

**Современные возможности и подходы
Дальневосточного центра НИЦ «Планета» к
решению научных и прикладных задач с
использованием данных дистанционного
зондирования (50 лет в области ДЗЗ)**

Славным традициям ДЗЗ из космоса на Дальнем Востоке 50 лет



1 июня 1969 года был сдан в эксплуатацию Выносной пункт приема информации (ВППИ) на 21-ом км Сарапульского шоссе, в зоне, свободной от промышленных помех. Комплекс состоял из двухэтажного технического здания и вспомогательных помещений. В 1970 году в эксплуатацию был принят приемный комплекс МР-1200, установлен комплекс регистрации «Метеор» для приёма метеорологической ТВ информации с ИСЗ в диапазоне частот 450...480 МГц

Техническое здание ВППИ с антенной системой «Фобос», радиотелеметрическими станциями МА-9 МК (на крыше здания), станциями радиорелейной связи СРЛ-1 (на мачте), 1970 год

Антенные комплексы



ПК-9



ПК-9-M



КПИ-4.8



MEOS DUAL POLAR



MEOS DUAL POLAR



СПОИ-2L



СПОИ-2С



СПОИ-Э



СПДП-Л



АППИ-М



АППИ-МД



АППИ-ГД



УниСкан-24



СКС-ПРД 8/7



СКС-ПРМ 8/7

15 приемных комплексов:

Прием информации
в L-, C- и X- диапазонах

с 11 российских КА
и 9 зарубежных КА

Объем принимаемой
информации в сутки
 ≥ 130 ГБ

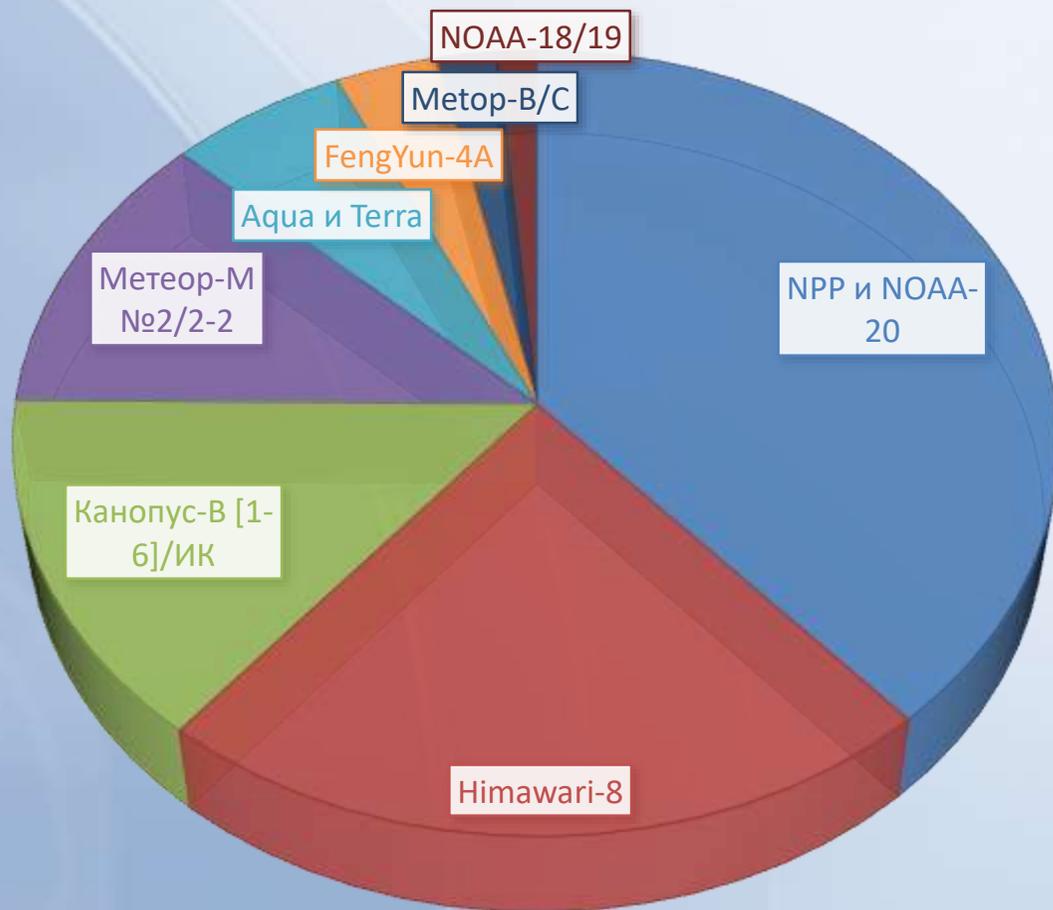
Зона ответственности



Информационной продукцией обеспечиваются 8 управлений по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды и 2 их филиала на территории 10 субъектов РФ

Объемы информационной продукции

Распределение объемов информационной продукции



Объемы информационной продукции за сутки

Спутники	L0, ГБ	L1-3, ГБ	Итого, ГБ
Himawari-8	113	30	143
Канопус-В [1-6] Канопус-В ИК	91	-	91
Метеор-М №2 Метеор-М №2-2	74	2	76
FengYun-4A	16	10	26
Suomi NPP NOAA-20	8	238	246
Aqua и Terra	6	33	39
Metop-B/C	2	11	13
NOAA-18/19	1	8	9
ИТОГО	311	332	643

Оперативная продукция



Метеорологическая информация

- Обзорные карты облачности
- Карты нефанализа и прогноза эволюции облачных образований
- Карты высоты верхней границы облаков
- Карты температуры верхней границы облаков
- Карты типов облачности и подстилающей поверхности
- Карты вертикальных профилей температур
- Карты вертикальных профилей геопотенциала

Гидрологическая информация

- Мониторинг состояния рек, озер и водохранилищ
- Карты районов наводнений
- Карты ледовой обстановки рек, озер и водохранилищ
- Карты распределения снежного покрова
- Карты границы снежного покрова

Океанографическая информация

- Карты и карты-схемы ледовой обстановки
- Карты температуры водной поверхности
- Карты концентрации хлорофилла-А
- Карты скорости и направления приводного ветра

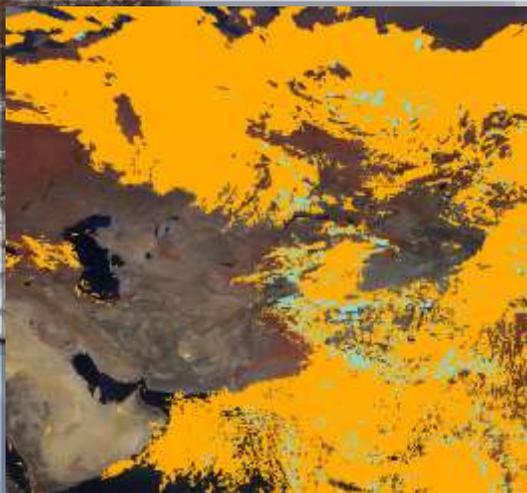
Другое

- Пожарная обстановка
- Обзорные наблюдения
- Вулканическая активность
- Карты концентрации озона
- Карты концентрации водяного пара
- Карты концентрации углекислого газа

Использование нейронных сетей в задачах ДЗЗ

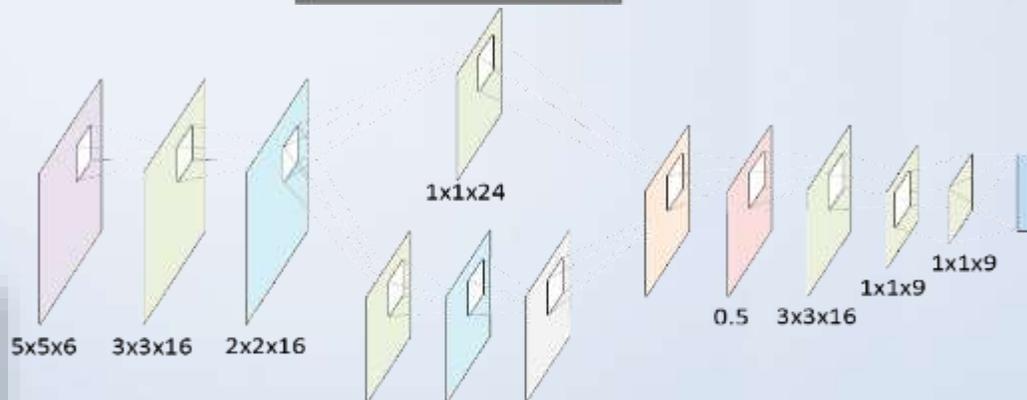
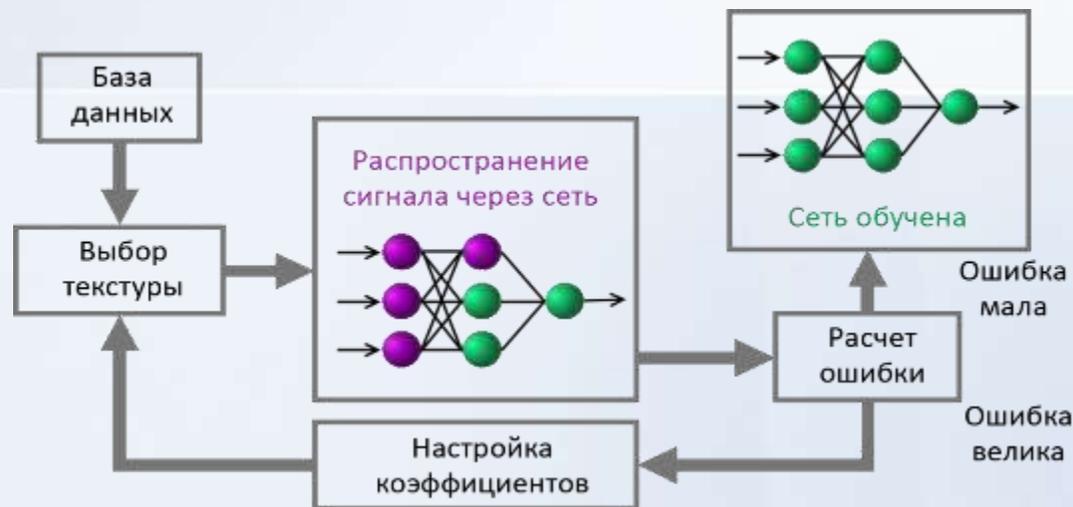
МСУ-ГС («Электро-Л» №2)

■ -облачность
■ -снег



МСУ-МР («Метеор-М» №2)

■ -облачность



- 3x3x24 2x2x24 1x1x24 Inputs - входной тензор текстуры
- Conv2D + ReLU - операция свертки и линейная функция активации
- MaxPooling - слой субдискретизации
- ZeroPadding - слой дополнения нулями
- Concatenate - объединение тензоров
- Dropout - метод регуляризации
- GlobalAveragePooling - выходной слой

Маска облачности на основе сверточных нейронных сетей

Исходное спутниковое изображение Полигоны, отмеченные операторами Маска облачности, полученная классификатором



Построение маски облачности по данным МСУ-ГС («Электро-Л» №2)

Изображение по данным МСУ-ГС Маска облачности по данным SEVIRI Маска облачности и снега по данным МСУ-ГС



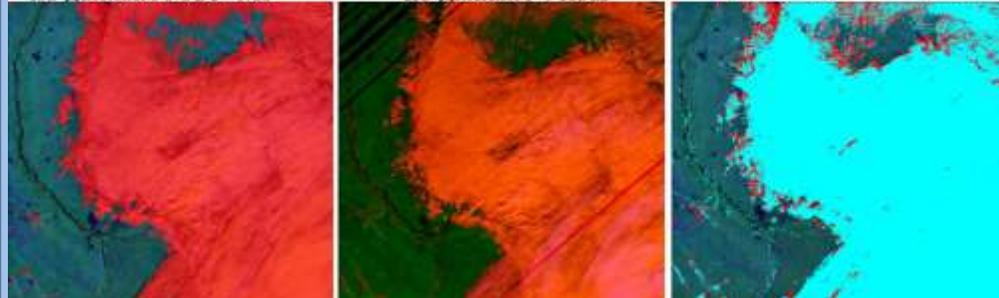
Сравнение маски облачности по данным МСУ-ГС («Электро-Л» №2) с маской облачности по данным SEVIRI («Meteosat-8»)

Исходное спутниковое изображение Полигоны, отмеченные операторами Маска облачности, полученная классификатором



Построение маски облачности по данным МСУ-МР («Метеор-М» №2)

Маска облачности по данным МСУ-МР Маска облачности по данным VIIRS Наложение масок - МСУ-МР - VIIRS



Сравнение маски облачности по данным МСУ-МР («Метеор-М» №2) с маской облачности по данным VIIRS («Suomi NPP»)

Прибор	Количество верификационных полигонов, содержащих облачность, шт.	F-мера	Сравнение с полигоном, выделенным оператором	Сравнение с аналогичным продуктом (¹ - VIIRS ² -SEVIRI)
МСУ-МР (13 спутниковых изображений)	100	98,13 %	94,54 %	85 % ¹
МСУ-ГС (9 спутниковых изображений)	20	98,19 %	91,2%	81 % ²

Программный комплекс

«Восстановление параметров облачности по спутниковым данным»

Входные спутниковые данные:

- МСУ-МР (Метеор-М)
- МСУ-ГС (Электро-Л)
- АНН (Himawari-8)
- AGRI (Feng-Yun 4A)
- VIIRS (Suomi NPP/NOAA-20)
- AVHRR (Metop-C)
- Seviri (Meteosat)

Данные численного прогноза погоды
GFS

ПК
«Восстановление
параметров
облачности
по спутниковым
данным»

Выходные продукты:

Фазовое состояние

Высота верхней границы

Оптическая толщина

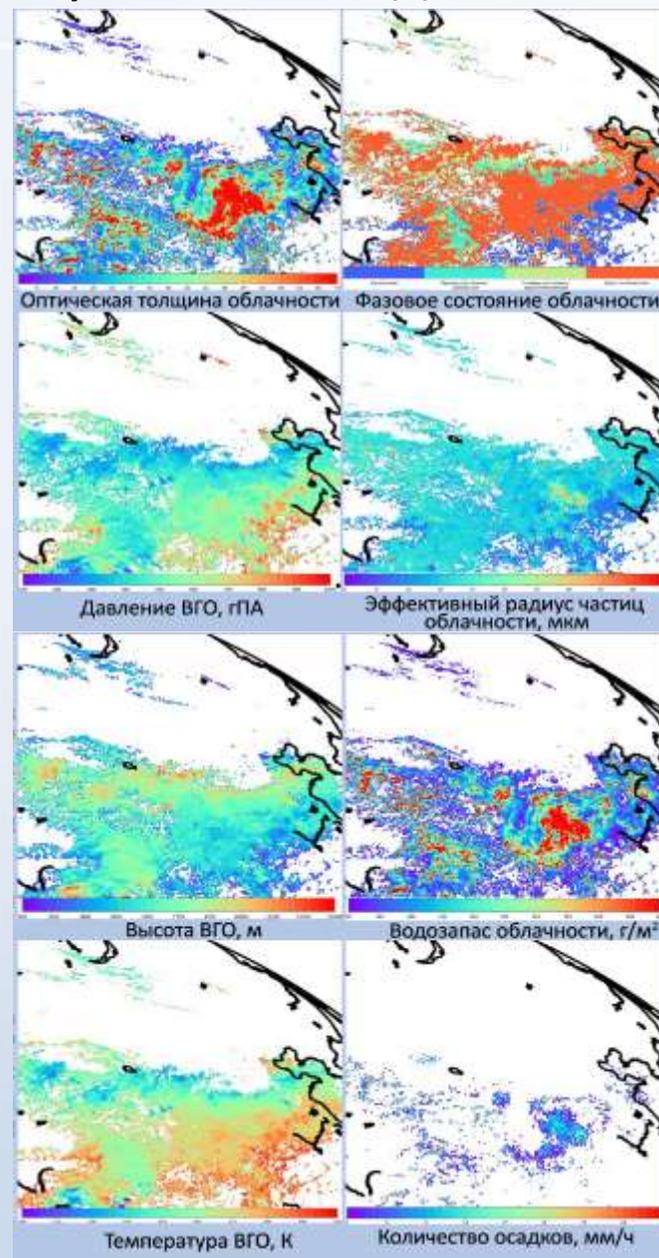
Температура верхней границы

Эффективный радиус

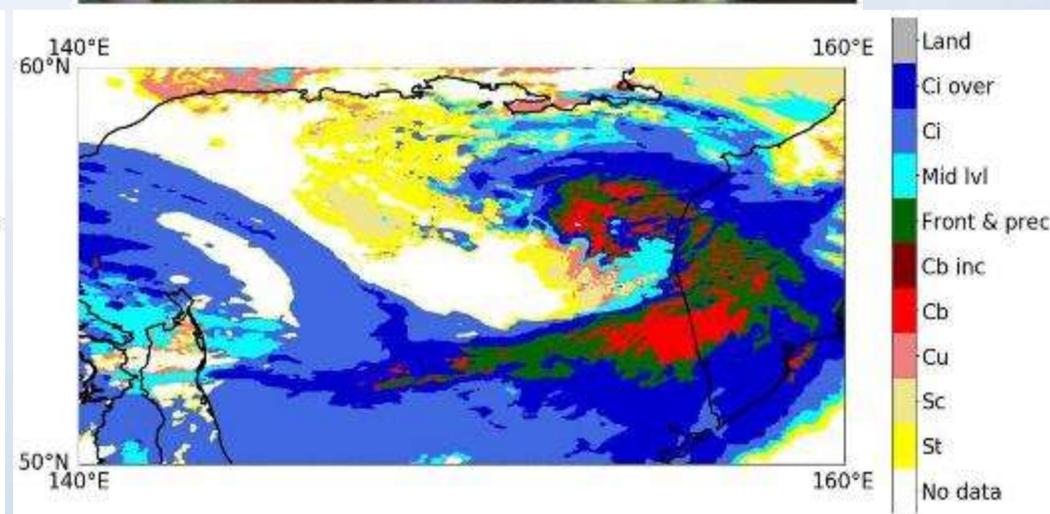
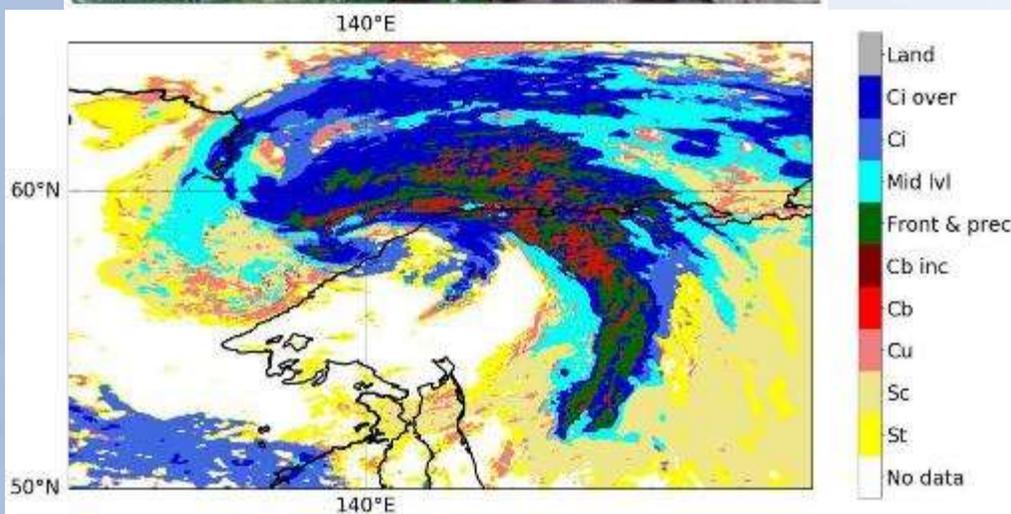
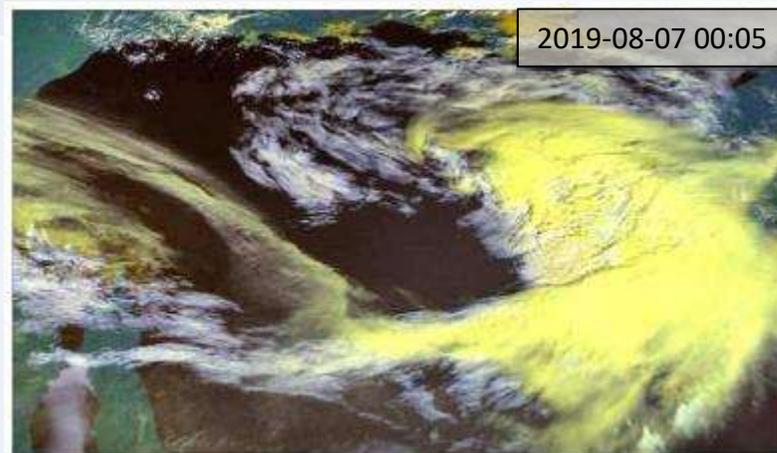
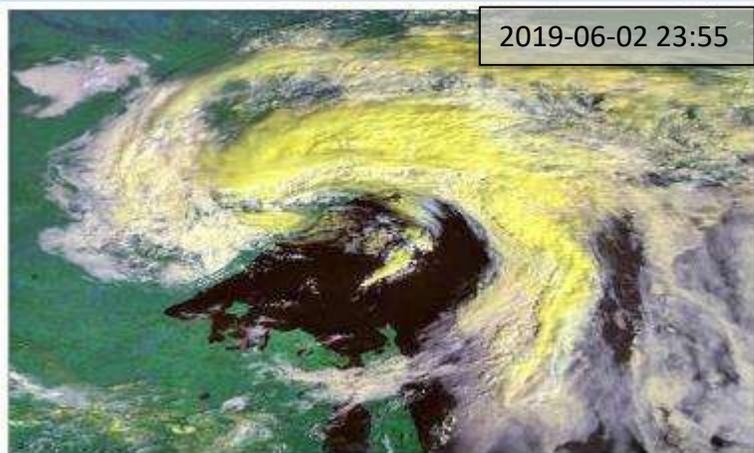
Давление на верхней границе

Водозапас

Количество осадков



Карта типов облачности по данным МСУ-МР (Метеор-М №2)

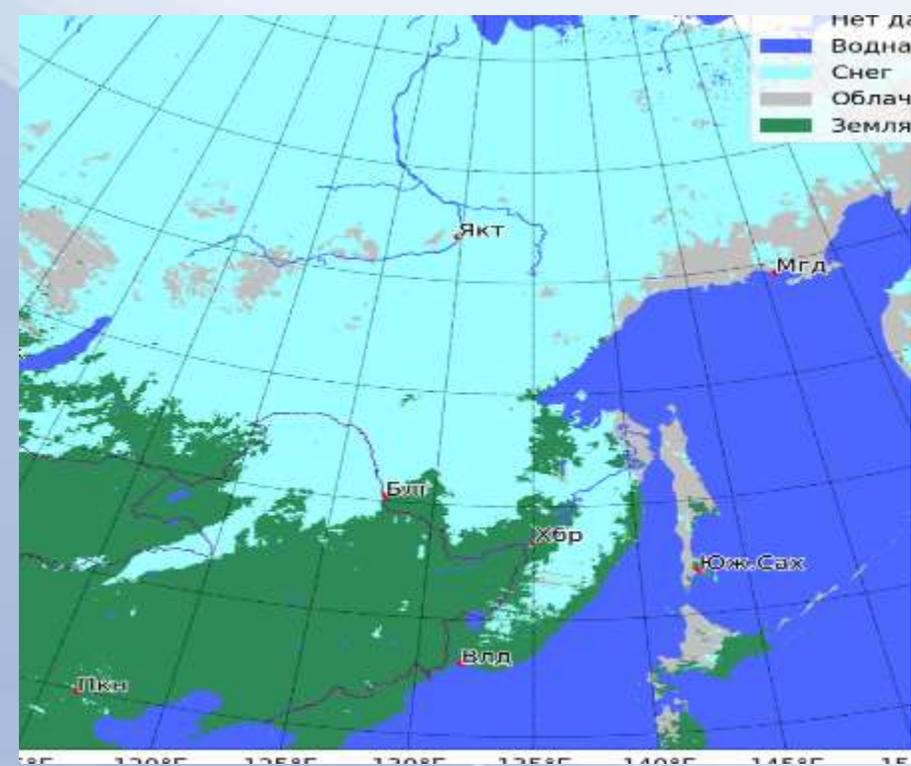


Точность на тестовом наборе данных:

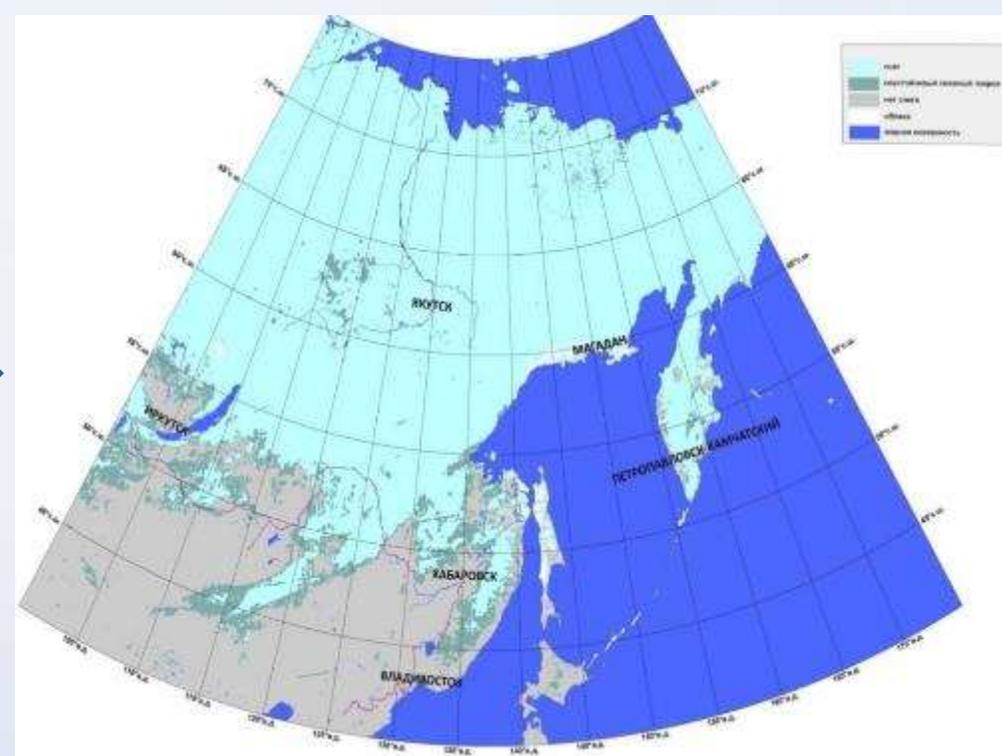
- МСУ-МР (Метеор-М № 2) (~144 тыс. текстур) - 86,13 %;
- распознавания класса **кучево-дождевых облаков** - 82%;
- распознавания класса **слоисто-дождевых облаков** – 83%.

Построение маски снежного покрова

8 - дневный композит



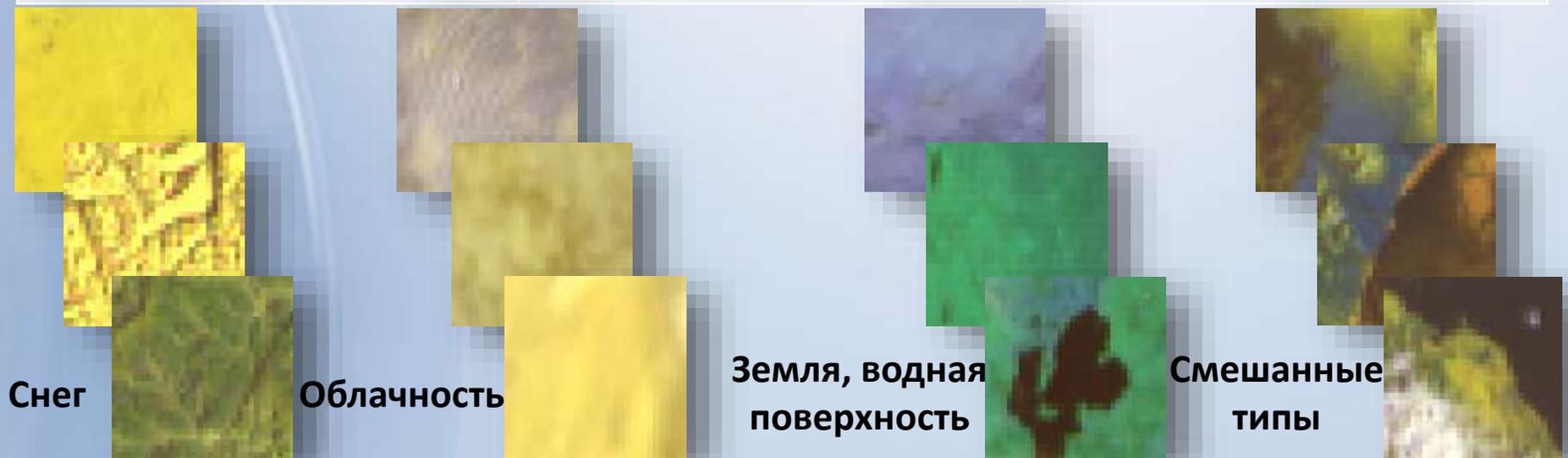
Карта распределения снежного покрова по данным МСУ-МР («Метеор-М»№2), 04.11.2019



Карта распределения снежного покрова по данным МСУ-МР («Метеор-М»№2), MODIS («Terra»/«Aqua»), VIIRS («Suomi NPP»), 04.11.2019

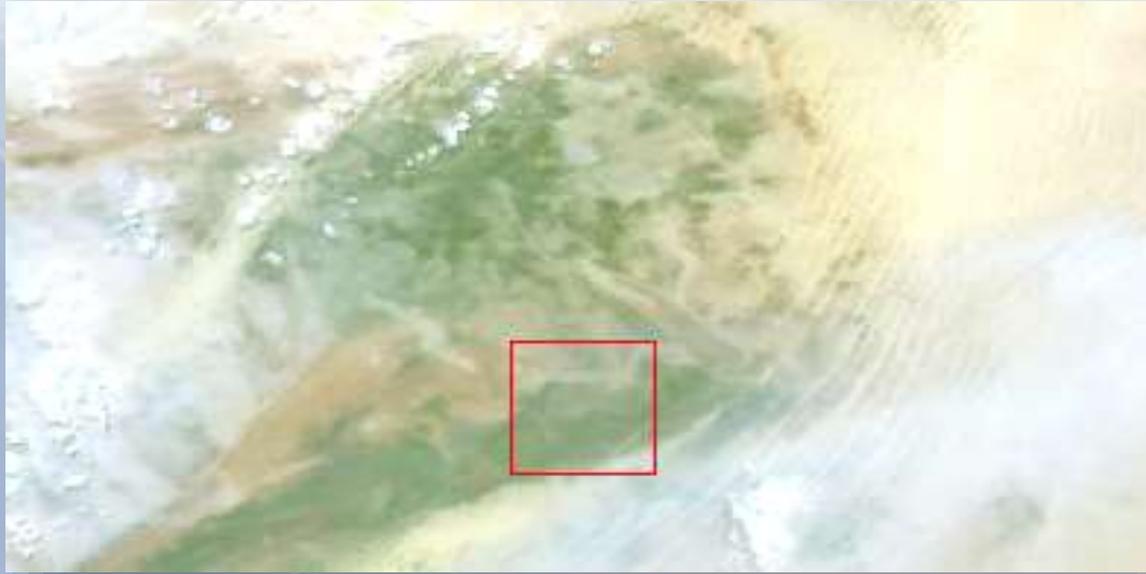
Наборы маркированных данных (текстур)

КА	Задача	Количество набранных текстур /с учетом аугментации , шт
«Метеор-М» №2 (МСУ-МР)	Построение маски облачности/снега	200 тыс./6,4 млн
	Классификация облачности	12 тыс./144 тыс.
«Электро-Л» №2 (МСУ-ГС)	Построение маски облачности/снега	64 тыс./780 тыс.
«Himawari-8» (АНИ)	Классификация облачности	12 тыс.



Атмосферная коррекция

До коррекции

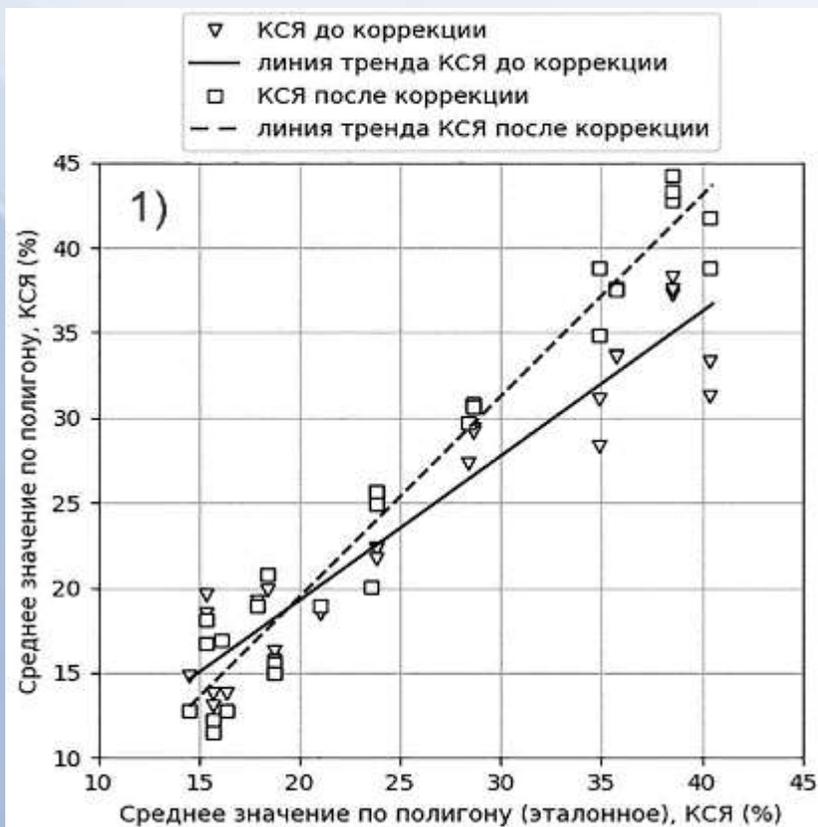


После коррекции

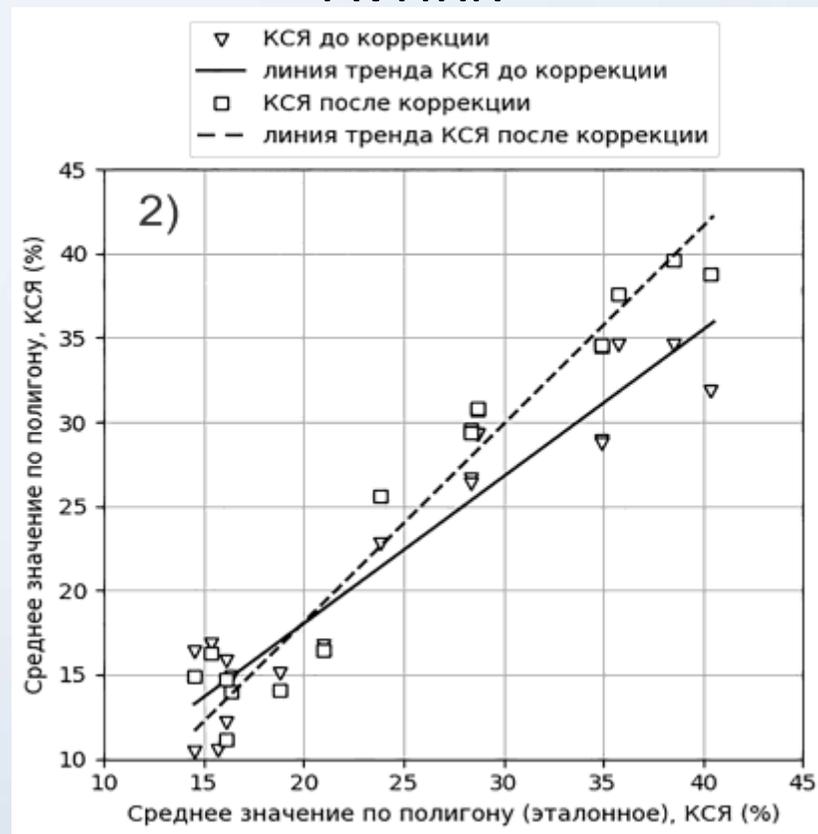


Верификация результатов атмосферной коррекции

МСУ-МР

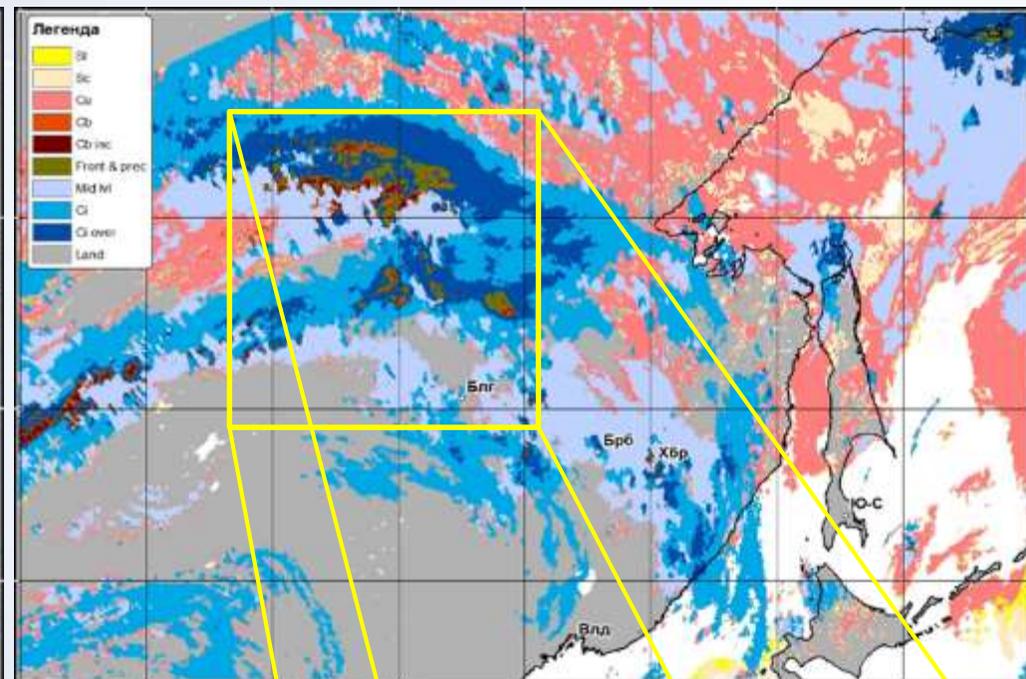
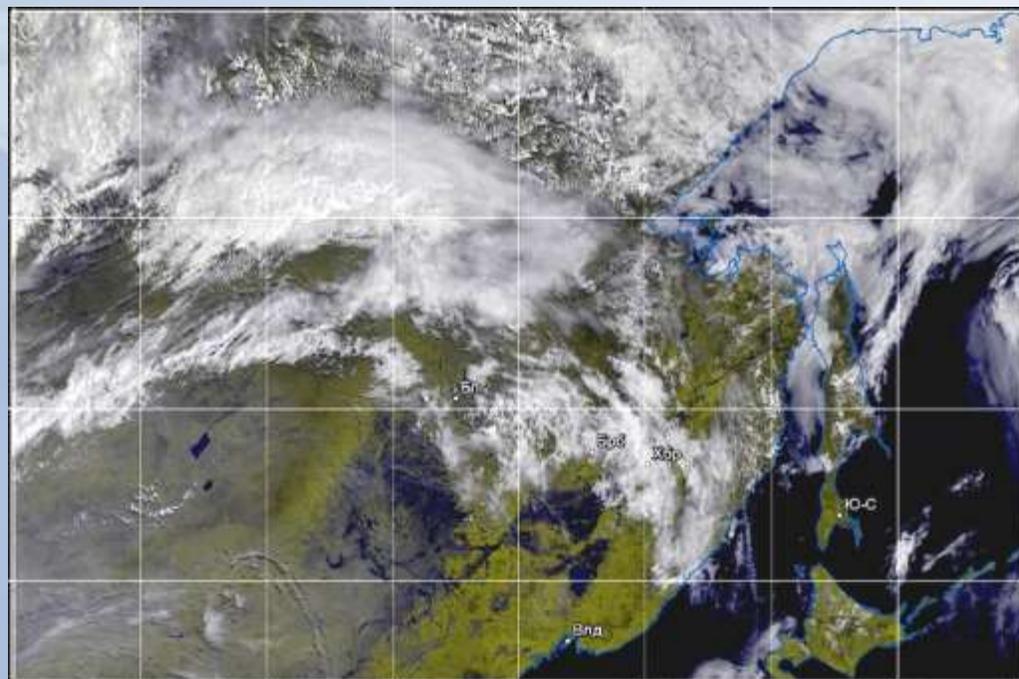


AVHRR

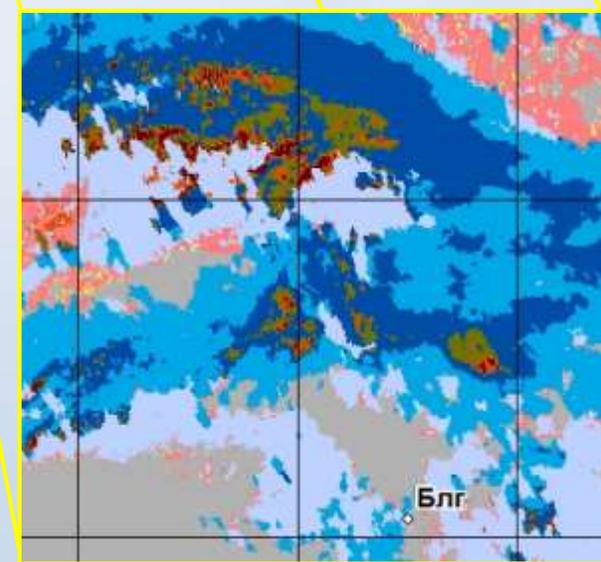


	МСУ-МР		AVHRR	
	До коррекции	После коррекции	До коррекции	После коррекции
E_{mean}	1.594	0.468	2.587	1.074
E_{RMS}	2.024	1.098	1.967	1.556
R	0.88	0.93	0.819	0.923

Карта типов облачности по данным АНП (Himawari-8)



St	Sc	Cu
Слоистая облачность и облачность «приподнятого тумана»	Слоисто-кучевая облачность над сушей и водной поверхностью	Отдельные маломощные Cu, низкие As
Cb	Cb inc.	Фронтальная осадкообразующая
Мощная кучевая и кучево-дождевая облачность	Кучево-дождевые облака с наковальной	Многослойная фронтальная осадкообразующая облачность, не связанная с конвекцией (Ns, Fr nb)
Средний ярус	Cl	Многослойная без осадков
Облака среднего яруса (As, Ac)	Класс перистообразных облаков (Cl, Cs, Cc)	Многослойная облачность, верхний ярус над средним или нижним ярусом (St, As, Sc, Ac)



Туманы, осадки по данным АНІ (Himawari-8)

Расчет интенсивности осадков

Расчет параметров облачности ПО Clavr-X:

- высота облачности
- типы облачности



Разделение облачных систем с осадками на типы:

- системы изолированных конвективных облаков;
- облачные системы в виде полосы, связанные с фронтом;
- конвективные облака на вторичных фронтах и скопление Сb;
- скопление кучево-дождевых облаков, связанное с начальной стадией развития циклона;
- облачный вихрь циклона или конвергенция облачности



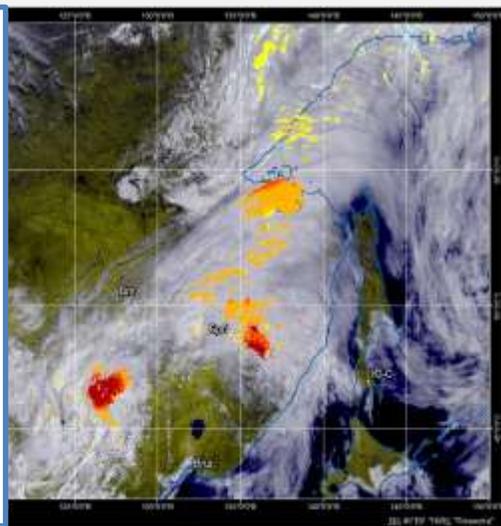
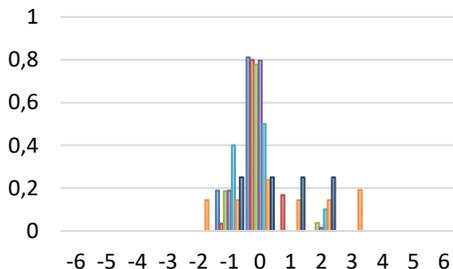
Расчет максимальной конвективной скорости:

- расчет максимальной конвективной скорости
- переход к максимальной радиолокационной отражаемости



Расчет интенсивности осадков

Точность совпадения



Определение потенциальной области тумана

Объединенный алгоритм, результатом работы которого является вероятностная карта, выраженная в процентах

Алгоритм Корейской метеорологической администрации:

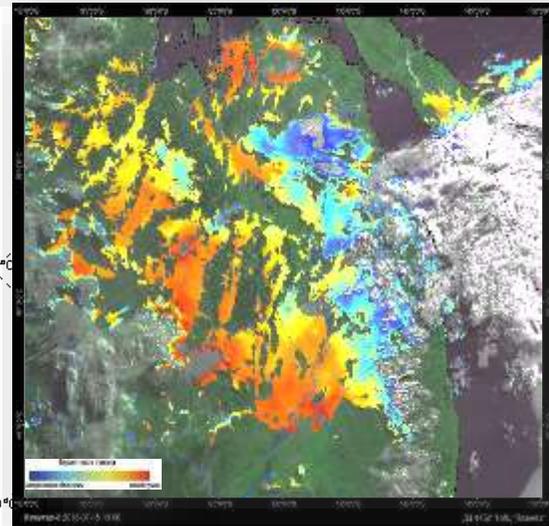
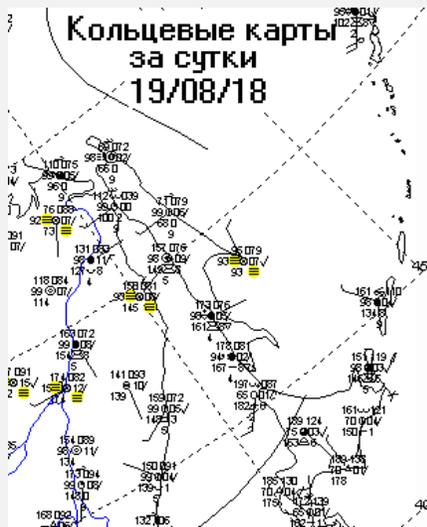
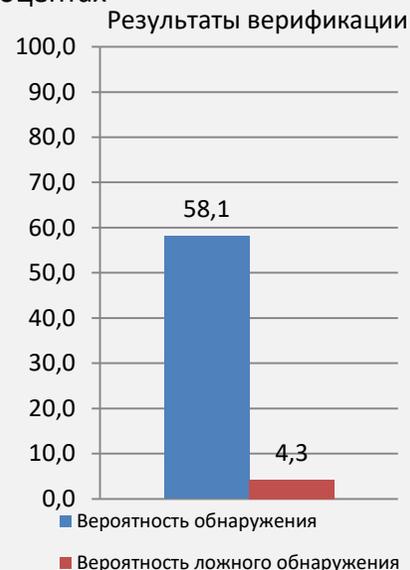
- адаптивные пороги, позволяющие определять область тумана в зоне дня, ночи, рассвета и сумерек

+

Алгоритм Японского метеорологического агентства:

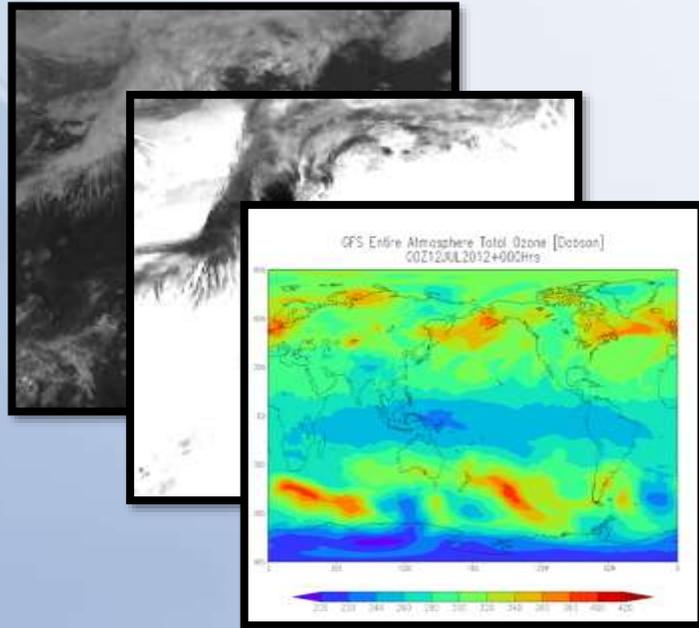
- глубокий анализ приземного слоя атмосферы
- скорость ветра на различных геопотенциальных высотах, полученная из прогноза WRF-ARW

+



Краткосрочное прогнозирование

Данные о состоянии атмосферы и облачности за последние 50 минут

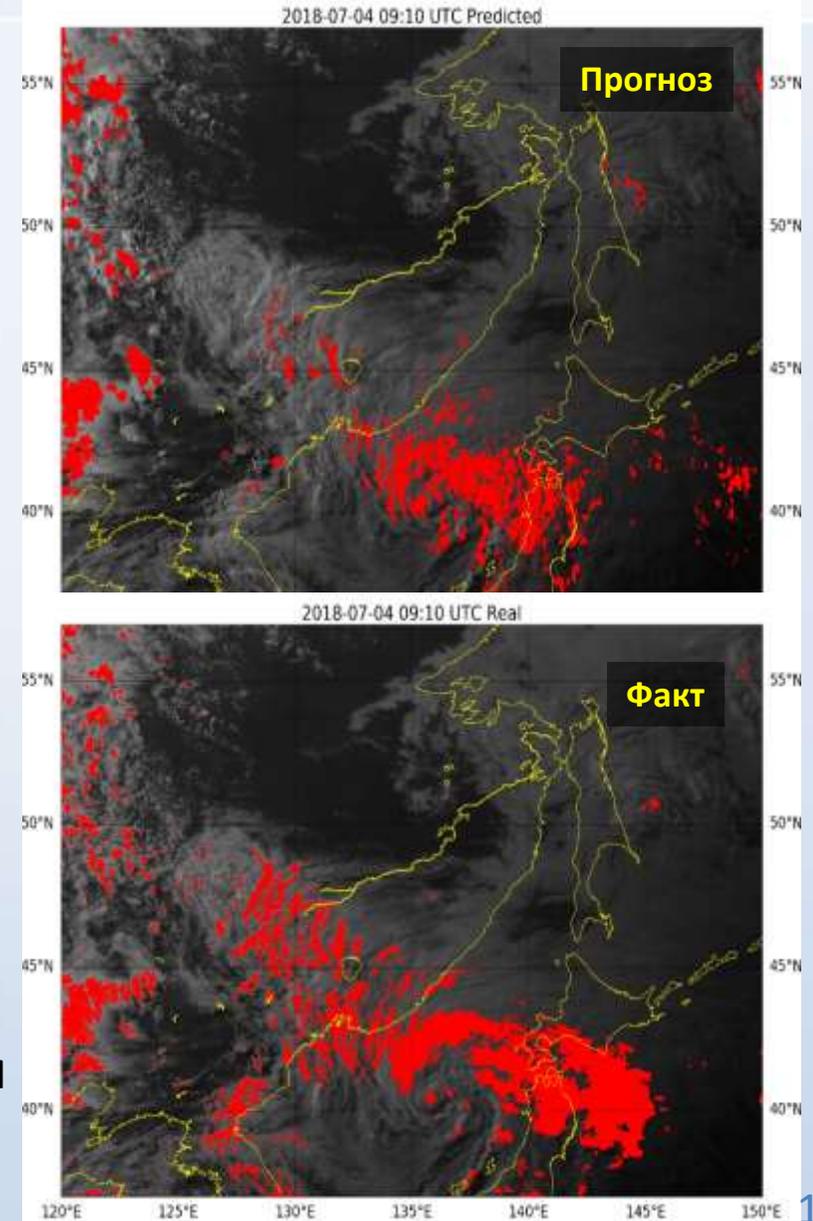


- Видимые и ИК каналы спутника Himawari-8
- Данные прогностической модели WRF
- Высота рельефа
- Поле осадков

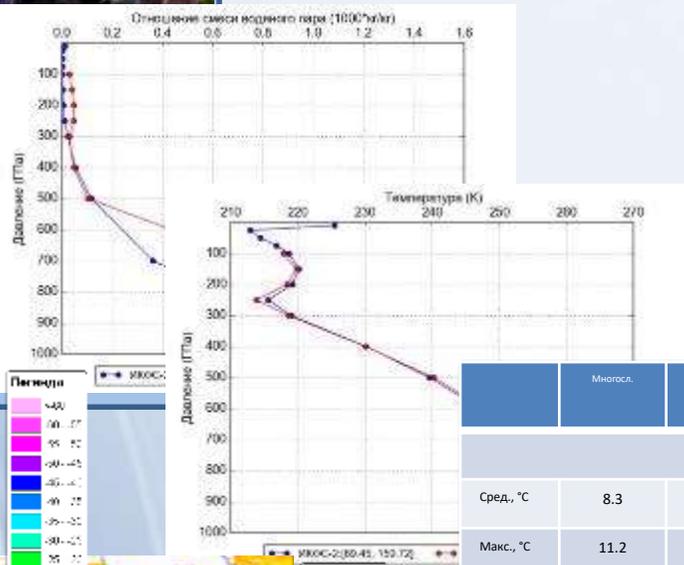
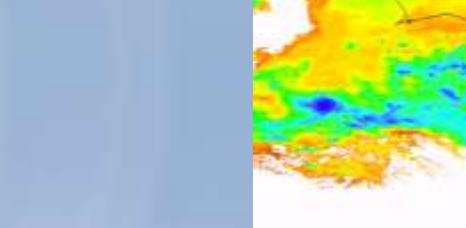
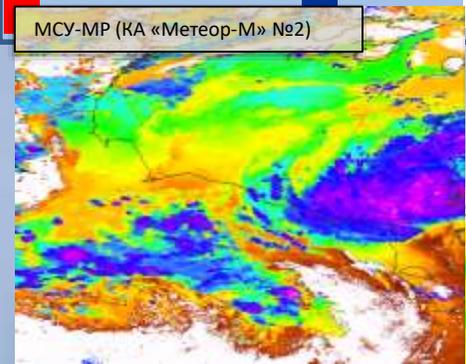
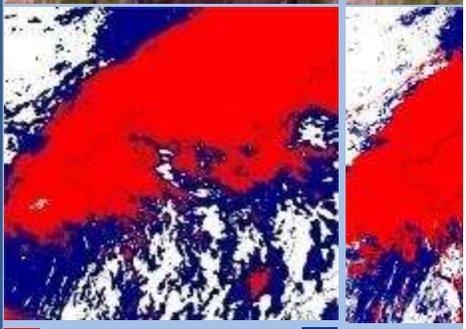
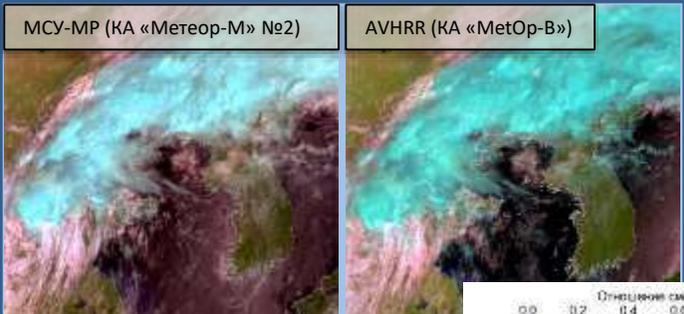
Модель – рекуррентная нейронная сеть на основе ячеек LSTM

Более 2 Тб обучающих данных

Прогноз полей осадков на срок до 1 часа



Верификация продуктов



- Автоматическими методами с использованием больших массивов данных

- Используются данные:
 - ✓ наземной наблюдательной сети
 - ✓ аэрологические данные
 - ✓ радиолокационные данные
 - ✓ зарубежные аналоги

	Многосл.	Нижний ярус	Средний ярус	Перистая	Конвек.
Еар					
Сред., °С	8.3	1.2	5.1	11.3	9.2
Макс., °С	11.2	1.6	6.2	14.7	12.4
Еабс					
Сред., °С	10.2	1.5	6,2	12.1	10.9
Макс., °С	13.9	1.9	7,6	16.8	13.6
RMSE					
Сред., °С	6.5	0.4	3.1	6.7	5.4
Макс., °С	8.1	0.8	4.7	9.4	7.3
Максимальное расхождение для облаков выше 12 км достигает 18°С					

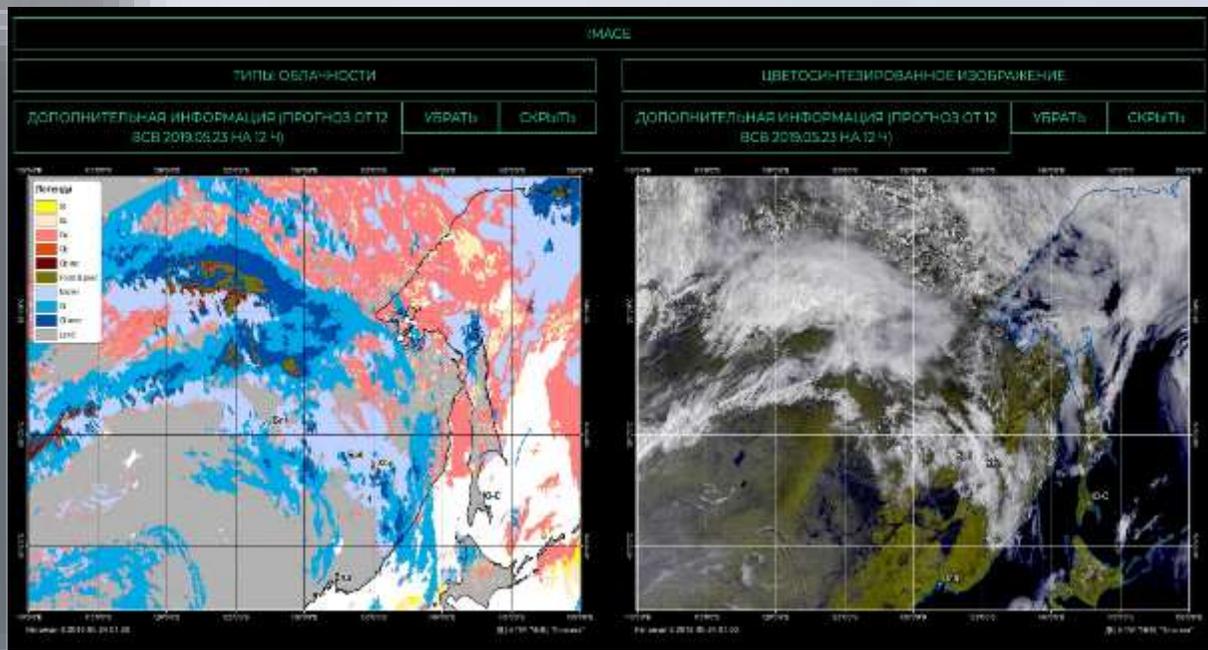
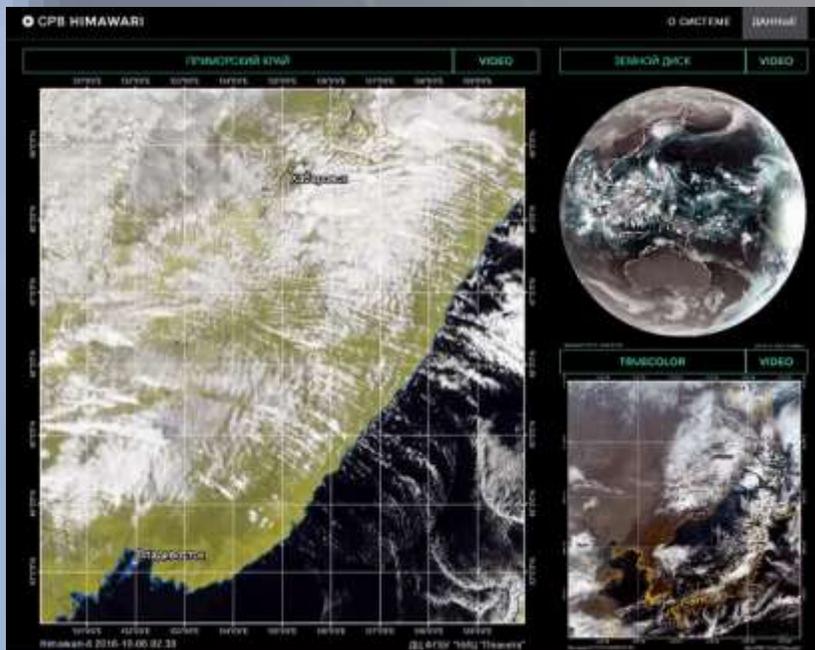
	Многосл.	Нижний ярус	Средний ярус	Перистая	Конвек.
Еар					
Сред., Па	127	33	68	167	136
Макс., Па	163	49	77	185	171
Еабс					
Сред., Па	157	50	79	190	160
Макс., Па	176	62	91	215	181
RMSE					
Сред., Па	83	27	46	112	91
Макс., Па	106	41	53	153	111
Максимальное расхождение для облаков выше 12 км достигает 230 Па					

Система реального времени HIMAWARI



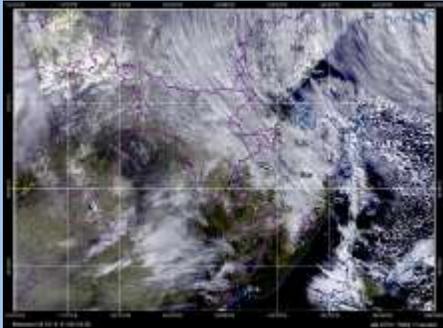
Доступные продукты:

- цветосинтезированное изображение;
- панхроматическое ИК-изображение;
- изображение в канале водяного пара;
- карта высоты и температуры ВГО;
- карта интенсивности осадков;
- карта вероятности тумана;
- данные прогностической модели.

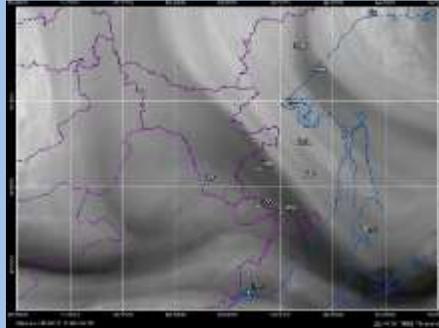


Отображаемая информация

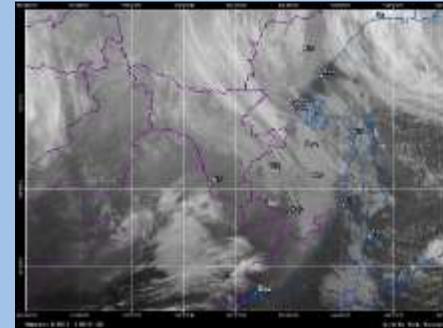
Спутниковая информация



Цветосинтезированное изображение

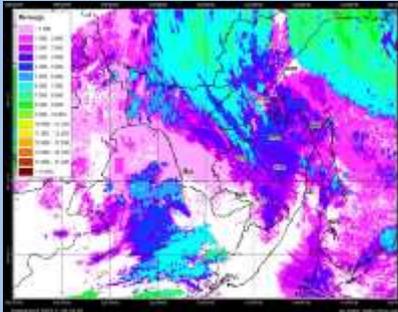


Изображение в спектре водяного пара

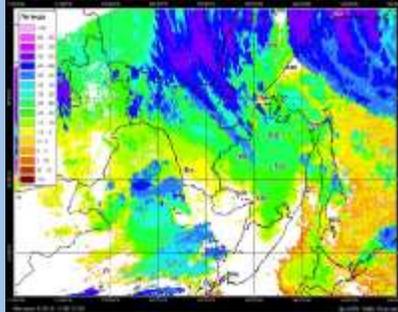


Инфракрасное изображение

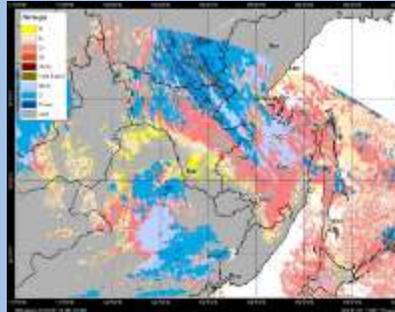
Тематическая спутниковая информация



Карта высоты ВГО



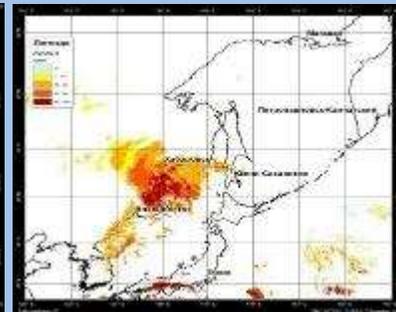
Карта температуры ВГО



Карта типов облачности

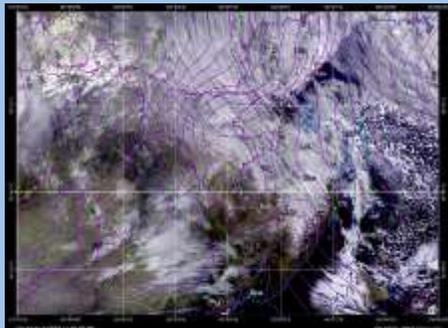


Карта вероятности тумана

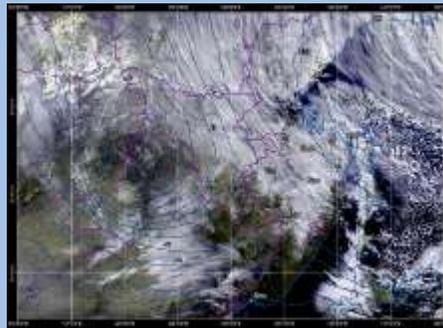


Карта интенсивности осадков

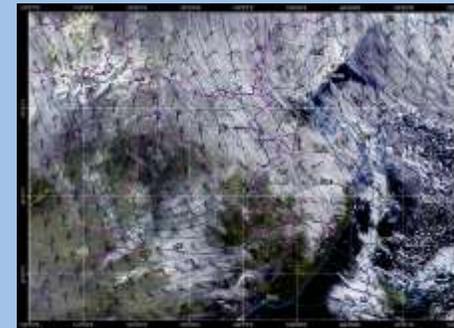
Спутниковая информация с наложением данных прогностической модели



Карта полей геопотенциала



Карта полей температуры



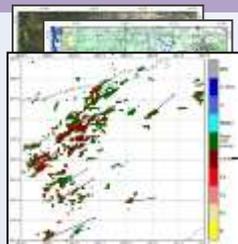
Карта ветра

Геоинформационная система «МЕТЕО ДВ»

Данные сети наблюдений

Спутниковые данные

Прогностические данные



Веб-сервис ГИС «МЕТЕО ДВ» создан совместно с ФГБУ «Дальневосточное УГМС» с целью предоставления оперативной информации для анализа обстановки и принятия управленческих решений.

ГЛОБАЛЬНАЯ БАЗА ДАННЫХ
ИНФОРМАЦИОННОЙ ПРОДУКЦИИ ПО
ДАЛЬНЕВОСТОЧНОМУ РЕГИОНУ

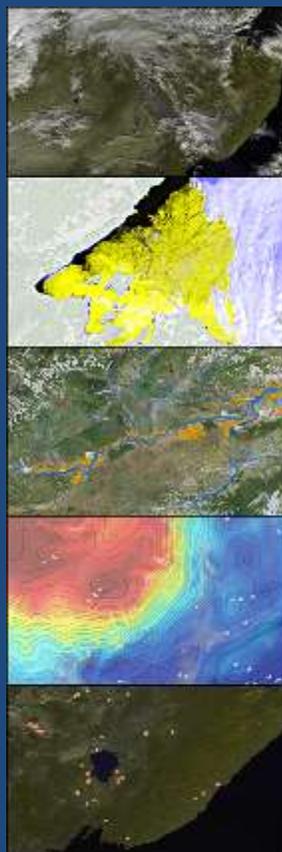
В



Потребители:

Управления по гидрометеорологии Дальневосточного региона, Правительство Хабаровского края, структуры МЧС, подразделения ВС РФ, администрации субъектов ДФО

Геоинформационная система (ГИС)



- спутниковые изображения: *Метеор-М (МСУ-МР), TERRA/AQUA (MODIS), Метеор-М (КМСС), Канопус-В (МСС), Landsat-8 (OLI), Ресурс-П (ШМСА)*
- гидрологическая информация: *уровень воды (АГК), уровень воды (гидропост), высота снежного покрова, запас воды в снеге к норме, влажность почвы, вектора разливов рек, карты снежного покрова, граница снежного покрова, прогноз уровней воды, консультативный прогноз разливов*
- океанографическая информация: *ледовая обстановка, приводный ветер, суммарный уровень моря*
- метеорологическая информация: *данные наземных измерений, изображения облачности, давление, количество осадков, балльность облачности*
- аэрологическая информация: *данные аэрозондирования, объективный анализ, максимальный ветер, тропопауза, поле температуры, поле геопотенциала, поле влажности, скорость и направление ветра, прогноз температуры, прогноз геопотенциала, прогноз влажности, прогноз скорости и направления ветра*
- геофизическая информация: *пункты измерений*
- экологическая информация: *радиационный фон, горячие точки, карта районов лесных пожаров*

Геоинформационная система «МЕТЕО ДВ»

Лучший ГИС-проект

В 2015 г. победитель конкурса в номинации «Значимый вклад в развитие сферы геоинформационных технологий и ДЗЗ» на III Международном ГИС-форуме «Интеграция пространства — будущее информационных технологий»



АИС центра мониторинга загрязнения окружающей среды

Центр мониторинга загрязнения окружающей среды ФГБУ «Дальневосточное УГМС»

Сбор и анализ данных



С участием ДЦ ФГБУ «НИЦ «Планета» автоматизирован экспорт результатов анализа проб в единую базу данных с 15 приборов для анализа воды и 8 приборов для анализа воздуха.

Автоматизированы:

- расчет химических параметров и концентраций,
- генерация сообщений о случаях превышения ПДК,
- экспорт в системы ГидрохимПК и Асоиза.

Единая база данных

База объединяет измерительные, расчетные, атрибутивные и справочные данные по состоянию воды и воздуха в зоне ответственности с 2007 года. Для своевременного принятия управленческих решений реализовано комплексирование данных мониторинга ЦМС и спутниковых данных ДЦ ФГБУ «НИЦ «Планета».

Отчетные материалы

Автоматизировано заполнение:

- 32 рабочих журналов,
- 35 приложений к ежегодникам,
- 150 экологических бюллетеней,
- 24 ежемесячных и 8 ежеквартальных справок.

Разработанный Web-интерфейс на любом этапе позволяет заносить в отчетные материалы результаты спутниковых наблюдений и измерений.

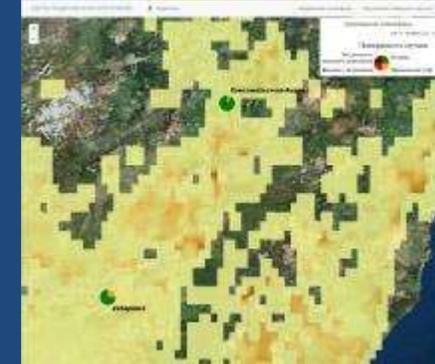
Обеспечение потребителей

Разработанная единая АИС позволяет расширить круг потребителей спутниковой информации, сократить временные затраты по ее доставке и использованию в общей системе наблюдений за состоянием окружающей среды Росгидромета.

Web-интерфейс



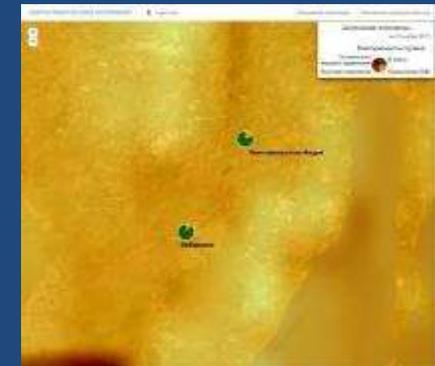
Совмещение дымовых шлейфов на снимке с данными ЦМС на постах наблюдений.



Совмещение аэрозольного индекса по данным AIRS/AQUA с данными ЦМС на постах наблюдений.

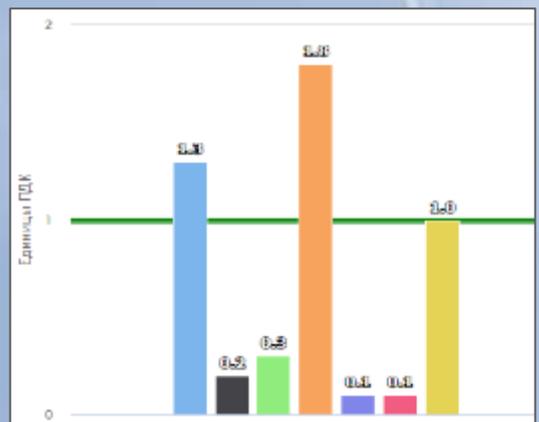
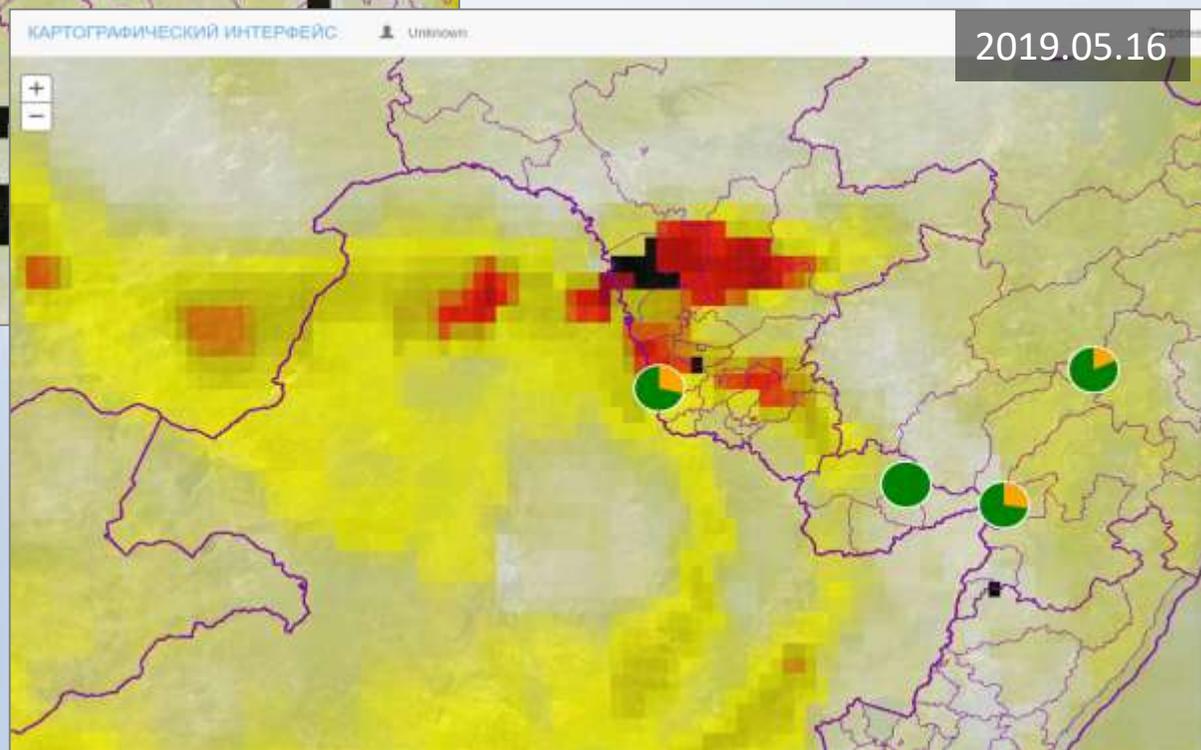
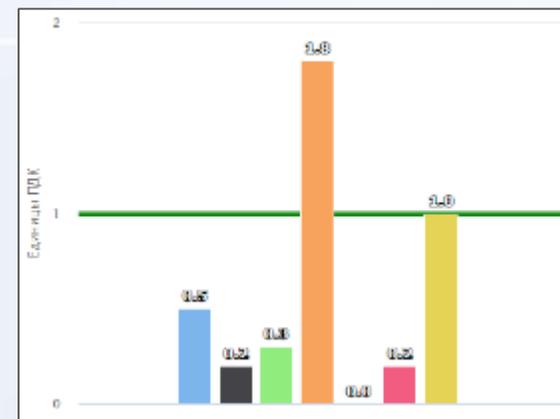
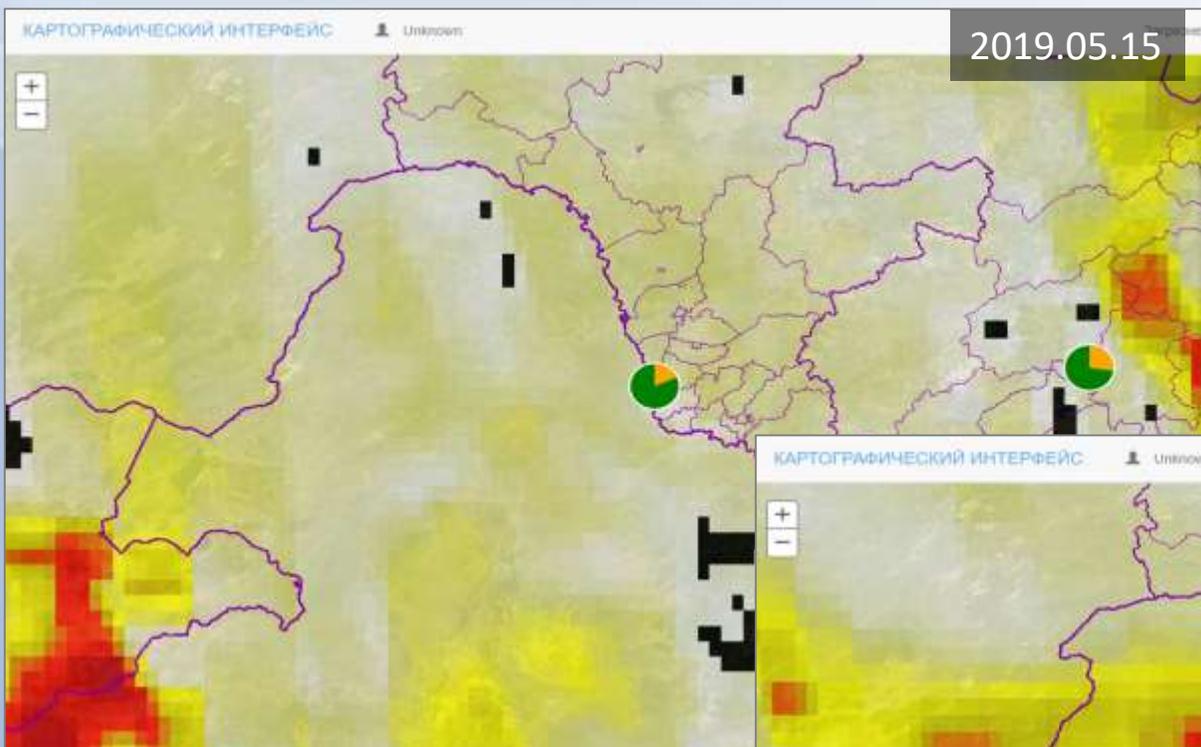


Совмещение мутности воды по данным OLI/Landsat-8 с данными ЦМС на постах наблюдений.



Совмещение концентрации метана по данным CRIS/SNPP с данными ЦМС на постах наблюдений.

Среднесуточные концентрации в г. Благовещенске

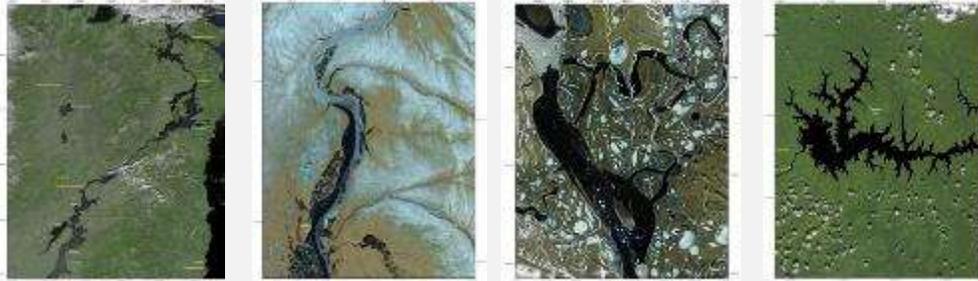


- Взвешенные вещества
- Диоксид серы
- Оксид углерода
- Диоксид азота
- Фенол
- Аммиак
- Формальдегид

Гидрологическая информация

Мониторинг состояния рек, озер, водохранилищ

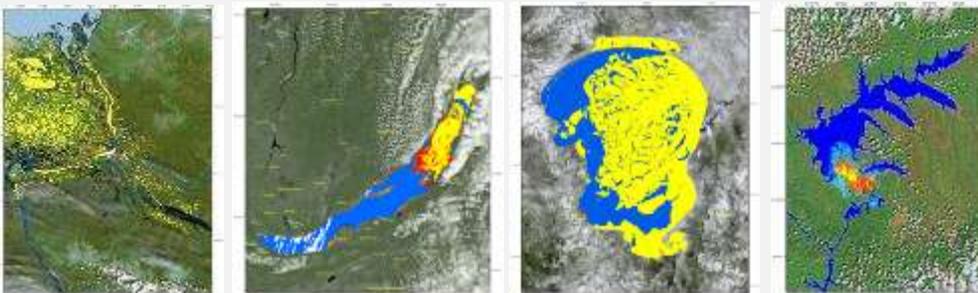
Обзорные наблюдения



Тематические карты районов наводнений



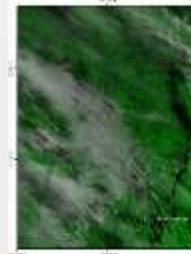
Тематические карты ледовой обстановки рек, озер, водохранилищ



Безоблачный композит

21.07 – 22.07

21.07.2019
00:00 UTC



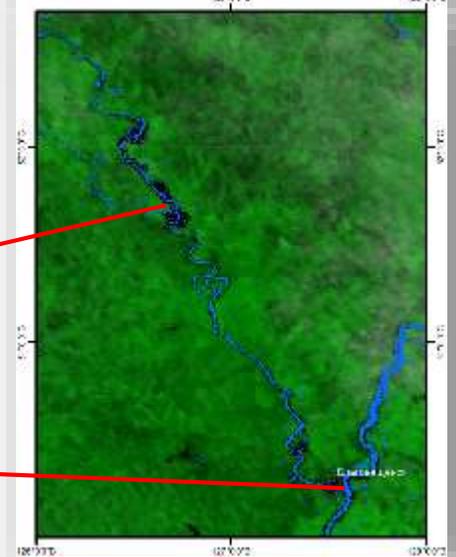
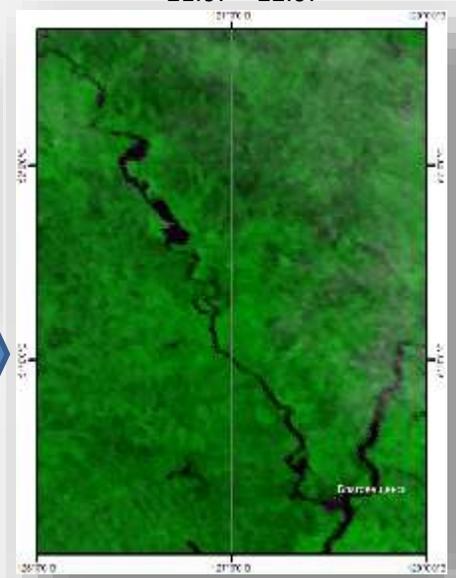
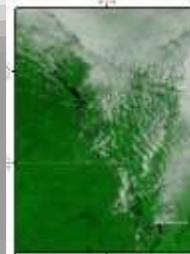
21.07.2019
04:00 UTC



21.07.2019
23:00 UTC

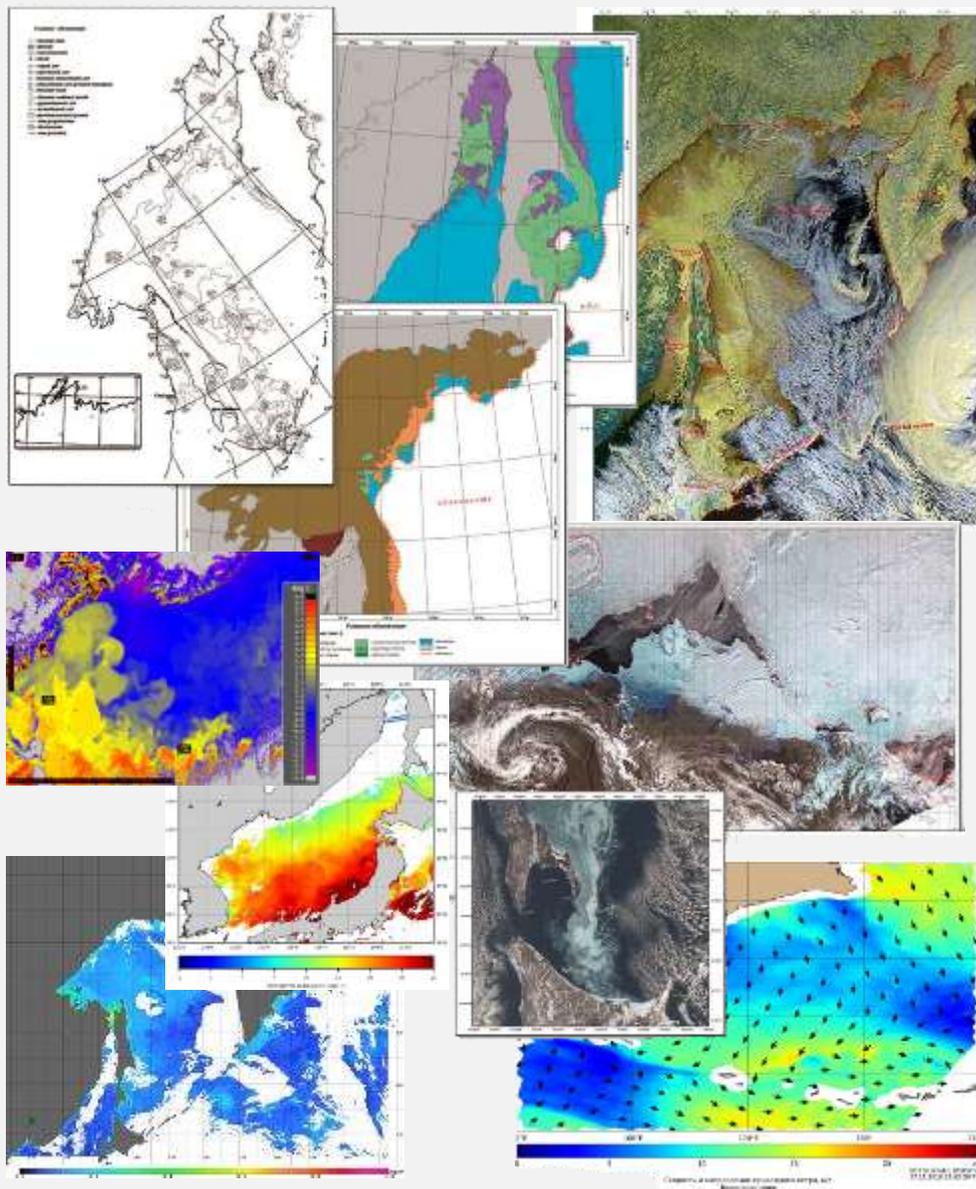


22.07.2019
04:00 UTC



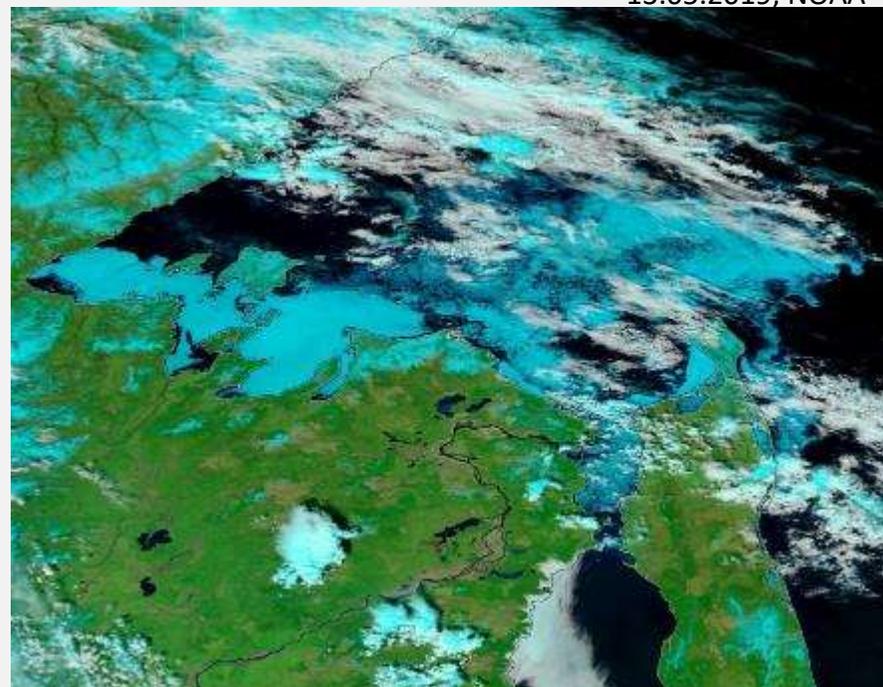
Океанографическая информация

Изображения, карты



Безоблачный композит

13.05.2019, NOAA



14.05.2019
00:00 UTC



14.05.2019
04:00 UTC



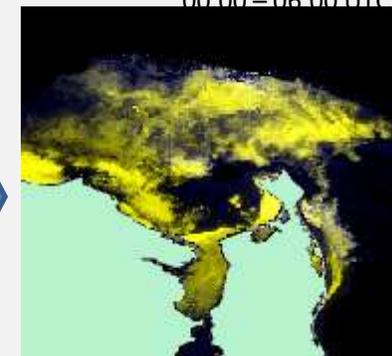
14.05.2019
02:00 UTC



14.05.2019
06:00 UTC

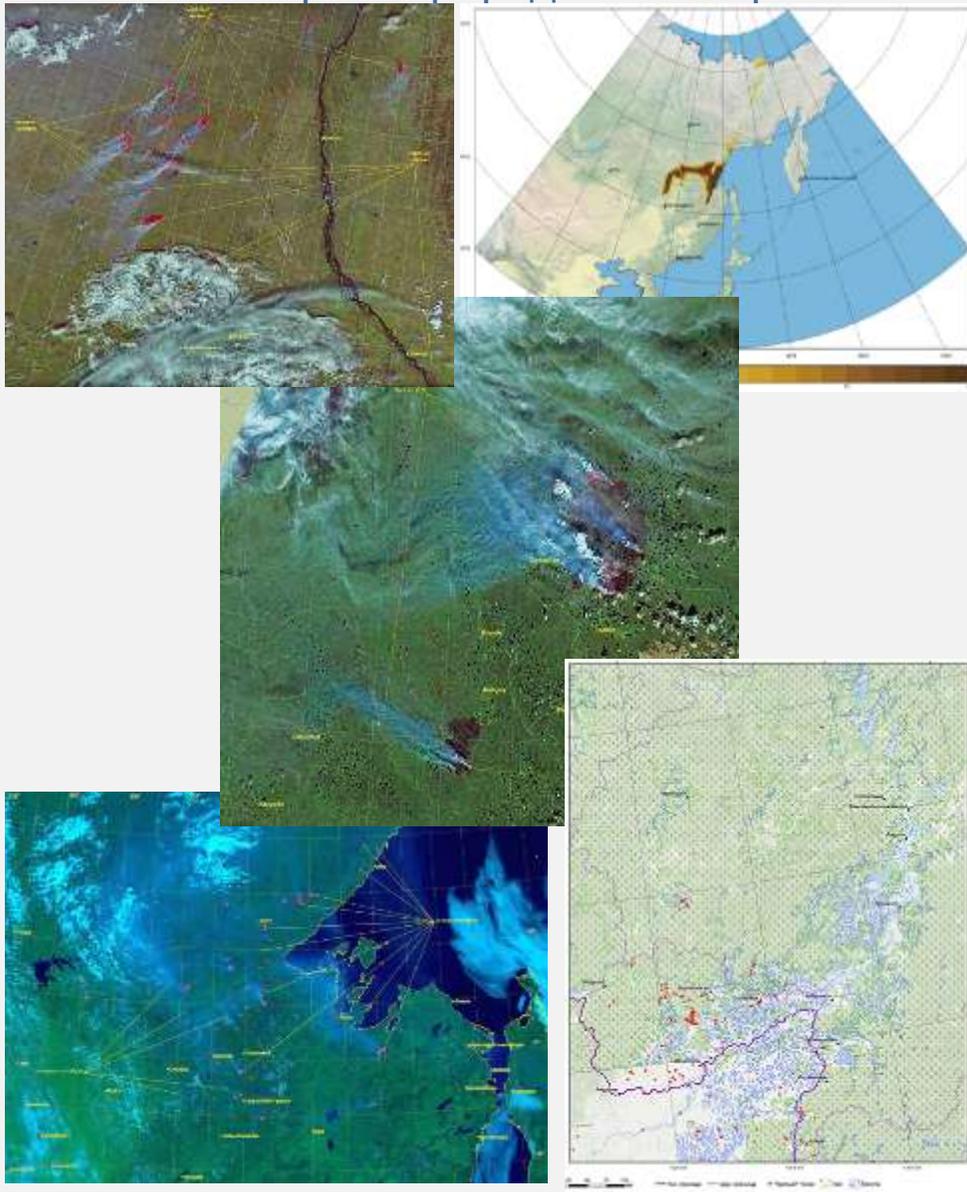


14.05.2019
00:00 – 06:00 UTC

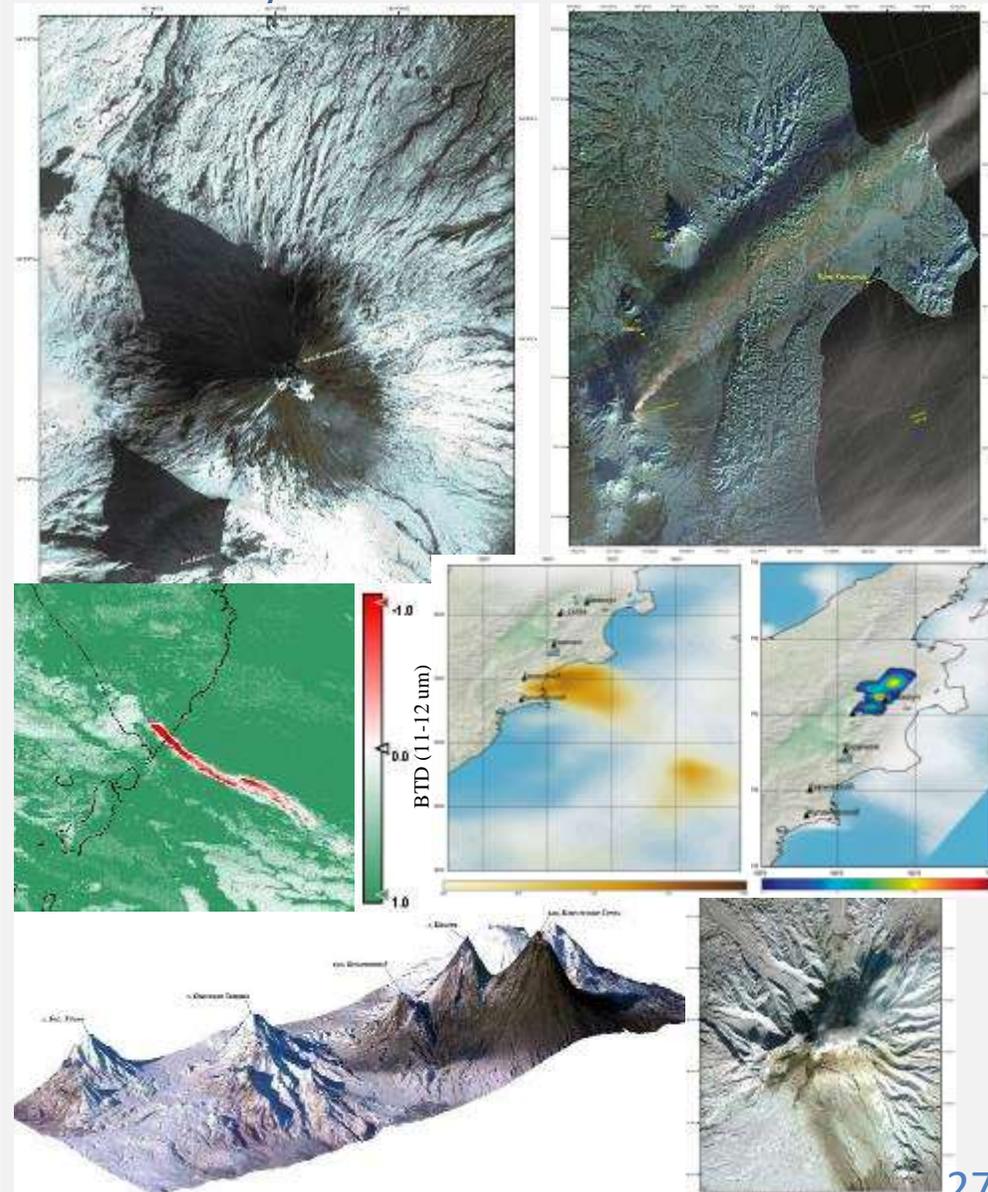


Экологическая информация

Мониторинг природных пожаров

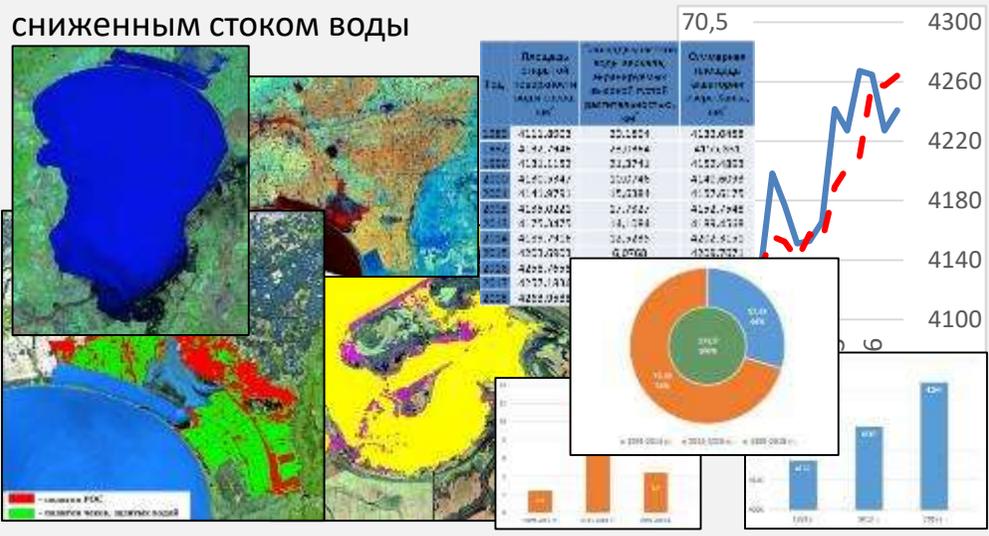


Вулканическая активность

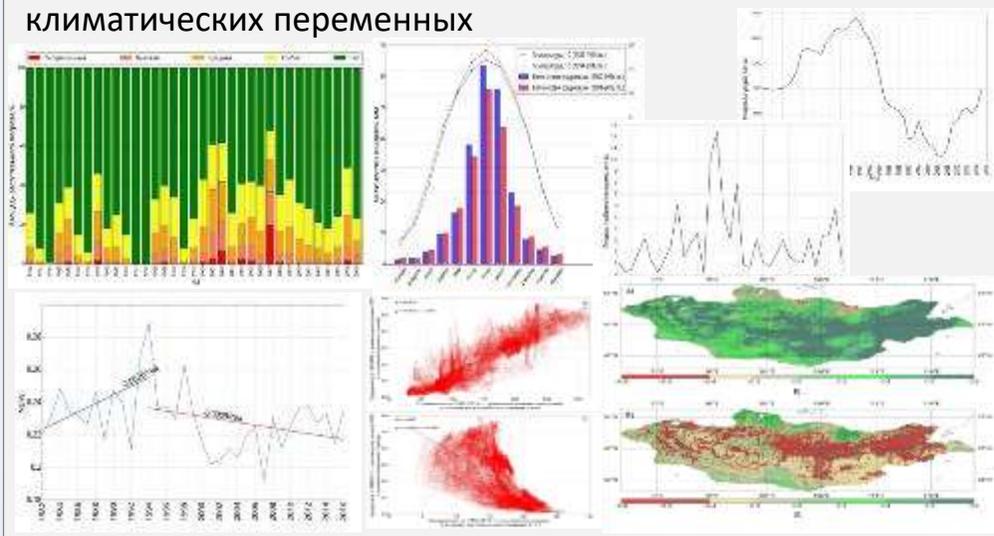


Решение прикладных задач

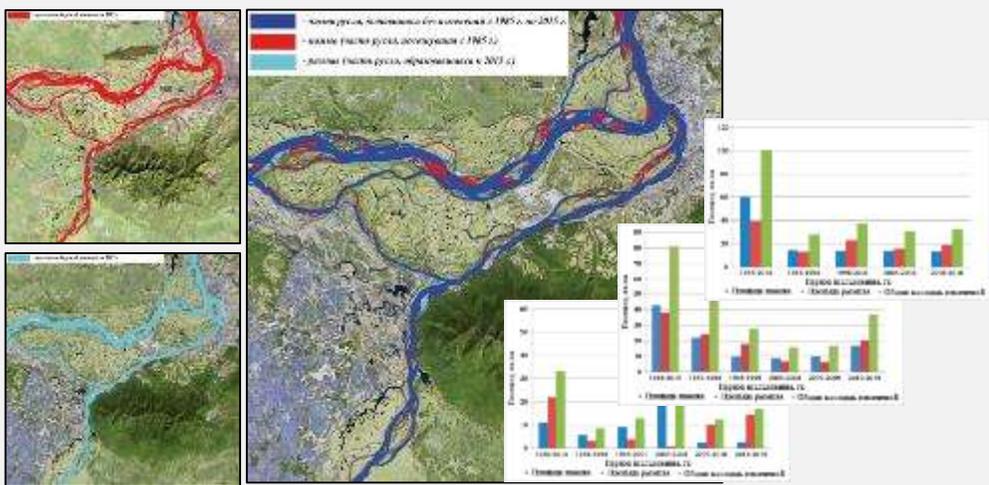
Морфометрические изменения водных объектов со сниженным стоком воды



Совместное использование спутниковых данных и климатических переменных

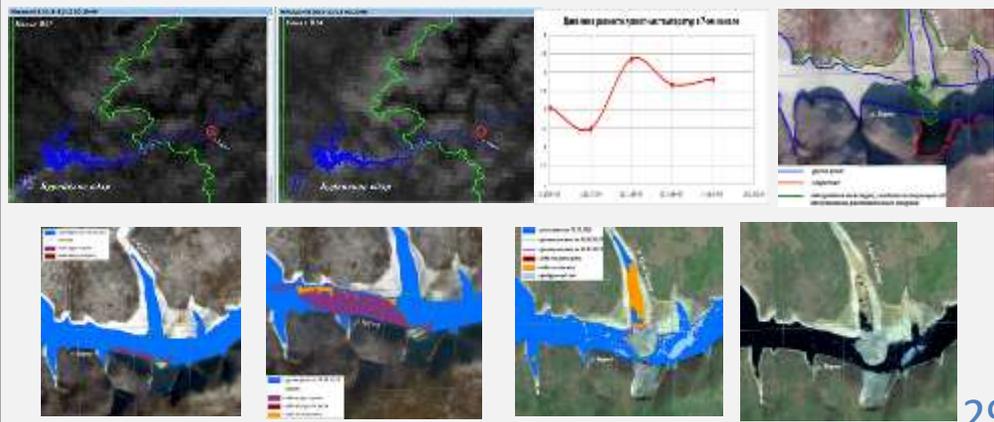


Морфометрические изменения водных объектов, имеющих хорошо выраженный водоток



Обнаружение и мониторинг ЧС

11 декабря 2018 года в Верхнебуреинском районе Хабаровского края произошло обрушение сопки и сход скальных пород в реку Буряя (в точке с координатами 50°33'38"с.ш. и 131° 28'53"в.д.)

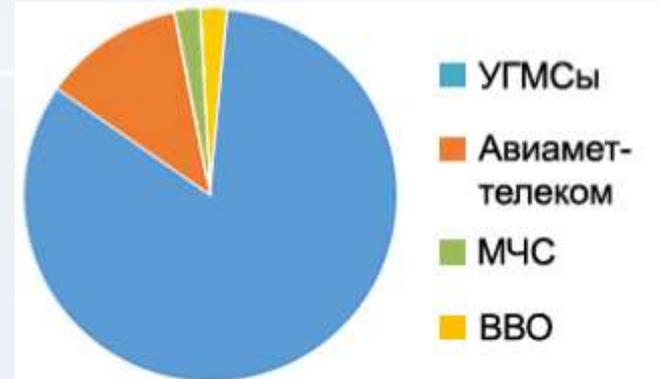


Потребители

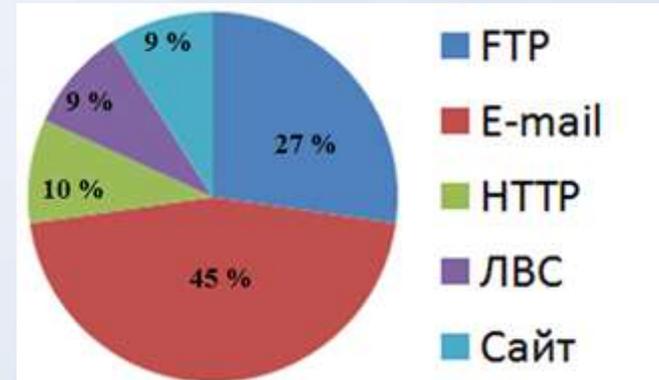
ДЦ ФГБУ «НИЦ «Планета» систематически работает \geq с 60 постоянными потребителями:

- оперативные и научно-исследовательские организации Росгидромета:
 - ✓ ФГБУ «Дальневосточное УГМС»
 - ✓ Амурский ЦГМС - филиал ФГБУ «Дальневосточное УГМС»
 - ✓ ФГБУ «Забайкальское УГМС»
 - ✓ Бурятский ЦГМС - филиал ФГБУ «Забайкальское УГМС»
 - ✓ ФГБУ «Камчатское УГМС»
 - ✓ ФГБУ «Колымское УГМС»
 - ✓ ФГБУ «Приморское УГМС»
 - ✓ ФГБУ «Сахалинское УГМС»
 - ✓ ФГБУ «Чукотское УГМС»
 - ✓ ФГБУ «Якутское УГМС»
 - ✓ ФГБУ «Авиаметтелеком Росгидромета» (ДВ, Камчатский и Северо-Восточный филиалы)
- органы государственной власти;
- предприятия морского транспорта и рыбодобывающей отрасли;
- институты Российской Академии Наук;
- службы МЧС России и подразделения Министерства Обороны РФ.

Среднемесячный объем информации, МБ



Распространение данных

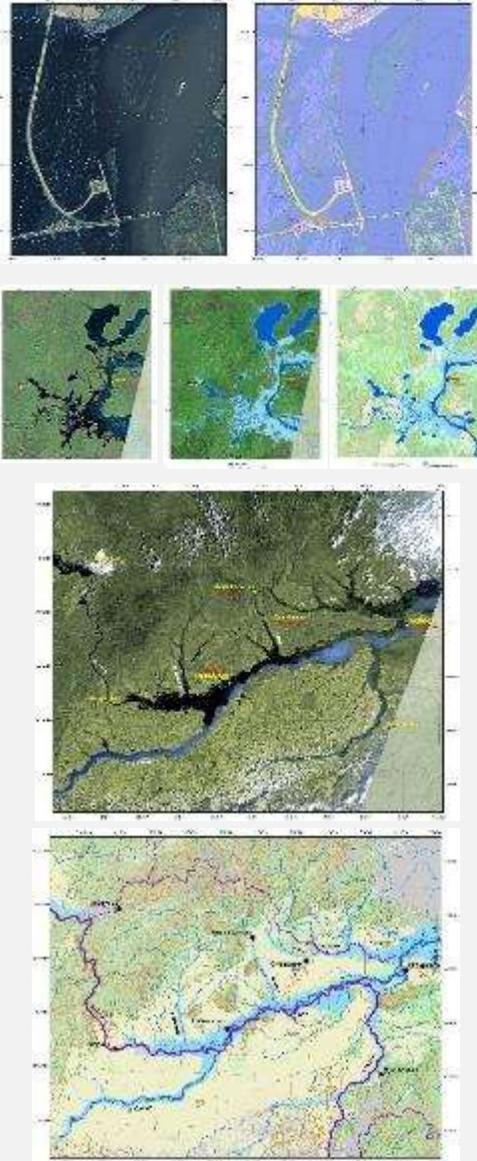


География посещений сайта, год

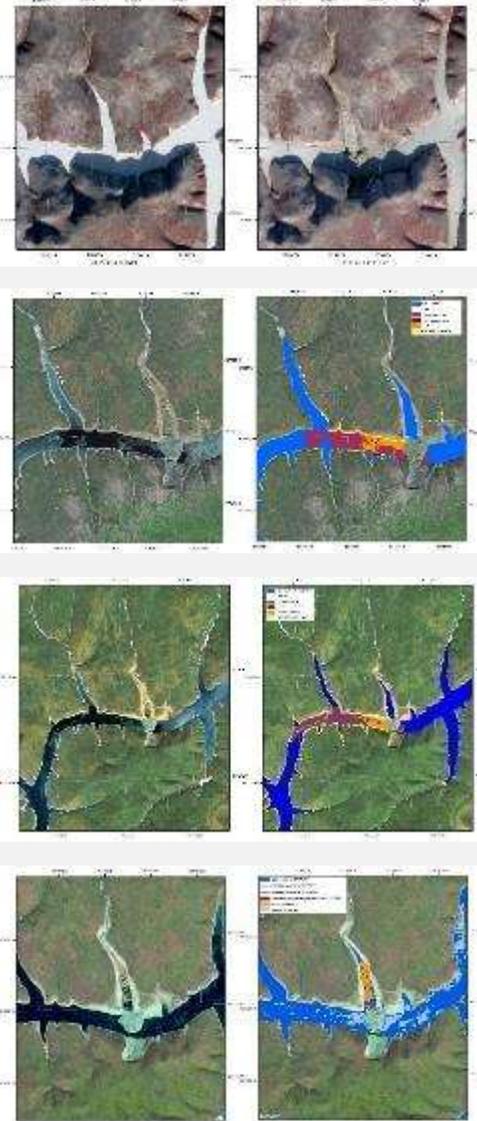


Правительство Хабаровского края

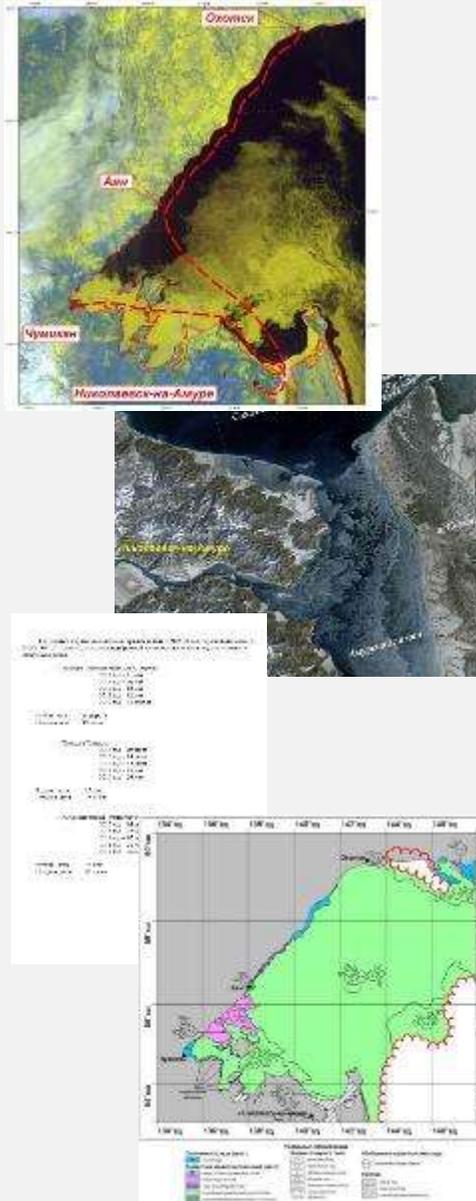
Мониторинг вскрытия и пропуска паводковых вод



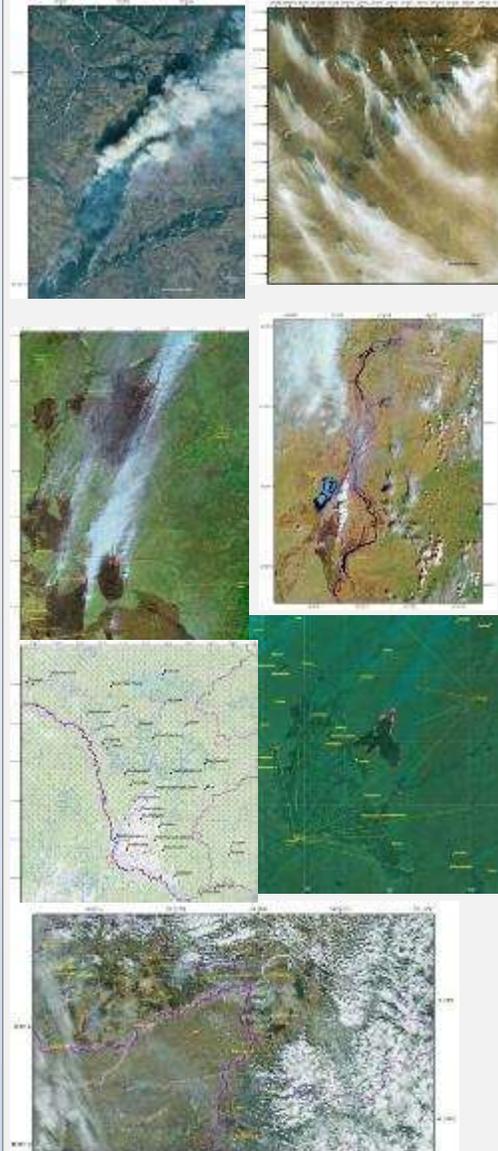
ЧС на реке Бурея



«Северный завоз»

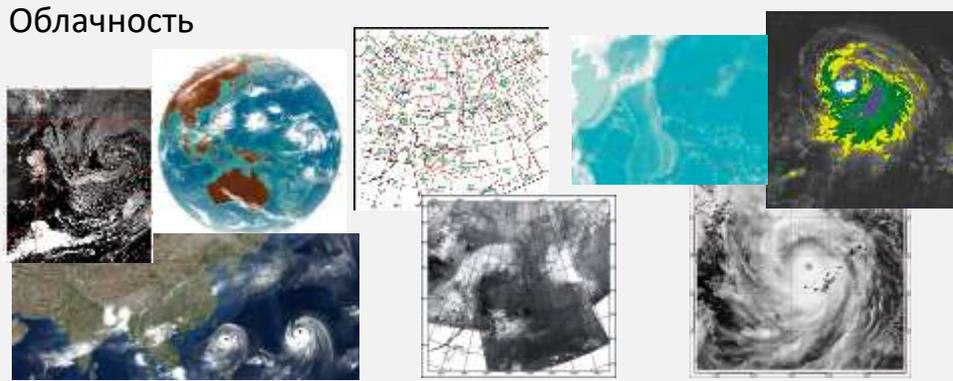


Пожары по Хабаровскому краю и ЕАО

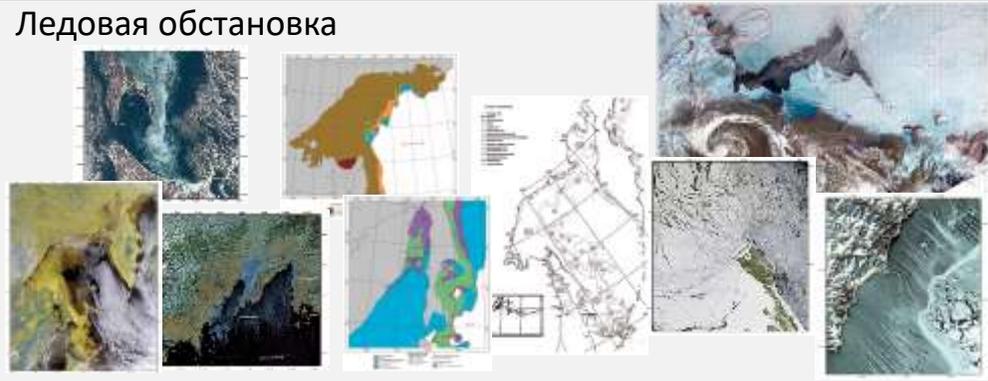


МЧС России и подразделения Министерства обороны РФ

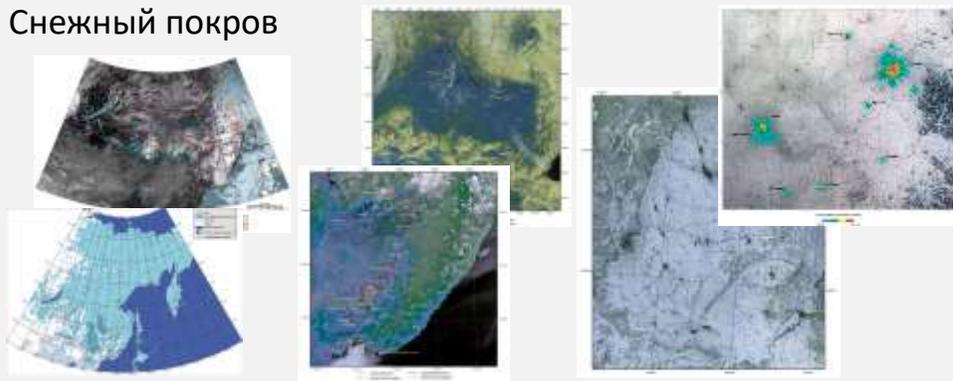
Облачность



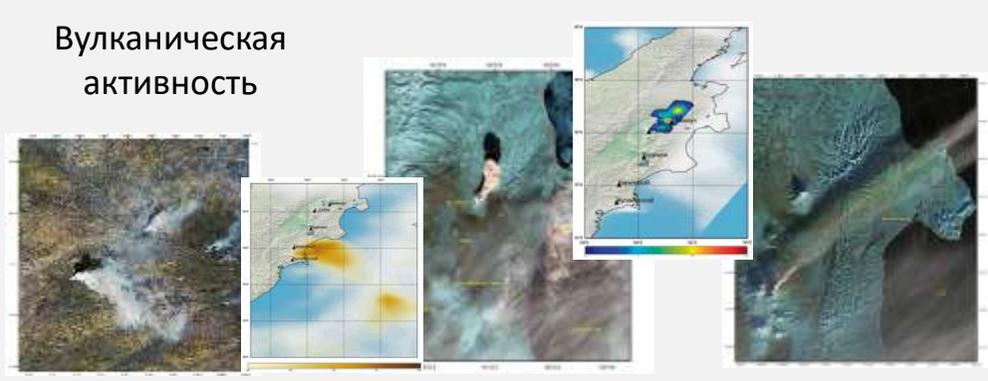
Ледовая обстановка



Снежный покров



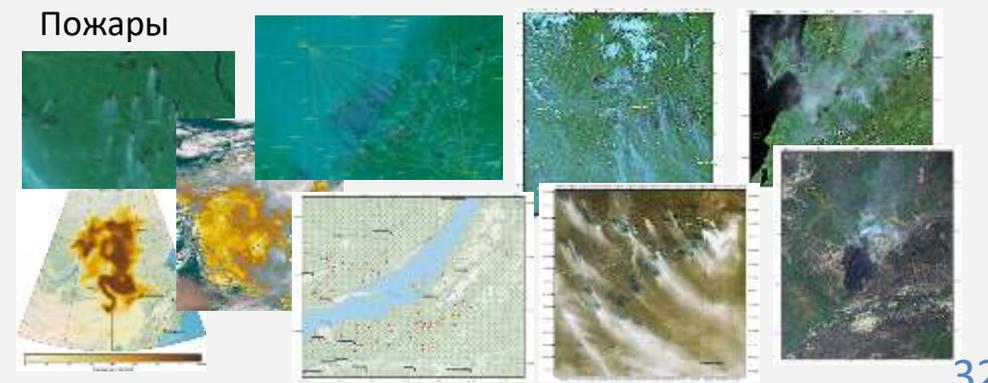
Вулканическая активность



Наводнения



Пожары



Научная деятельность

Публикации и статьи

За последние 5 лет опубликовано 108 статей, из них в реферируемых научных журналах - 59

Цитируемость статей в РИНЦ – 376

Методы, модели и технологии

За последние 5 лет

- ✓ разработано 120
- ✓ испытано 109
- ✓ внедрено в оперативную работу 104

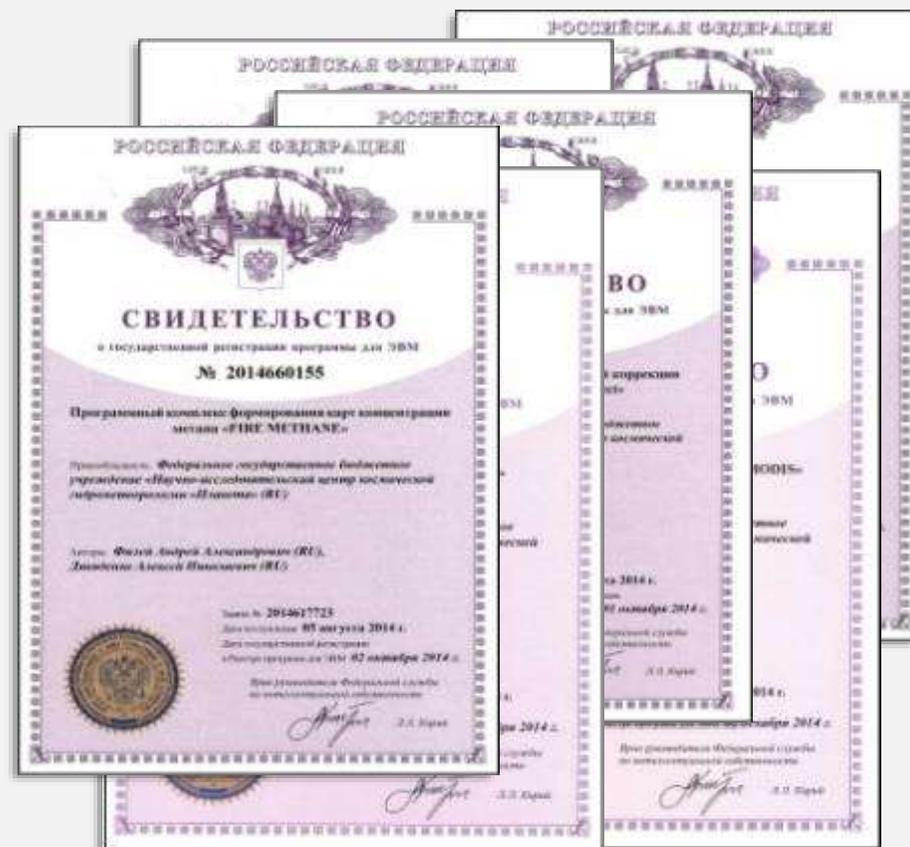
Конкурсные работы

В 2016 году ДЦ присуждены ведомственные премии за лучшие научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы:

- ✓ анализ процессов опустынивания Монголии
- ✓ выявление русловых деформаций на реке Амур

Интеллектуальная собственность

За последние 5 лет в Роспатенте зарегистрировано 104 объекта интеллектуальной собственности



Информация в оперативном режиме доступна:

- На сайтах: ДЦ ФГБУ «НИЦ «Планета» <https://www.dvrcpod.ru/>
ЕЦ ФГБУ «НИЦ «Планета» <http://planet.iitp.ru/>
- На FTP-сервере: <ftp://79.171.115.83>
- В ГИС: «Амур» <http://hydro.meteoinfo.ru/>
«МЕТЕО ДВ» <http://meteo-dv.ru>

Спасибо за внимание!