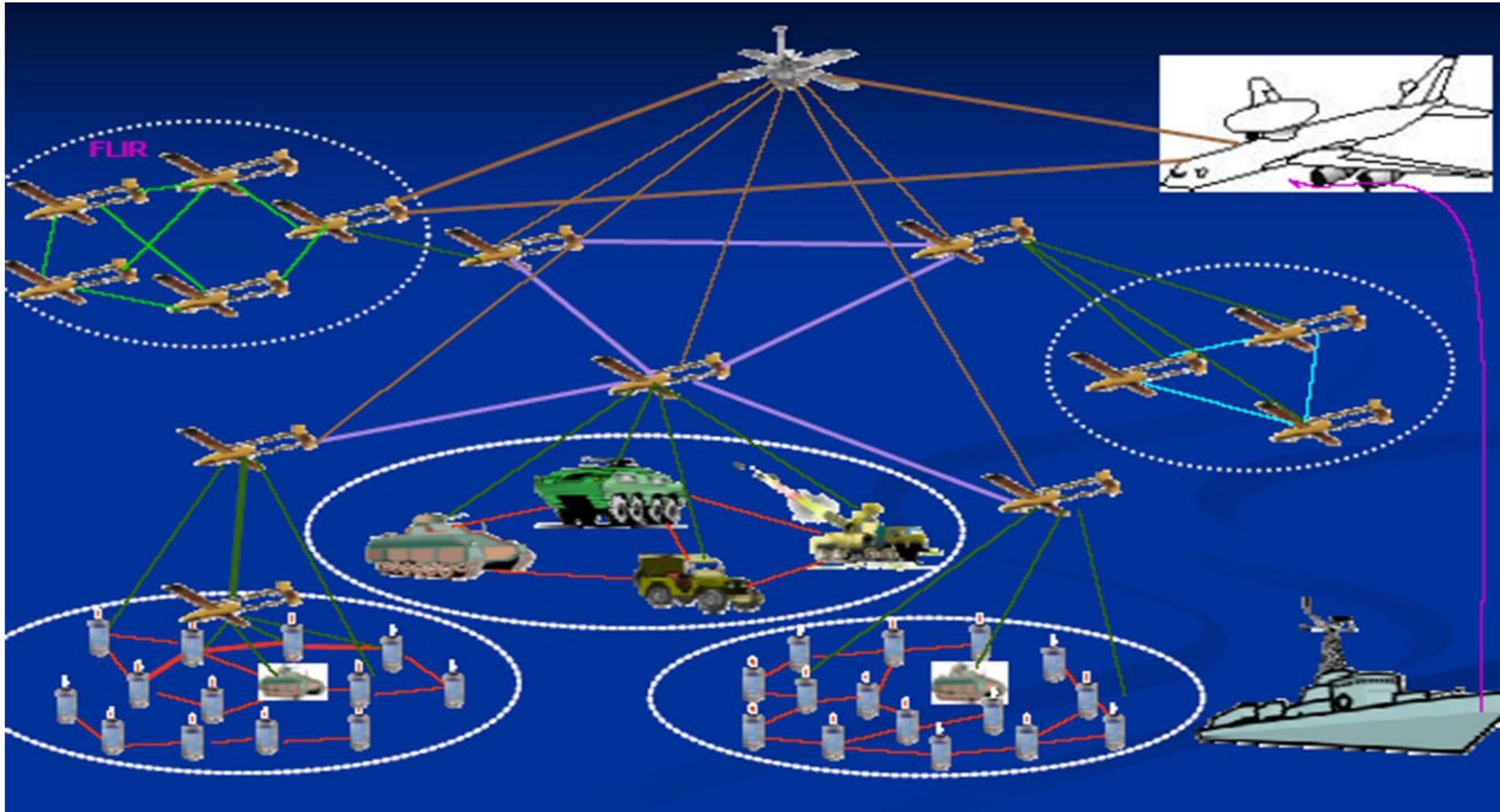
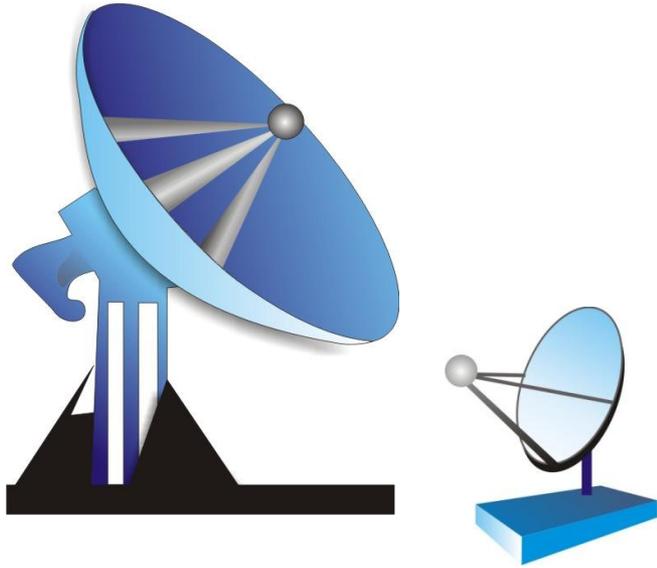


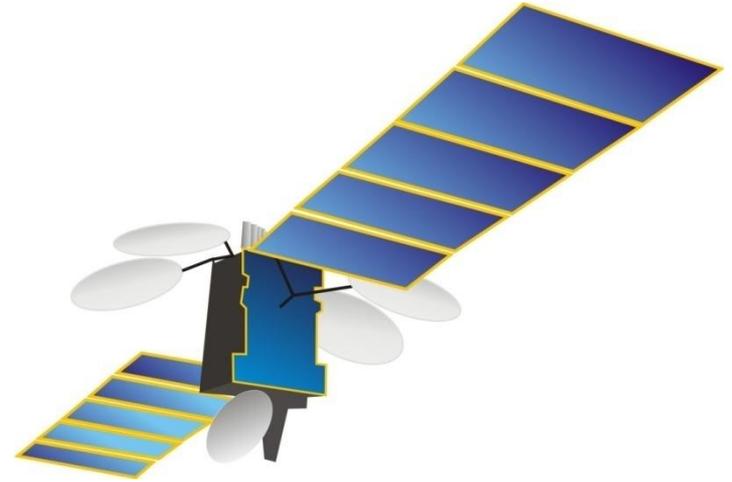
# Беспроводные сети



# Спутниковая связь



**Наземные системы-***Системы антенн, расположенных на Земле или близ Земли, называют наземными станциями.*

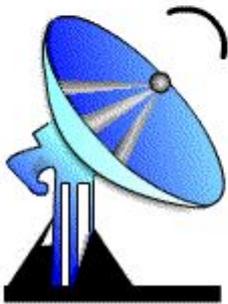
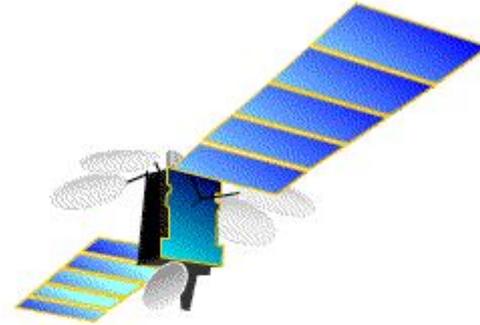


С помощью одного или нескольких таких спутников, используемых как космические ретрансляторы, осуществляется связь между двумя или несколькими станциями, принадлежащими одной системе спутниковой связи и расположенными на Земле или близ Земли

# 1. Параметры спутника

---

Uplink



Downlink

# 1.2. Классификация спутников по признакам

---

- зона обслуживания
- тип услуг
- характер использования

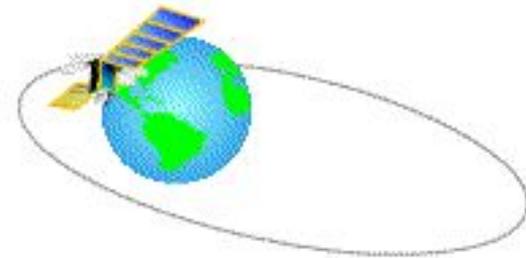
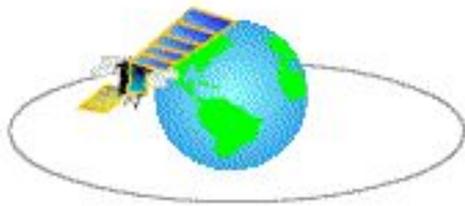
# 1.3. Особенности спутниковых системам над наземными системами

---

- ✓ Зона обслуживания спутниковой системы намного превышает зону обслуживания наземной системы
- ✓ Мощность и выделенная ширина полосы космического аппарата, весьма ограничены.
- ✓ Легко внедряются широковещательные, многоадресные и двухточечные приложения.
- ✓ Доступен очень широкий диапазон частот или высокая скорость передачи данных.
- ✓ Если передатчик и приемник находятся в зоне обслуживания одного спутника, то затраты на передачу данных не зависят от расстояния между ними.
- ✓ Для спутников, находящихся на геостационарной орбите, задержка распространения сигнала с земли на спутник и обратно равна примерно одной четвертой секунды.

# 1.4. Спутниковые орбиты

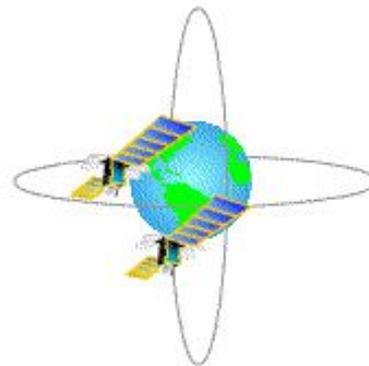
□ Круговая или эллиптическая



□ По высоте над уровнем моря

- 1) геостационарные (GEO)
- 2) средние (MEO)
- 3) низкие (LEO)

□ Разные плоскости

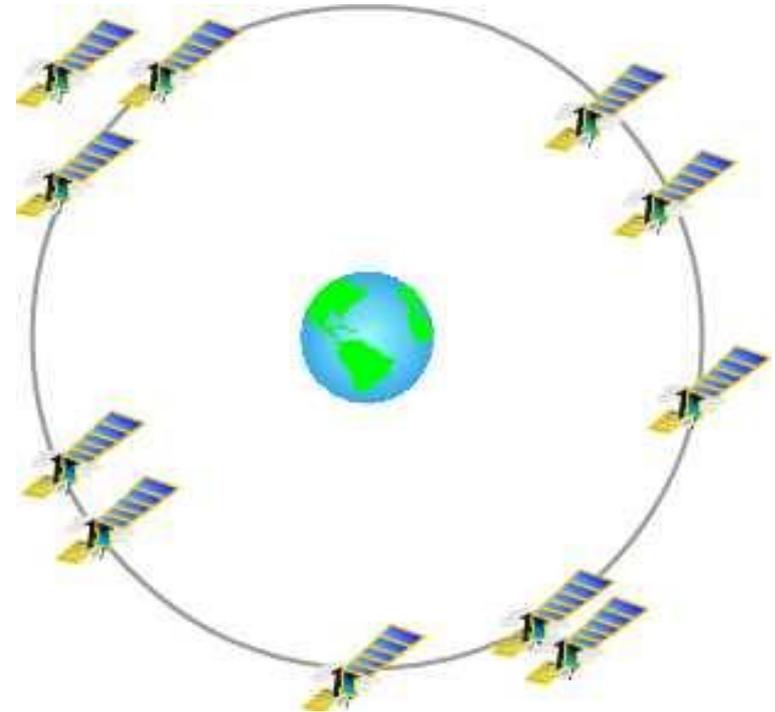


# 1.4.1. Геостационарные спутники

В настоящее время самыми распространенными среди спутников связи являются геостационарные (GEO).

## **Идея заключается в следующем:**

если спутник находится на круговой орбите на высоте 35 863 км над поверхностью Земли и движется в плоскости земного экватора, то угловая частота вращения такого спутника будет совпадать с угловой частотой вращения Земли и спутник все время будет находиться над одной и той же точкой на экваторе.



# 1.4.1. Геостационарные спутники

## Преимущества геостационарных орбит:

- Так как спутник не движется относительно Земли, то не возникает проблем с изменением частоты сигнала.
- Упрощается процедура отслеживания спутника с наземных станций.
- Спутник, находящийся на высоте 35 863 км над Землей, может связаться примерно с четвертой частью земной поверхности.

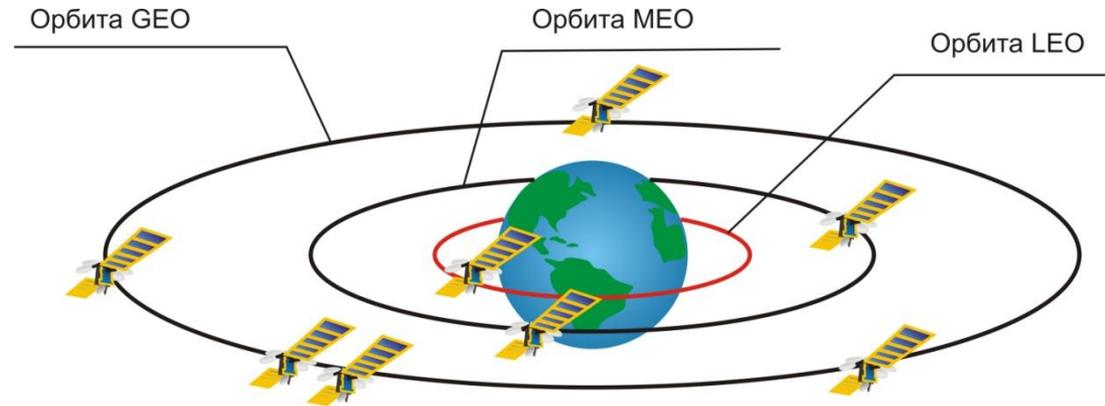
## Недостатки геостационарных орбит:

- После прохождения расстояния свыше 35 000 км сигнал может стать довольно слабым.
- Полярные области и приполярные участки северного и южного полушарий практически недоступны для геостационарных спутников.
- Несмотря на то что скорость света равна 300 000 км/с, задержка прохождения сигнала из точки на экваторе, расположенной под спутником, на спутник и обратно довольно существенна.

## 1.4.2. Спутник LEO

### Характеристики:

- Круговые или эллиптические орбиты на высоте до 2000 км.
- Период орбиты равен 1,5-2 ч.
- Диаметр зоны обслуживания равен примерно 8000 км.
- Задержка кругового распространения сигнала составляет не более 20 мс.
- Оборудование системы связи должно быть способно учитывать большие доплеровские сдвиги, которым подвергается частота сигнала.
- Орбита спутника постепенно деформируется. Для такой системы, нужно довольно много орбитальных плоскостей; кроме того, на каждой орбите должны находиться по несколько спутников.



## 1.4.2. Спутник LEO

### Преимущества

- сокращения задержки распространения сигнала
- принимаемый сигнал, отправленный со спутника LEO, гораздо сильнее сигнала со спутника GEO при той же энергии передачи.
- Зону обслуживания спутника LEO можно локализовать с гораздо большей степенью точности.

### Недостатки

- Чтобы 24 часа обеспечивать широкую зону обслуживания, нужно много спутников LEO.

## 1.4.2. Спутник LEO

### Категории:

□ **Малые кластеры LEO.** Такие кластеры, предназначенные для работы при частоте связи ниже 1 ГГц, обеспечивают скорость передачи данных до 10 Кбит/с.

**Предназначение:**

Эти системы предназначены для поиска, слежения и низкоскоростного обмена сообщениями. Примером такой спутниковой системы является система Orbcomm.

□ **Большие кластеры LEO.** Такие системы работают на частотах более 1 ГГц и поддерживают скорость передачи данных до нескольких мегабайтов в секунду.

**Предназначение:**

Эти системы стремятся предоставлять те же услуги, что и малые кластеры LEO, а также дополнительные услуги по передаче голоса и по определению местоположения. Примером большой системы LEO является система Globalstar. В системе используется технология CDMA, подобная стандарту CDMA сотовой связи. Эти спутники находятся на высоте 1413 км.

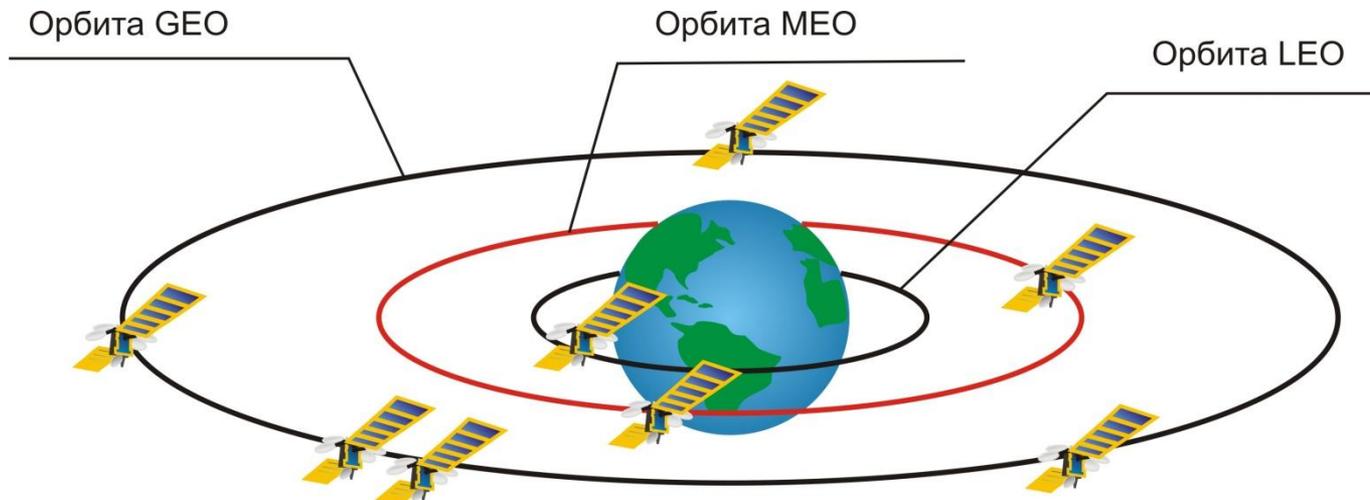
# 1.4.3. Спутник МЕО

## Характеристики:

- Круговая орбита, расположенная на высоте 5000-12 000 км.
- Период орбиты около 6 ч.
- Диаметр зоны обслуживания колеблется от 10 000 до 15 000 км.

- Задержка кругового распространения сигнала составляет менее 50 мс.

- Максимальное время, в течение которого спутник виден из фиксированной точки на земной поверхности, составляет несколько часов.



## 1.4.3. Спутник МЕО

---

### **Преимущества:**

В системах МЕО не требуется так много переключений между спутниками, как в системах LEO.

Значения задержки распространения сигнала со спутника МЕО на Землю и его требуемая мощность, выше, чем у спутников LEO, однако существенно меньше, чем у геостационарных спутников.

---

### **Предназначение:**

Системы МЕО предлагается использовать для предоставления таких услуг, как цифровая передача речи, данных, факсимильных сообщений, широковещательных уведомлений, и для обмена сообщениями.

## 1.5. Полосы частот

Полоса	Диапазон частот, ГГц	Суммарная ширина полосы, ГГц	Распространенные приложения
L	1-2	1	Мобильная спутниковая связь (MSS)
S	2-4	2	Службы MSS, NASA, исследование дальнего космоса
C	4-8	4	Спутники стационарной службы связи (FSS)
X	8-12,5	4,5	Военные службы FSS, исследования Земли и метеорологические спутники
Ku	12,5-18	5,5	Службы FSS, радиовещательные спутниковые службы (BSS)
K	18-26,5	8,5	Службы FSS и BSS
Ka	26,5-40	13,5	Службы FSS

Чем выше частота полосы, тем больше ее доступная ширина. Впрочем, полосы более высокой частоты сильнее подвержены искажениям передачи

## 1.6. Факторы ухудшение качества связи

---

- расстояния между антенной наземной станции и антенной спутника;
- в нисходящем канале — от расстояния между антенной наземной станции и "точкой прицела" спутника;
- атмосферного поглощения.

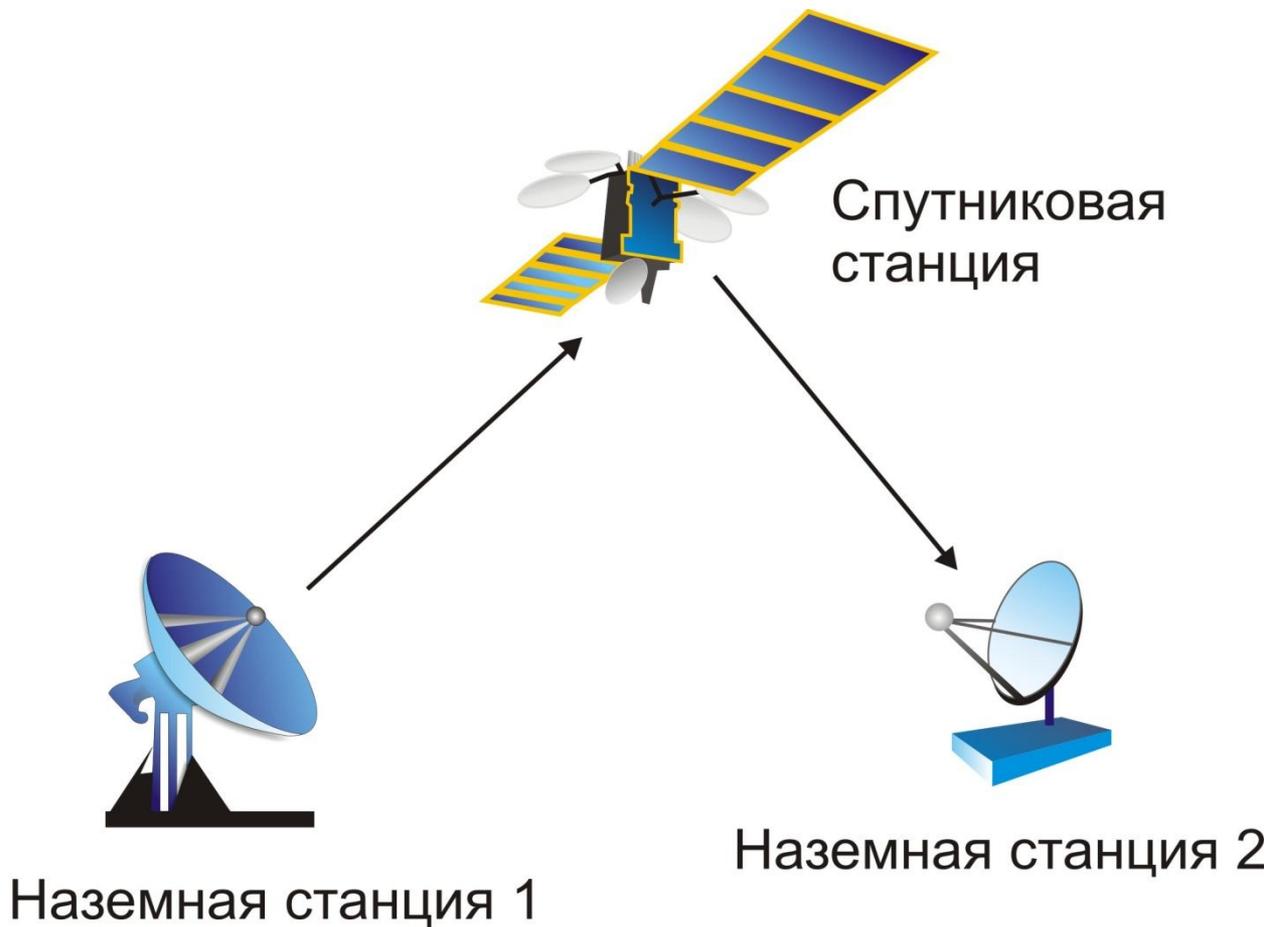
## 2. Конфигурации спутниковой сети

---

### Каналы связей:

- Двухточечный
- Широковещательный
- Система VSAT (Very Small Aperture Terminal — терминал со сверхмалой апертурой луча)

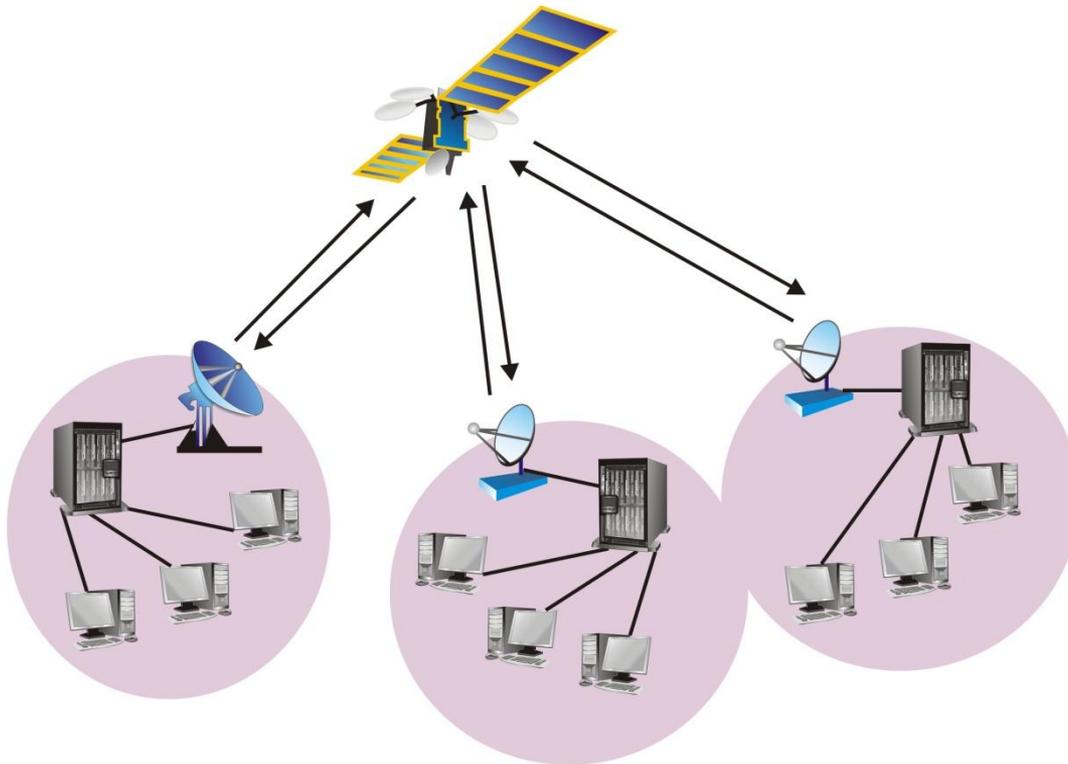
## 2. 1. Двухточечный канал связи



## 2. 2. Широковещательный канал связи



## 2. 3. Система VSAT



Существует также разновидность широковещательной связи, в которой осуществляется двухсторонняя связь между комплексом наземных станций, состоящим из одного центрального концентратора и множества удаленных абонентских Станций.

Такой тип конфигурации, используется в системах VSAT (Very Small Aperture Terminal — терминал со сверхмалой апертурой луча).

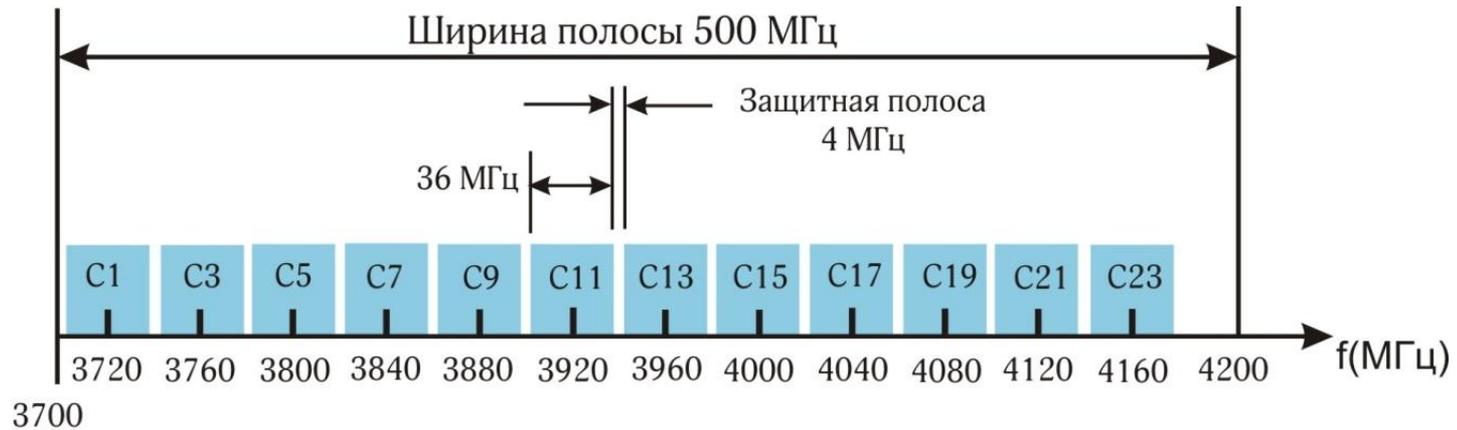
# 3. Распределение пропускной способности – частное разделение

---

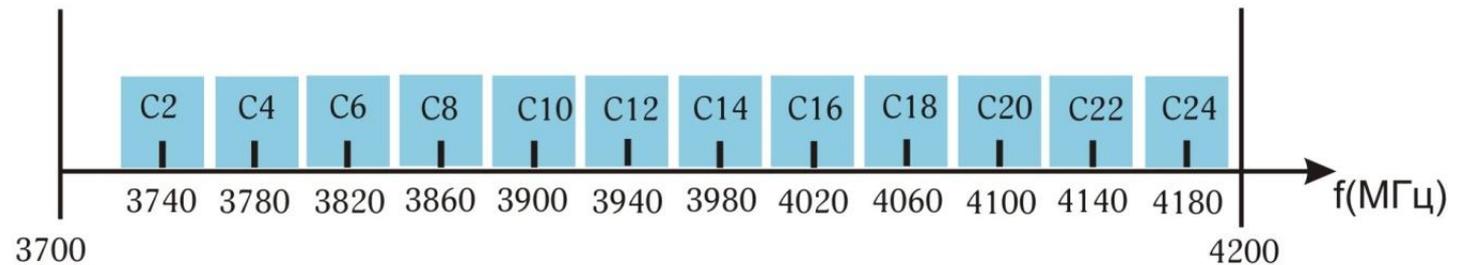
## Категории распределения:

- Множественный доступ с частотным разделением (FDMA)
- Множественный доступ с временным разделением (TDMA)
- Множественный доступ с кодовым разделением (CDMA)

# 3. 1. Уплотнение с частотным разделением (FDM)



а) Горизонтальная поляризация



б) Вертикальная поляризация

типичный план распределения частот для нисходящих каналов связи

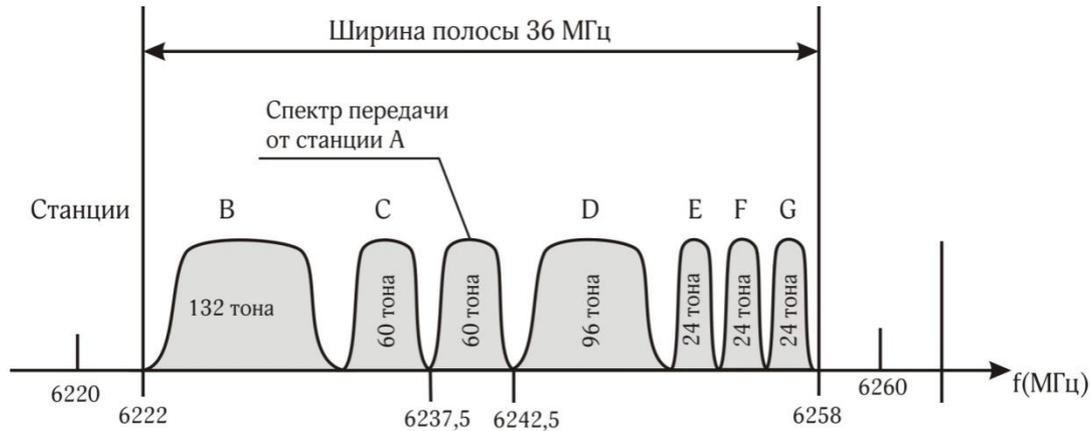
## 3. 2. Множественный доступ (FDMA)

---

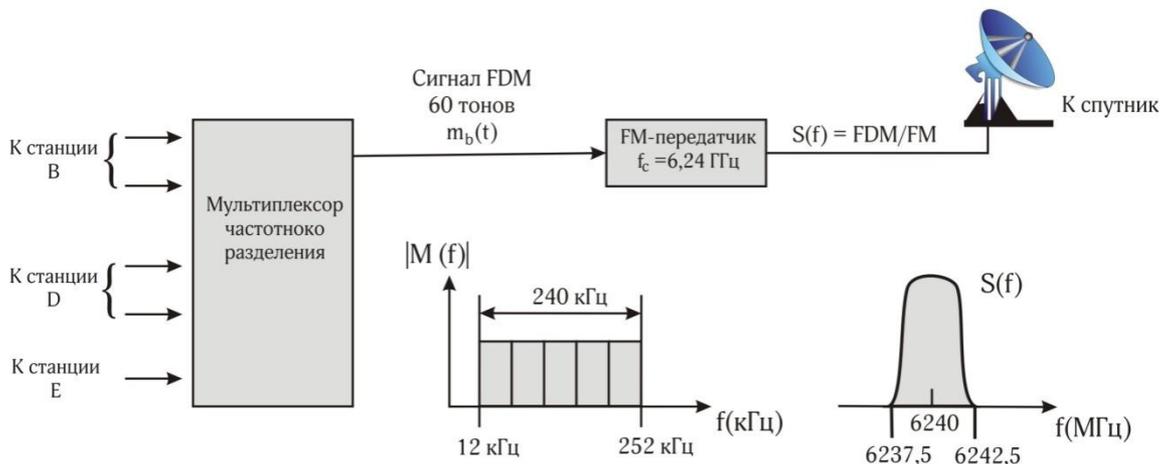
### **Две формы FDMA:**

- Множественный доступ с фиксированным распределением.(FAMA)
- Множественный доступ с распределением по запросу.(DAMA)

# 3. 2.1. FAMA-FDMA



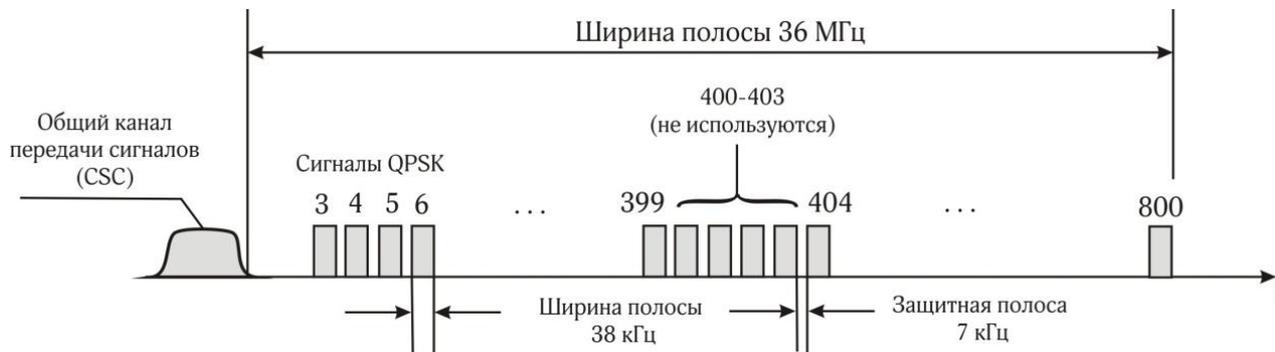
а) Распределение частот в восходящем канале транспондера



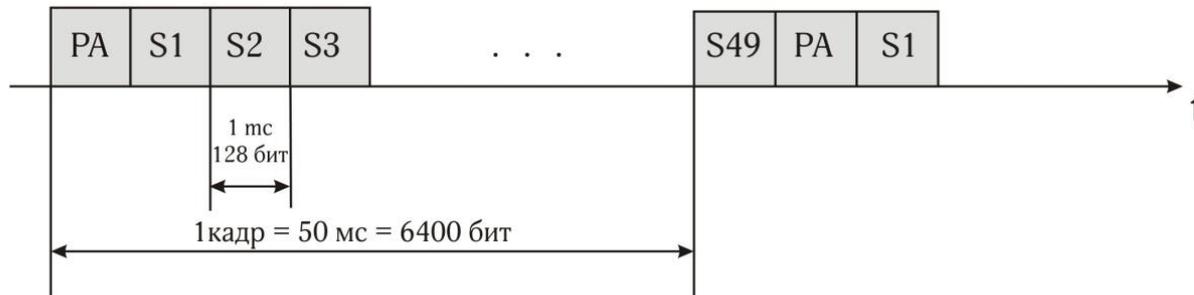
б) Передающее оборудование наземной станции А

- ❖ Термин **FAMA** отражает тот факт, что между станциями наперед заданы логические связи.
- ❖ **FDMA** - множество станций имеют доступ к спутниковой связи, используя при этом разные полосы частот.
- ❖ Спутник не выполняет функции коммутатора, на нем происходит только прием сигналов в пределах этого спектра, их преобразование в полосу и повторная передача.

## 3. 2.2. DAMA-FDMA



а) Распределение частот



б) Формат кадра TDMA CSC

❖ В канале выделяется набор подканалов, рассматриваемых в качестве резерва связи. Если требуется установить полнодуплексную связь между двумя наземными станциями, из резерва выделяется пара подканалов.

❖ Выделение каналов по требованию осуществляется наземной станцией с помощью канала CSC.

❖ CSC – общий канал передачи сигналов шириной 160 кГц, по которому передается сигнал PSK со скоростью 128 Кбит/с. Этот канал используется для передачи повторяющихся кадров TDM.

## 4. Распределение пропускной способности – временное разделение

---

### Преимущества:

- Непрерывное падение стоимости цифровых составляющих
- Преимущества цифровых методов обработки, включая возможность исправления ошибки.
- Повышенная эффективность схем TDM, которая обусловлена отсутствием комбинационных помех

# 4. Распределение пропускной способности – временное разделение

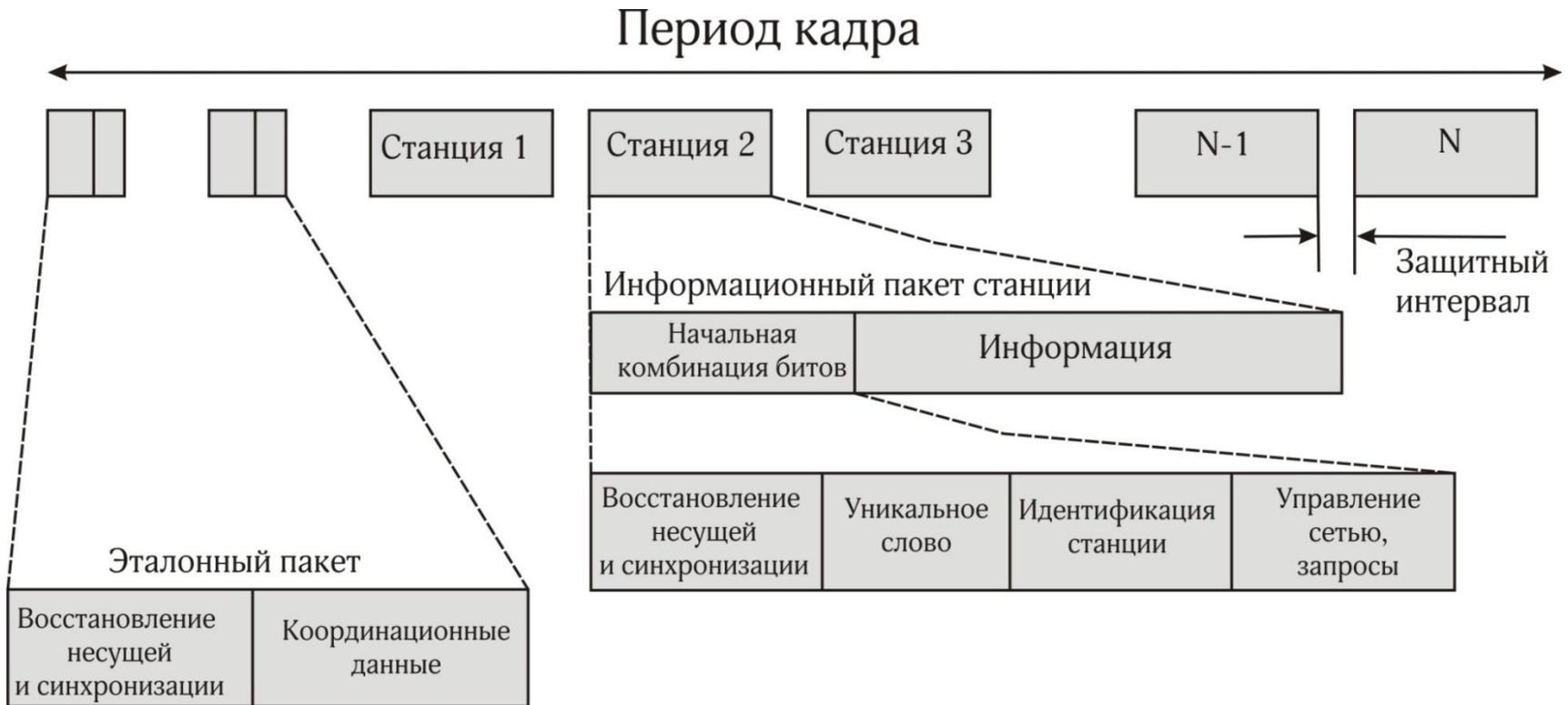
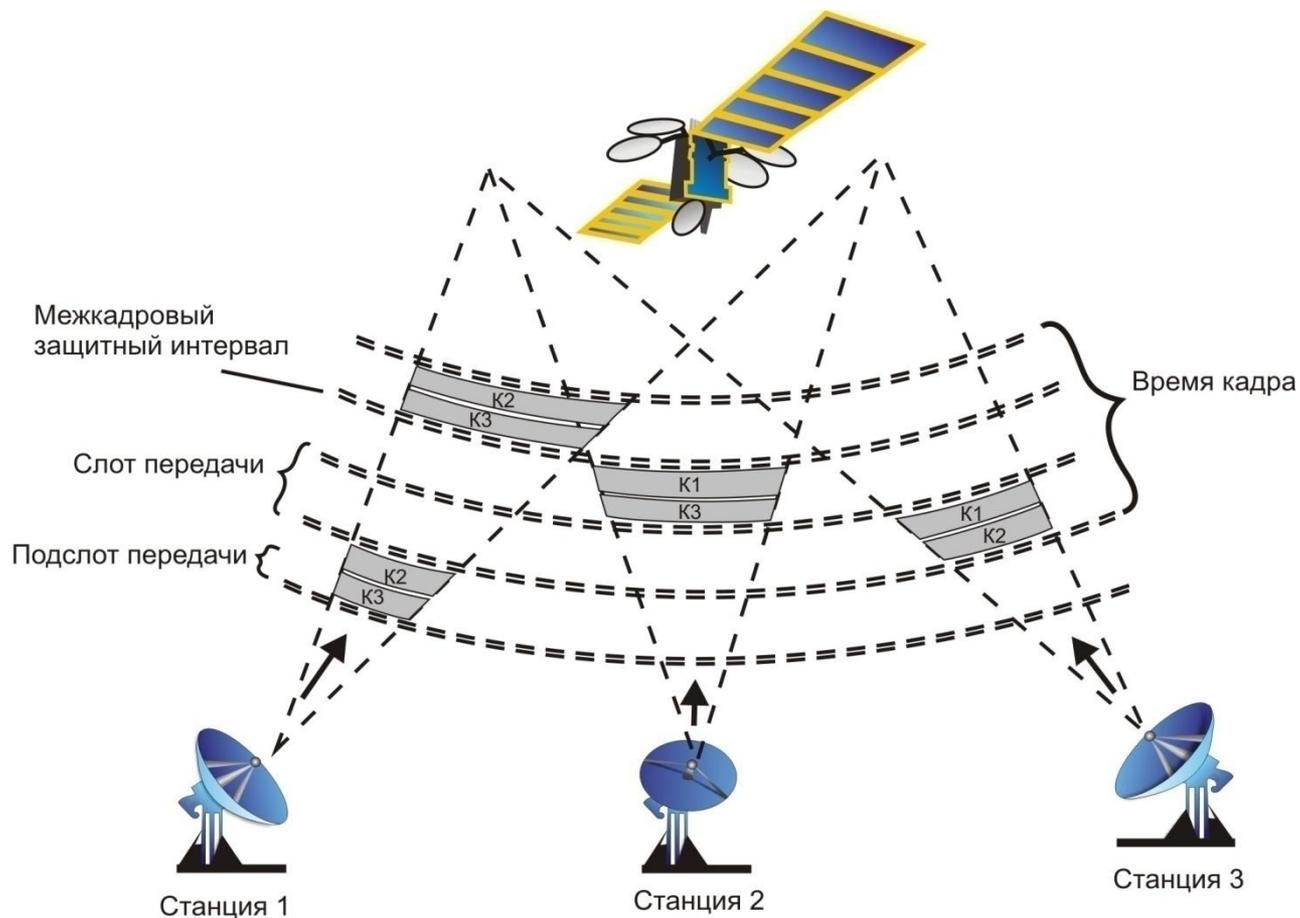


Рис. Пример формата кадра TDMA

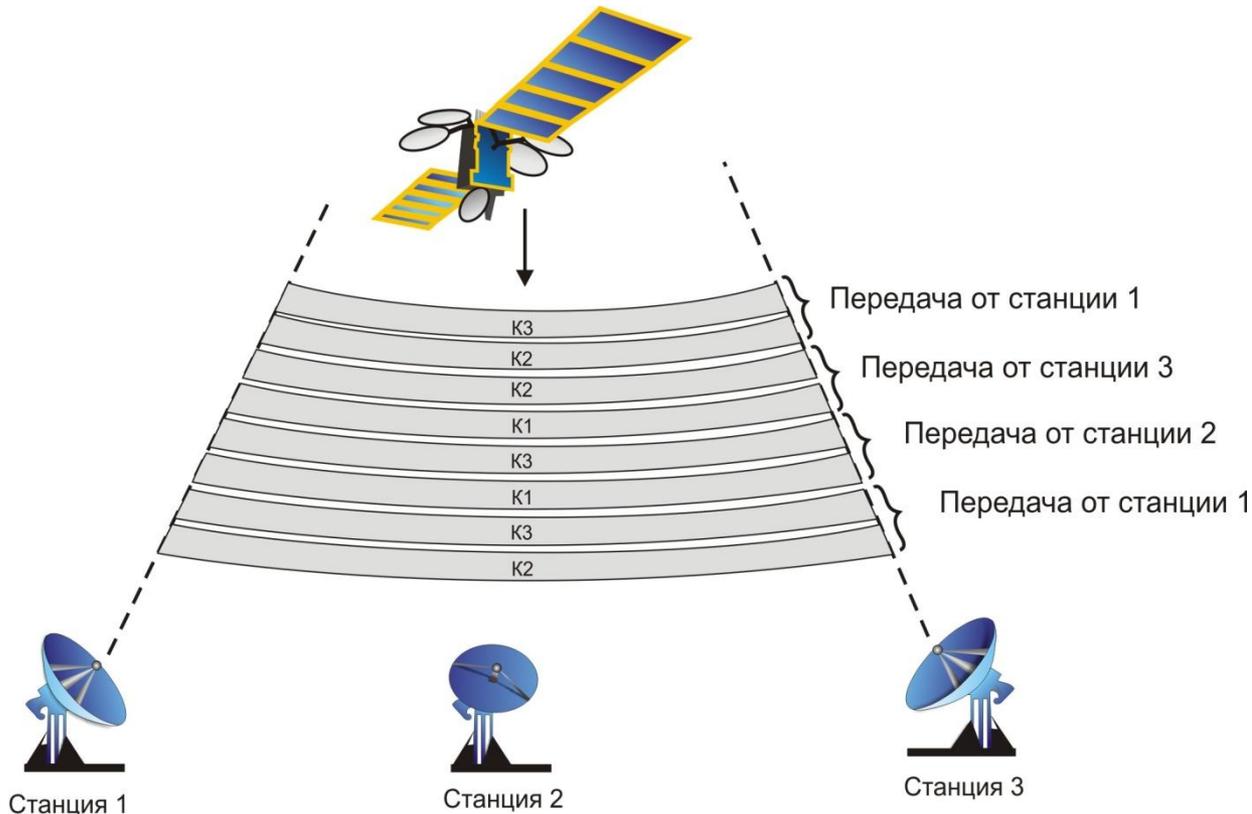
# 4. Распределение пропускной способности – временное разделение. FDMA-TDMA



- ❖ Отдельные наземные станции по очереди используют восходящий канал связи и могут помещать пакеты данных в выделенные для них временные интервалы. Спутник ретранслирует входящие данные всем станциям.

а) Восходящий канал связи

# 4. Распределение пропускной способности – временное разделение. FDMA-TDMA

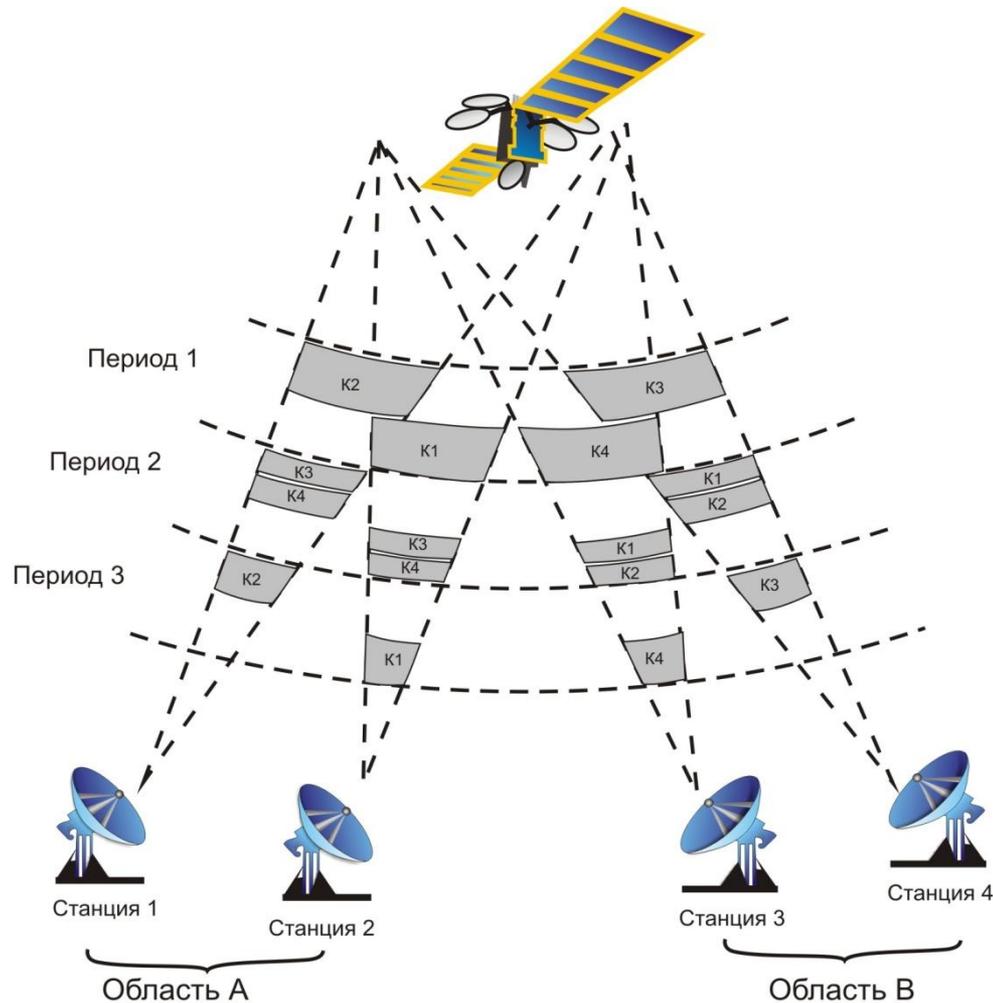


б) Нисходящий канал связи

❖ Каждый из повторяющихся временных интервалов является каналом и не зависит от других каналов. Поэтому его можно использовать любым способом.

❖ Схема TDMA эффективней традиционной схемы FDMA, так как на защитные интервалы TDMA расходуется меньшая пропускная способность, чем на защитные полосы FDMA.

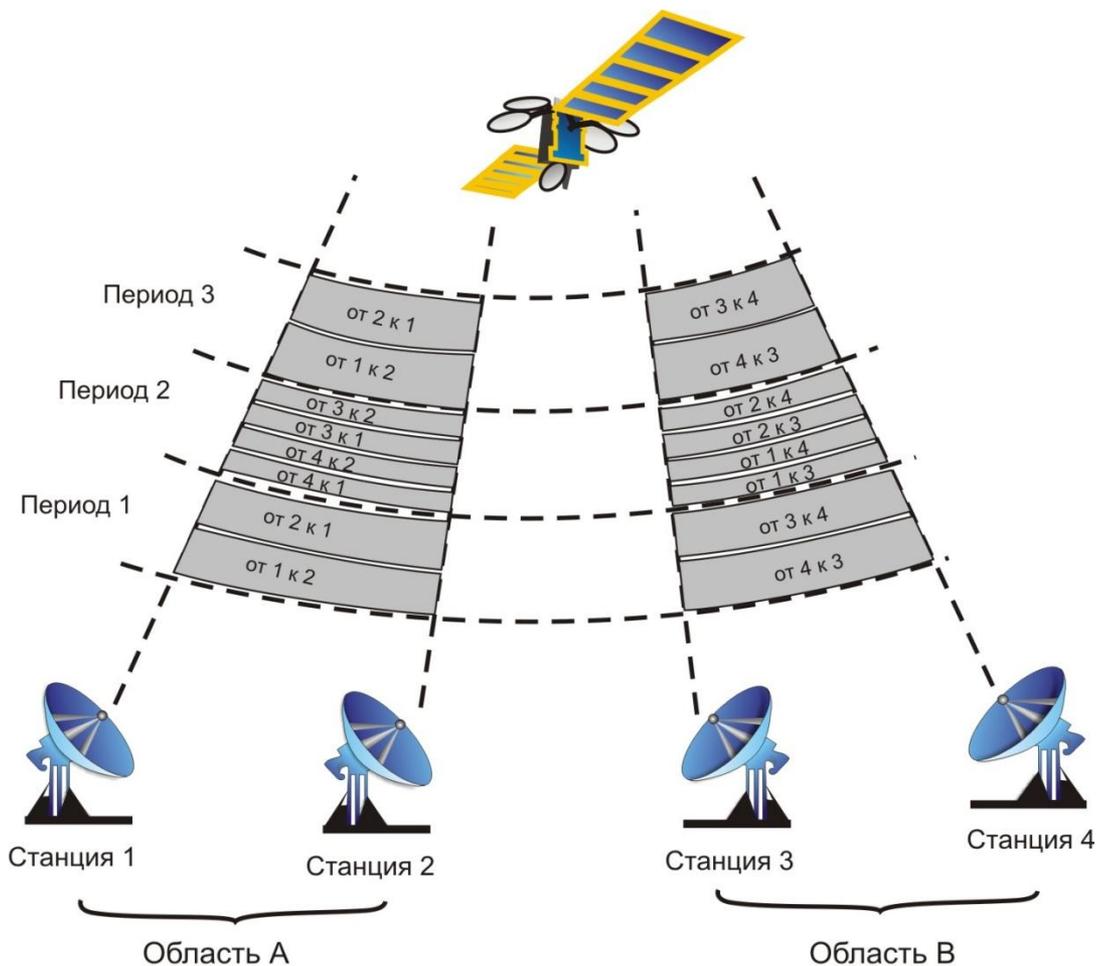
# 4. Распределение пропускной способности – временное разделение. SS/TDMA



а) Восходящий канал связи

❖ Как и в обычной схеме TDMA, в пределах одной зоны в каждый момент времени передавать может только одна станция. На спутнике принимаемые данные тут же ретранслируются на частоте нисходящего канала связи. При этом используются два различных нисходящих луча.

# 4. Распределение пропускной способности – временное разделение . SS/TDMA



б) Нисходящий канал связи