

Метеорологические спутники, группировки, применения, развитие

Выступающий: Маркус Дрейс (EUMETSAT)



- МетСат определена в п. 1.52 Регламента радиосвязи (PP) как "спутниковая служба исследования Земли (п. 1.51 PP) для целей метеорологии".
- Она обеспечивает функционирование радиосвязи между земными станциями и одной или несколькими космическими станциями, которая может включать линии между космическими станциями, с каналами для предоставления:
 - информации, касающейся характеристик Земли и ее природных явлений, в том числе данных, касающихся состояния окружающей среды, поступающих от активных или пассивных датчиков, расположенных на спутниках Земли;
 - информации, получаемой с воздушных или наземных платформ;
 - информации, распределяемой земным станциям;
 - фидерных линий, необходимых для эксплуатации спутников МетСат и ее применений.

- ... предоставлять оперативные спутниковые данные и продукты, удовлетворяющие потребности в метеорологических и климатических данных сообщества их пользователей – **24 часа в сутки, 365 дней в году, на протяжении десятилетий.**
- ... обеспечивать космическую составляющую Глобальной системы наблюдений ВМО (ГСН) для измерения экологических и метеорологических данных с помощью геостационарных (ГСО) и негеостационарных (НГСО) спутников наблюдения на низкой околоземной орбите, по большей части околополярной орбите.

➤ **Мониторинг погоды**

- Высококачественные наблюдения спутников МетСат имеют решающее значение для прогнозирования погоды.

➤ **Мониторинг климата**

- Необходимо обеспечивать все больше климатических данных для решения проблемы смягчения последствий изменения климата и адаптации к этому изменению.

➤ **Мониторинг океанов**

- Оперативная океанография для предоставления данных по океанам на протяжении десятилетий для мониторинга состояния океанов и повышения уровня моря.

➤ **Состав атмосферы**

- Наблюдения спутников МетСат также вносят важнейший вклад в мониторинг и прогнозирование качества воздуха, значение которого для здоровья населения возрастает.

➤ **Распространение данных**

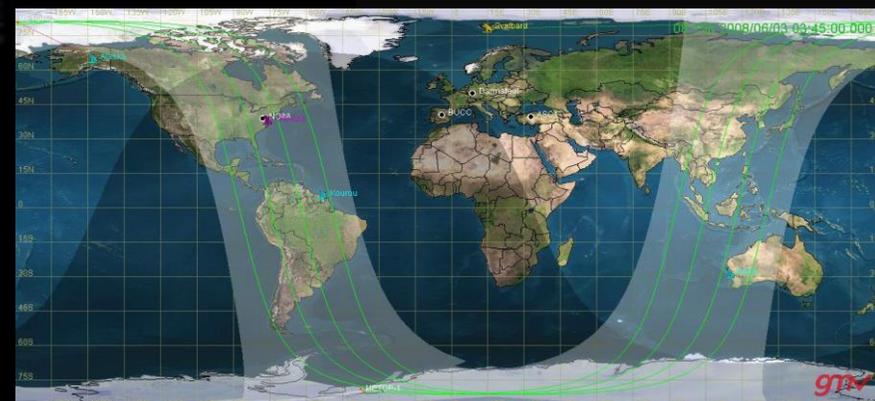
- Доставка спутниковых данных и продуктов в режиме реального времени пользователям по всему миру.

Почему MetSat столь важны для всего этого?

Ответ: **Глобальное покрытие!**

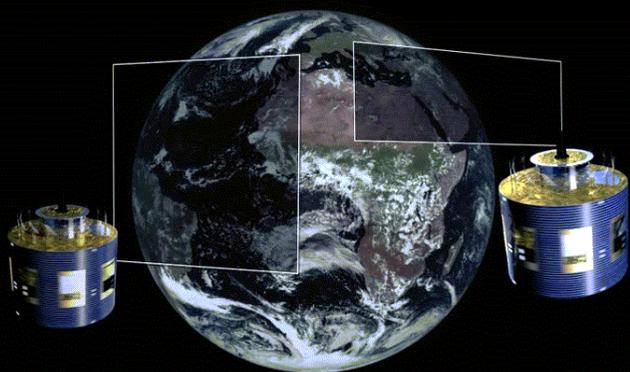
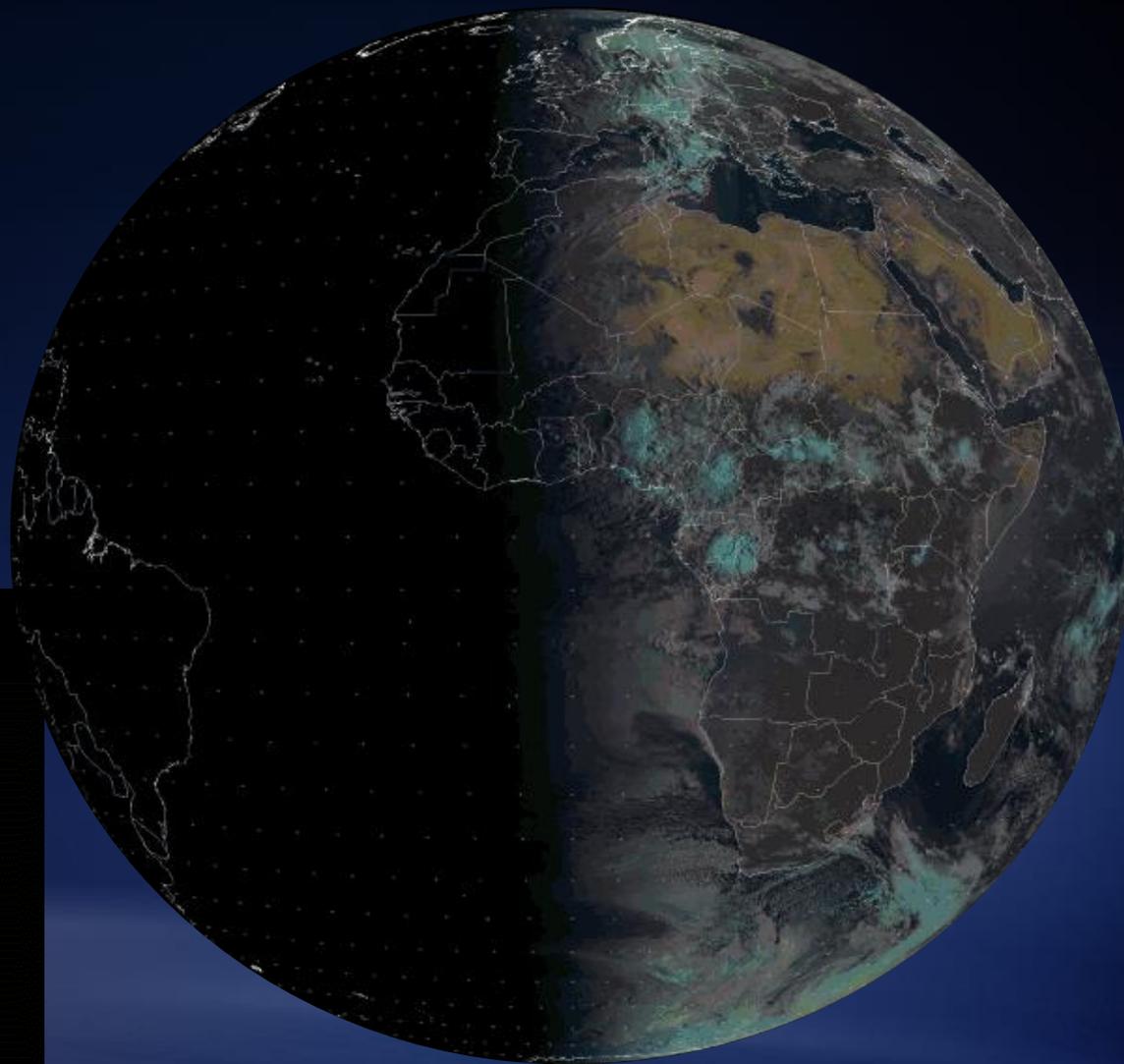


- Околополярная орбита НГСО (пример – Metop):
- Первичный источник глобальных климатических наблюдений и прогнозов на период до 10 дней, например обеспечение вертикальных профилей температуры и влажности атмосферы на глобальной основе.



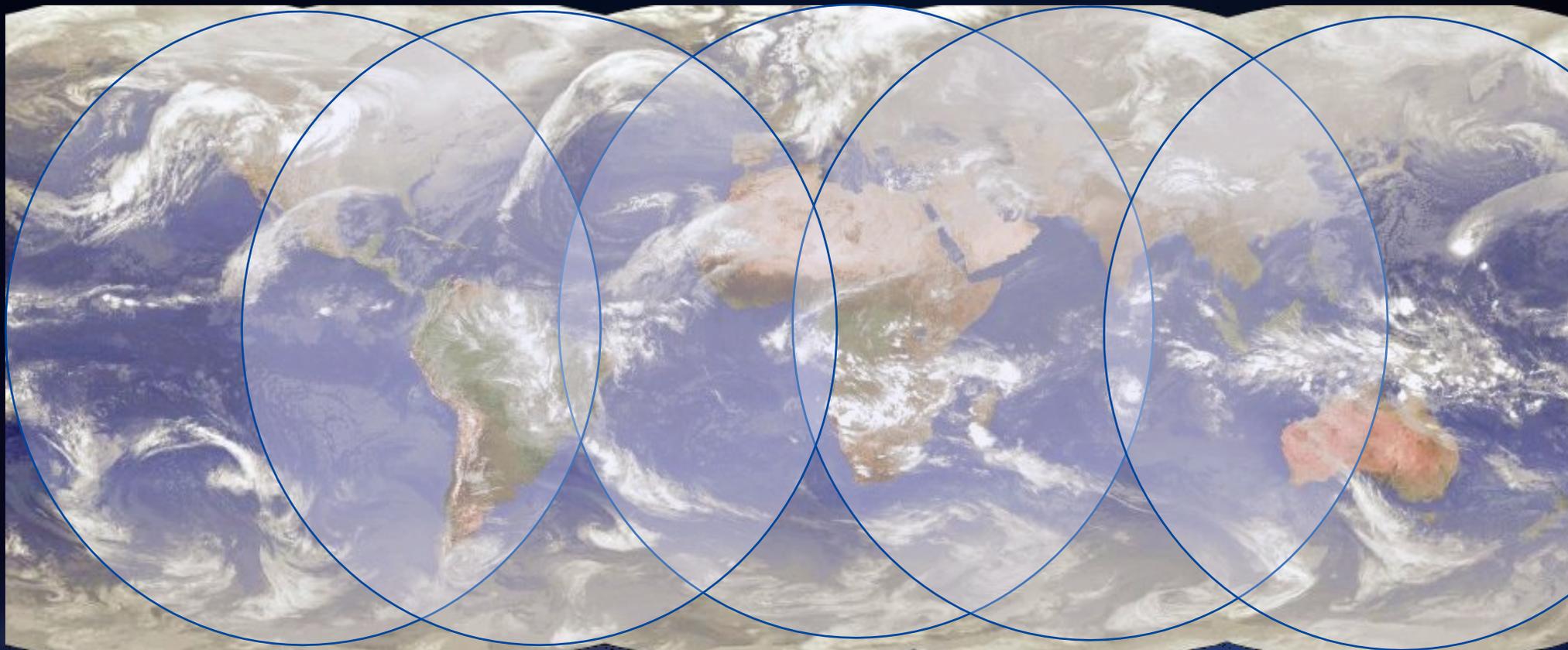
Metop: Высота орбиты 830 км, 14 облетов Земли в сутки, измерения проводятся дважды при ширине полосы захвата ~2000 км

- Это пример спутников Meteosat второго поколения (MSG) на орбите ГСО.
- Эти спутники особенно полезны для наблюдения за динамикой погоды и ее прогнозирования на ближайшие несколько часов. Они поставляют информацию о бурях, облаках, ветрах, тумане, дожде, снеге, поступающей солнечной радиации, вулканическом пепле, пыли, температуре на поверхности суши и моря и даже о пожарах.
- Данные также используются для долгосрочных прогнозов погоды и мониторинга климата.



Time-lapse
00:00

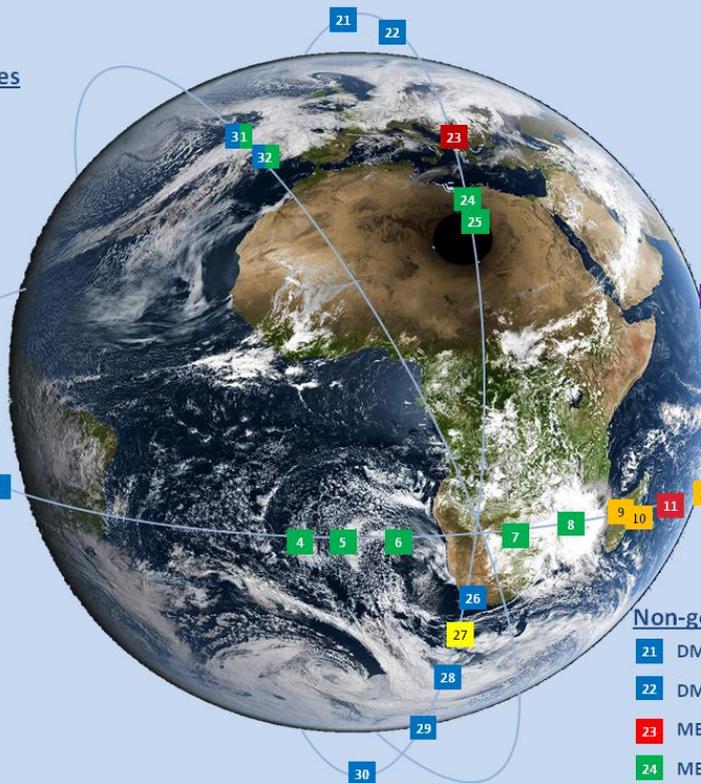
Animated representation



Currently operational Meteorological Satellites (Status: June 2016, Information Source: CGMS)

Geostationary Meteorological Satellites

- 1 GOES-15 (USA) 135°W
- 2 GOES-14 (USA) 105°W (stand-by)
- 3 GOES-13 (USA) 75°W
- 4 METEOSAT-11 (EUMETSAT) 3.4°W (stand-by)
- 5 METEOSAT-10 (EUMETSAT) 0°
- 6 METEOSAT-9 (EUMETSAT) 9.5°E
- 7 METEOSAT-8 (EUMETSAT) 41.5°E
- 8 METEOSAT-7 (EUMETSAT) 57.5°E
- 9 INSAT-3C (INDIA) 74°E
- 10 KALPANA-1 (INDIA) 74°E
- 11 ELECTRO-L N2 (RUSSIA) 77.8°E
- 12 INSAT-3C (INDIA) 82°E
- 13 FY-2E (CHINA) 86.5°E
- 14 INSAT-3A (INDIA) 93.5°E
- 15 FY-2G (CHINA) 105°E
- 16 FY-2F (CHINA) 112.5°E (stand-by)
- 17 FY-2D (CHINA) 123.5°E
- 18 COMS-1 (SOUTH KOREA) 128.2°E
- 19 HIMAWARI-8 (JAPAN) 140.7°E
- 20 HIMAWARI-7 (JAPAN) 145°E (stand-by)



Non-geostationary Meteorological Satellites

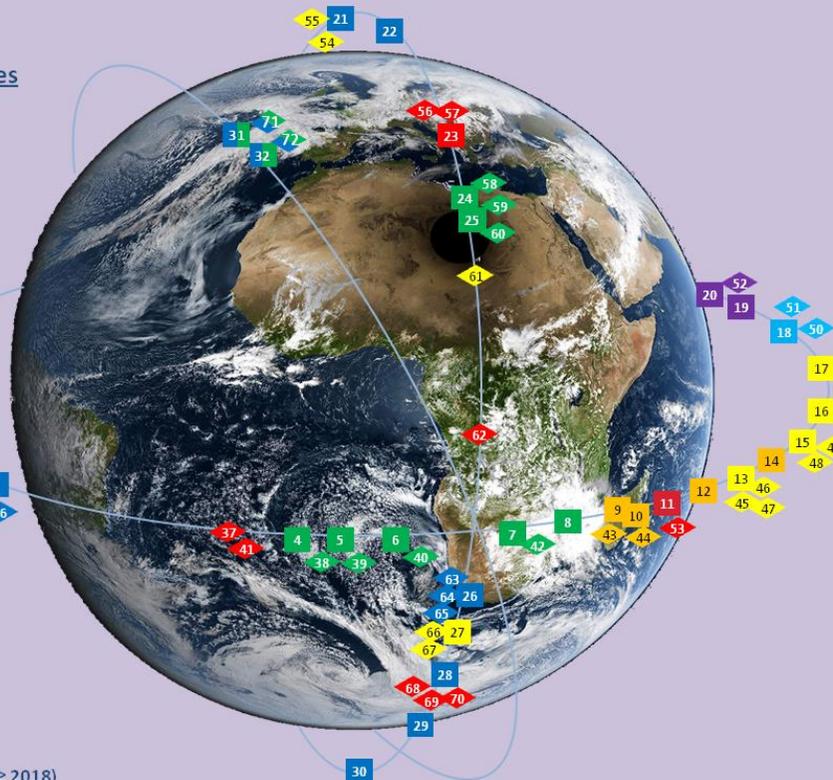
- 21 DMSP-F17 (USA) ECT 06:20 descending
- 22 DMSP-F17 (USA) ECT 07:08 descending
- 23 METEOR-M N2 (RUSSIA) ECT 09:10 descending
- 24 METOP-A (EUMETSAT) ECT 09:30 descending
- 25 METOP-B (EUMETSAT) ECT 09:30 descending
- 26 SNPP (USA) ECT 13:29 ascending
- 27 FY-3B (CHINA) ECT 13:38 ascending
- 28 NOAA-19 (USA) ECT 14:36 ascending
- 29 DMSP-F16 (USA) ECT 16:12 ascending
- 30 NOAA-18 (USA) ECT 17:53 ascending
- 31 JASON-2 (USA, EUROPE) 66° inclination
- 32 JASON-3 (USA, EUROPE) 66° inclination

Полный список действующих в настоящее время МетСат и их параметров размещен по адресу:
<http://www.wmo.int/pages/prog/sat/GOSleo.html>.

Planned Meteorological Satellites in the Timeframe 2016 - 2026 (Status: June 2016, Information Source: CGMS)

Geostationary Meteorological Satellites

- 33 GOES-T (USA) 137°W (≥ 2019)
- 34 GOES-R (USA) 89.5W (≥ 2016-11)
- 35 GOES-S (USA) 75°W (≥ 2018)
- 36 GOES-U (USA) 75°W (≥ 2025)
- 37 ELECTRO-L N3 (RUSSIA) 14.5°W (≥ 2017)
- 38 MTG-I1 (EUMETSAT) 0°E/9.5°E (≥ 2020)
- 39 MTG-S1 (EUMETSAT) 0°E (≥ 2022)
- 40 MTG-I2 (EUMETSAT) 0°E (≥ 2023)
- 41 ELECTRO-L N5 (RUSSIA) TBD (≥ 2025)
- 42 METEOSAT-8 (EUMETSAT) 41.5°E (≥ 2016-09)
- 43 INSAT-3DR (INDIA) 74°E (≥ 2016-08)
- 44 INSAT-3DS (INDIA) 74°E (≥ 2022)
- 45 FY-4A (CHINA) 86.5°E (≥ 2016)
- 46 FY-2H (CHINA) 86.5°E (≥ 2017)
- 47 FY-4C (CHINA) 86.5°E (≥ 2020)
- 48 FY-4B (CHINA) 105°E (≥ 2018)
- 49 FY-4D (CHINA) 105°E (≥ 2020)
- 50 GEO-KOMPSAT-2A (SOUTH KOREA) 128.2°E (≥ 2018)
- 51 GEO-KOMPSAT-2B (SOUTH KOREA) 128.2°E (≥ 2019)
- 52 HIMAWARI-9 (JAPAN) 140°E (≥ 2016)
- 53 ELECTRO-L N5 (RUSSIA) TBD (≥ 2019)



Non-geostationary Meteorological Satellites

- | | |
|--|--|
| 54 FY-3E (CHINA) ECT 06:00 desc. (≥ 2018) | 63 JPSS-1 (USA) ECT 13:30 asc. (≥ 2017) |
| 55 FY-3H (CHINA) ECT 06:00 desc. (≥ 2021) | 64 JPSS-2 (USA) ECT 13:30 asc. (≥ 2018) |
| 56 METEOR-M N2-2 (RUSSIA) ECT 09:00 desc. (≥ 2017) | 65 JPSS-3 (USA) ECT 13:30 asc. (≥ 2020) |
| 57 METEOR-M N2-4 (RUSSIA) ECT 09:00 desc. (≥ 2021) | 66 FY-3D (CHINA) ECT 14:00 asc. (≥ 2019) |
| 58 METOP-C (EUMETSAT) ECT 09:30 desc. (≥ 2018-10) | 67 FY-3G (CHINA) ECT 14:00 asc. (≥ 2020) |
| 59 METOP-SG A (EUMETSAT) ECT 09:30 desc. (≥ 2021) | 68 METEOR-M N2-1 (RUSSIA) ECT 09:00 desc. (≥ 2019) |
| 60 METOP-SG B (EUMETSAT) ECT 09:30 desc. (≥ 2023) | 69 METEOR-M N2-3 (RUSSIA) ECT 09:00 desc. (≥ 2021) |
| 61 FY-3F (CHINA) ECT 10:00 desc. (≥ 2019) | 70 METEOR-M N2-5 (RUSSIA) ECT 09:00 desc. (≥ 2021) |
| 62 METEOR-M N3 (RUSSIA) ECT 12:00 asc. (≥ 2021) | 71 72 SENTINEL-6 A/B (USA, EUROPE) ECT 12:00 asc. (≥ 2020) |

- Непрерывность эксплуатации в метеорологических наблюдениях космического базирования обеспечивается заменой существующих серий метеорологических спутников новыми МетСат или МетСат следующего поколения.
- Эта непрерывность координируется всеми эксплуатационными организациями МетСат в рамках КГМС (Координационной группы по метеорологическим спутникам).
- МетСат следующего поколения обладают значительно более высоким потенциалом наблюдения и разрешающей способностью приборов, что дает соответствующее увеличение объема данных, предоставляемых сообществу метеорологических пользователей.

➤ MetSat ГСО:

- Формирователи видимого изображения
- Формирователи изображения в инфракрасной области спектра
- Инфракрасные зонды
- Ультрафиолетовые зонды

Первые микроволновые датчики также планируются для MetSat ГСО следующего поколения!

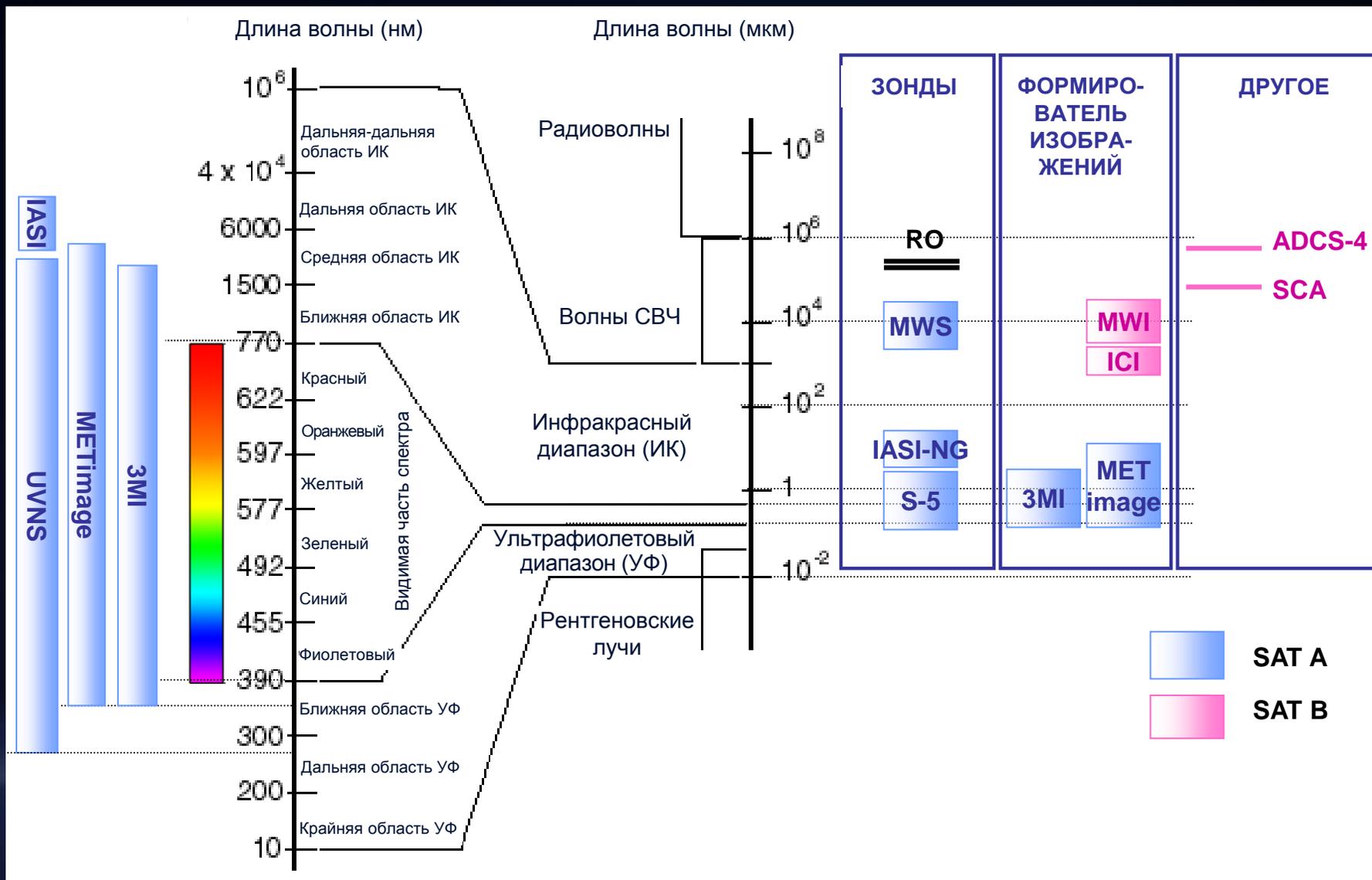
- Система сбора данных
- Поиск и спасание
- Дополнительные инструменты (например, инструмент для измерения количества, частоты и энергии молний)

➤ MetSat НГСО:

- Формирователи видимого изображения
- Формирователи изображения в инфракрасной области спектра
- Инфракрасные зонды
- Ультрафиолетовые зонды
- Активные микроволновые датчики
- Пассивные микроволновые датчики
- Система сбора данных
- Поиск и спасание
- Дополнительные инструменты (разные для различных систем MetSat НГСО)

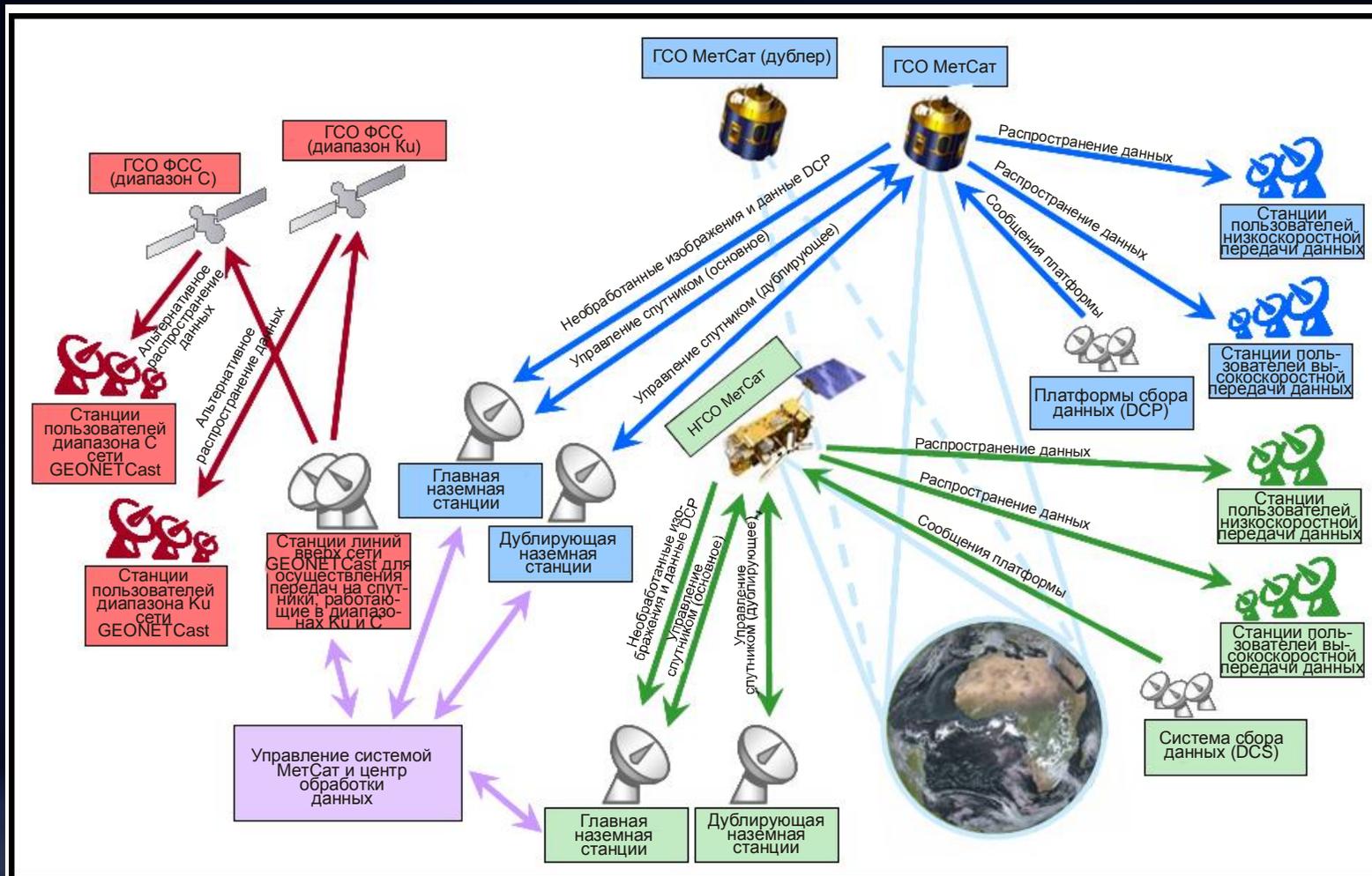


Типовое покрытие инструментов MetSat НГСО в электромагнитном спектре (пример: Metop-SG)



- Радиочастоты используются для следующих видов применения MetSat/ССИЗ :
 - телеметрии, телеуправления и измерения координат космических аппаратов;
 - передачи данных наблюдений со спутников MetSat на основные приемные станции;
 - ретрансляции предварительно обработанных данных станциям метеорологических пользователей через спутники MetSat;
 - прямых радиовещательных передач станциям метеорологических пользователей от спутников MetSat;
 - альтернативное распространение данных пользователям (GEONETCast) через другие спутниковые системы (не MetSat) (не в распределенных MetSat/ССИЗ полосах частот);
 - передач с платформ сбора данных через спутники MetSat;
 - ретрансляции сообщений поиска и спасания (КОСПАС-САРСАТ);
 - **активного и пассивного микроволнового зондирования.**

Общее представление о системах МетСат (графический обзор)



- Необработанные данные, собранные приборами, находящимися на борту геостационарных МетСат, передаются на основную станцию наземного базирования соответствующей эксплуатационной организации, обрабатываются и распространяются среди различных национальных метеорологических центров, официальных архивов и коммерческих пользователей.
- Обработанные данные от геостационарных МетСат обычно направляются обратно на метеорологический спутник для последующей ретрансляции в рамках прямой трансляции на станции пользователей посредством низко- и/или высокоскоростных цифровых сигналов.
- В отличие от геостационарных спутников МетСат, где спутник постоянно находится в поле видимости своих наземных станций, необработанные данные, получаемые инструментами на негеостационарных МетСат, должны собираться и храниться на борту спутника, до тех пор когда их можно будет передать первичной наземной станции эксплуатационной организации, когда спутник проходит над такой наземной станцией.
- Затем необработанные данные, собранные приборами, обрабатываются эксплуатационной организацией и передаются пользователям с помощью различных механизмов распространения данных. Для уменьшения задержки передачи данных подмножество данных, собранных приборами, "вещательным образом передается" напрямую со спутника и может быть получено станциями пользователей, когда спутник находится в зоне видимости такой станции пользователя, которая может быть расположена в любом месте. Такая услуга называется "непосредственное считывание данных".
- Наряду с этим обработанные данные также распространяются пользователям альтернативными способами распространения данных, например GEONETCast.

Связь	Пассивное зондирование		Активное зондирование	Другие инструменты
399,9–400,05 МГц	10,6–10,68 ГГц	Совместное использование	5 150–5 250 МГц	1 164–1 215 МГц
400,1–403 МГц	10,68–10,7 ГГц	п. 5.340 PP	5 250–5 350 МГц	1 215–1 240 МГц
406–406,1 МГц	18,6–18,8 ГГц	п. 5.340 PP	5 350–5 460 МГц	1 559–1 610 МГц
460–470 МГц	23,6–24 ГГц	п. 5.340 PP	5 360–5 470 МГц	
1 544–1 545 МГц	31,3–31,5 ГГц	п. 5.340 PP	5 470–5 570 МГц	
1 675–1 710 МГц	31,5–31,8 ГГц	совместное использование	13,4–13,75 ГГц	
2 025–2 110 МГц	36–37 ГГц	совместное использование	35,5–36 ГГц	
2 200–2 290 МГц	50,2–50,4 ГГц	п. 5.340 PP		
7 450–7 550 МГц	52,6–54,25 ГГц	п. 5.340 PP		
7 750–7 900 МГц	54,25–59,3 ГГц	совместное использование		
8 025–8 400 МГц	86–92 ГГц	п. 5.340 PP		
25,5–27 ГГц	114,25–116 ГГц	п. 5.340 PP		
Распространение данных через коммерческие спутники:	116–122,25 ГГц	совместное использование		
	155,5–158,5 ГГц	совместное использование		
	164–167 ГГц	п. 5.340 PP		
	174,8–182 ГГц	совместное использование		
	182–185 ГГц	п. 5.340 PP		
	185–190 ГГц	совместное использование		
	190–191,8 ГГц	п. 5.340 PP		
	226–231,5 ГГц	п. 5.340 PP		
	235–238 ГГц	п. 5.340 PP		
	238–248 ГГц	п. 4.4 PP		
	313–356 ГГц	п. 5.565 PP		
	439–467 ГГц	п. 5.565 PP		
	657–692 ГГц	п. 5.565 PP		

Примечание 5.340 PP:
Все излучения запрещены в следующих полосах частот...



Безопасность жизни, собственности и инфраструктуры...



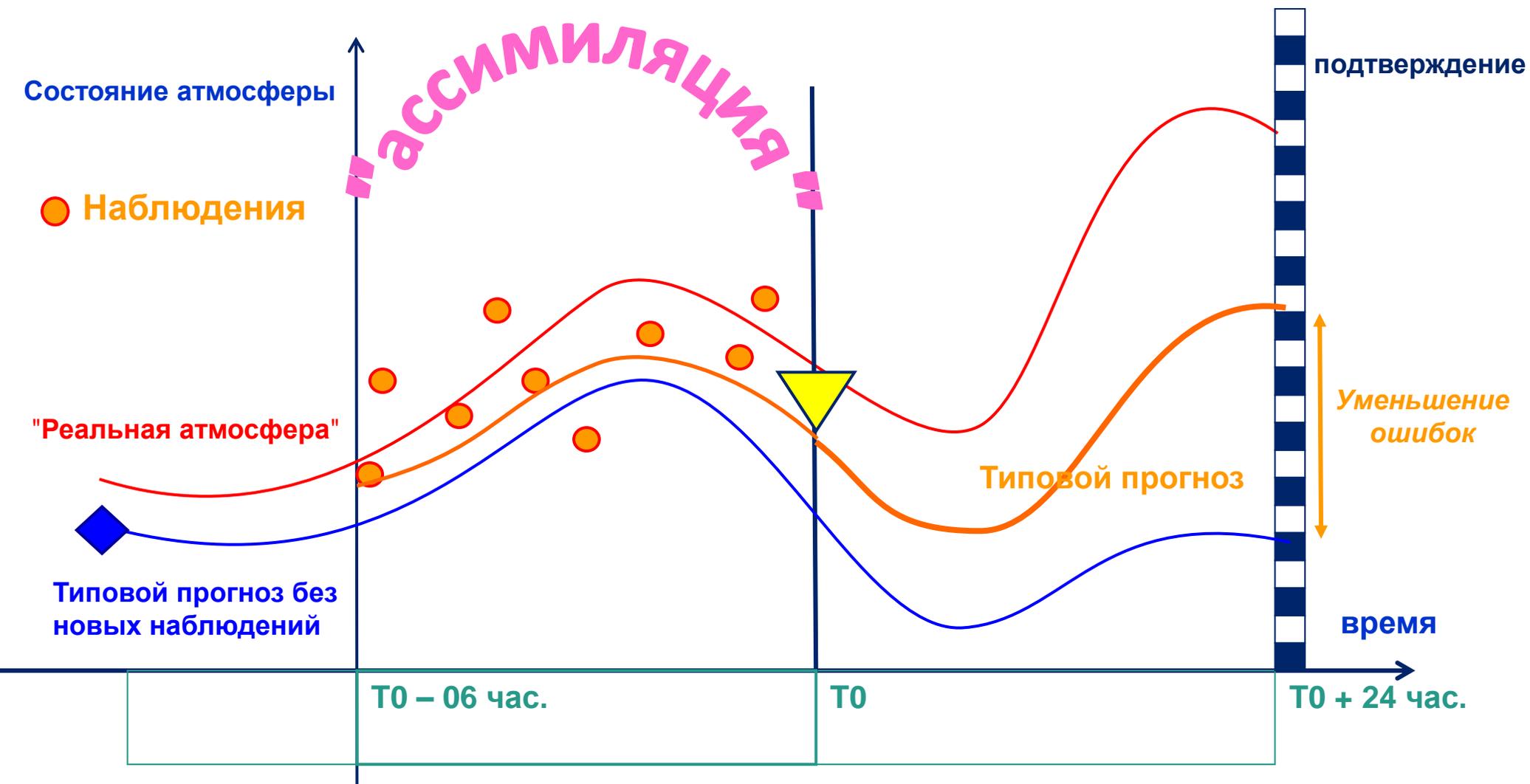
Транспорт...

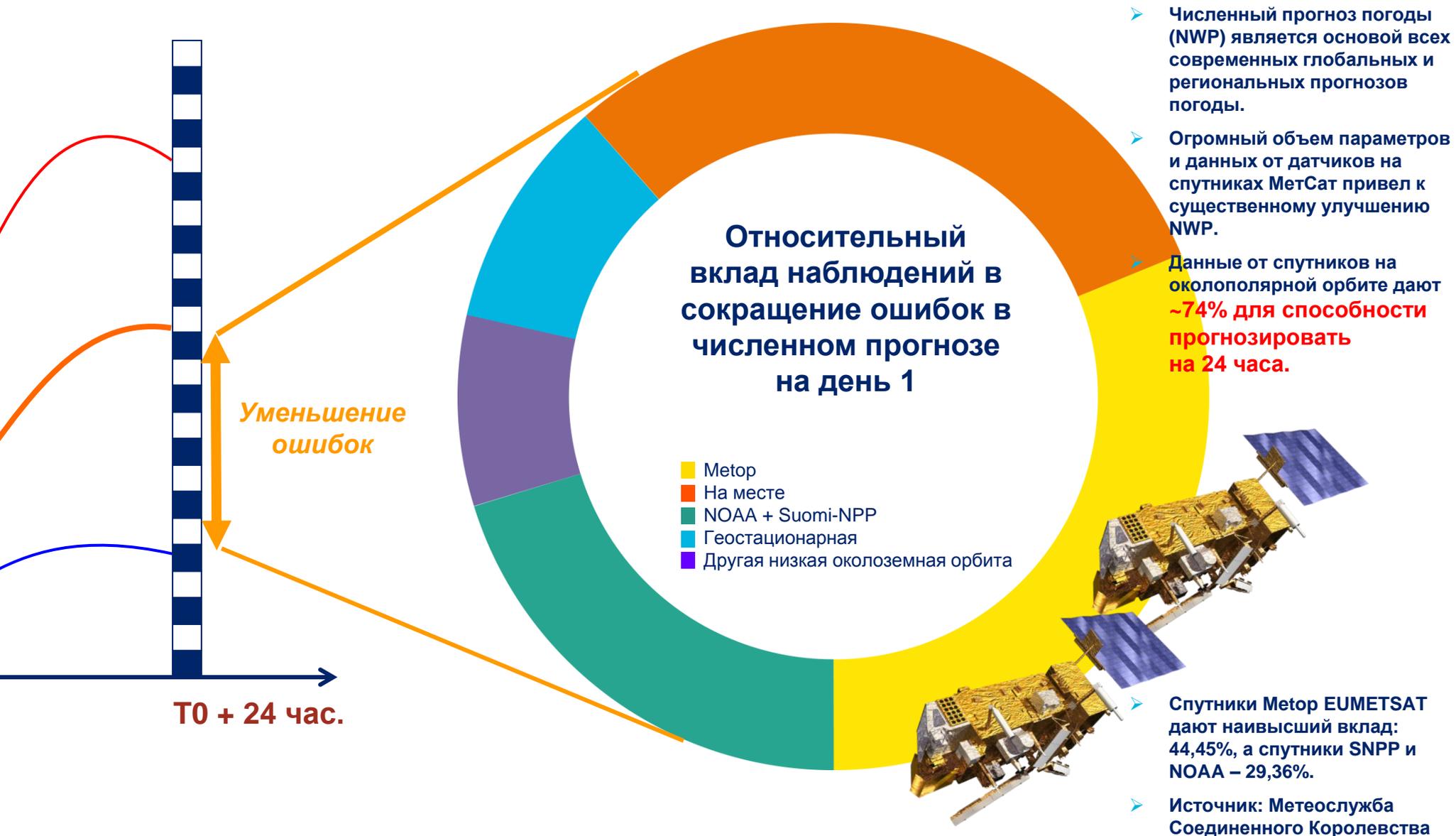


....Энергетика, сельское хозяйство, туризм....



...Политика в отношении климата и окружающая среда

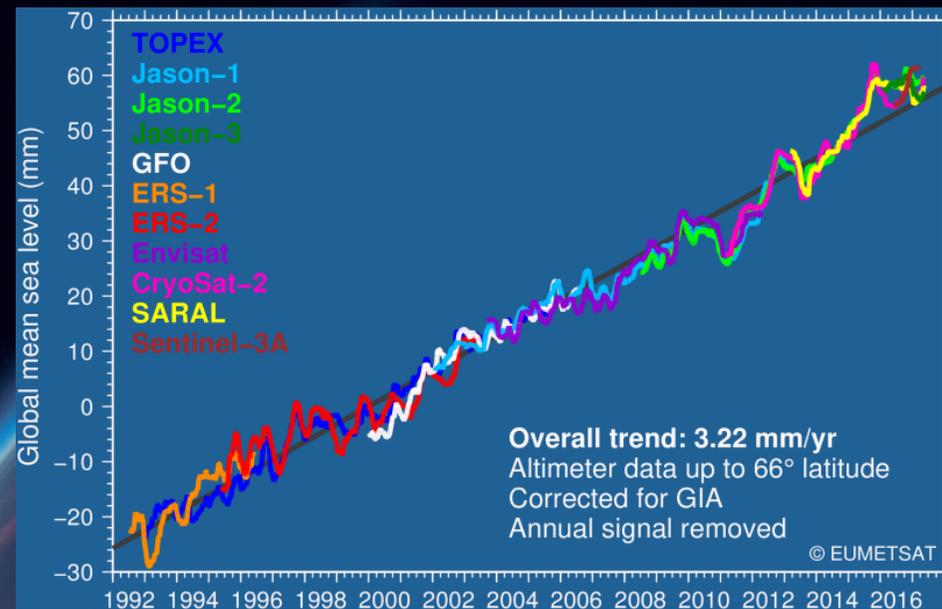
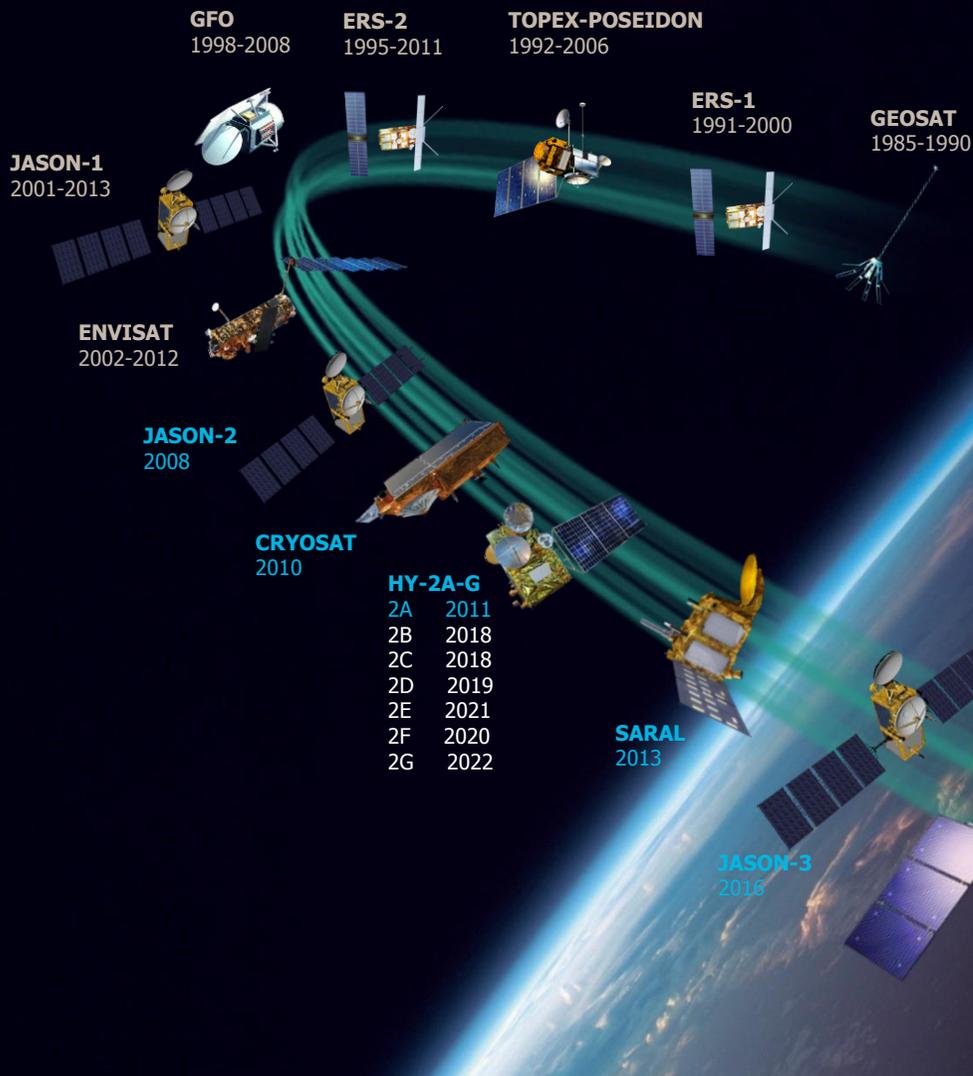






- Архивные данные с 1981 года
- Хранится объем 2,0 Петабайта
- В год собирается 1,5 Петабайта
- Содержит необработанные, обработанные и переработанные данные о миссиях EUMETSAT
- Прозрачное обнаружение данных через центральный каталог данных и продуктов (Product Navigator) из данных, централизованно производимых в штаб-квартире EUMETSAT
- Онлайн-доступ: archive.eumetsat.int
- 2018 год: 1900 пользователей (+35%), 650 Терабайт (+25%) доставлено (один файл в 2 с)
- **Визуализация данных, собранных за 30 лет:** <http://pics.eumetsat.int/>

Альтиметрия – Пример необходимости в записи данных и преемственности



- В каждой эксплуатационной организации спутниковых систем MetSat разрабатываются спутниковые системы следующего поколения для дополнения и постепенной замены существующих спутников.
- Непрерывность поступления данных обеспечивается на уровне приборов благодаря предоставлению следующего поколения приборов.
- Дополнительные новые типы приборов охватывают запрашиваемые пользователями дополнительные/новые наблюдения за переменными погоды и климата (например, микроволновое зондирование от ГСО, инструмент для измерения количества, частоты и энергии молний от ГСО, измерения ледяных облаков от НГСО, использование полос частот выше 275 ГГц).
- Новые приборы ведут наблюдение с повышенной разрешающей способностью измерений, большей чувствительностью, более высокой частотой повторения, бóльшим числом каналов наблюдения.
- Следствием динамики измерений является значительное увеличение объема данных, что требует использования более высоких полос частот.
- Для объема данных, которые следует загрузить и распространить среди пользователей от нового поколения спутников MetSat/ССИЗ, развернутых в настоящее время, потребуется использовать X-диапазон (7450–7550 МГц, 7750–7900 МГц, 8025–8400 МГц) и/или диапазон Ka (25,5–27 ГГц).
- Программа Copernicus ЕС со спутниками Sentinel свидетельствует о значении спутниковых измерений для общества.

Metop-SG A Оптическое формирование изображений и зондирование	Прибор	Предыдущий прибор на Metop
Инфракрасное атмосферное зондирование (IAS)	IASI-NG	IASI
Микроволновое зондирование (MWS)	MWS	AMSU-A, MHS
Формирование изображения в видимой и инфракрасной частях спектра (VII)	METimage	AVHRR
Радиозатменные измерения (RO)	RO	GRAS
Зондирование UV/VIS/NIR/SWIR (UVNS)	Sentinel-5	GOME-2
Формирование изображений со многими проекциями, каналами, видами поляризации (3MI)	3MI	-/-

Metop-SG B Микроволновое формирование изображений	Прибор	Предыдущий прибор на Metop
Рефлектометр (SCA)	SCA	ASCAT
Радиозатменные измерения (RO)	RO	GRAS
Микроволновое формирование изображений для осадков (MWI)	MWI	-/-
Формирователь изображений ледяных облаков (ICI)	ICI	-/-
Усовершенствованная система сбора данных (ADCS)	Argos-4	A-DCS

ГОД... 03 04 05 06 07 08 09 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40

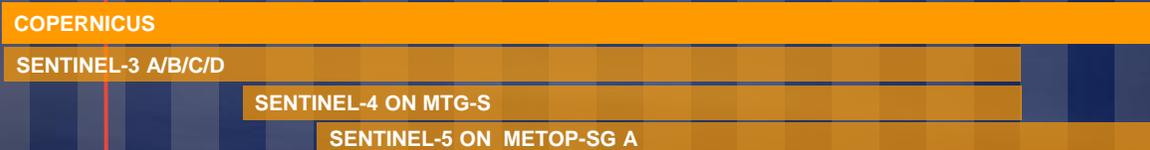
Обязательные программы



Факультативные программы



Программы третьих сторон



ГОД... 03 04 05 06 07 08 09 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40

Первый метеоспутник запущен с мыса Канаверал, Флорида

- Вес спутника: 122 кг
- Полетная аппаратура: две телекамеры, два видеоманитофона, энергетическая система, система связи и другие необходимые системы

Первый вид облаков, формирующихся и перемещающихся над континентом

FIRST TELEVISION PICTURE FROM SPACE
TIROS I SATELLITE
APRIL 1, 1960



- С запуском первого спутника Meteosat 23 ноября 1977 года Европа получила возможность собирать данные о погоде над своей территорией с помощью собственного спутника.
- Вначале Meteosat был исследовательской программой для одного спутника Европейской организации космических исследований, предшественницы Европейского космического агентства (ЕКА).
- Когда спутник был выведен на орбиту, огромная ценность получаемых с него изображений и данных вызвала преобразование исследовательской миссии в эксплуатационную, что потребовало создание специальной организации для ее выполнения.
- До создания EUMETSAT ЕКА в марте 1983 года приступила к осуществлению Оперативной программы Meteosat (MOP).

