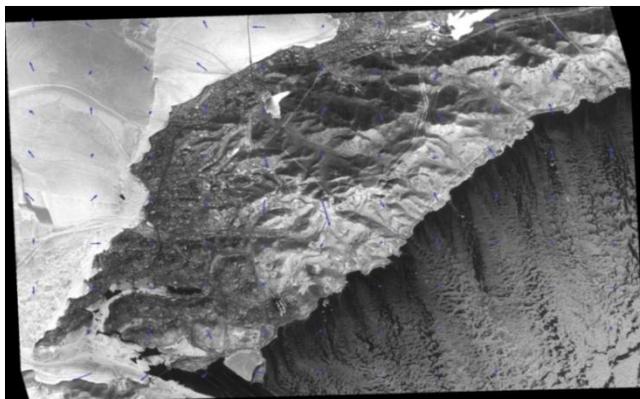
**Фактически все сформировавшиеся тайфуны обнаруживаются. Иногда раньше,
чем экспертами Японии и США**

**Использование сервисов
Спутникового центра
ДВО РАН для контроля
качества и обработки
данных с российских
космических аппаратов**

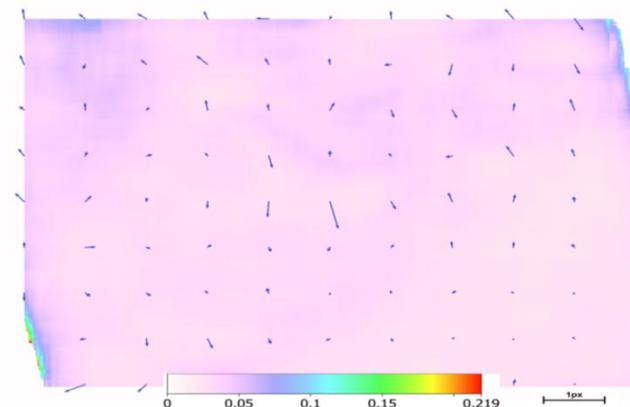


Качество данных Роскосмоса

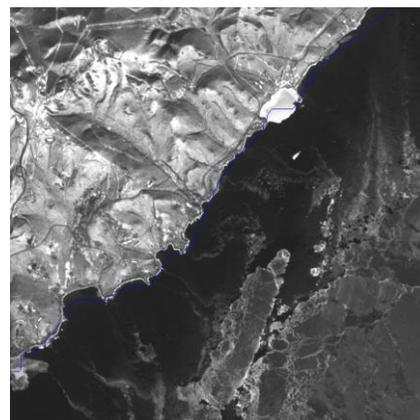
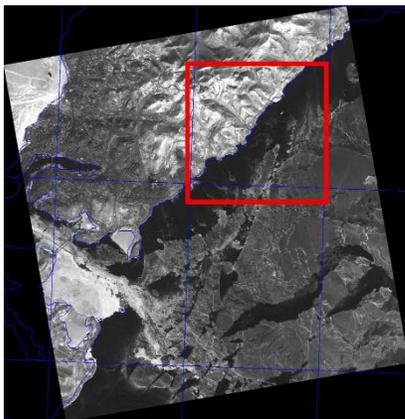
Контроль нелинейный aberrаций спутников Канопус-В, Ресурс-П/Геотон
Совмещение изображений льда аффинным преобразованием.



Изображение Владивостока зимой



Точность совмещения изображений разных спутников и разных каналов – доли пикселя



Исходное изображение и ортофотоплан фрагмента

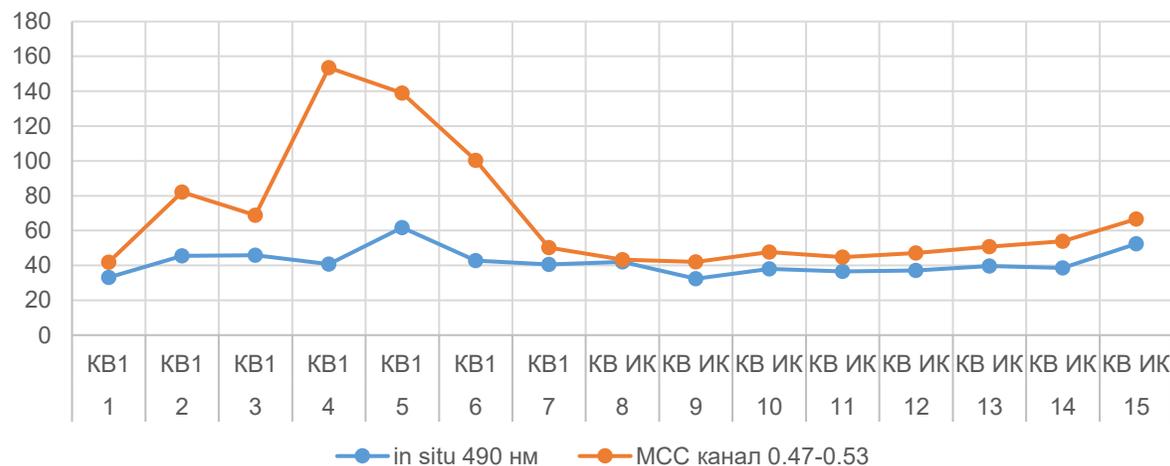
**Качество «геометрии» изображений высокое, вплоть до уровня обработки 2А.
Оно падает при построении ортофотоплана. Устаревшая технология RPC коррекции.**



Качество данных Роскосмоса

Контроль калибровок камеры МСС спутников Канопус-В

Калибровка на данных морских станций сети AERONET (Канопус-В1 и Канопус-ИК)



**Точность калибровки на данных морских станций и ледника Гренландии:
10-20 W / (m² · sr · um)**

**Калибровки содержат значительные систематические ошибки
и нуждаются в коррекции**



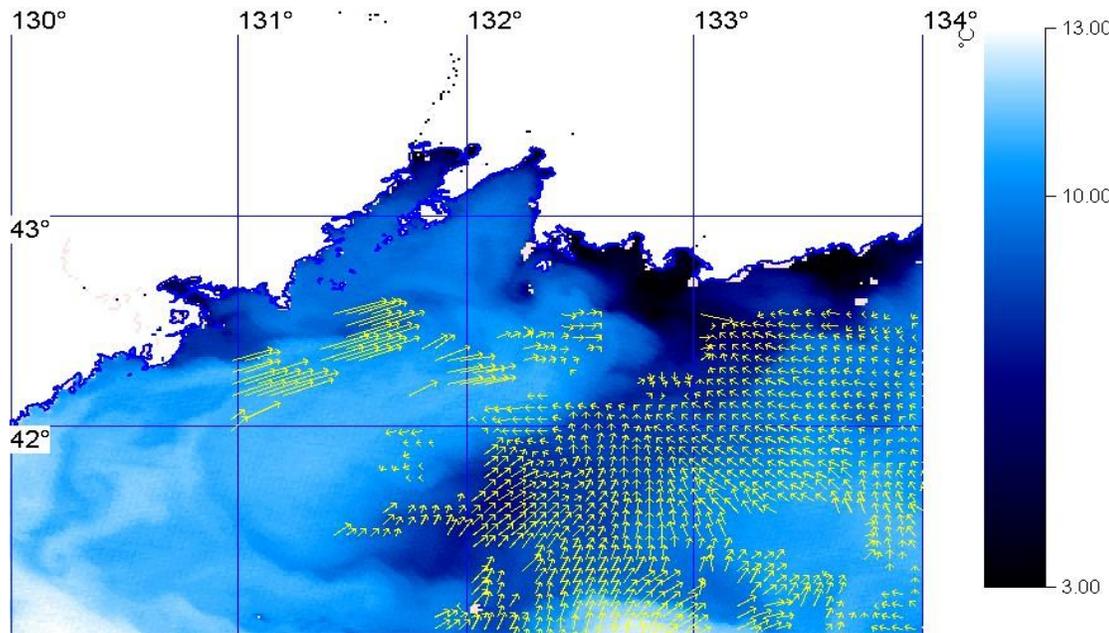
Качество данных Роскосмоса

Сервис калибровки и расчета температуры поверхности

Геопривязка, калибровка ИК-каналов радиометров спутников Метеор-М и построение ТПО

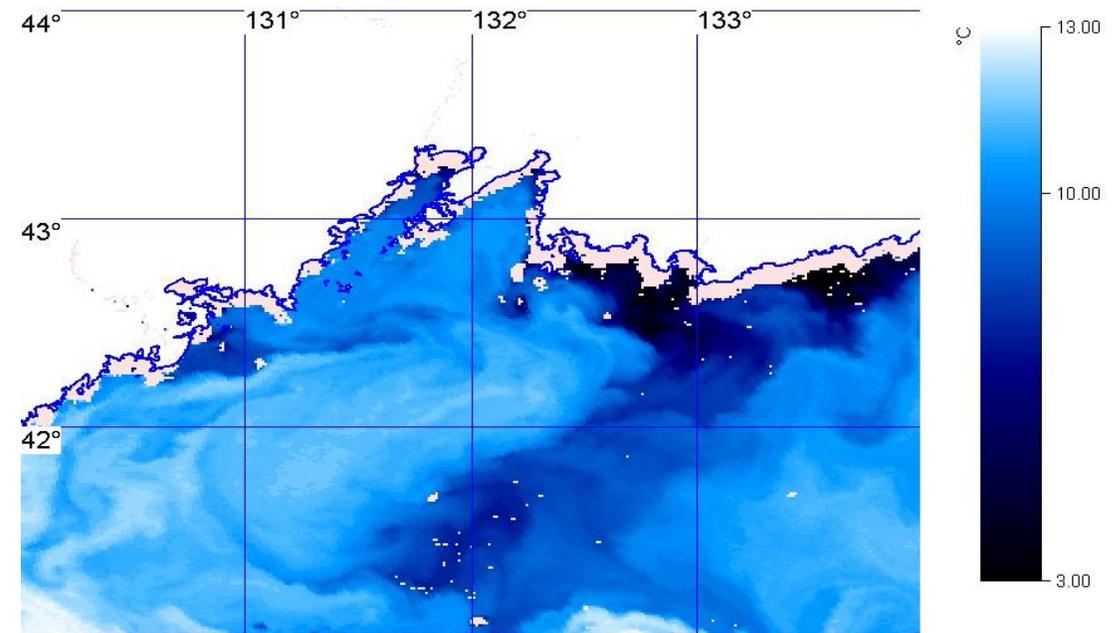
Спутники Метеор-М 2и Метеор-м 2-2

Карты температуры поверхности океана за 20.10.2014



ТПО по Метеор-М

со скоростями поверхностных течений



ТПО по данным AVHRR/METOP

Точность геопривязки – 1 пиксель (1 км)

Точность калибровки : систематическая ошибка ~0.12, случайная – 0.5-0.7

(мировой стандарт качества)

Сложности внедрения в системы Роскосмоса и возможности их решения

- 1. Бюрократическая машина Роскосмоса. Даже мелкие второстепенные работы и решения подразделения Роскосмоса (как правило это различные акционерные общества) должны согласовывать с чиновниками Роскосмоса. Чиновнику проще отказать, чем решить вопрос.**

Решение - нужно разработать регламенты на создание методов обработки спутниковой информации, доступа к данным и услугам, чтобы чиновник Роскосмоса не имел возможность вмешиваться в коммерческую деятельность предприятия. Спорные вопросы хорошо бы решать на межведомственном Совете по космосу с обязательным исполнением решений подразделениями Роскосмоса.

- 2. Сложность замены алгоритма на более эффективный.**

Решение – включение в требования к ТЗ разработчика возможность подавать на вход сторонние данные на любом промежуточном этапе обработки

- 3. Низкая точность первичной обработки данных**

Решение - доступ исследовательским коллективам к телеметрии и результатам предполетных испытаний.

Что обнадеживает:

- 1. Жесткие требования от Роскосмоса коммерческих результатов использования данных ДЗЗ.**
- 2. Доступ через ГИС ОПД ДЗЗ к сервисам и архивам Роскосмоса.**



Благодарю за внимание!