

# Глобальная система мониторинга атмосферы Земли

Составитель: проф. Тимофеев Ю.М.

На основе сайтов NASA, ESA, WMO и т.д., презентаций различных ученых (W.L. Smith, J. Burrows, H. Fischer, H. Grussl, А.Б. Успенский, В.В. Асмус и др.).

# Цели измерений в физике атмосферы

1. Контроль за состоянием атмосферы и поверхности, в частности, обнаружение стихийных бедствий и катастроф.
2. Осуществление прогнозов погоды различной заблаговременности.
3. Исследования климата Земли и прогноз возможных изменений.
4. Научно-исследовательские задачи.

# Методы измерений в физике атмосферы

Развитие различных областей физики и химии дали исследователям атмосферы широкий набор методов и средств измерений различных параметров атмосферы и поверхности [1].

Принято подразделять различные типы измерений на прямые (direct), косвенные (indirect), локальные (in situ) и дистанционные (remote).

Прямых методов измерений в физике, и в физике атмосферы в частности, в настоящее время существует очень мало. Большинство измерений – косвенные.

# Локальные измерения

Локальные (контактные) измерения осуществляются с помощью определенных чувствительных элементов (датчиков), помещенных в исследуемую точку (ограниченный объем) атмосферы.

К контактным (локальным) методам измерений можно отнести и метод проб, при котором сами измерения состоят из двух этапов – отбор исследуемой среды в специальные емкости или носители и исследования этих проб в лабораторных условиях.

С помощью контактных методов осуществляется большое количество измерений различных параметров атмосферы и поверхности, однако, получить с помощью этих методов подробную информацию о состоянии атмосферы Земли в региональном и, тем более, в глобальном масштабах трудно и очень дорого, в реальности – невозможно.

# Дистанционные методы измерений

Дистанционные методы измерений основаны на регистрации на определенном расстоянии от исследуемого объекта характеристик различных полей – электрических, магнитных, электромагнитных, гравитационных, акустических. Исследуемый объект трансформирует падающие на него поля или генерирует собственные поля, и это позволяет исследовать его состояние. Измерения этих полей могут осуществляться на различных расстояниях от исследуемого объекта – от метров до миллионов километров и более.

# Важнейшие климатические параметры

## Атмосфера

**Поверхность:** температура, осадки, давление, радиационный баланс,

Скорость и направление ветра, водяной пар

**Свободная атмосфера:** радиационный баланс (включая солнечное излучение), температура, скорость и направление ветра, водяной пар, характеристики облаков

**Состав:** CO<sub>2</sub>, метан, озон, другие долгоживущие газы, характеристики аэрозолей

# Важнейшие климатические параметры

## Океан

**Поверхность:** температура, соленость, уровень морей, состояние поверхности, лед, течения, цвет океанов, парциальное давление  $\text{CO}_2$

**Подповерхностный слой:** температура, соленость, течения, биогенные вещества, углерод, трассеры, фитопланктон

# Важнейшие климатические параметры

## Суша

Сток рек, использование воды, подземная вода, уровень озер, снежный покров, ледники и ледяные шапки, вечная мерзлота и ее сезонные вариации, альбедо, состояние поверхности (тип растительности)

Количество поглощенной фотосинтетической активной радиации, листовой индекс.

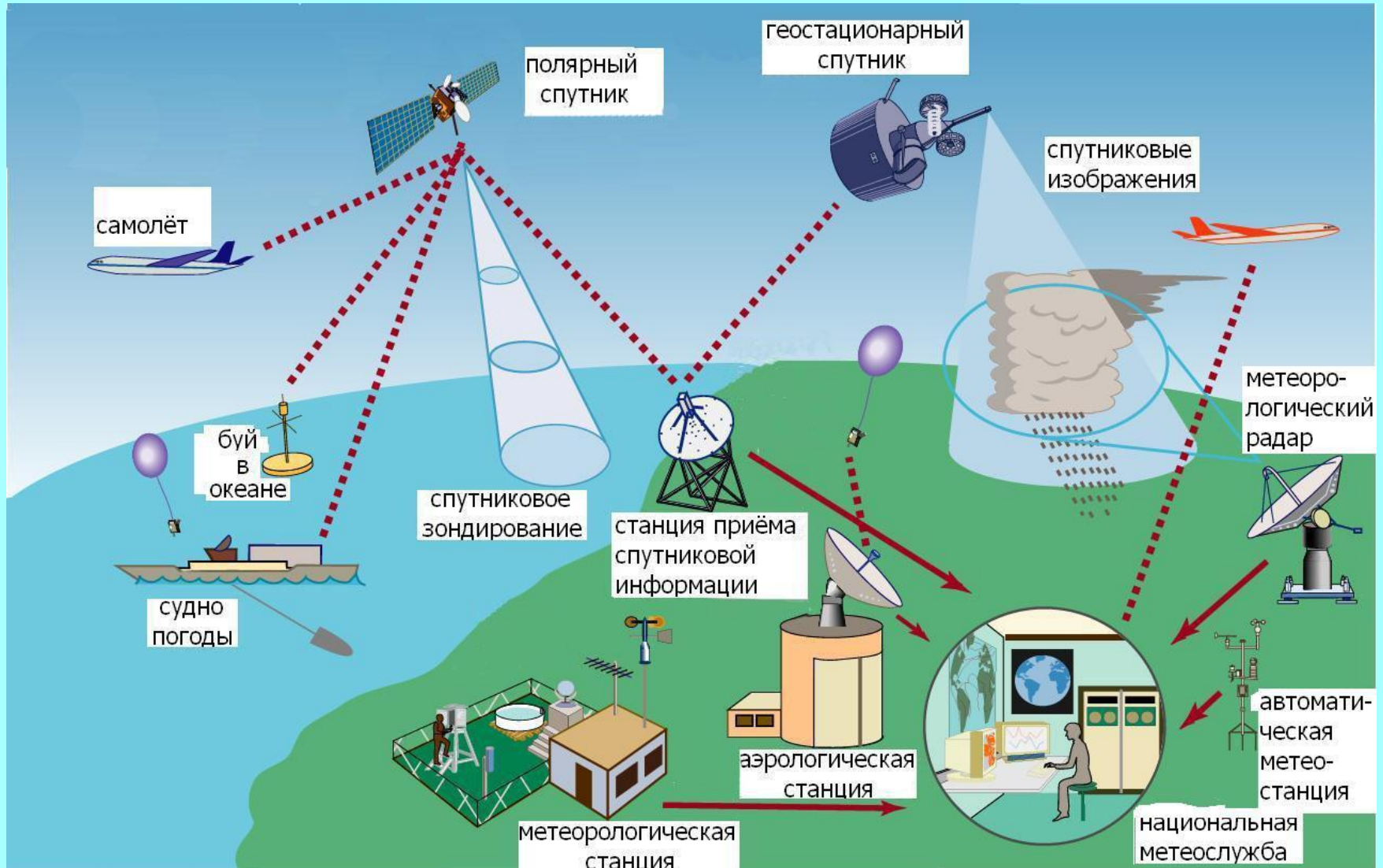
Биомасса, распределение пожаров



# Глобальная система мониторинга атмосферы и поверхности

- Наземные системы
- Аэростатные системы
- Ракеты
- Самолеты (коммерческие и научные)
- Морские буи
- Суда (научные и коммерческие)
- Спутники

# Глобальная система наблюдений



# Требования к измерениям

В физике атмосферы сформулированы требования к следующим характеристикам измерений:

- **погрешности** измерений (случайные и систематические);
- пространственное (горизонтальное и вертикальное) **разрешение**;
- **периодичность** (частота) измерений;
- **высотный диапазон** измерений;
- **оперативность** представления данных измерений для использования;
- **надежность** (reliability) данных измерений.

надежность (reliability) данных измерений – воспроизводимость результатов измерения в аналогичных условиях, количественно выражаемая с помощью корреляции результатов начальных и повторных измерений. Эта характеристика зависит от объективности экспериментатора, надежности измерительной аппаратуры и отсутствия неконтролируемой изменчивости исследуемого свойства.

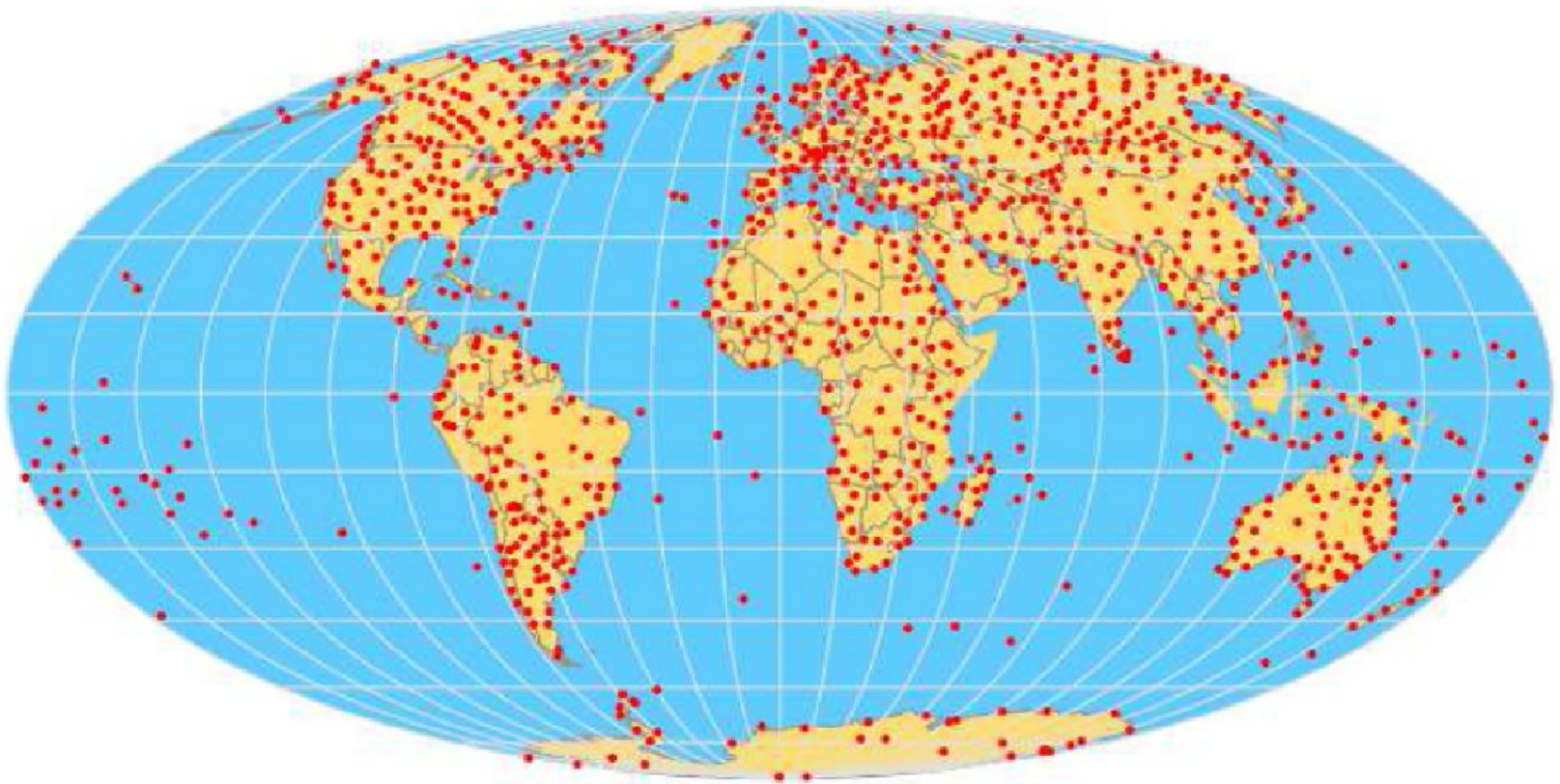
# Наземные системы

- метеорологические и автоматические метеорологические станции;
- аэрологические станции (станции радиозондирования);
- сети метеорологических радиолокационных наблюдений;
- актинометрические станции;
- гидрологические станции;
- станции мониторинга загрязнения окружающей среды;
- системы наземных наблюдений за составом атмосферы;
- система гелиогеофизических наблюдений;
- система морских наблюдений (коммерческие и научно-исследовательские суда (судна-погоды), буи различного типа);
- система океанографических наблюдений;
- станции лидарного зондирования;
- аэрозольная сеть наблюдений.

# Положение наземных станций для исследований климата Земли

## GCOS Surface Network

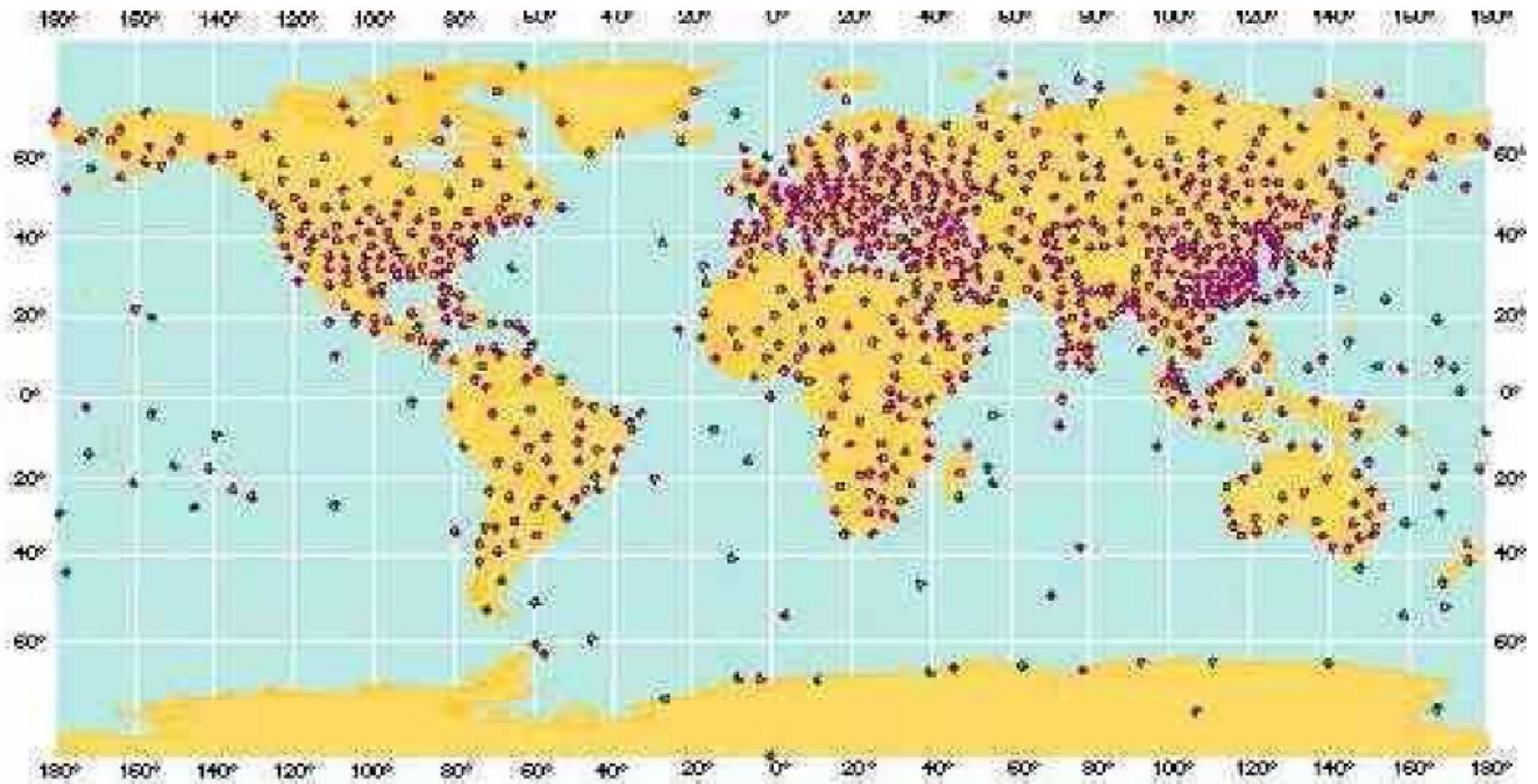
(1009 Stations)



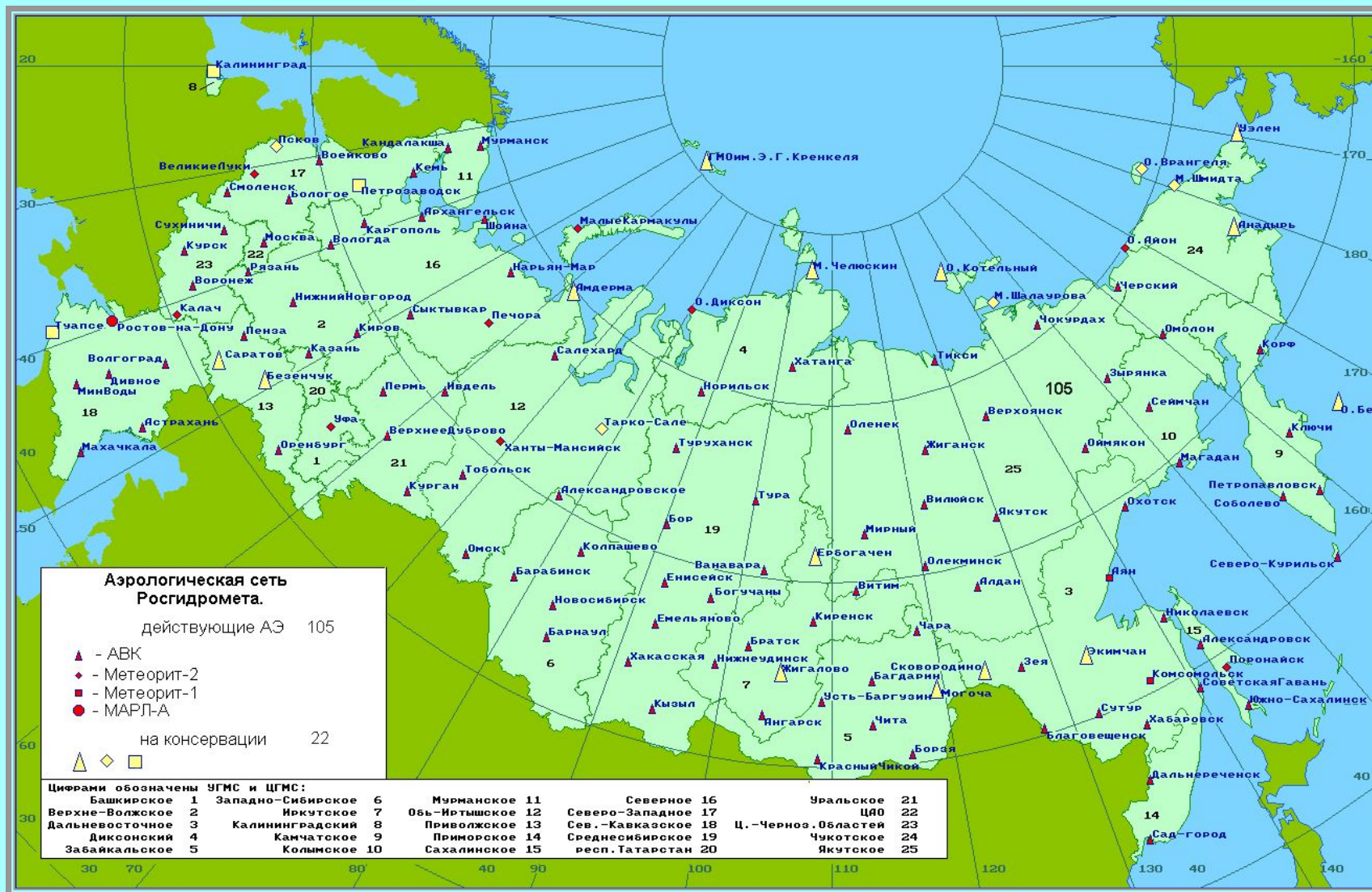
GCOS Secretariat, 1 January 2006



# Расположение систем аэрологического (радиозондового) зондирования атмосферы

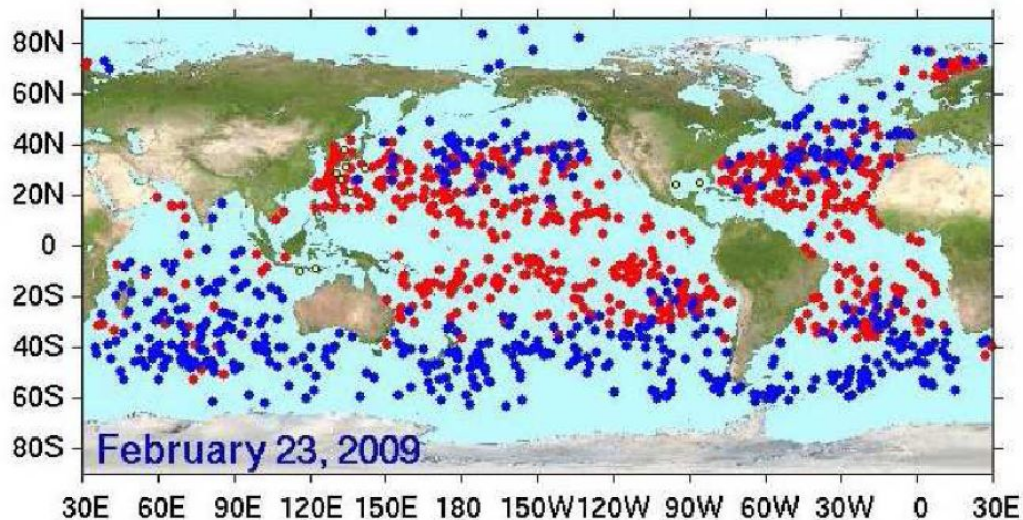
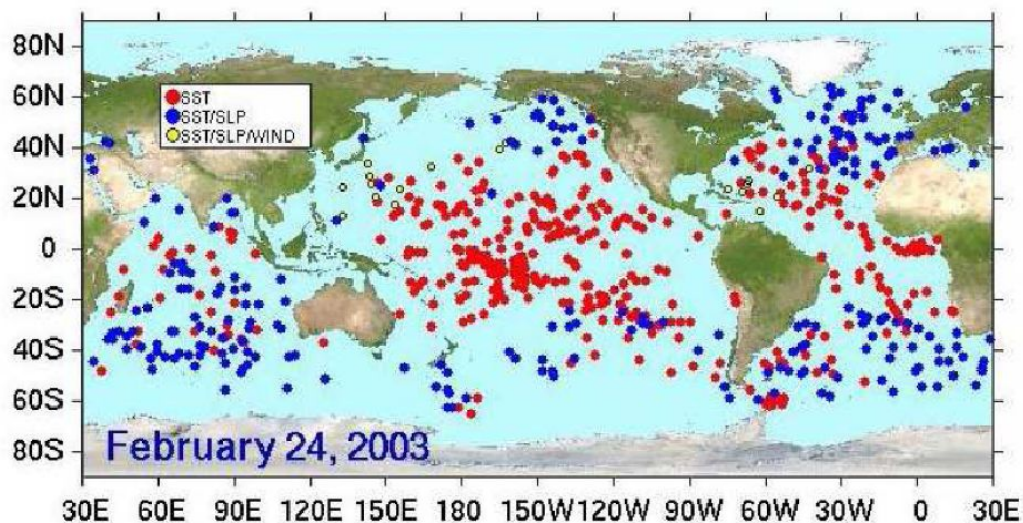


# Сеть аэрологических наблюдений Росгидромета (127 станций)





# Расположение различных типов буев в 2003 и 2009 годах

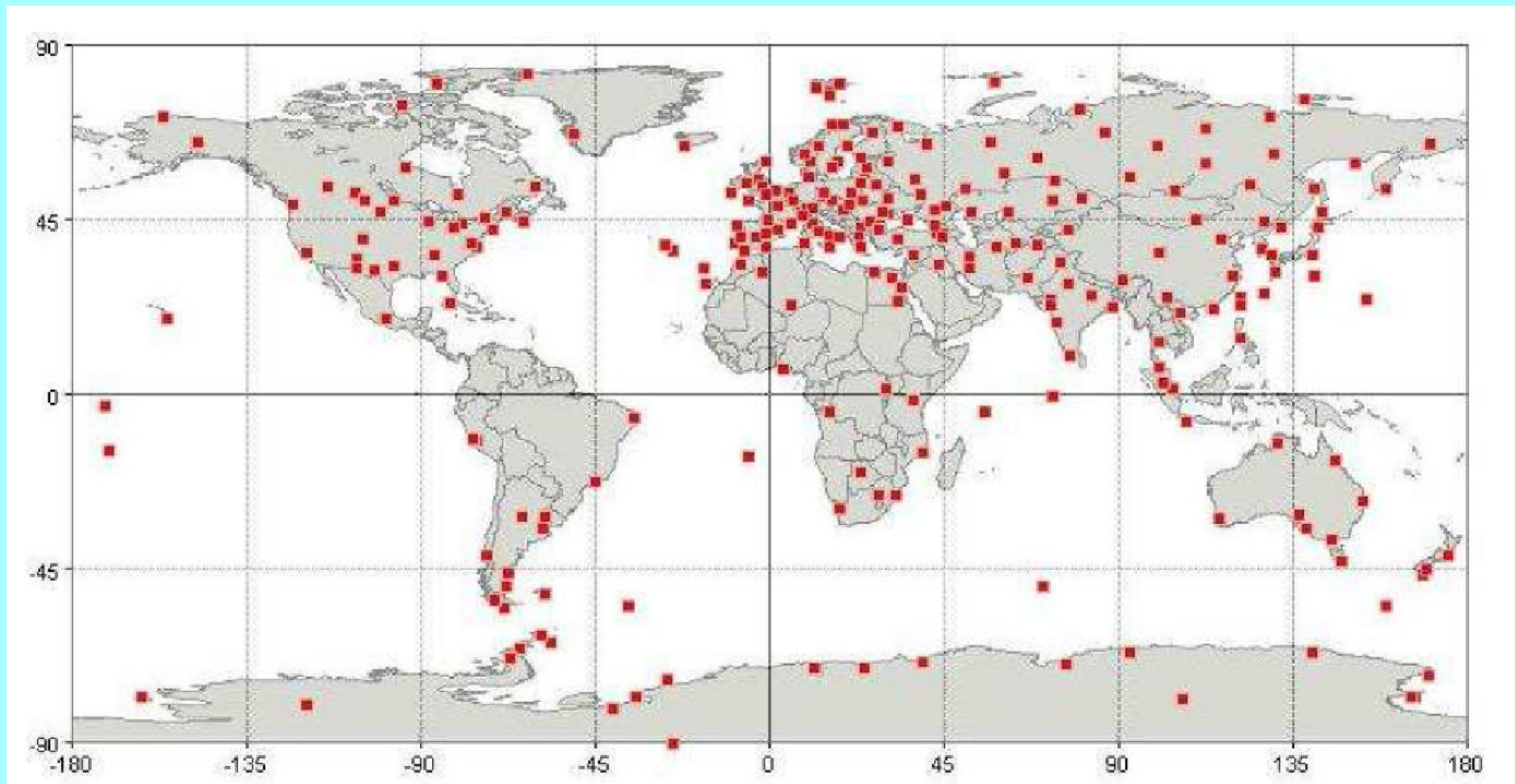




# Расположение океанических наблюдений различного типа

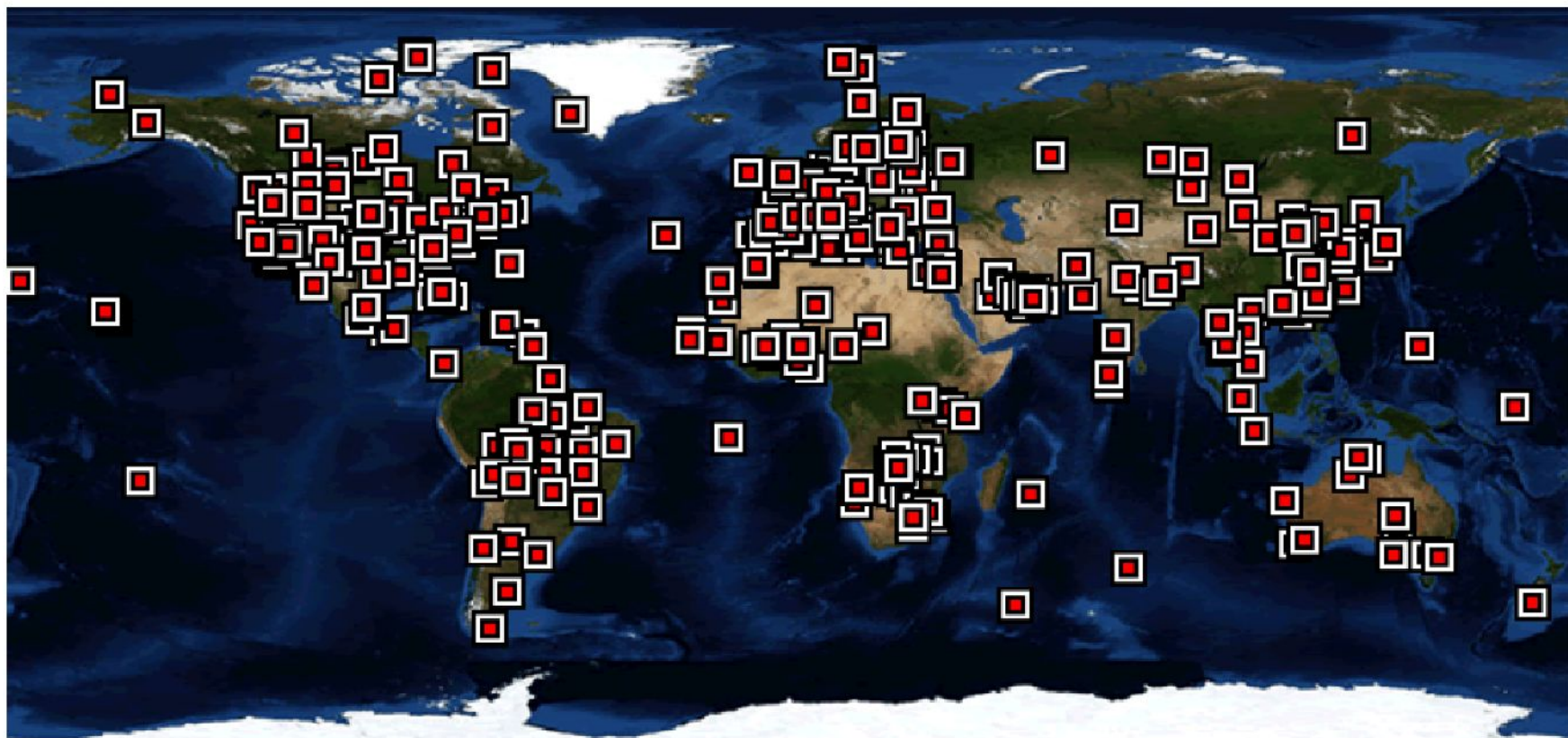


# Расположение озонметрических станций





# Станции измерений аэрозолей





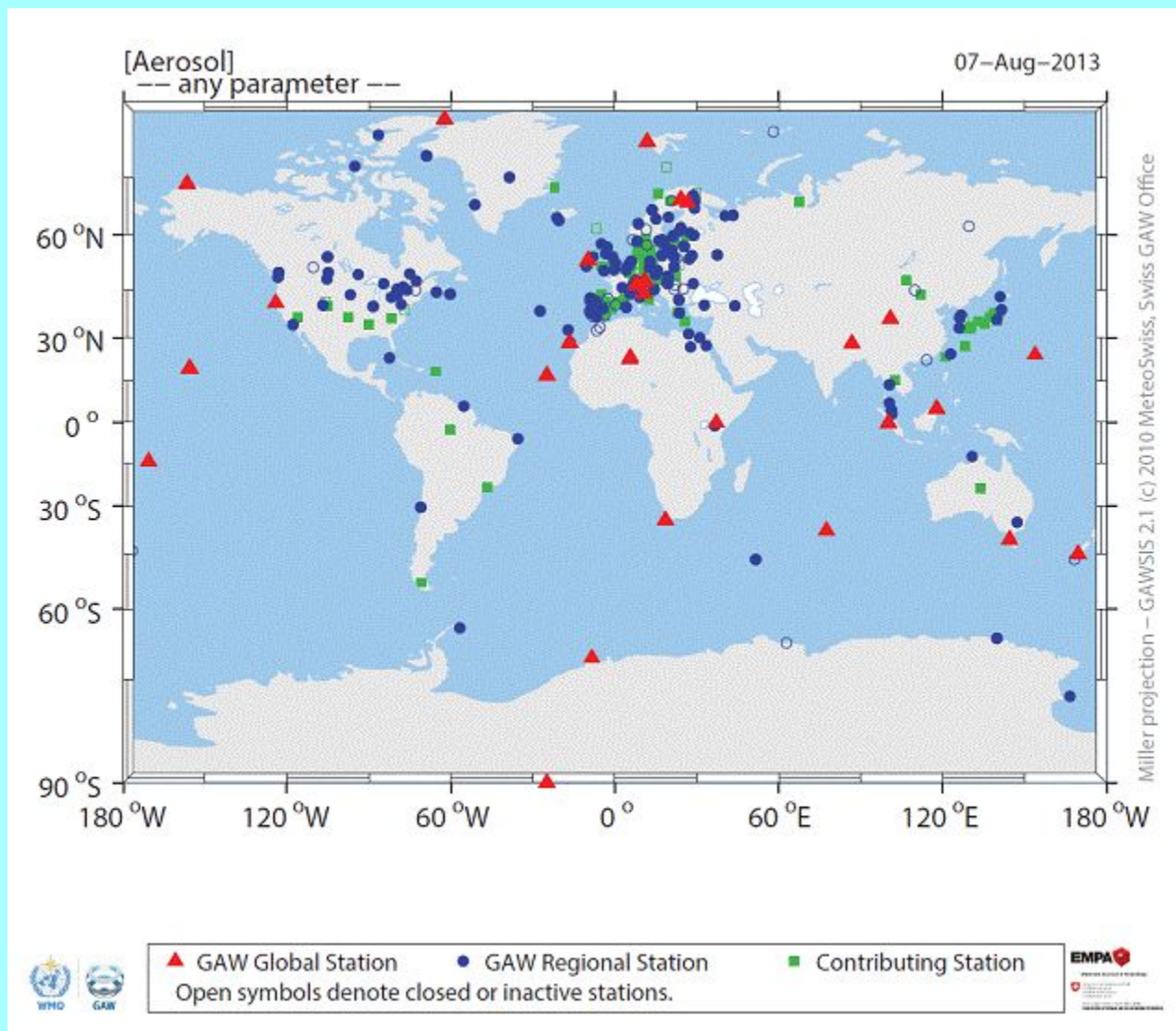




# Европейская сеть лидарных наблюдений

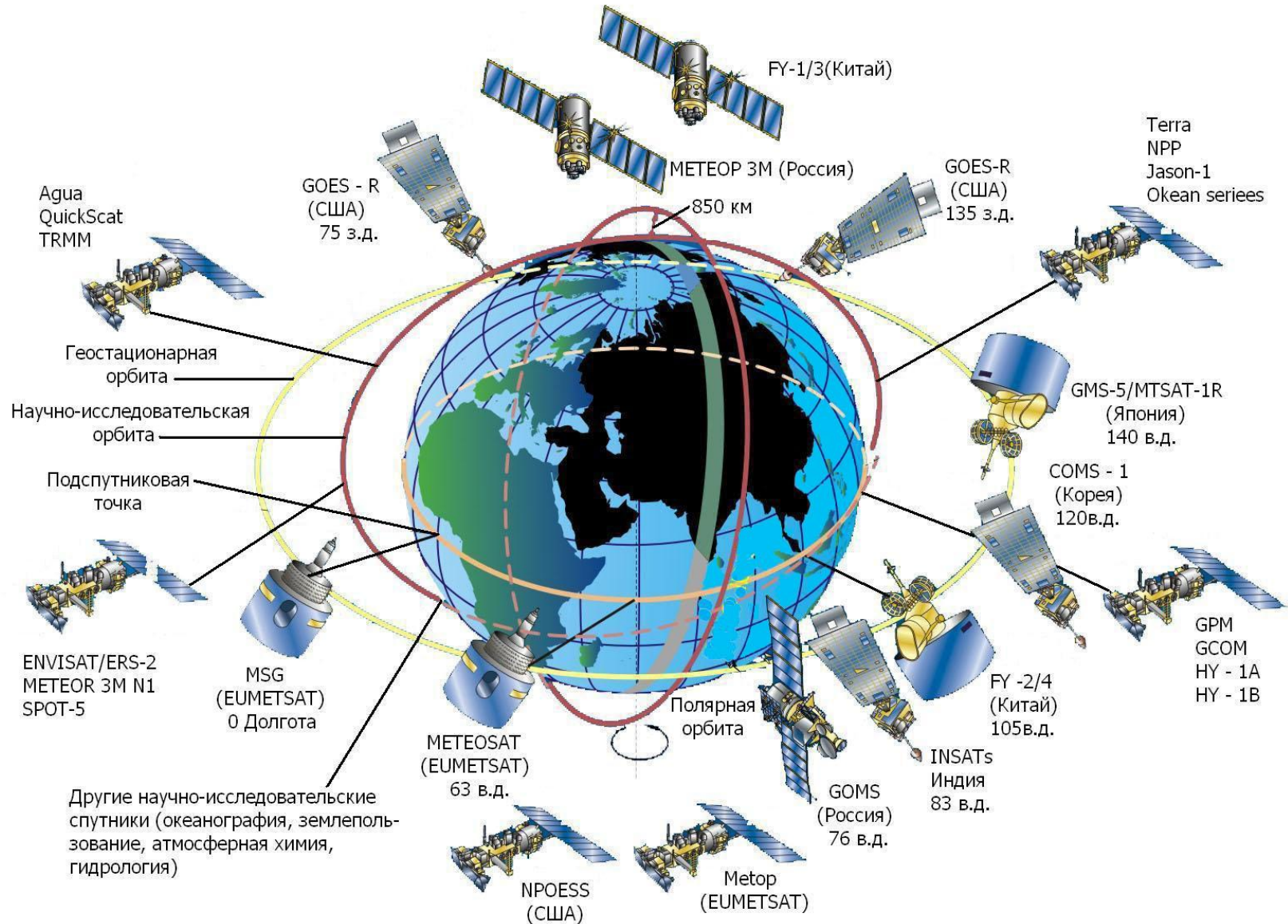


# Global Atmosphere Watch - наблюдения аэрозолей и содержания различных газов

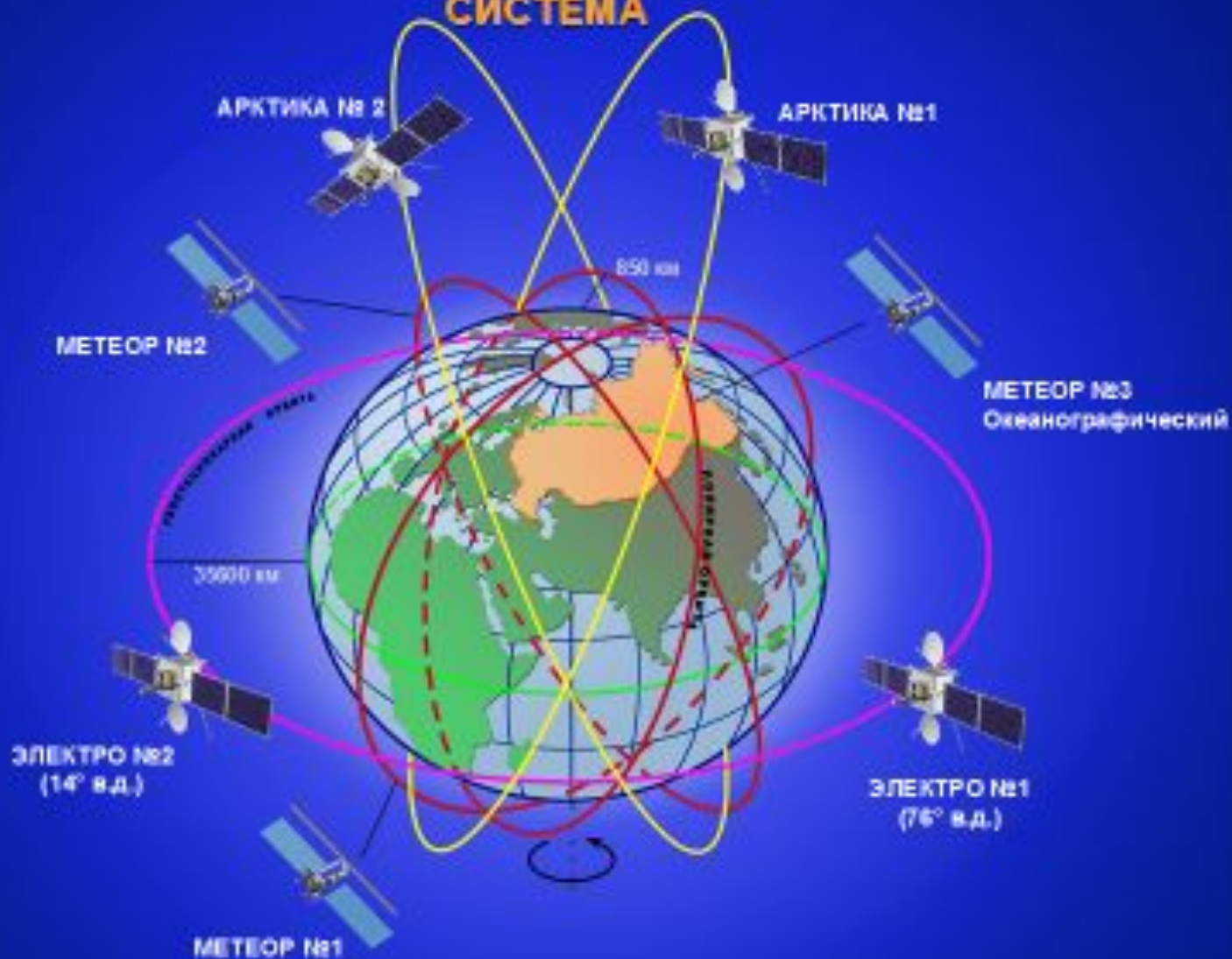




# Спутниковая система наблюдений атмосферы и поверхности



# РОССИЙСКАЯ СПУТНИКОВАЯ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКАЯ СИСТЕМА





# Полярные и геостационарные спутники

Polar orbiter

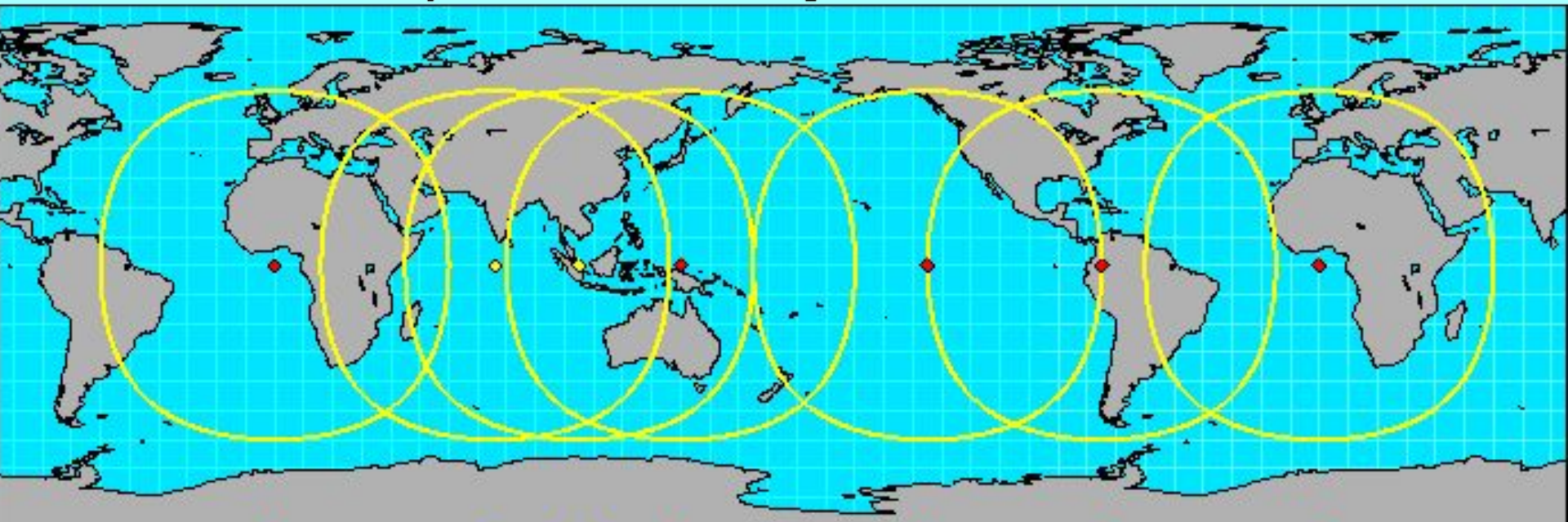


Geostationary satellite



# Области наблюдений системы геостационарных спутников

Global Geostationary Satellite Coverage



↑  
Meteosat

↑  
Elektro

↑  
FY-2

↑  
GMS

↑  
GOES-W

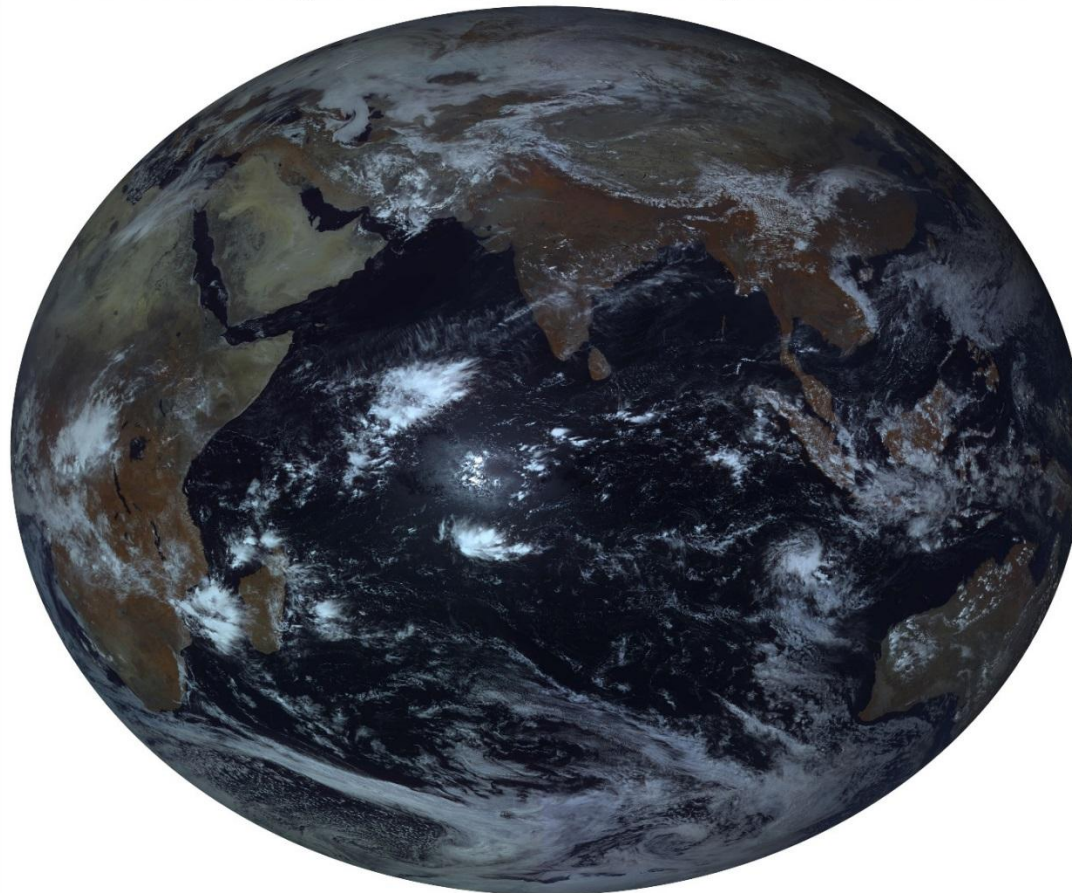
↑  
GOES-E

↑  
Meteosat

# Наблюдения с геостационарного спутника



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА ПО ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИИ И МОНИТОРИНГУ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ  
ФГБУ "НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР КОСМИЧЕСКОЙ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИИ "ПЛАНЕТА"



Электро-Л №1

Нормализованная геостационарная проекция

Цветосинтез: 1 канал (0.5 - 0.65) мкм, 2 канал (0.65 - 0.8 мкм), 3 канал (0.8 - 0.9 мкм)

2.03.2016 8:00 СГВ

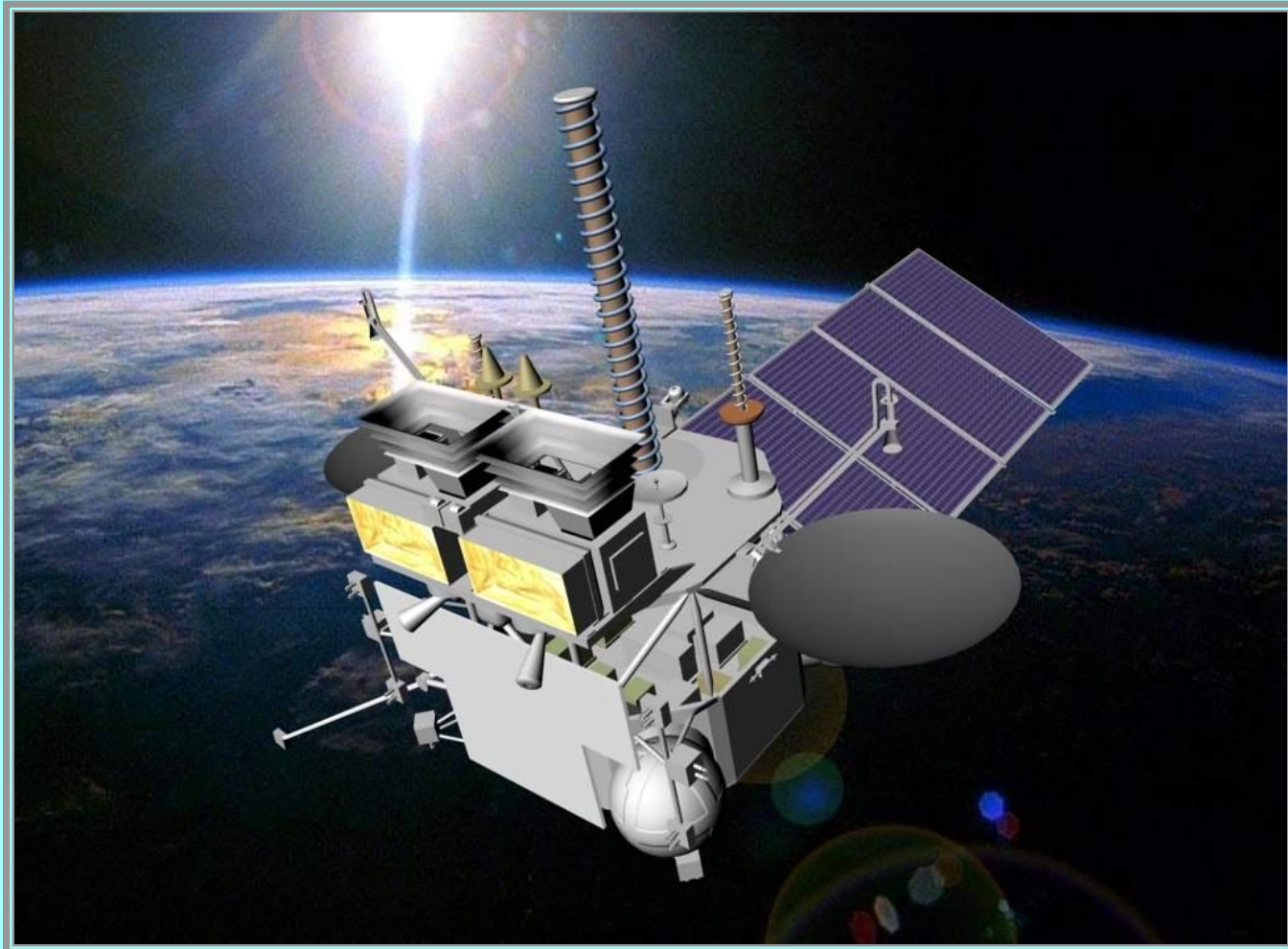
ФГБУ "НИИЦ "Планета"  
Россия, 123242 Москва  
Б. Предтеченский пер., 7  
Тел: (499) 2523717  
Факс: (499) 2526610  
E-mail: [astmua@planet.itp.ru](mailto:astmua@planet.itp.ru)  
<http://planet.itp.ru>  
<http://planet.rssi.ru>



# Российский спутник «Метеор»

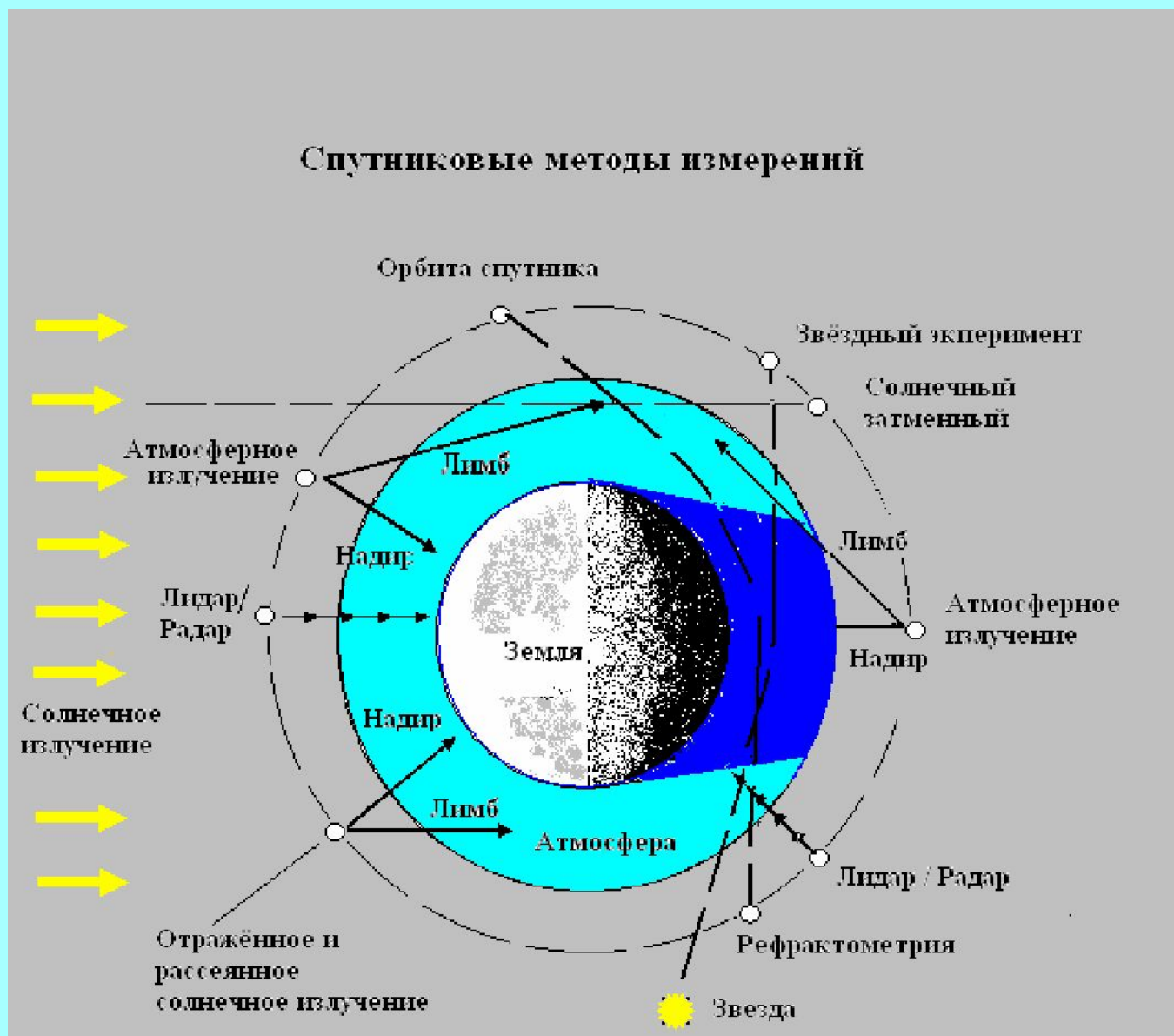


# Российский геостационарный метеорологический спутник ЭЛЕКТРО



Запуск 2006 г.

# Спутниковые методы измерений







# Составные части дистанционных измерений

- Методы решения обратных (некорректных) задач матфизики
- Априорная информация - оптика и молекулярная спектроскопия
- Системы обработки наземных и спутниковых измерений, анализа и хранения информации
- Система валидации дистанционных измерений
- Ассимиляция данных в численные модели атмосферы (прогноз погоды, моделирование климата)



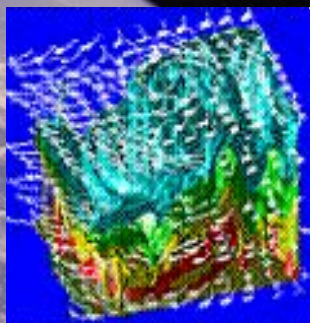
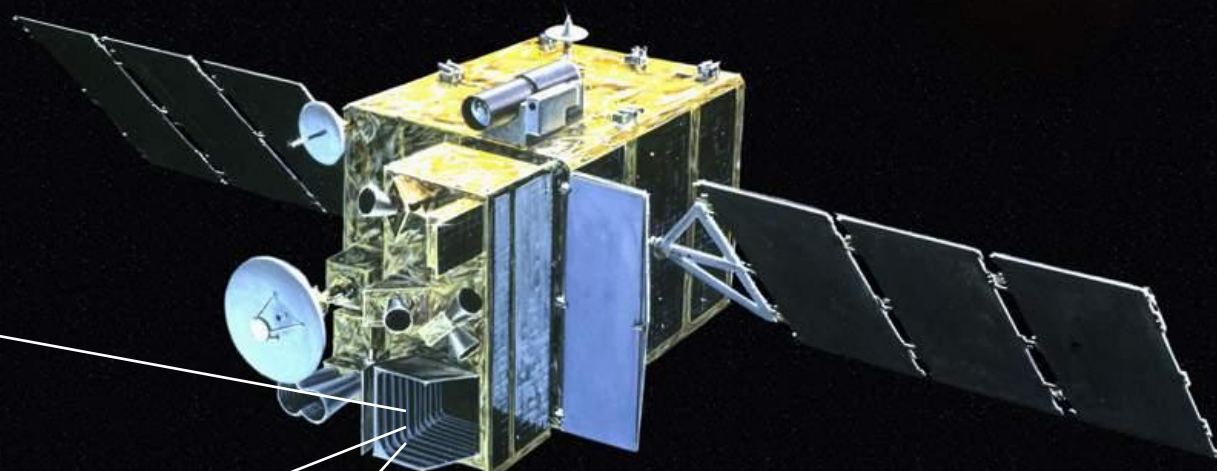
# Дистанционное зондирование атмосферы

- **уникальные приборы различного типа**, измеряющие э.м. излучение в различных областях спектра от УФ до радиоволн;
- использование **пассивных и активных** методов, различной геометрии измерений – спутниковой, наземной, самолетной и т.д.

# Geostationary Imaging Fourier Transform Spectrometer

New Technology for Atmospheric Temperature, Moisture, Chemistry, & **Winds**

*“GIFTS”*



**4-d Digital Camera:**

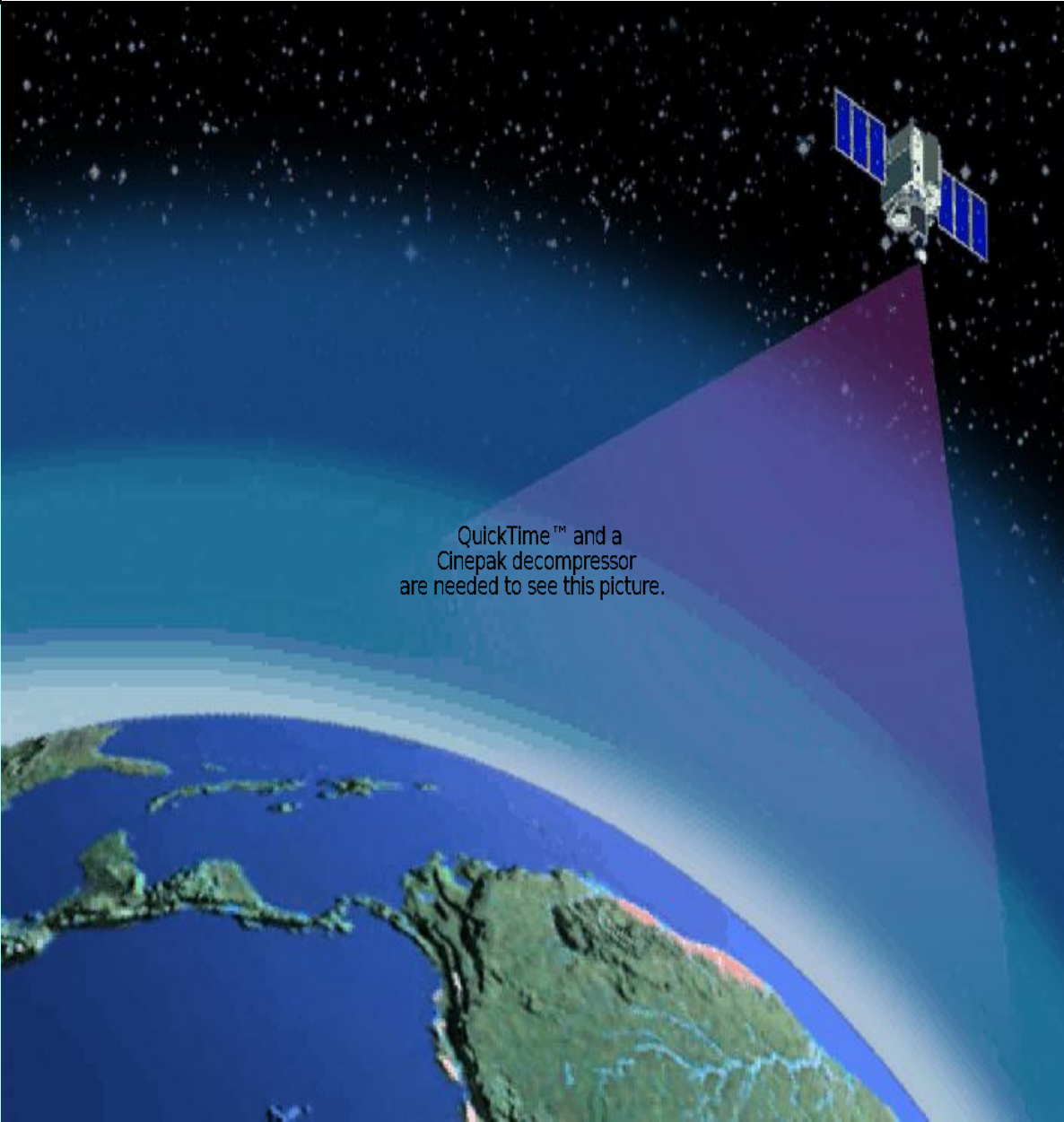
**Horizontal:** Large area format Focal Plane detector Arrays

**Vertical:** Fourier Transform Spectrometer

**Time:** Geostationary Satellite



# ***GIFTS Sampling Characteristics***



QuickTime™ and a  
Cinepak decompressor  
are needed to see this picture.

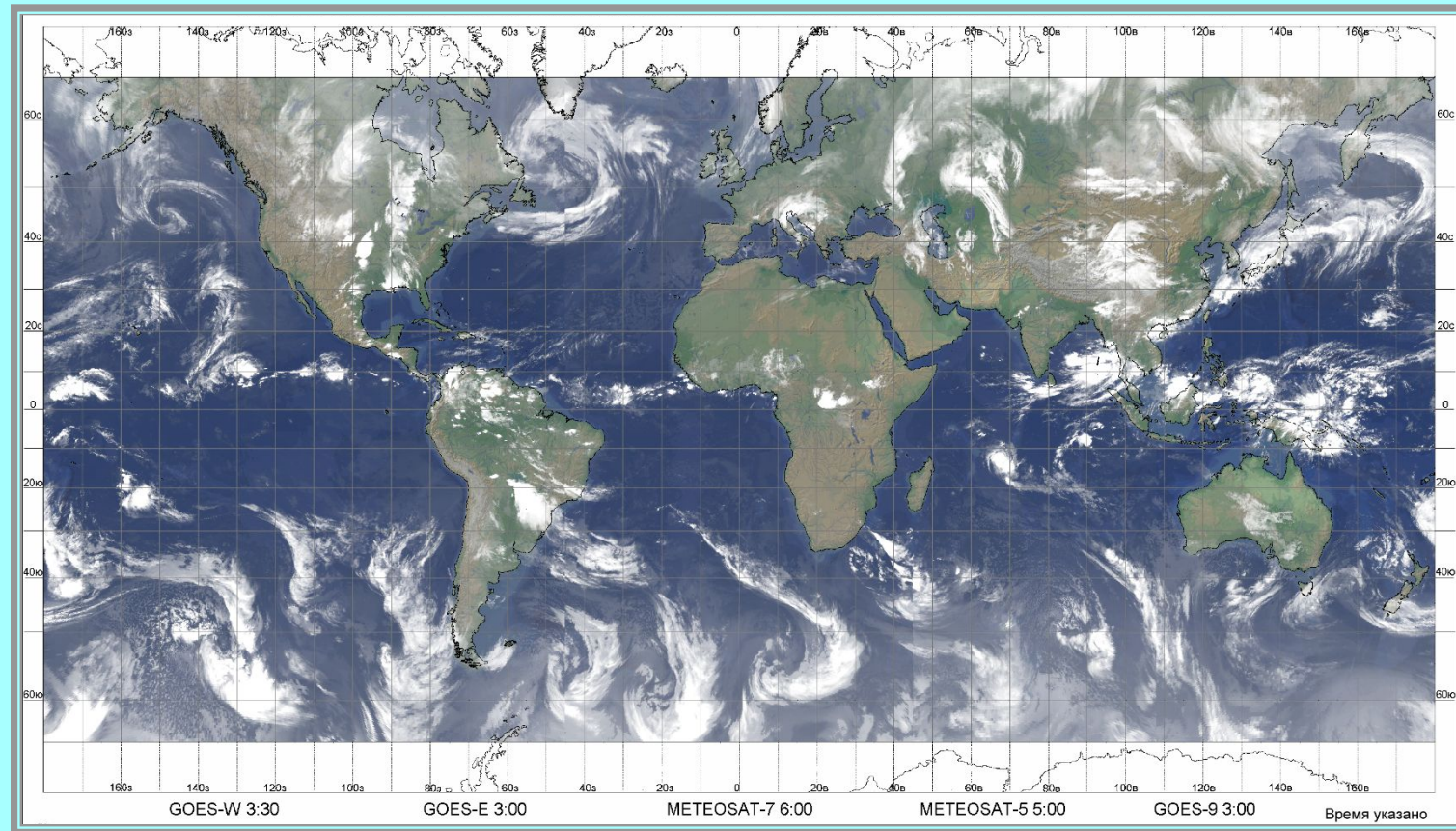
- **Two 128x 128 Infrared focal plane detector arrays with 4 km footprint size**
- **Two 512 x 512 Visible focal plane detector arrays with 1 km footprint size**
- **Field of Regard 512 km x 512 km at satellite sub-point**
- **Ten second full spectral resolution integration time per Field of Regard**
- **~ 80,000 Atmospheric Soundings every minute**

# Информативность спутниковых измерений (число вертикальных профилей в день)

- SAGE-III (Sun occultation) – 1000
- GOMOS (Star occultation) – 5000
- MLS (Limb MW radiation) – 50 000
- MIPAS (Limb IR radiation) – 100 000
- IASI (IR nadir view ) – 100 000
- GIFTS (Geostationary) – 80 000 в минуту, 150 млн. в день!!!



# Глобальная карта облачности: тропическая зона

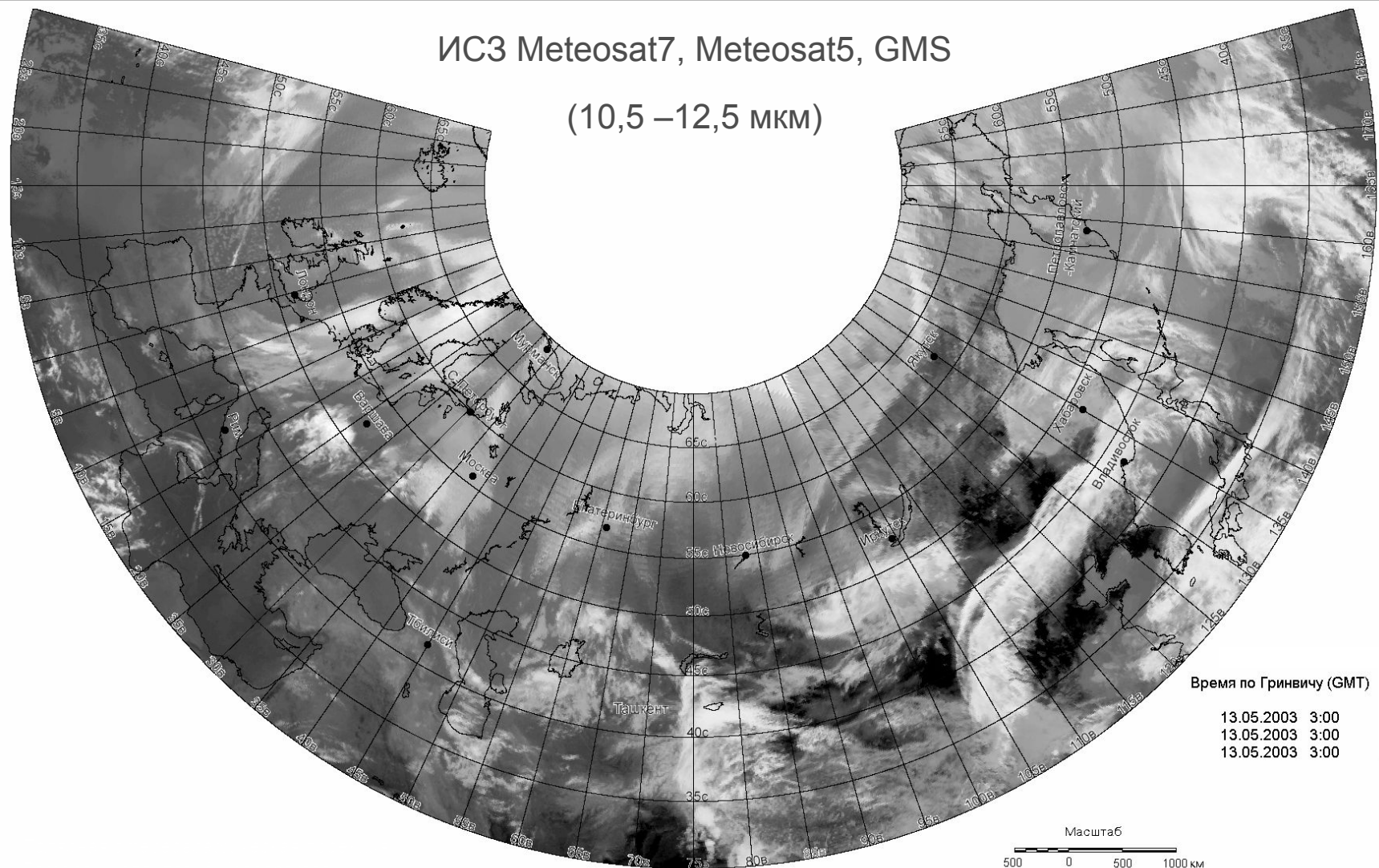


*ИК-диапазон 10.5-12,5 мкм 13.05.2004 г.*

# Монтаж космических изображений Евразии

ИСЗ Meteosat7, Meteosat5, GMS

(10,5 – 12,5 мкм)



Время по Гринвичу (GMT)

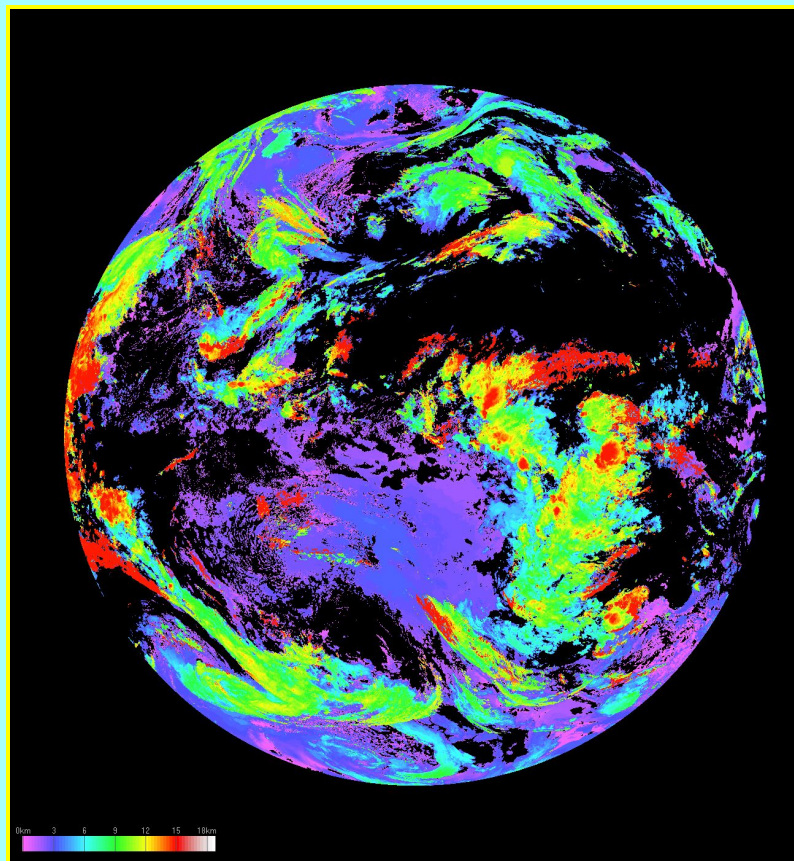
13.05.2003 3:00  
13.05.2003 3:00  
13.05.2003 3:00

Масштаб

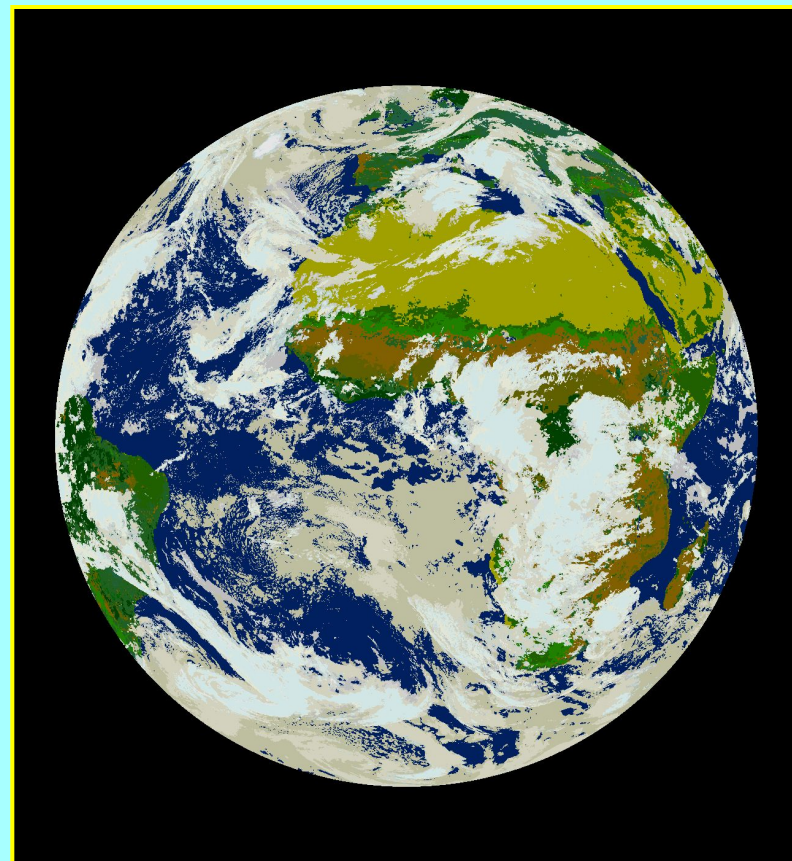
500 0 500 1000 км



# Данные об облачном покрове по информации SEVIRI ИСЗ Meteosat-8



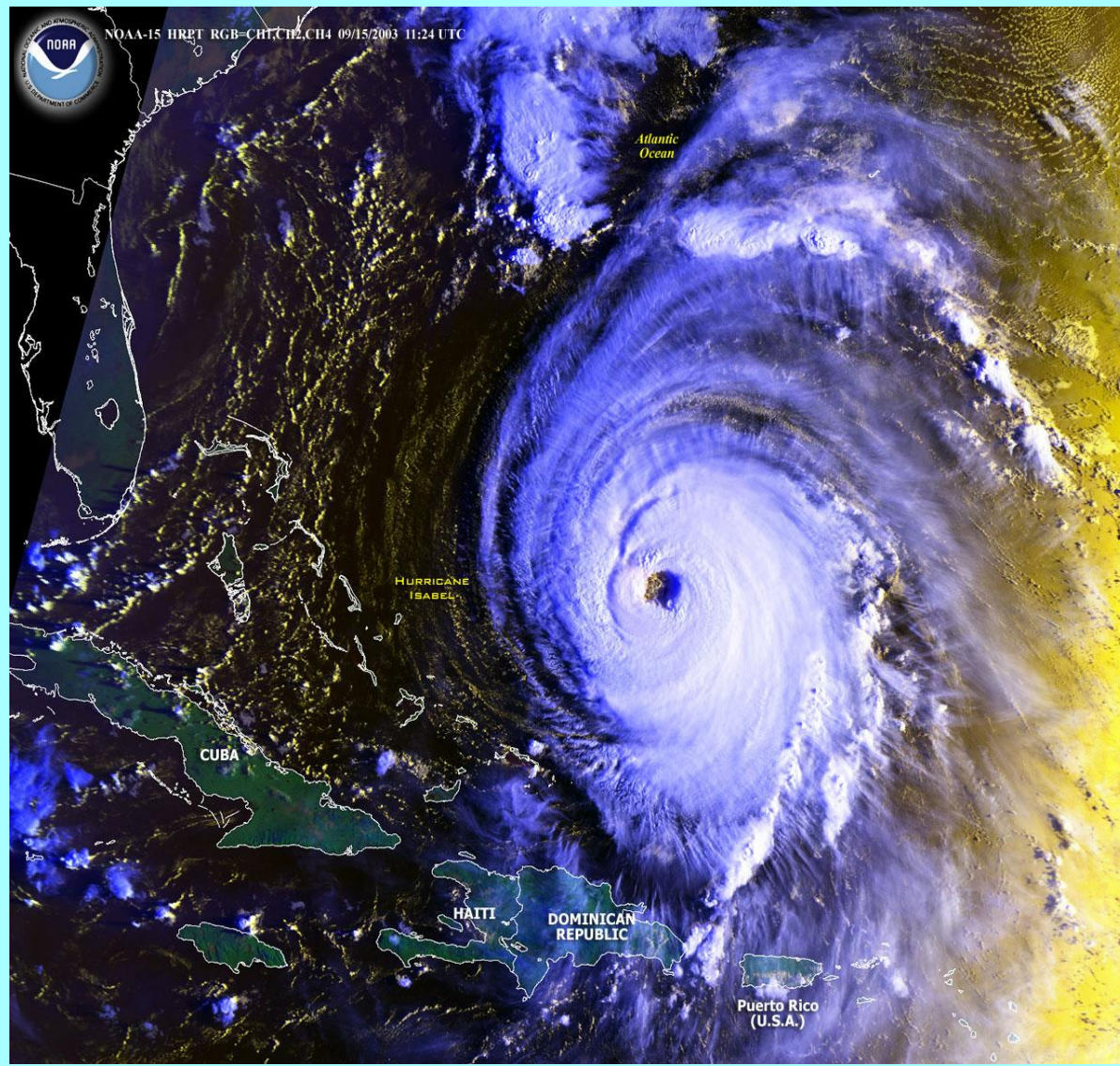
Высота ВГОД



Анализ облачности

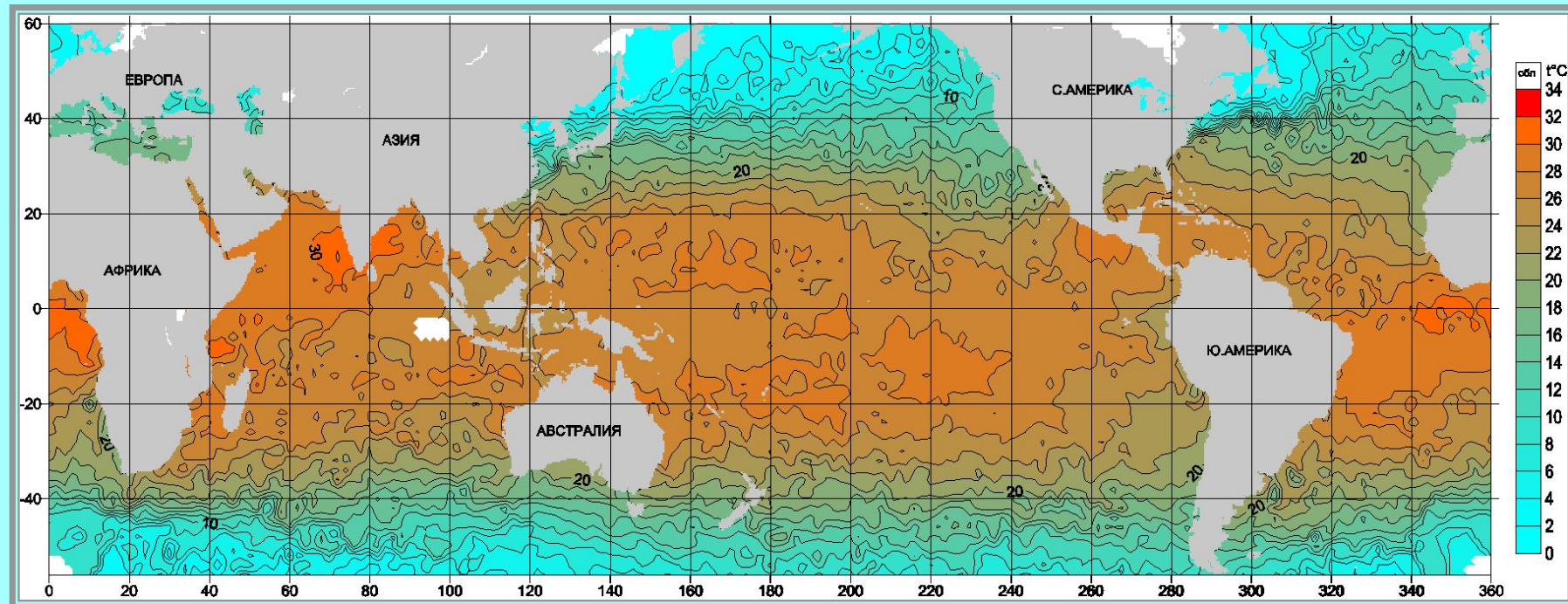


# Изображение урагана Изабель по данным измерений прибора AVHRR



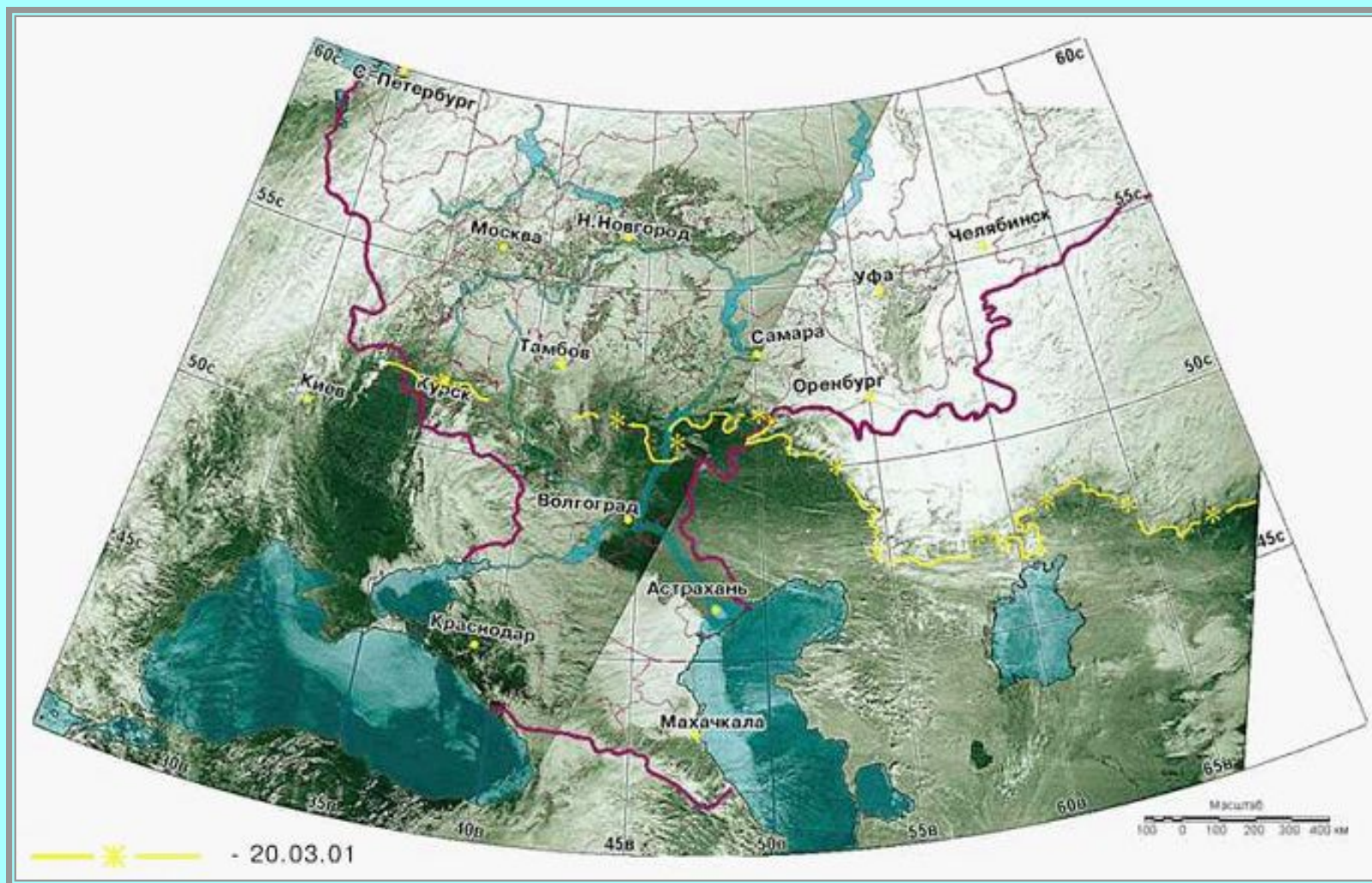


# Композиционная карта температуры поверхности Мирового океана



01.05 – 10.05 2004 г.

# Граница снежного покрова: Россия, Казахстан

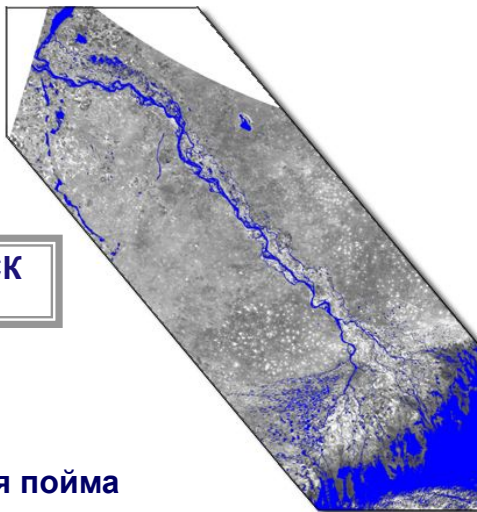


ИСЗ РЕСУРС-01 №4, МР-900 20.03.2001



# Спутниковый мониторинг наводнений на основе данных среднего и высокого разрешения

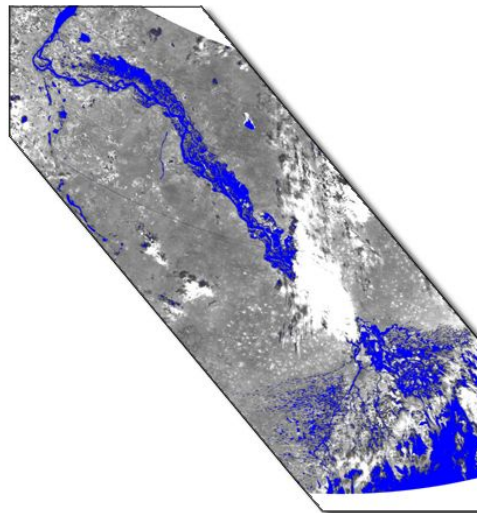
Ресурс-О1, МСУ-СК



Волго-Ахтубинская пойма

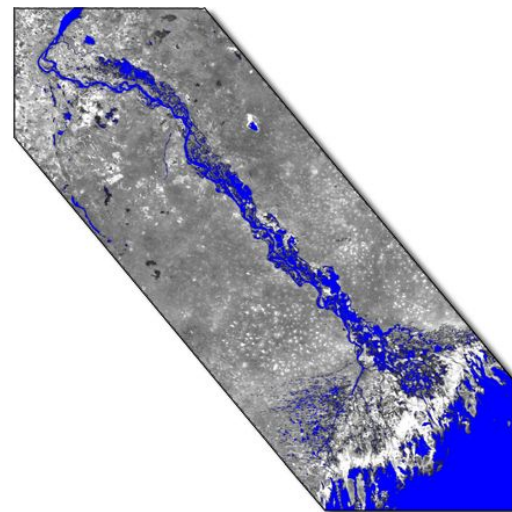
10.05.98

начало затопления



05.06.98

максимальное затопление



18.06.98

спад затопления

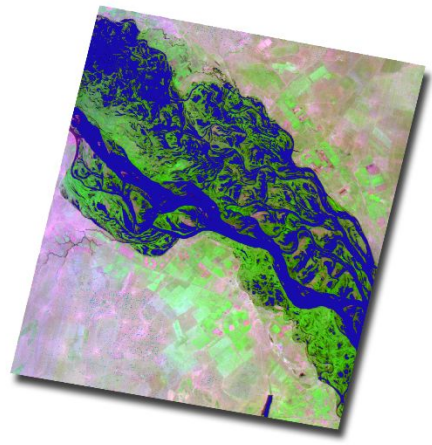
Ресурс-О1, МСУ-Э

Участок Каменный Яр –  
Черный Яр



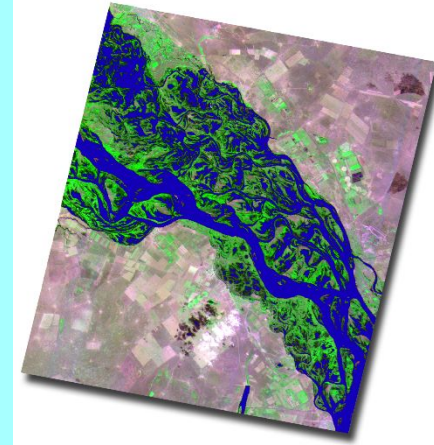
27.04.99

начало затопления



02.06.00

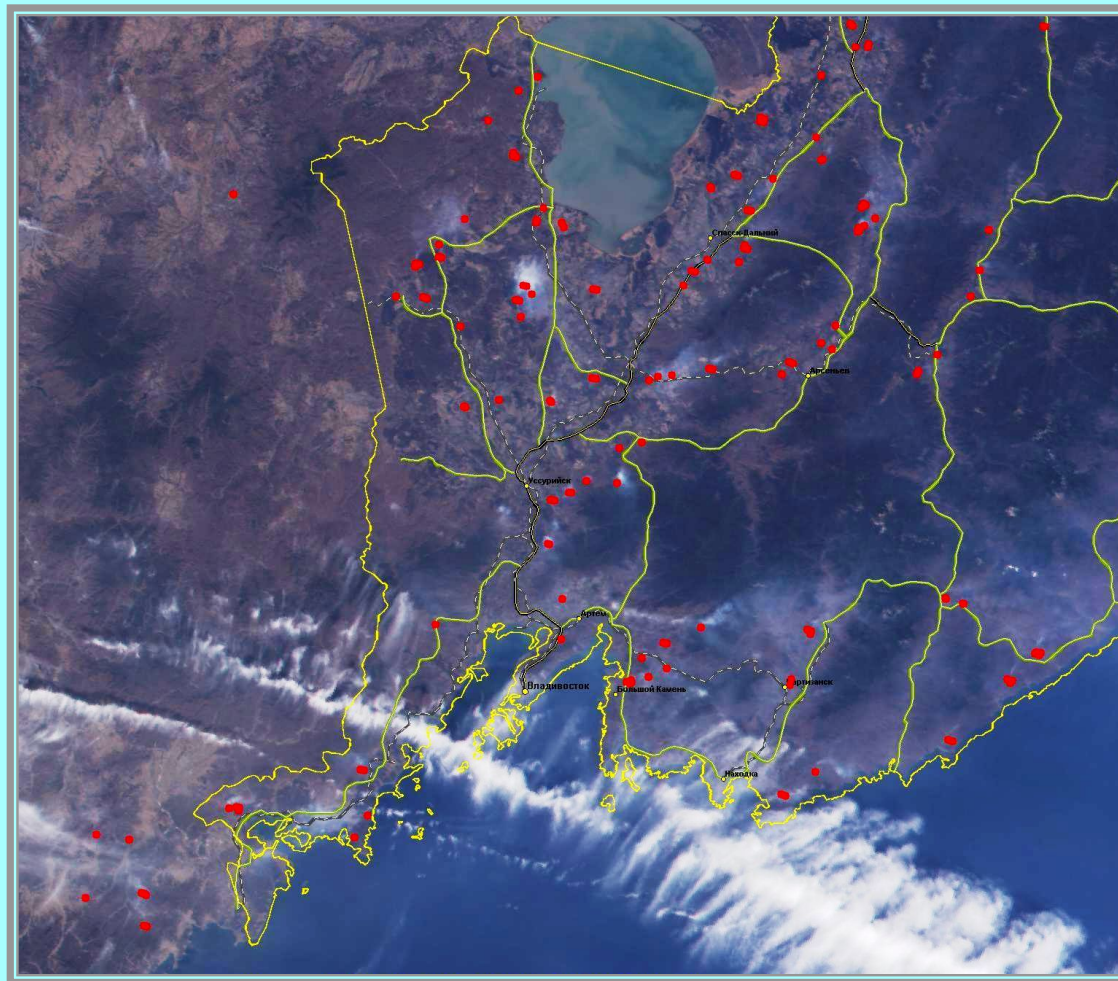
максимальное затопление



18.06.98

спад затопления

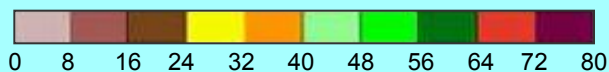
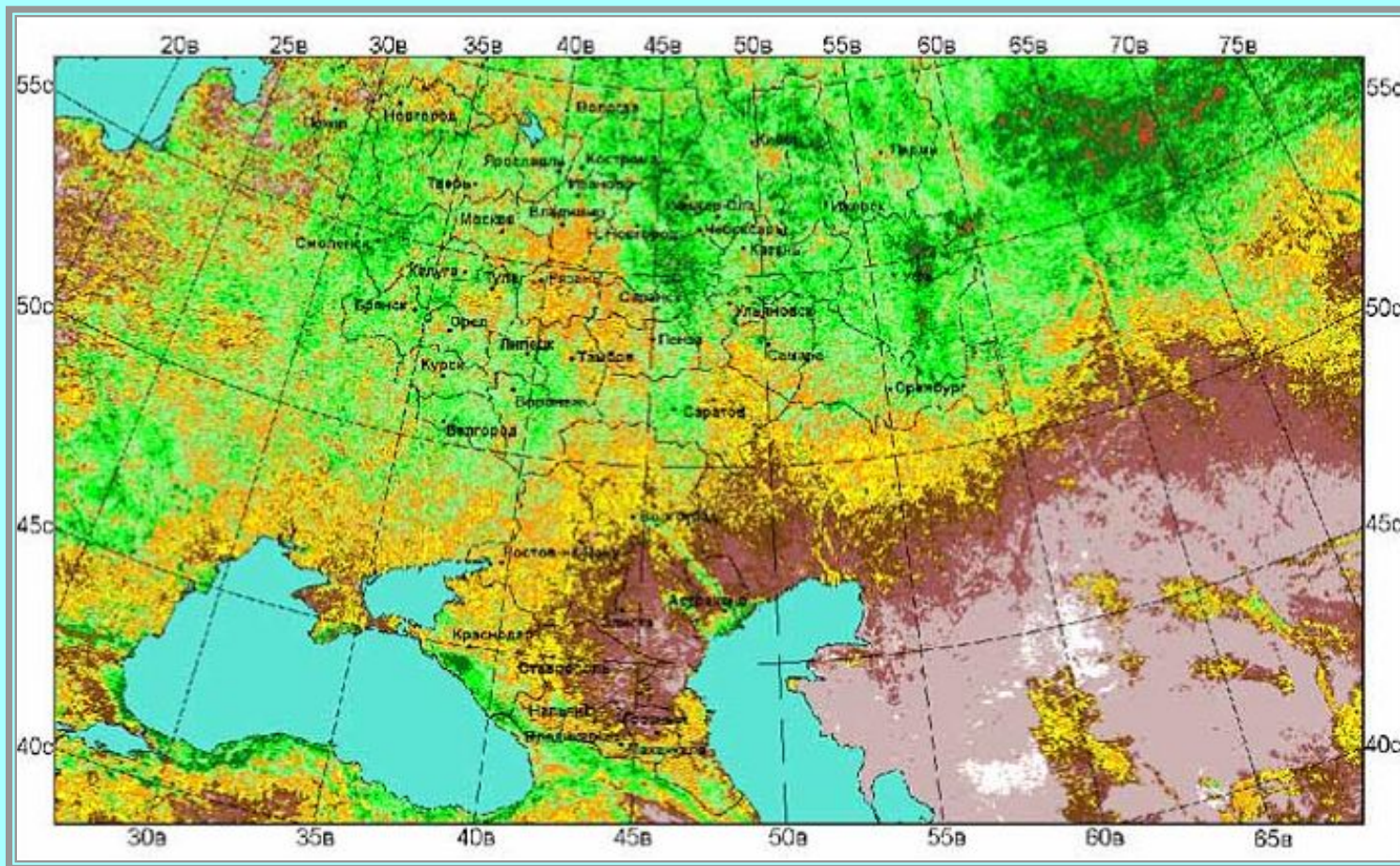
# Определение очагов пожаров (Дальний Восток)



*Терра, Модис 01.05.2004*



# Карта распределения индекса вегетации



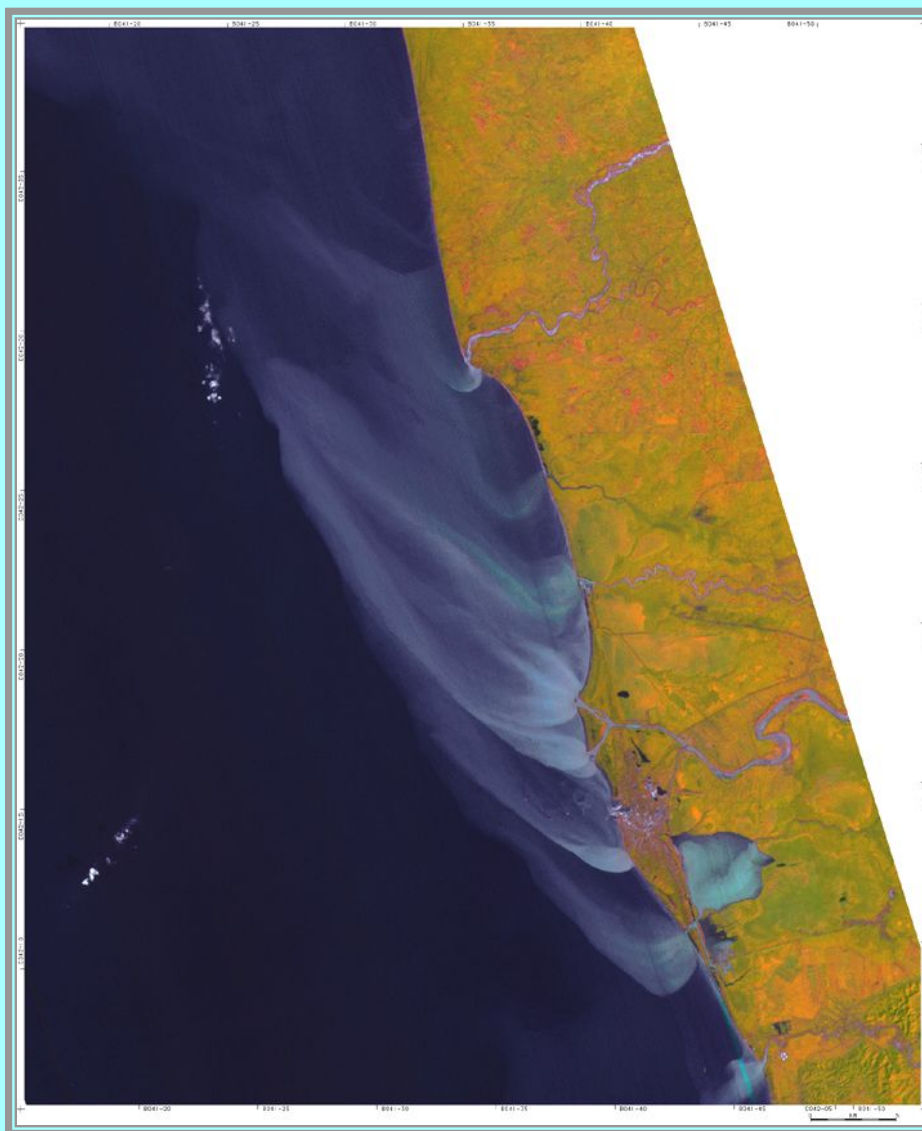
Период наблюдения:  
17.07.00 – 28.07.00

Карта распределения вегетационного индекса (NDVI в %) по Европейской части России

РЕГИОН NDVI

1. Ленинградская обл.	35.09
2. Псковская обл.	40.75
3. Новгородская обл.	40.97
4. Вологодская обл.	44.25
5. Тверская обл.	45.02
6. Ярославская обл.	43.33
7. Костромская обл.	50.63
8. Кировская обл.	49.85
9. Пермская обл.	47.45
10. Смоленская обл.	49.45
11. Московская обл.	40.98
12. Владимирская обл.	38.98
13. Ивановская обл.	45.39
14. Нижегородская обл.	48.92
15. Марий Эл	49.29
16. Удмуртия	50.89
17. Брянская обл.	45.19
18. Калужская обл.	45.04
19. Тульская обл.	40.66
20. Рязанская обл.	36.00
21. Мордовия	42.74
22. Чувашия	53.55
23. Татарстан	47.79
24. Орловская обл.	43.80
25. Липецкая обл.	40.27
26. Тамбовская обл.	40.71
27. Пензенская обл.	39.80
28. Ульяновская обл.	44.74
29. Самарская обл.	42.21
30. Башкортостан	50.52
31. Оренбургская обл.	43.76
32. Курская обл.	43.55
33. Белгородская обл.	45.09
34. Воронежская обл.	43.74
35. Саратовская обл.	38.44
36. Волгоградская обл.	32.73
37. Ростовская обл.	31.36
38. Калмыкия	16.46
39. Астраханская обл.	30.51
40. Краснодарский край	37.99
41. Ставропольский край	23.56
42. Кабардино-Балкария	25.64
43. Северная Осетия-Алания	28.33
44. Чечня и Ингушетия	24.83
45. Дагестан	28.06

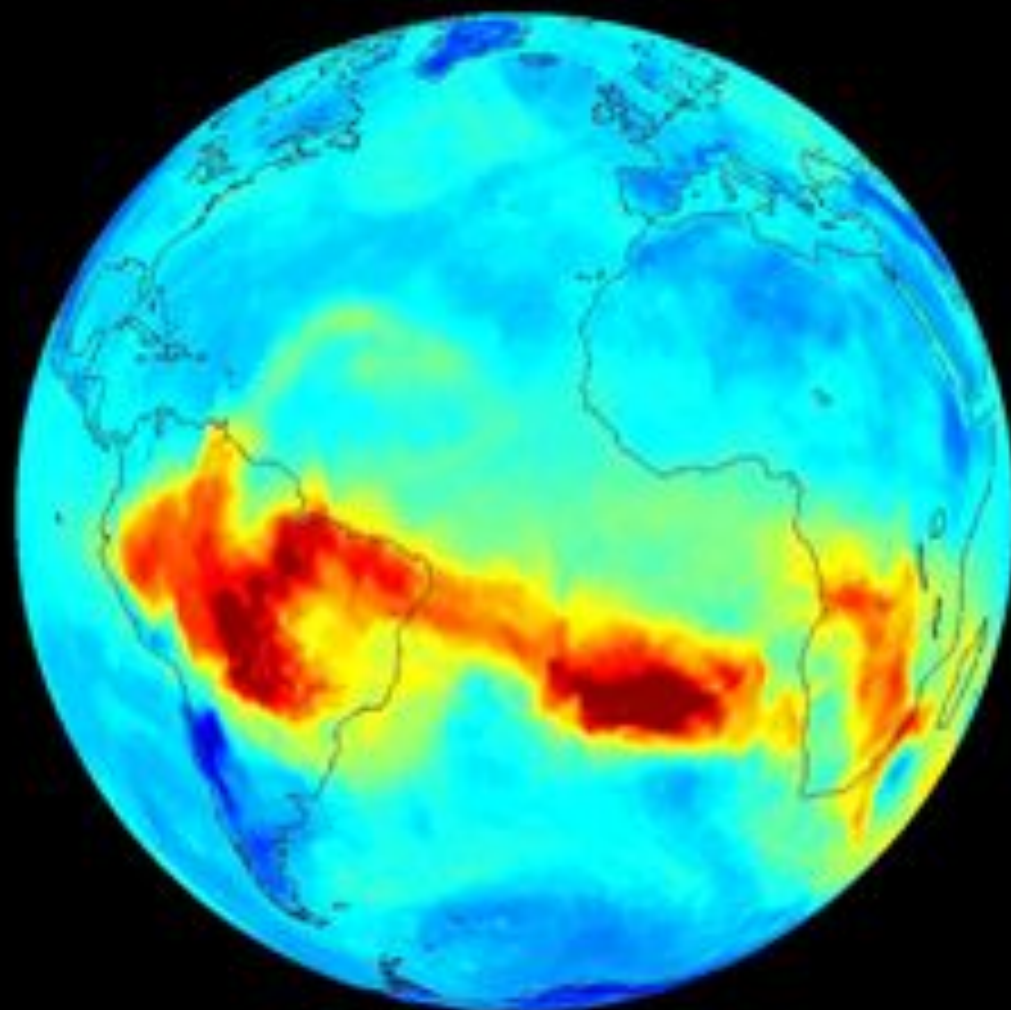
# Загрязнение водной поверхности: Черное море



ИСЗ МЕТЕОР-3М, МСУ-Э 22.09.2003



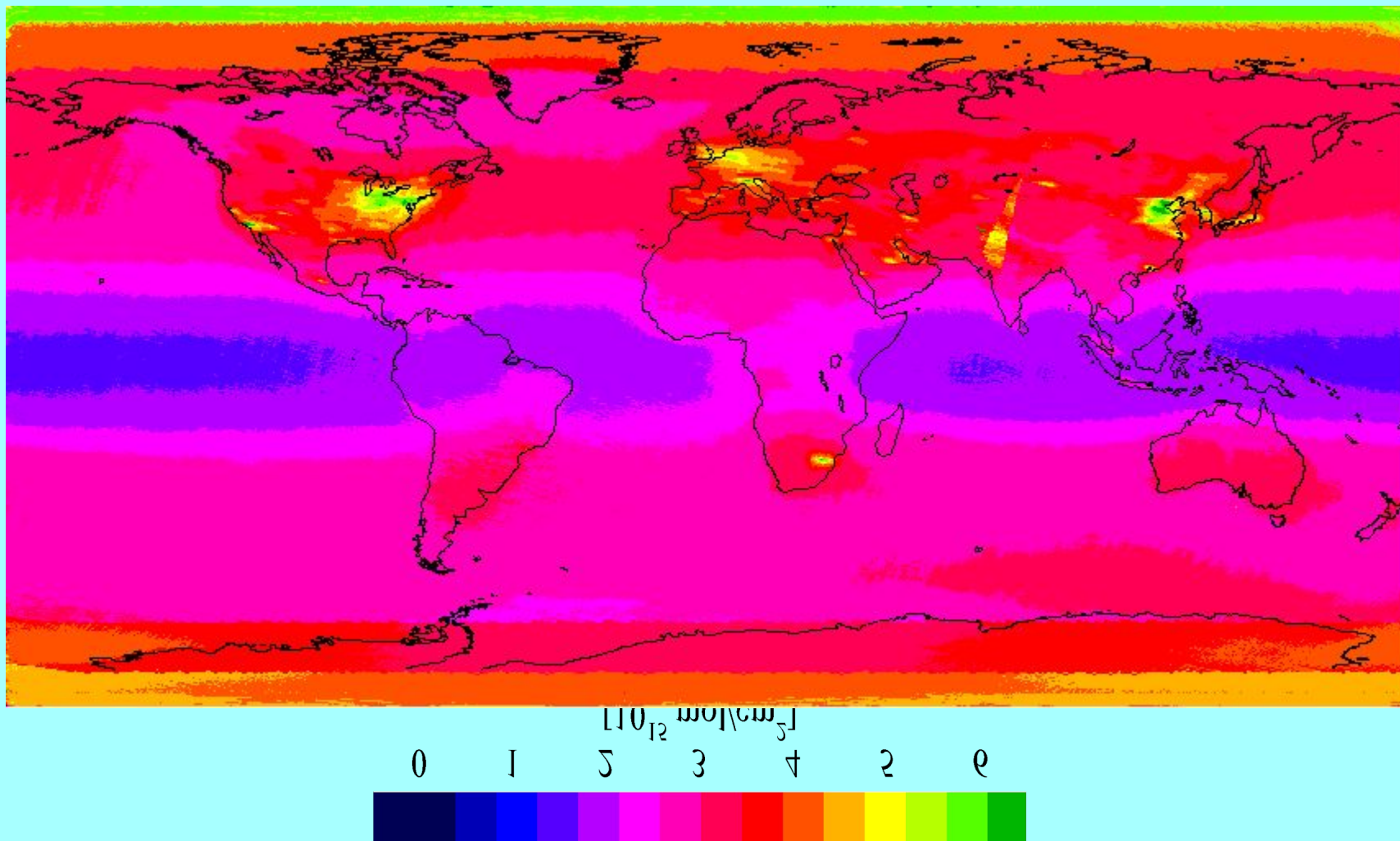
Total Column CO (molecules/cm<sup>2</sup>)



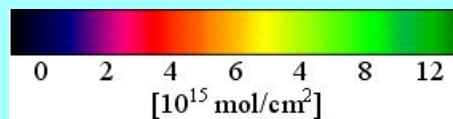
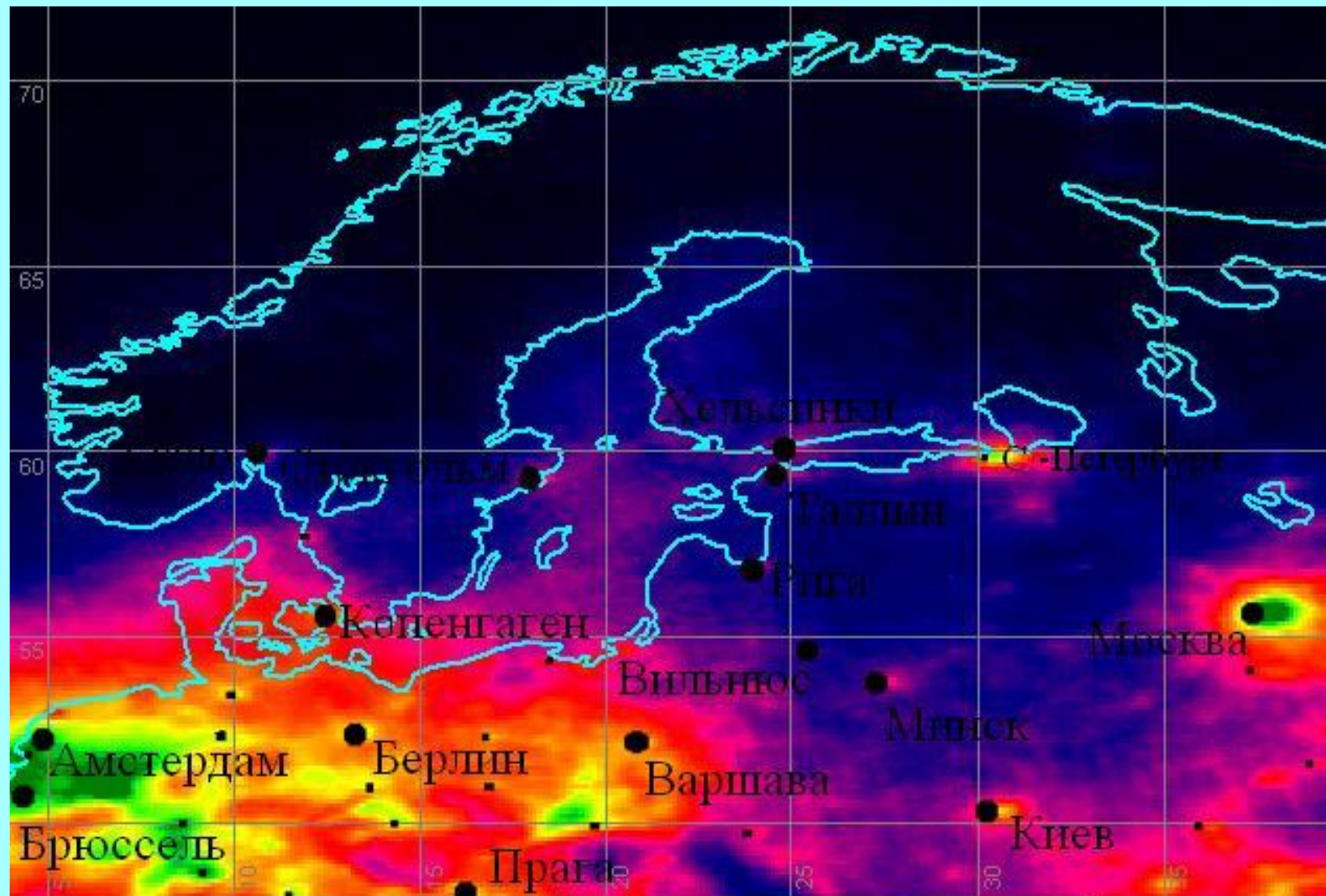
2005.09.30

# Глобальное распределение $\text{NO}_2$

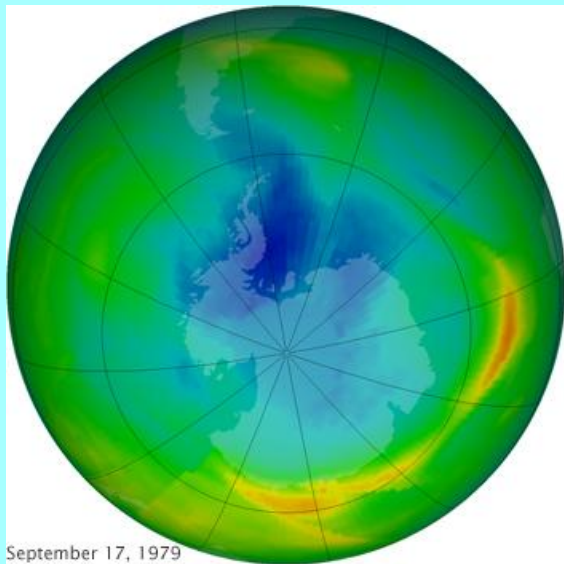
(восстановлено из спутниковых (GOME) данных 1996-2001 гг.)



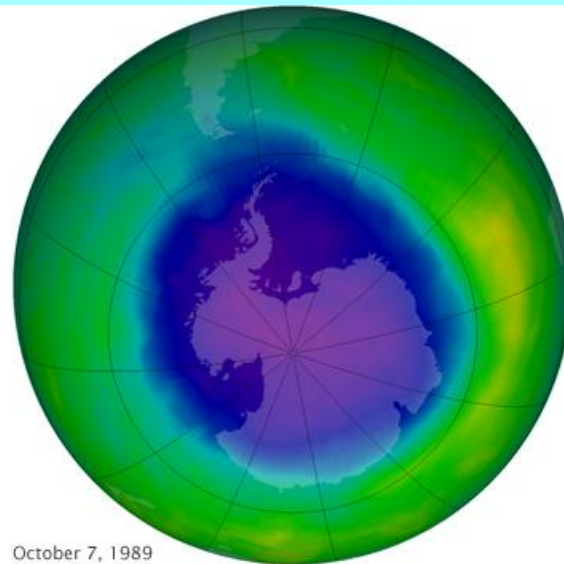
# Распределение тропосферного содержания $\text{NO}_2$



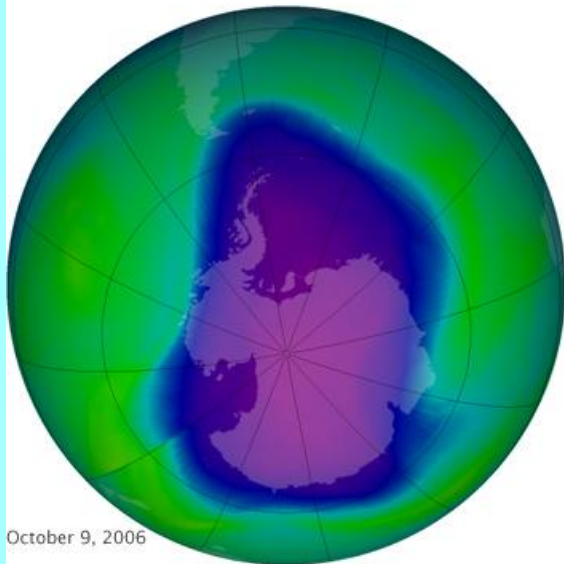




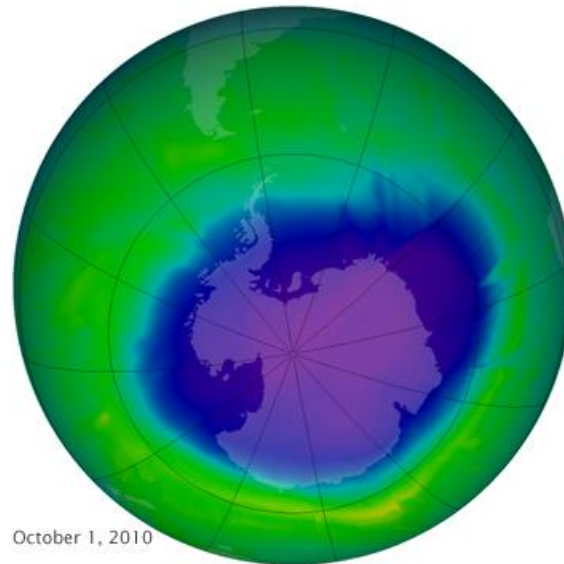
September 17, 1979



October 7, 1989



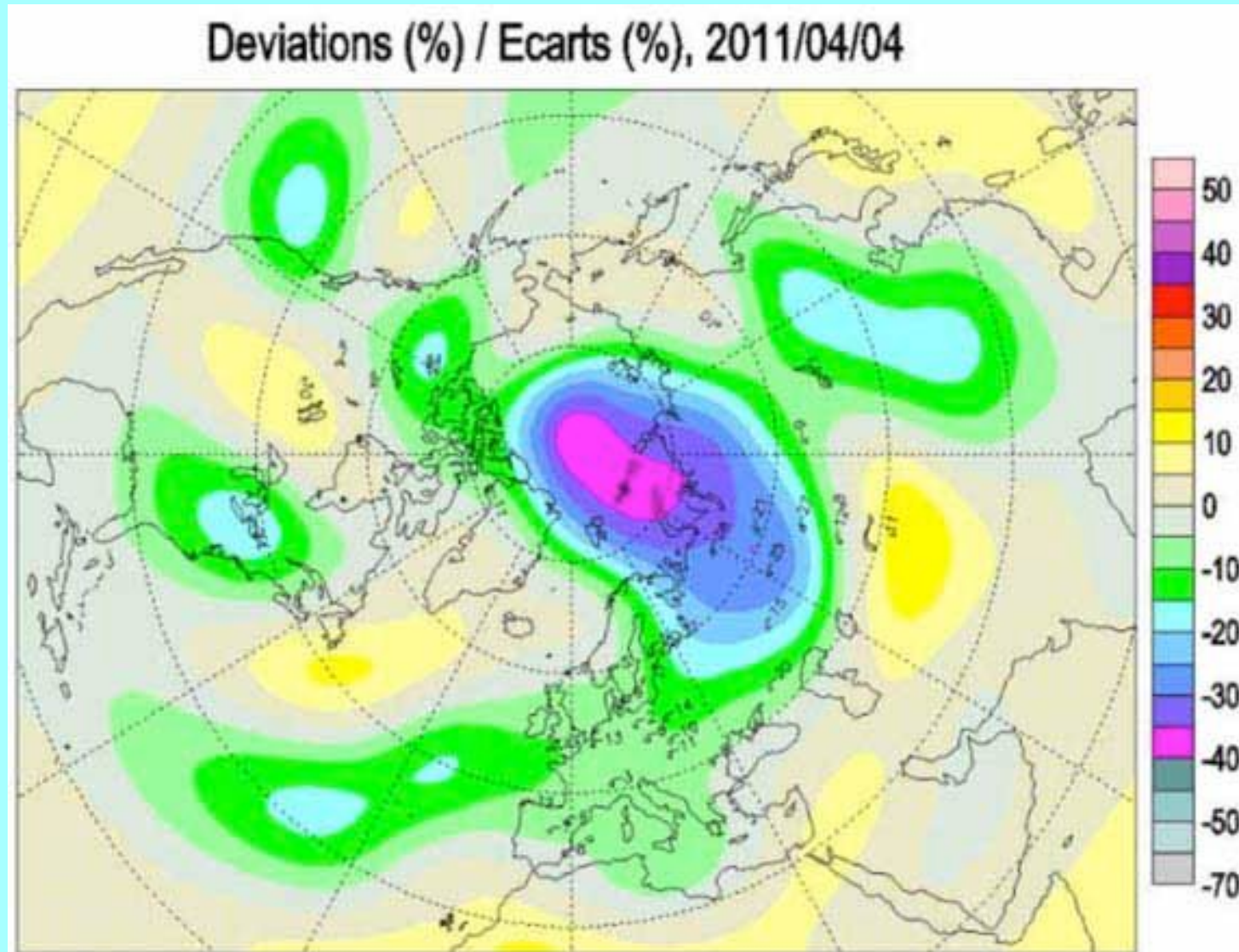
October 9, 2006



October 1, 2010

# Озоновая дыра над Арктикой и частью Европейской территории России

Из архива Н.Е. Чубаровой



Благодарим за внимание