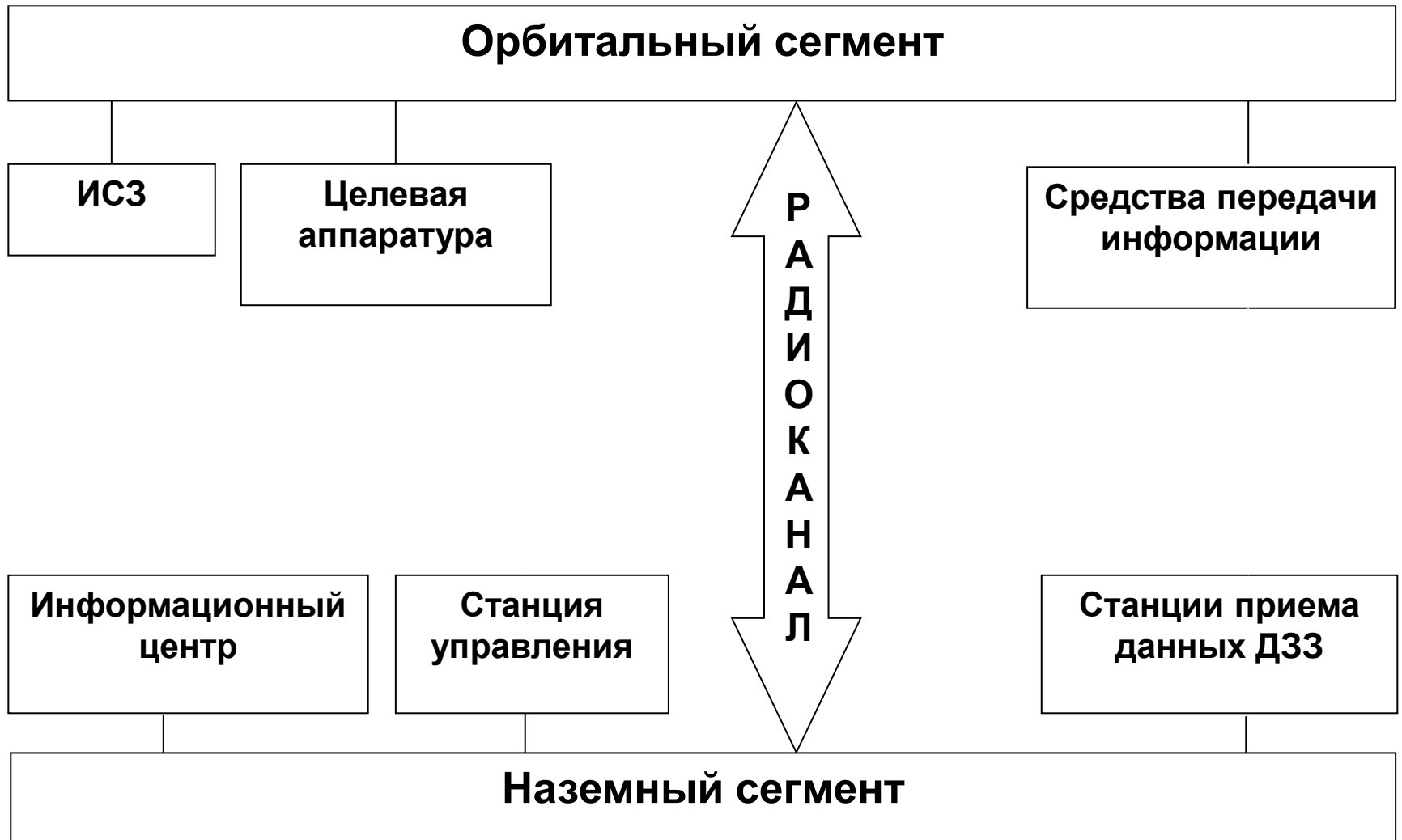


# **Ввод и обработка данных дистанционного зондирования Земли**

**Лектор: к.т.н. Токарева Ольга Сергеевна**

**Лекция 2**

# Структура системы ДЗЗ



# Способы передачи данных

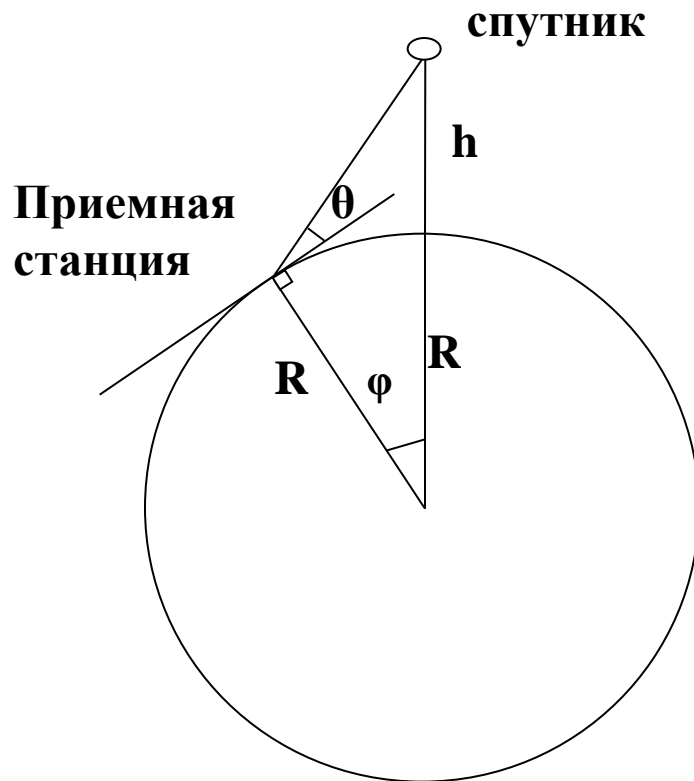
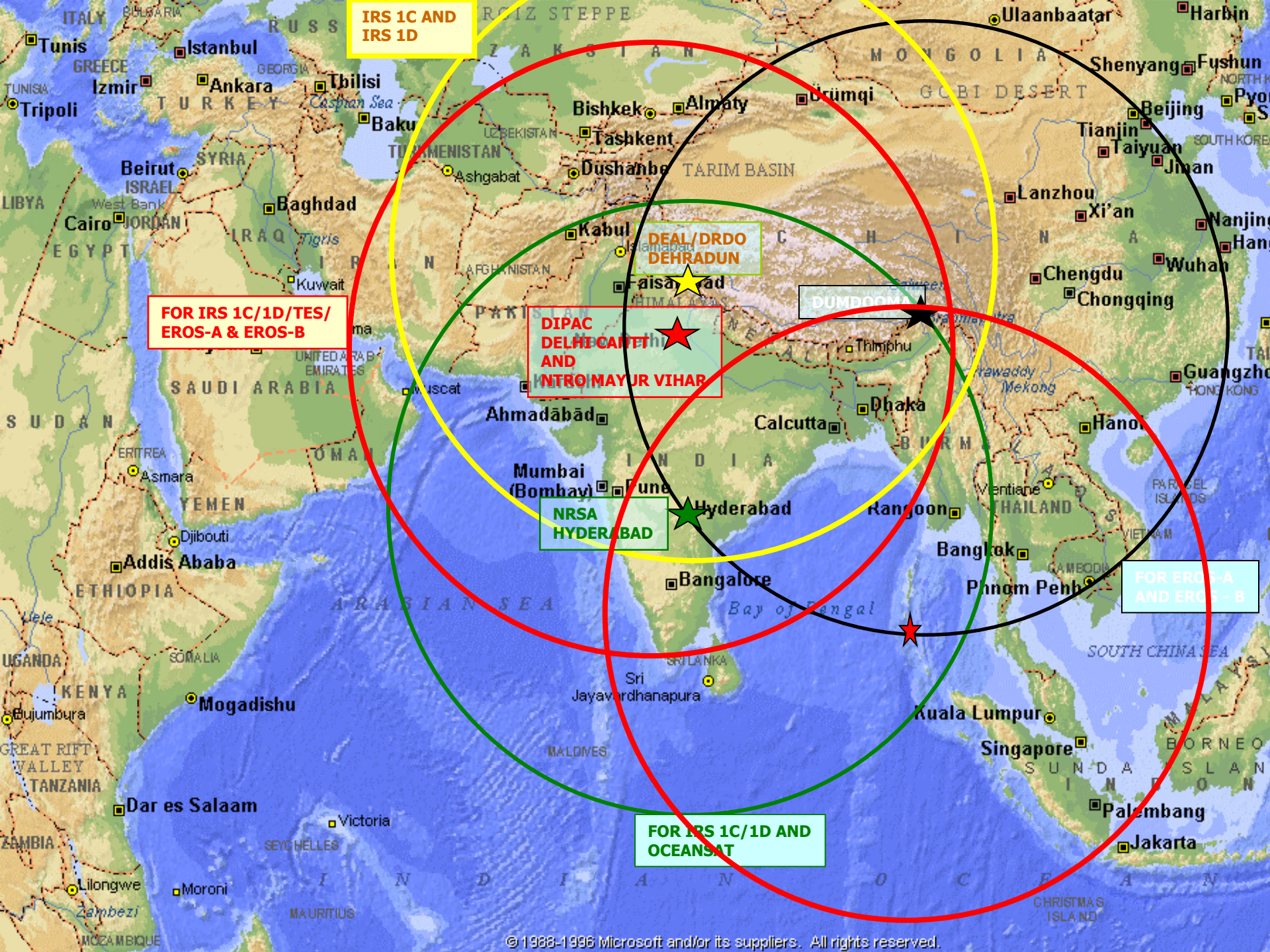


Схема расположения спутника относительно приемной станции

Угловое расстояние  $\varphi$  между спутником и станцией определяется из уравнения:

$$\cos(\theta + \varphi) = R * \cos(\theta) / (R + h)$$

где  $\theta$  – угол подъема линии прямой видимости.



**IRS 1C AND  
IRS 1D**

**FOR IRS 1C/1D/TES/  
EROS-A & EROS-B**

**DIPAC  
DELHI CAMP  
AND  
INTRO MAYUR VIHAR**

**DEAL/DRDO  
DEHRADUN**

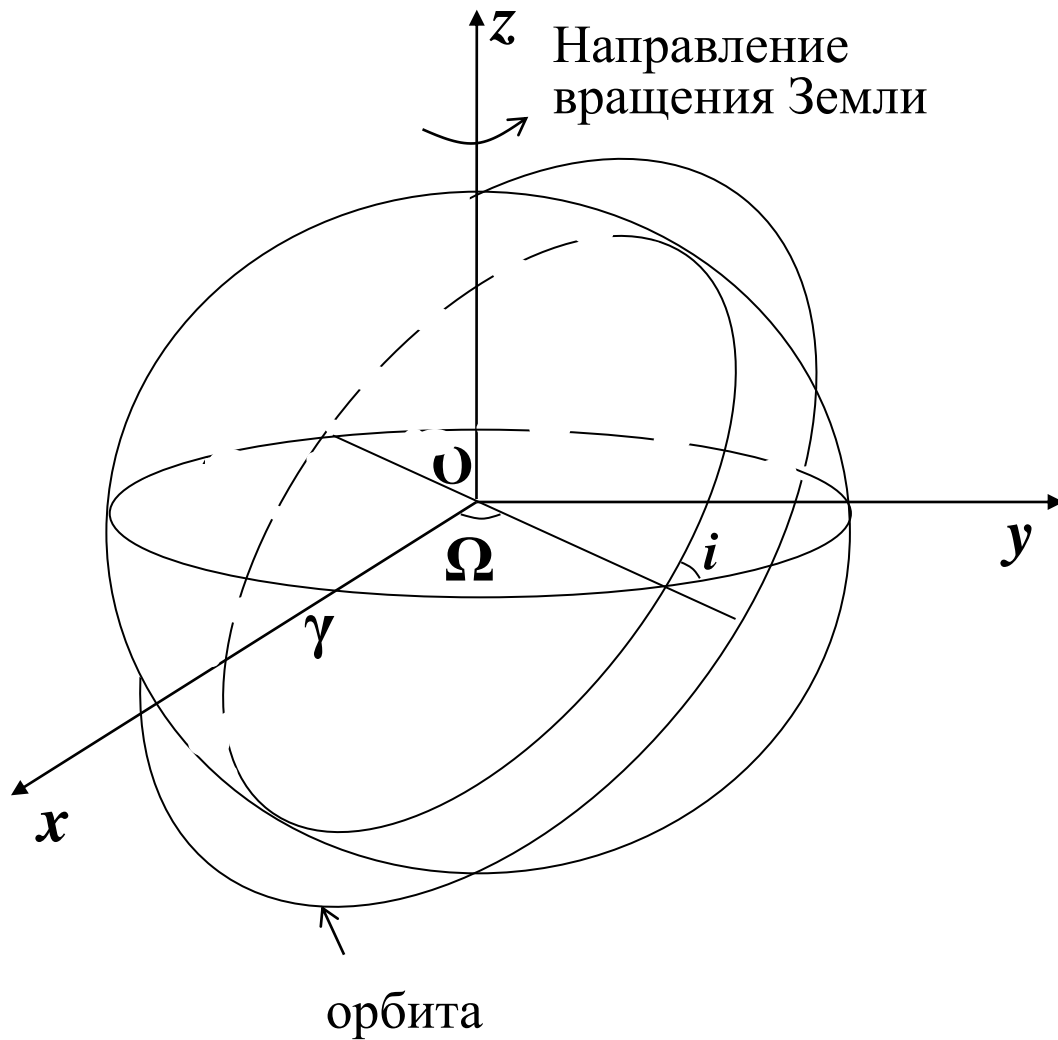
**DUMDOOMA**

**NRSA  
HYDERABAD**

**FOR EROS-A  
AND EROS-B**

**FOR IRS 1C/1D AND  
OCEANSAT**

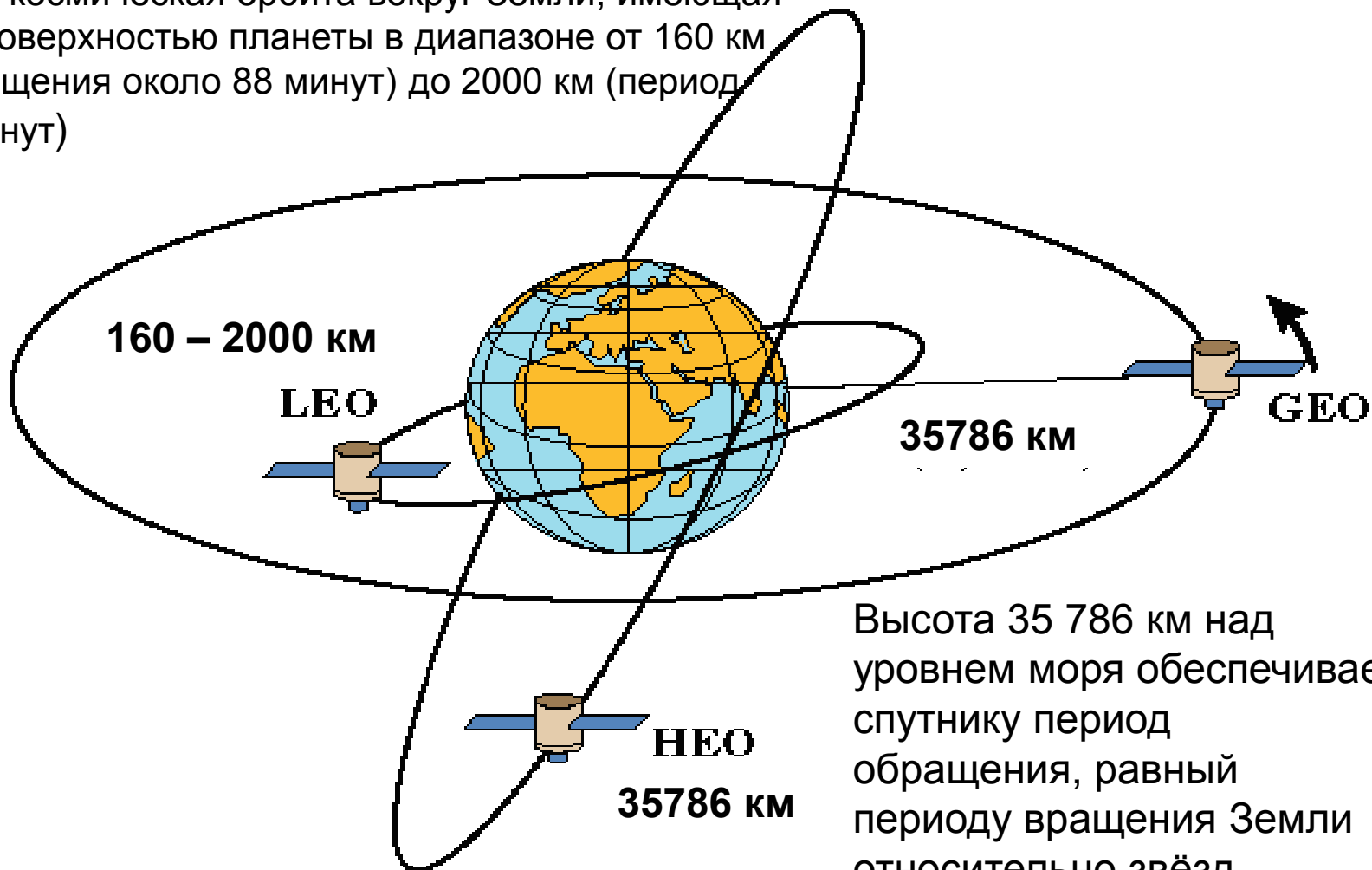
# Параметры орбит ИСЗ





# Типы орбит ИСЗ (по высоте)

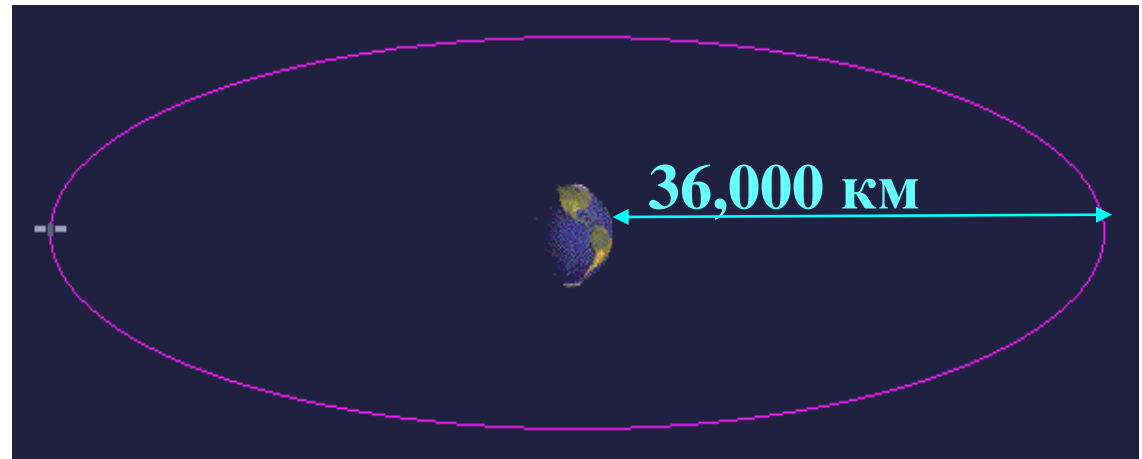
**Низкая околоземная орбита (НОО, [англ. low-Earth orbit, LEO](#))** — космическая орбита вокруг Земли, имеющая высоту над поверхностью планеты в диапазоне от 160 км (период обращения около 88 минут) до 2000 км (период около 127 минут)



Высота 35 786 км над уровнем моря обеспечивает спутнику период обращения, равный периоду вращения Земли относительно звёзд ([Звёздные сутки](#): 23 часа 56 минут 4,091 секунды).

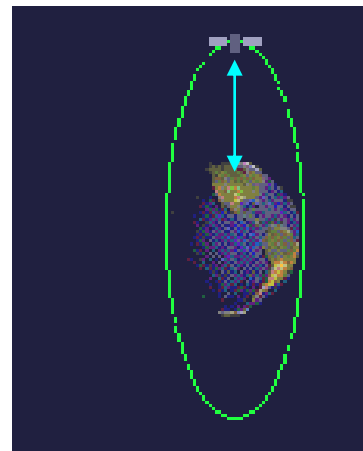
# Типы орбит ИСЗ

**GEO**

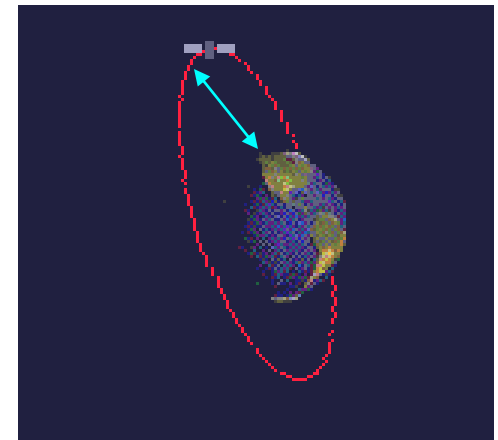


**геостационарная**

**LEO**



**150-2000  
км**

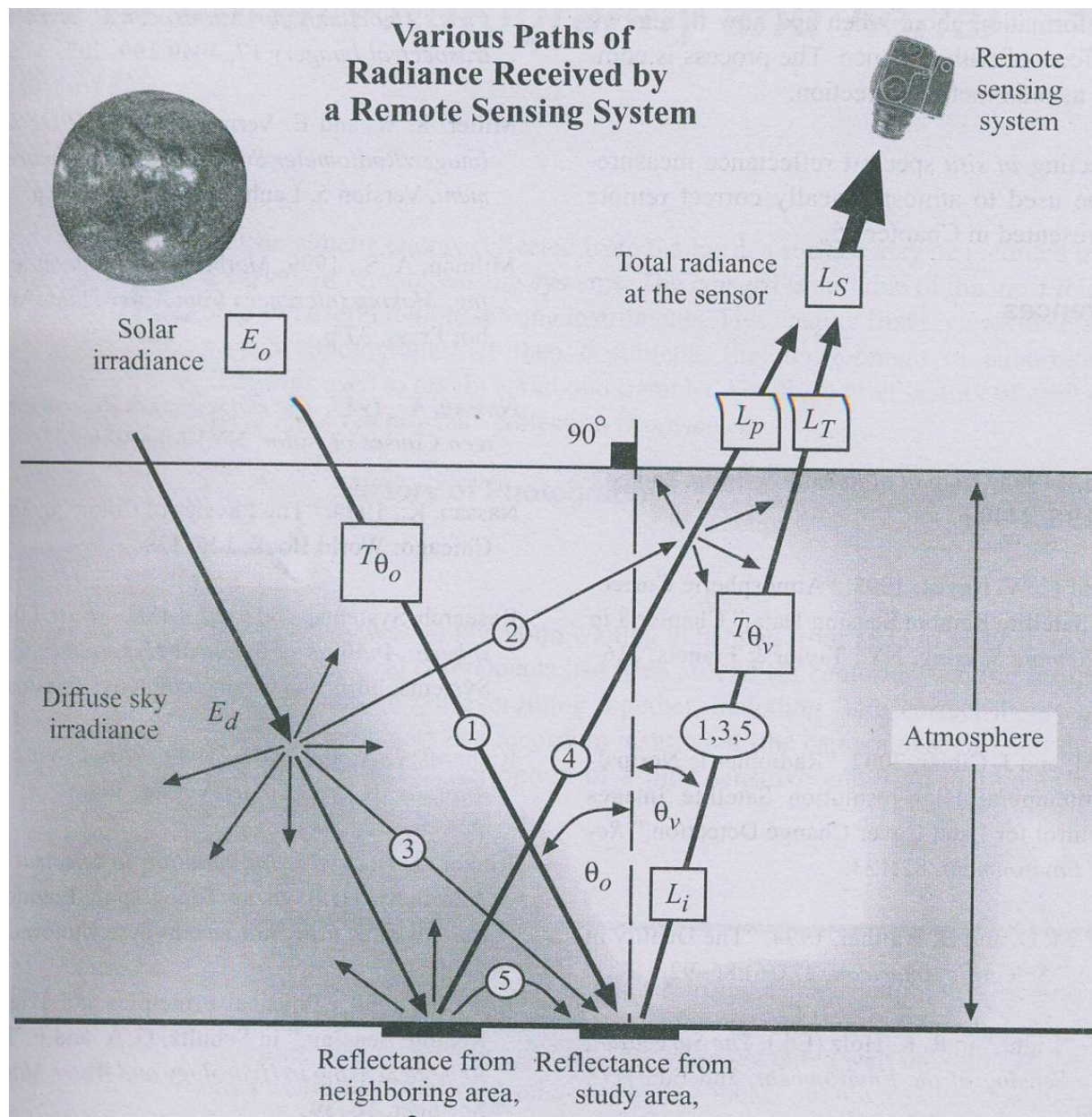


**полярно-орбитальные**

# Физические основы ДЗЗ

## Источники ЭМ волн:

- собственное излучение Земли
- излучение Солнца, отраженное от поверхности Земли
- искусственное излучение, отраженное от поверхности Земли





# Физические основы ДЗЗ

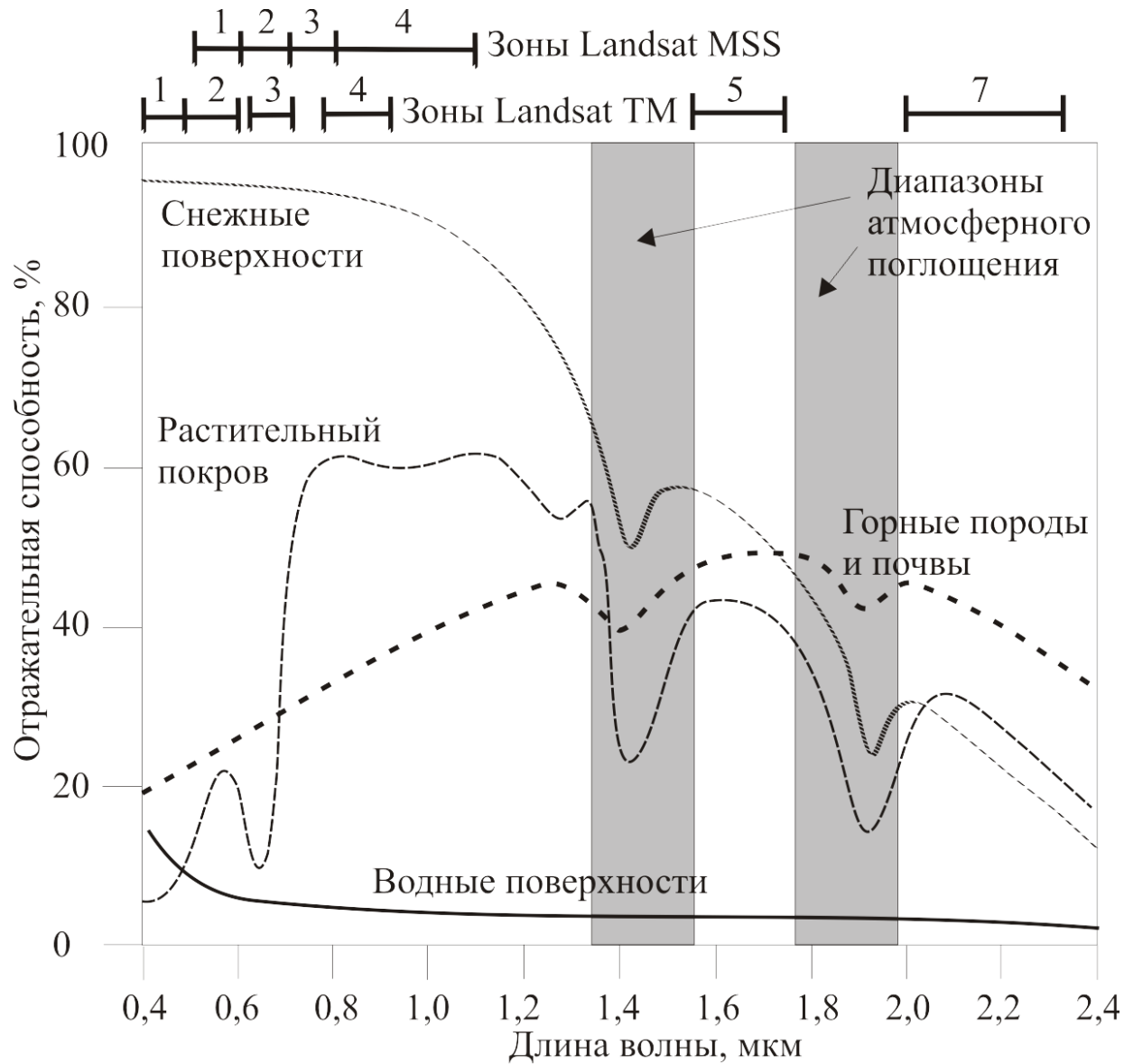
Отраженное от поверхности солнечное излучение регистрируется в диапазонах:

- ближнем ультрафиолетовом
  - видимом (0,38–0,72 мкм)
  - ближнем (0,72–1,3 мкм) ИК
  - среднем (1,3–3 мкм) ИК
  - дальнем (тепловом, 7,0–15,0 мкм) ИК.
- 
- ***Окна прозрачности атмосферы*** – спектральные области, где излучение проходит с относительно малым ослаблением и которые в основном расположены в видимом и ИК диапазонах:
    - 0,3–1,3 мкм;            - 3,0–3,6 мкм;
    - 1,5–1,8 мкм;            - 4,2–5,0 мкм;
    - 2,0–2,6 мкм;            - 7,0–15,0 мкм.

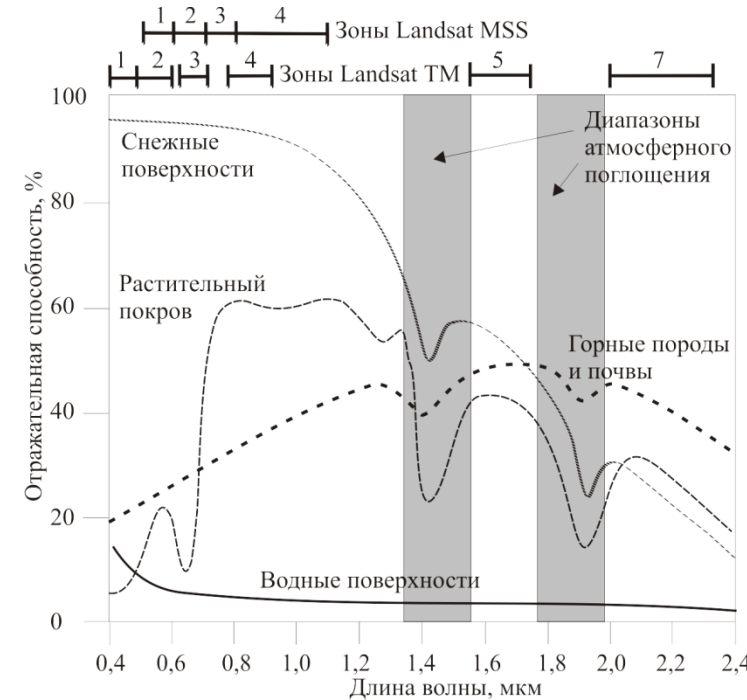
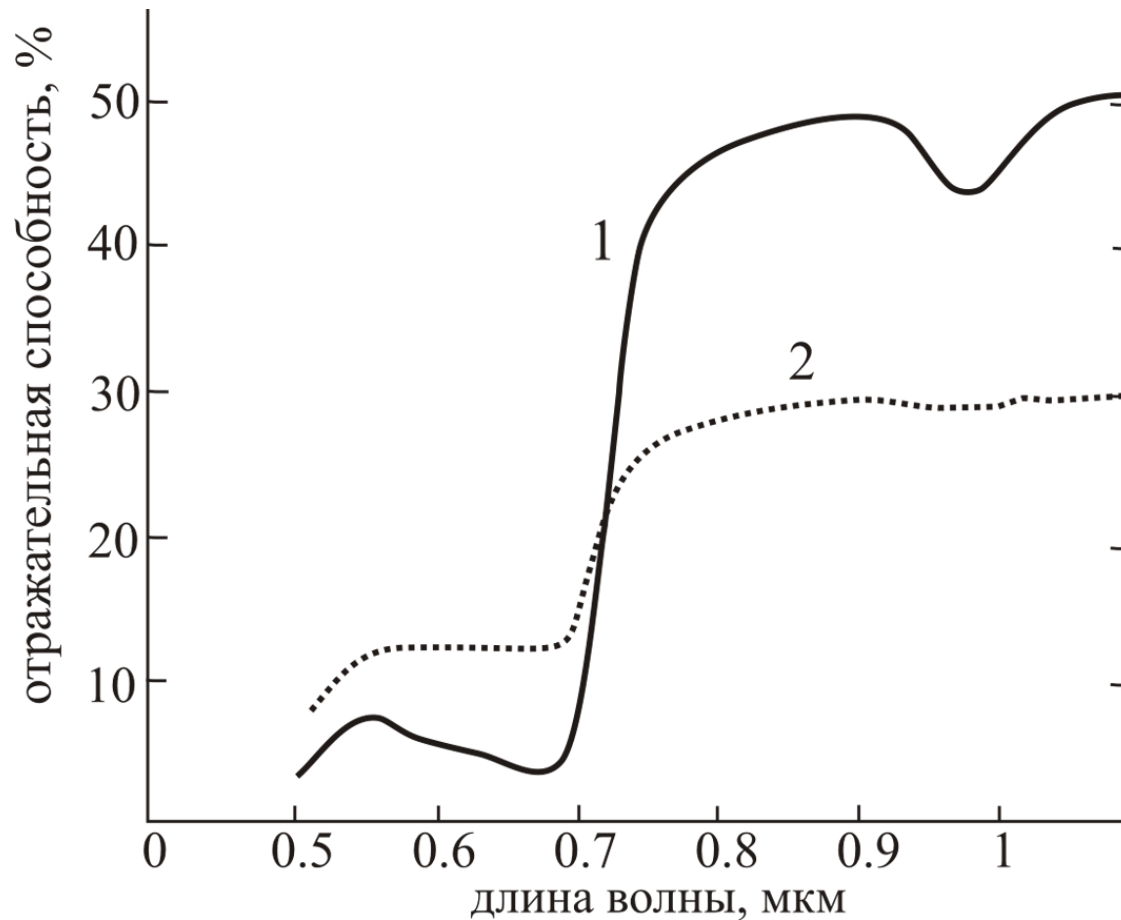
# Физические основы ДЗЗ

- Радиолокационные системы работают в **микроволновом радиодиапазоне** длин волн от 1 мм до 1 м, при этом наиболее употребительными являются:
  - *Ka* (0,8–1,1 см)-
  - *X* (2,4–3,8 см)-
  - *L* (15–30 см)-диапазоны.

# Особенности спектральных характеристик объектов

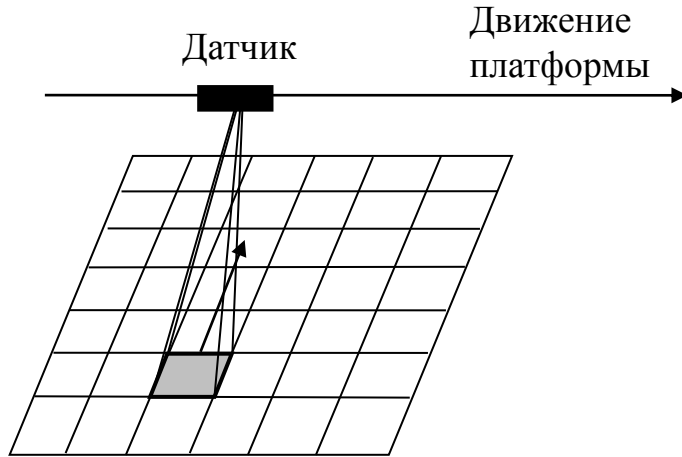


# Особенности спектральных характеристик объектов

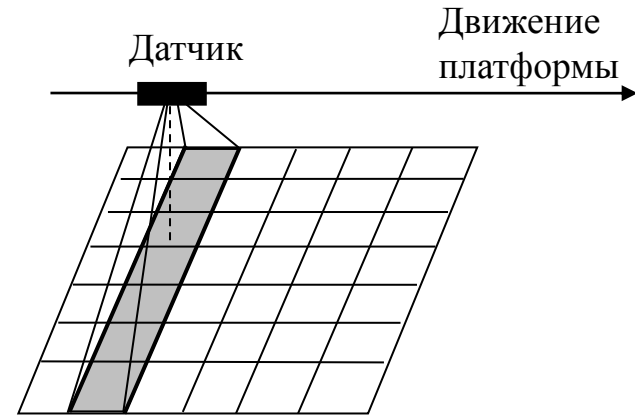


Спектральная отражательная способность здоровых (1)  
и поврежденных (2) листьев

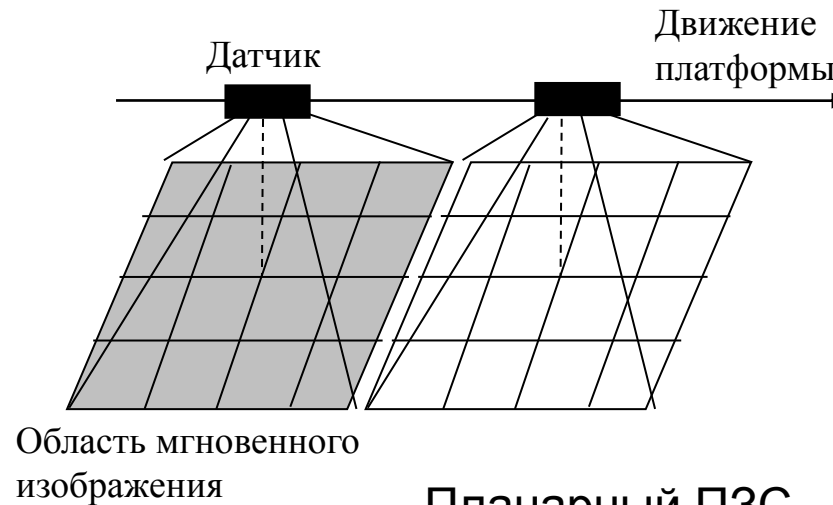
# Схемы формирования изображения



Одноэлементный датчик



Линейный датчик



Планарный ПЗС



# Характеристики КОСМИЧЕСКИХ СНИМКОВ

- Временное (temporal) разрешение
- Пространственное (spatial) разрешение
- Спектральное (spectral) разрешение
- Радиометрическое (radiometric) разрешение

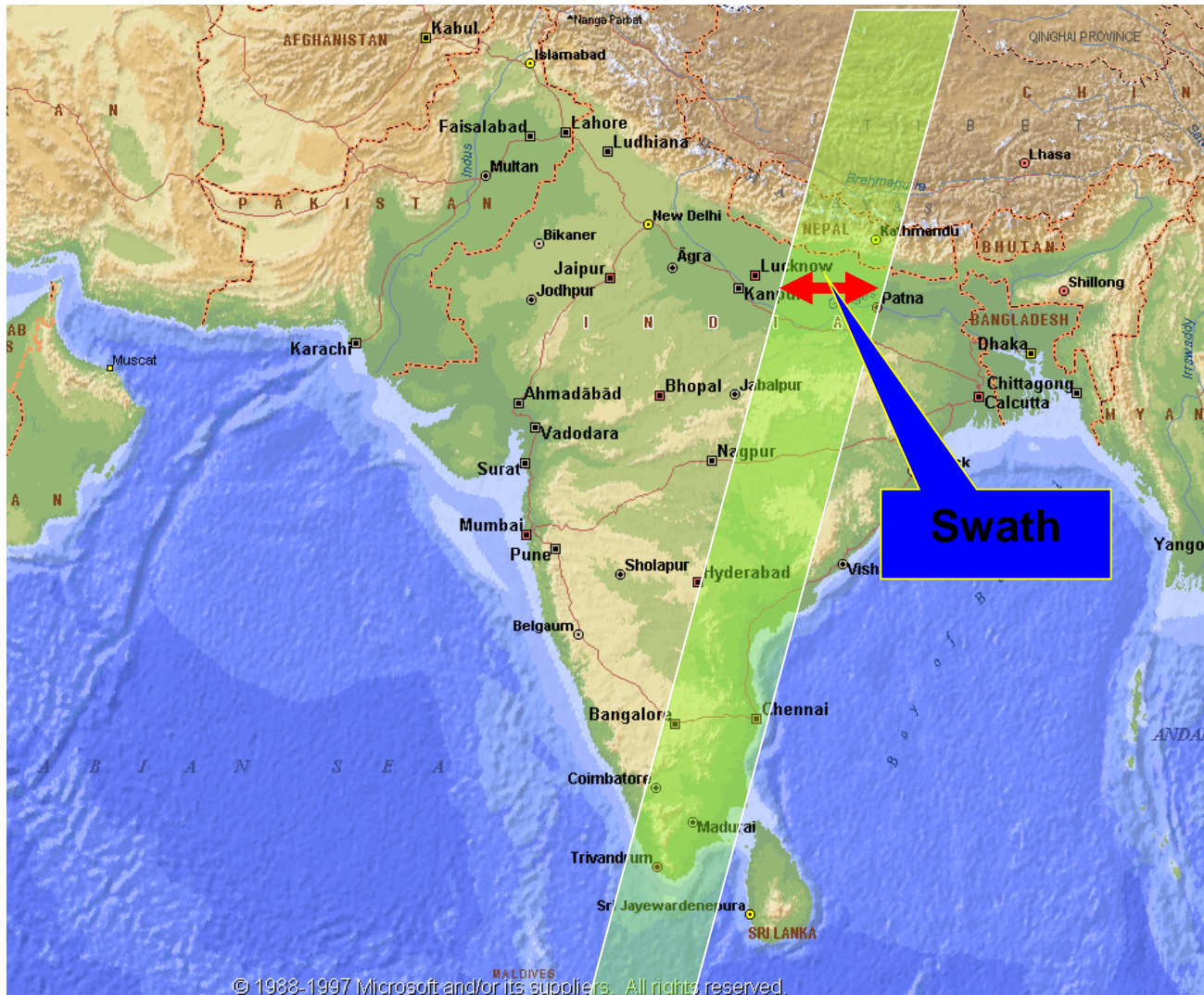
# Временное разрешение

**Временное разрешение** определяет, как часто датчик получает изображение определенной области на поверхности Земли.

**ВР** является важным при изучении и обнаружении изменений поверхности и зависит от высоты орбиты, ширины полосы обзора, количества спутников, одновременно находящихся на орбите. Landsat имеет ВР 16 дней, SPOT – 1 день, NOAA – несколько часов.

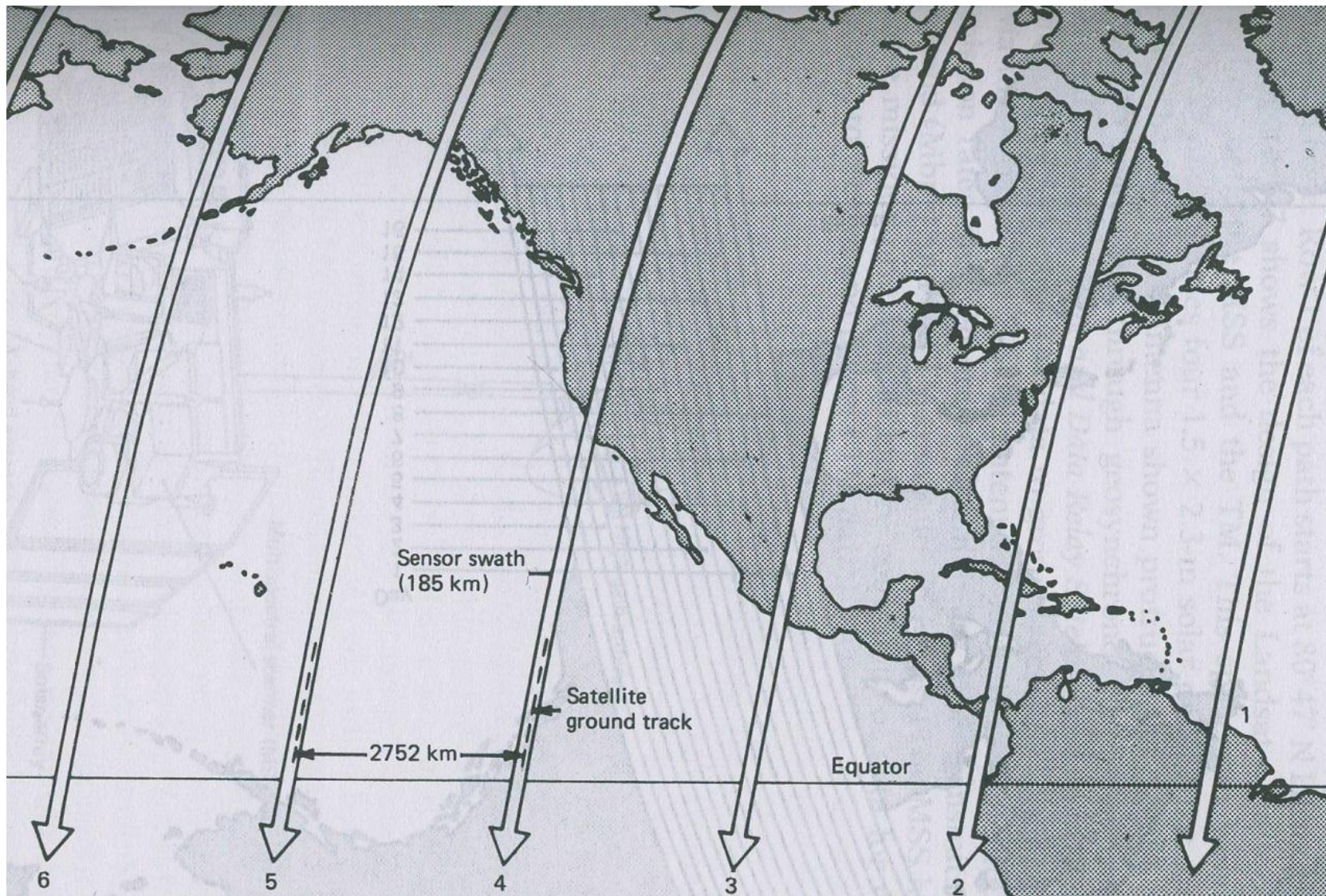
Некоторые космические системы оснащены специальными устройствами, позволяющими отклонять аппаратуру ДЗЗ от направления в надир и проводить боковую съемку под углом к трассе пролета.

# Ширина полосы обзора



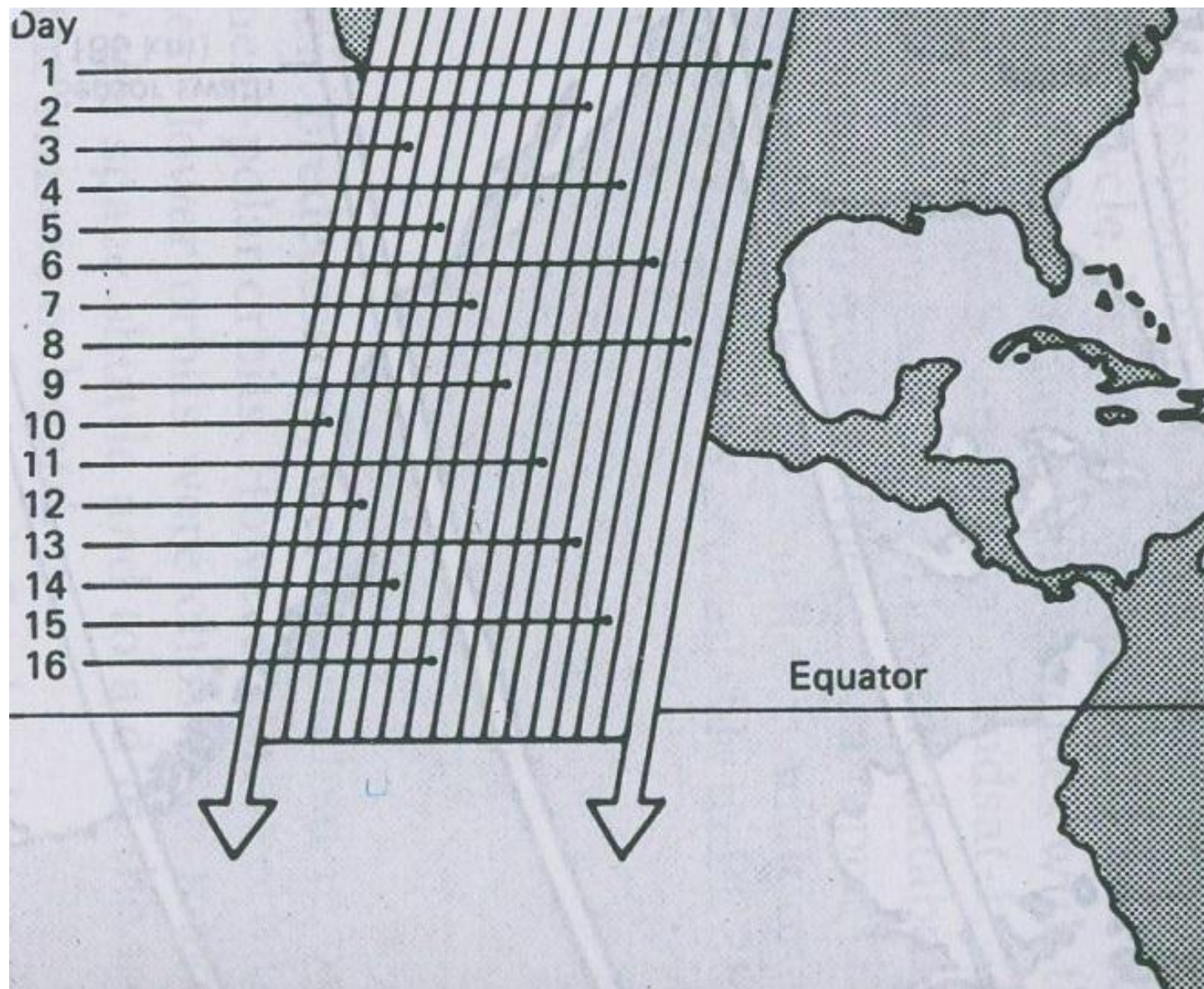


# Формирование покрытия поверхности Земли со спутника Landsat (4, 5, 7)





# Формирование покрытия поверхности Земли со спутника Landsat (4, 5, 7)





# Пространственное разрешение

**Пространственное разрешение** (ПР) представляет собой минимальную линейную величину изобразившегося объекта местности, зафиксированного пикселем.

$$R \sim \lambda H/D$$

где  $\lambda$  – длина волны принимаемого излучения;

$H$  – высота орбиты;

$D$  – диаметр объектива.

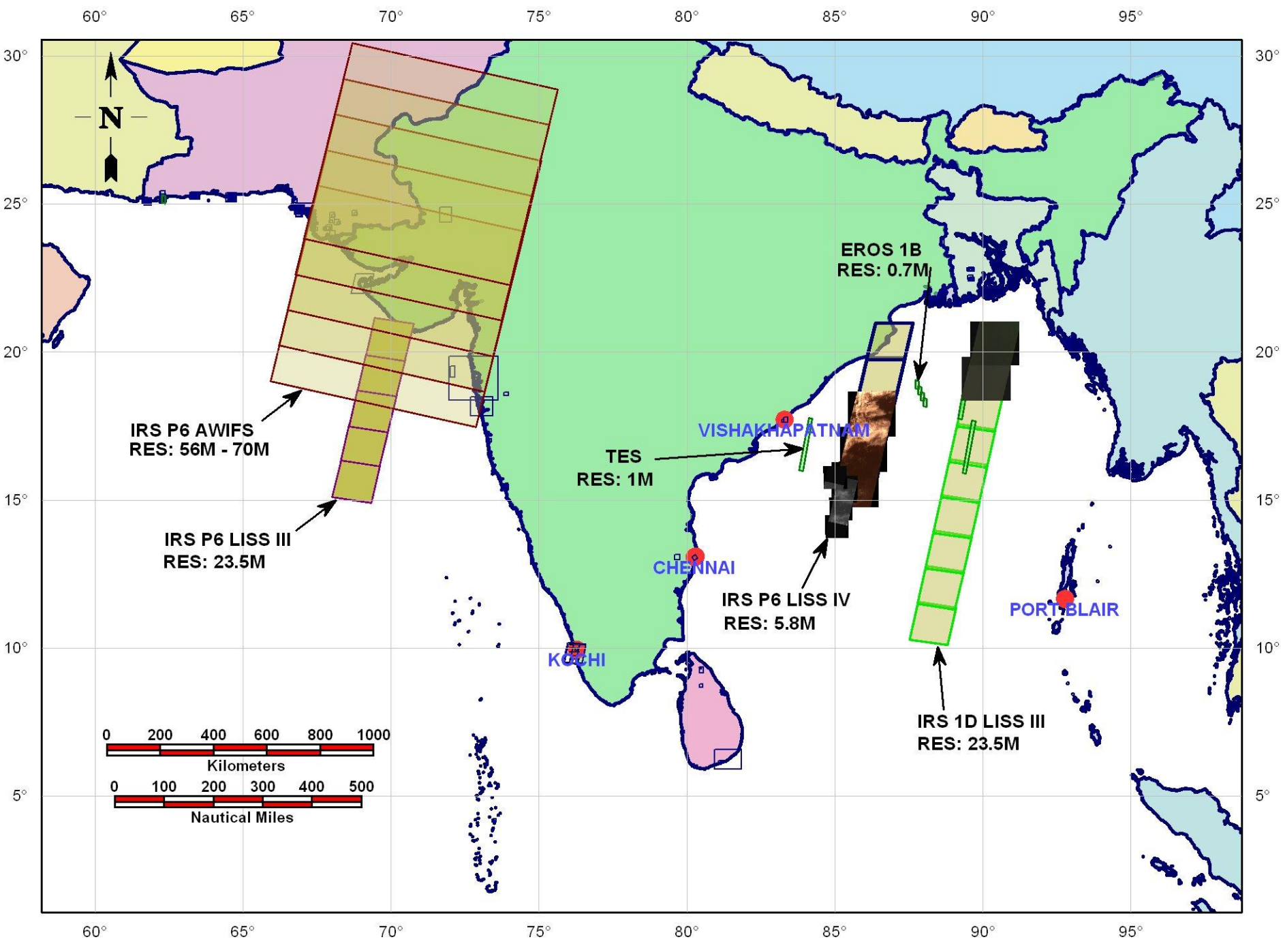
В случае радиолокационного наблюдения  $D$  – размер апертуры антенны.

ПР снимков, получаемых оптико-электронными сканерами, вычисляется по формуле:

$$R \sim wH/f$$

где  $w$  – линейный размер датчика;

$f$  – фокусное расстояние оптической системы .



# Пространственное разрешение

Различают системы (и космические снимки):

- низкого ( $R > 500$ );
- среднего ( $20 \leq R \leq 500$  м);
- высокого ( $< 20$  м);
- сверхвысокого ( $R \leq 2$  м) пространственного разрешения.

# Сравнение снимков с разным ПР

**1.0 м**



**2.5 м**



**5.0 м**



**10.0 м**



# Спектральное разрешение (СР)

**СР** соответствует количеству диапазонов ЭМ спектра и размеру зон съемки, регистрируемых съемочной аппаратурой.

Съемочная аппаратура и КС, получаемые с ее помощью, делятся на:

- монохроматические (однозональные, интегральные или панхроматические);
- мультиспектральные (от 2 до 10 регистрируемых диапазонов);
- гиперспектральные (может быть более 100 зон).



# Спектральное разрешение (СР)

При тематических исследованиях следует выбирать тот диапазон, который наиболее обособляет изучаемый объект

**Синтезирование.** Обычно используют три стандартных комбинации зон:

- красная, зеленая и синяя зоны создают композицию **истинного цвета**, объекты выглядят так, как они должны были бы восприниматься невооруженным глазом.
- ближняя ИК, красная и зеленая зоны создают композицию **ложного цвета**;
- средняя ИК, ближняя ИК и зеленая зоны создают композицию **псевдоцвета**, позволяющую подчеркнуть цветом различия объектов, что удобно для визуального дешифрирования снимков.

# Радиометрическое разрешение

**Радиометрическое разрешение** (РР) цифровых КС определяется шириной динамического диапазона используемого датчика (количеством уровней дискретизации, соответствующих переходу от яркости абсолютно черного к абсолютно белому цвету-).

РР указывается числом бит. РР 8 бит соответствует 256 уровням градации яркости.

Для обнаружения элементарного объекта должно выполняться условие:

$$I_{об} S / R^2 > \Delta I$$

где  $I_{об}$  – яркость объекта;

$S$  – его площадь;

$R$  – пространственное разрешение;

$\Delta I$  – радиометрическое разрешение.

# Свободно распространяемые данные ДЗЗ

Landsat – серия спутников

Terra (камера Aster)

Terra (камера MODIS)

Aqua (камера MODIS)

Sentinel-2

# СПУТНИКИ

Подробное описание спутников и их характеристик можно найти на сайте

<http://sovzond.com/products/spatial-data/satellites/>