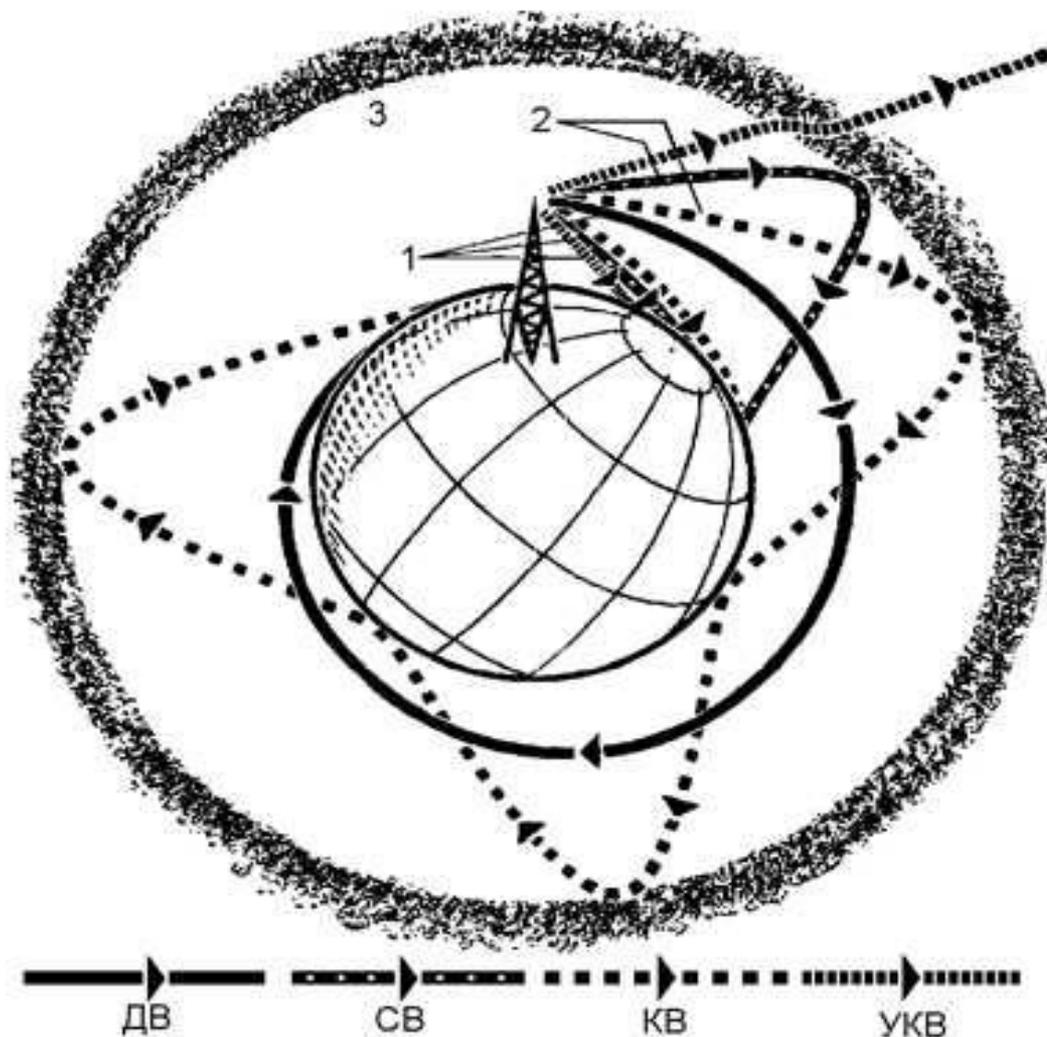


Особенности распространения радиоволн

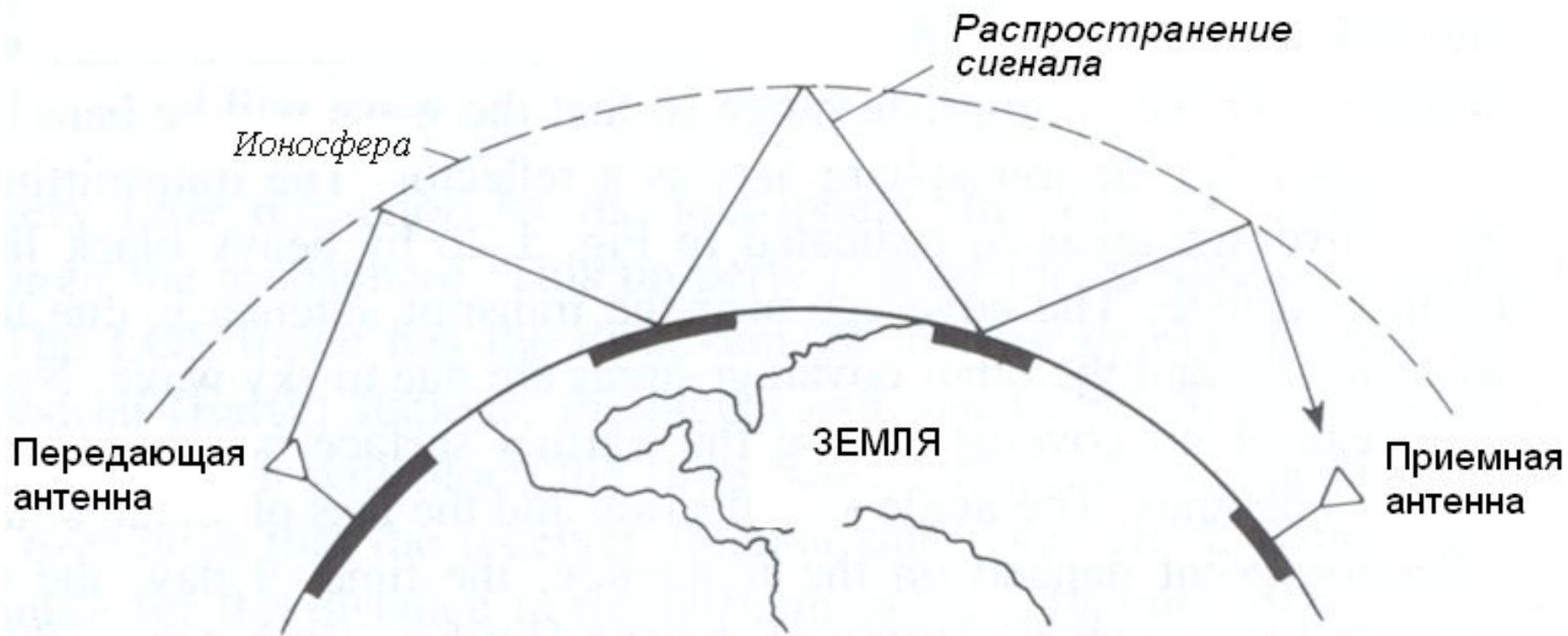
Лекция 18

Земной луч (1), отраженный (2), ионосфера (3)

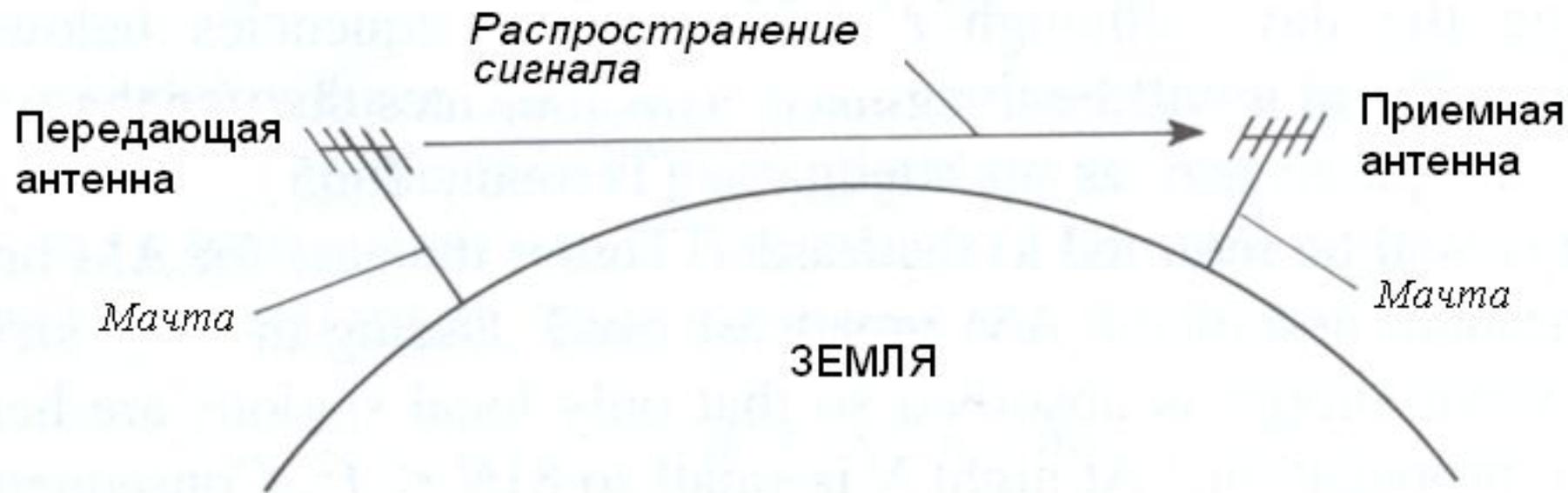




Поверхностное распространение волн (ниже 2 МГц)



Распространение ионосферной волны (от 2 до 30 МГц)



Распространение волн в пределах прямой видимости (свыше 30 МГц)

Потери энергии

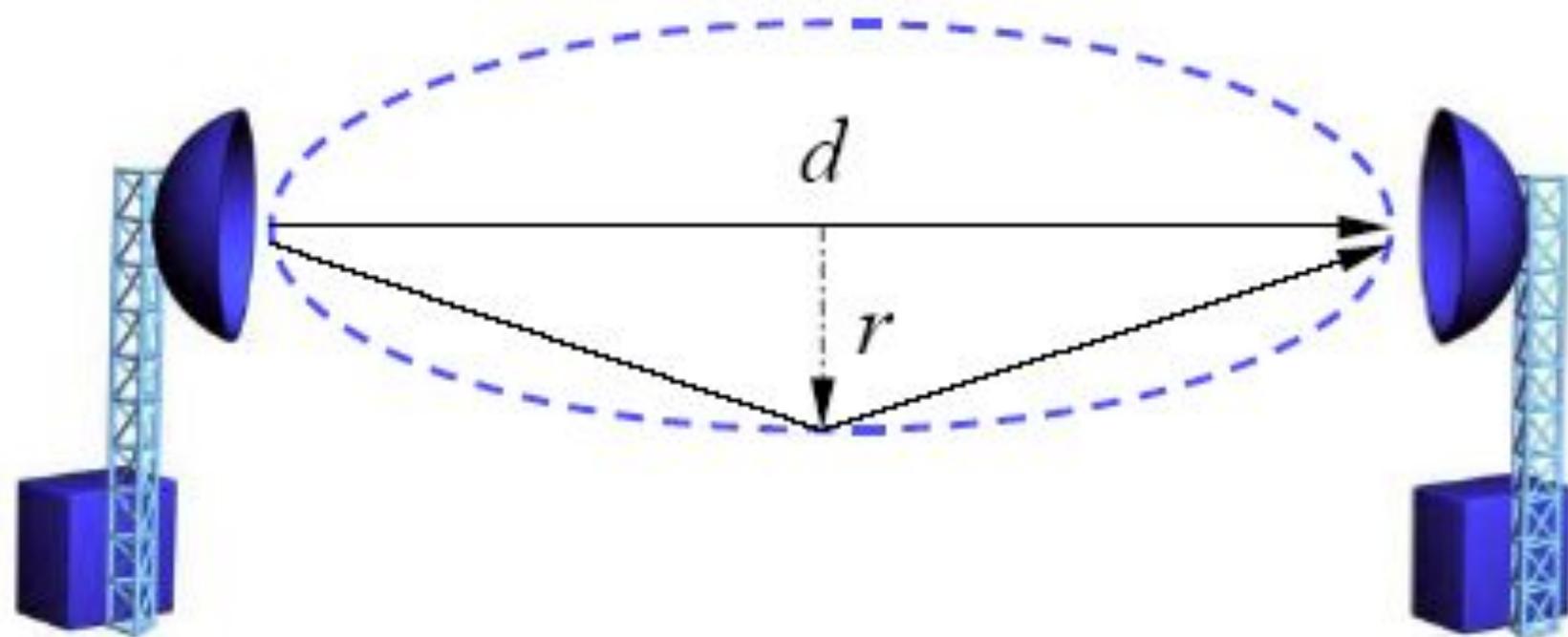
- Для прямого луча потери энергии в свободном пространстве зависят от расстояния r :

$$\text{Потери [дБ]} = 10 \lg \{4\pi r\}^2 / \lambda^2$$

Свыше 30 МГц



В пределах прямой видимости
(направленные антенны)



r - радиус зоны Френеля

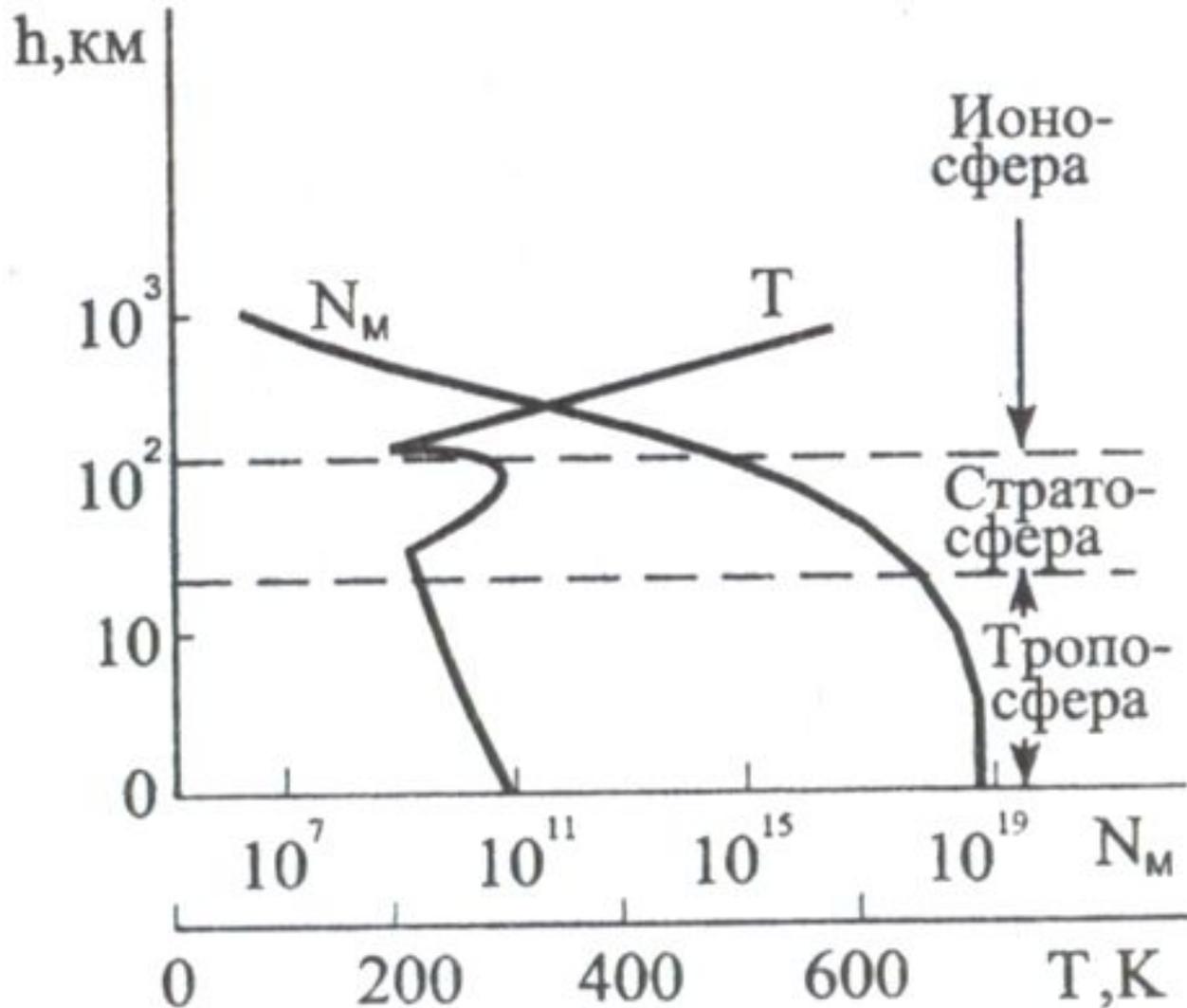
Радиогоризонт

- Теоретический радиус радиогоризонта (в км) вычисляется по формуле:

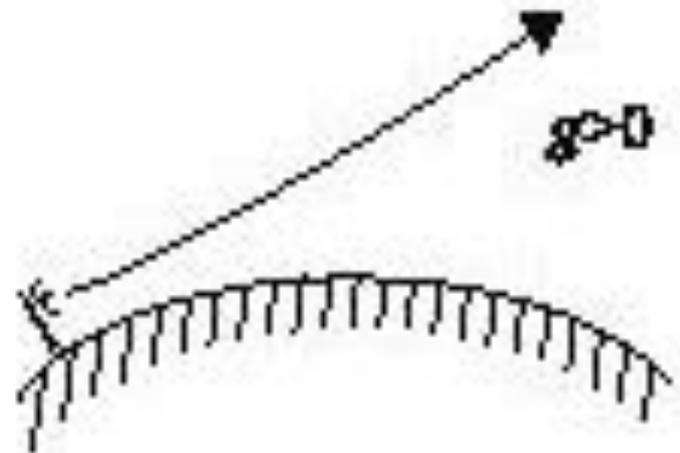
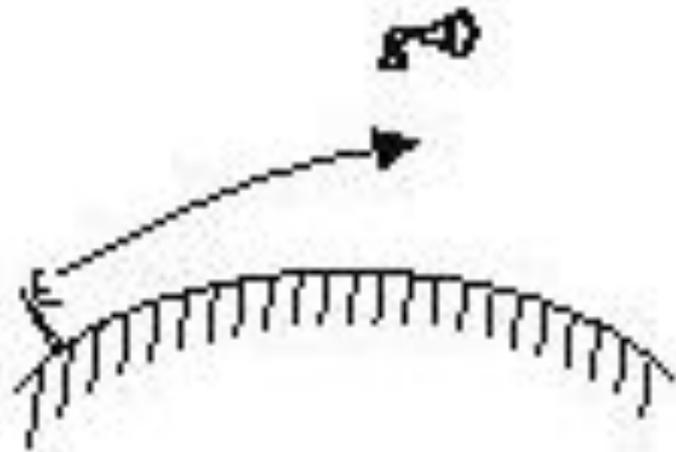
$$D = 4,124\sqrt{H},$$

где H – высота расположения антенны в метрах

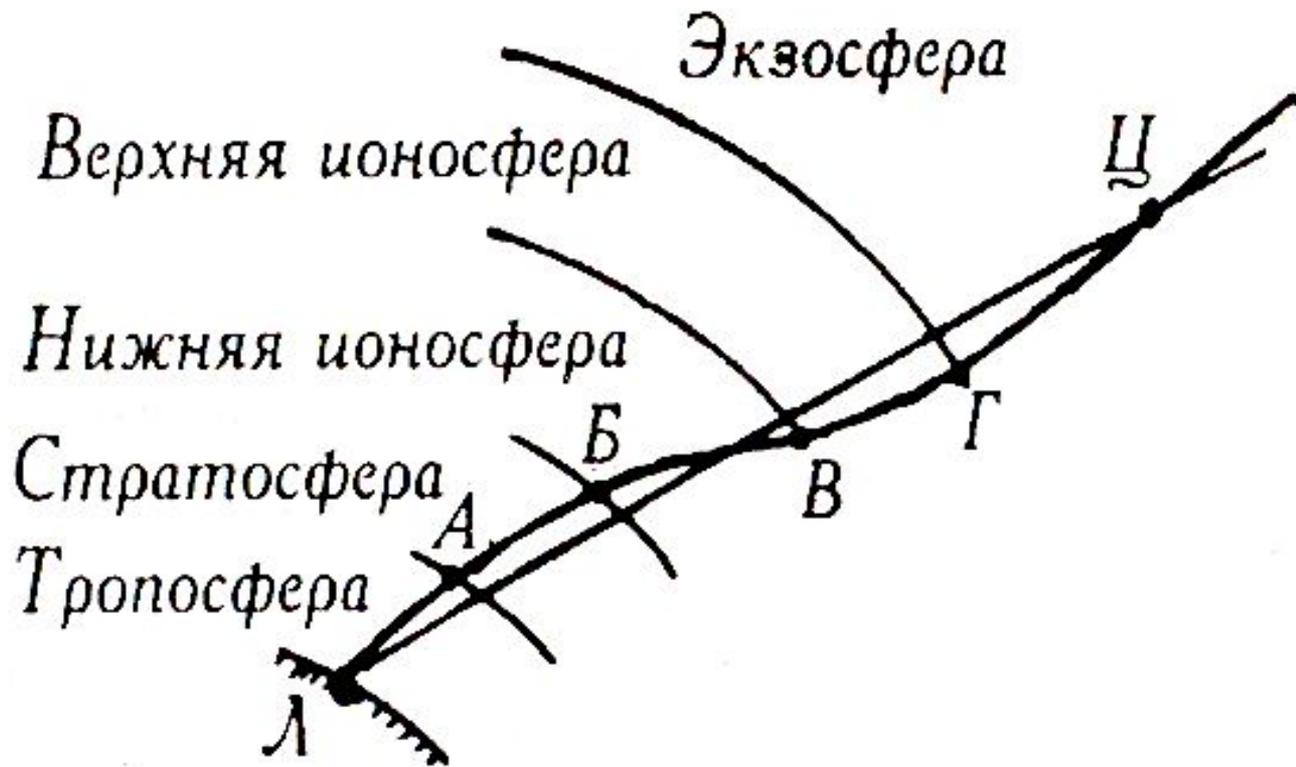
Плотность атмосферы и ее температура



Искривления луча вследствие рефракции



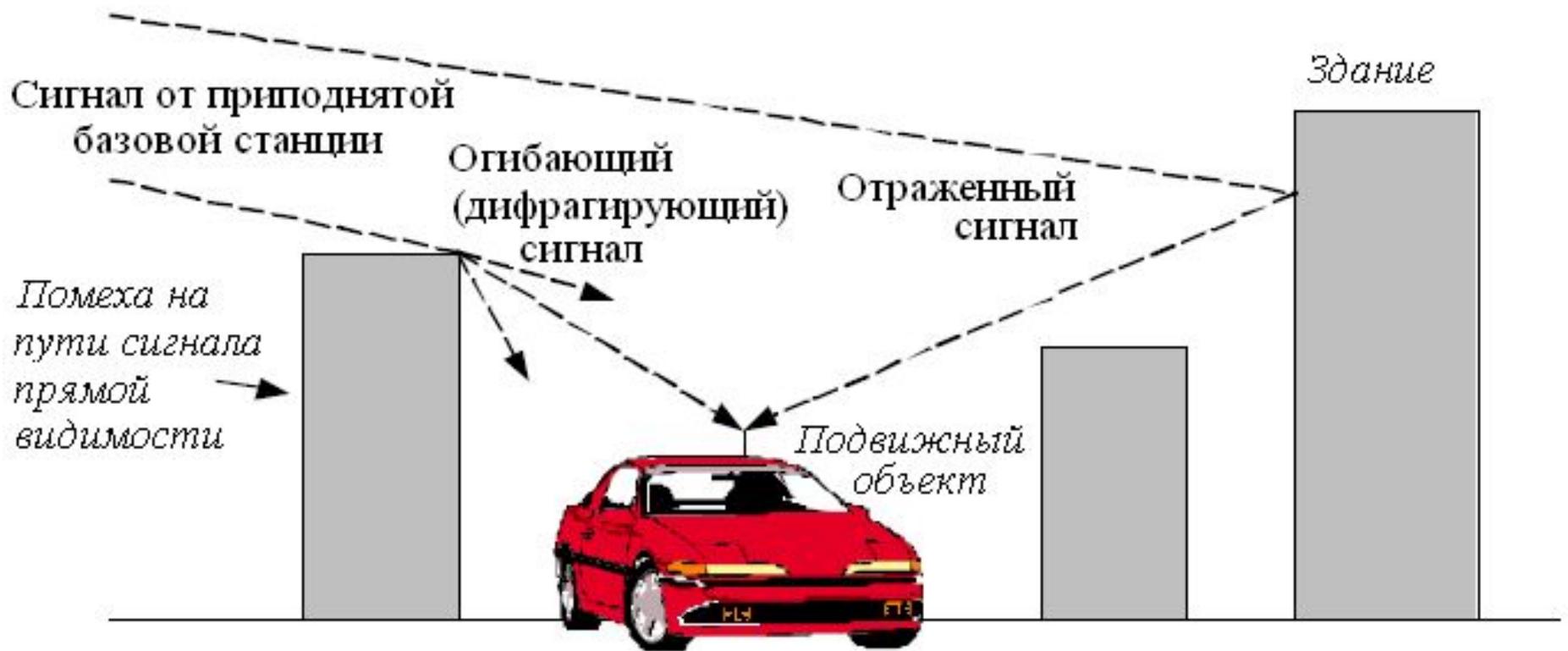
Искривление луча в диапазоне УКВ



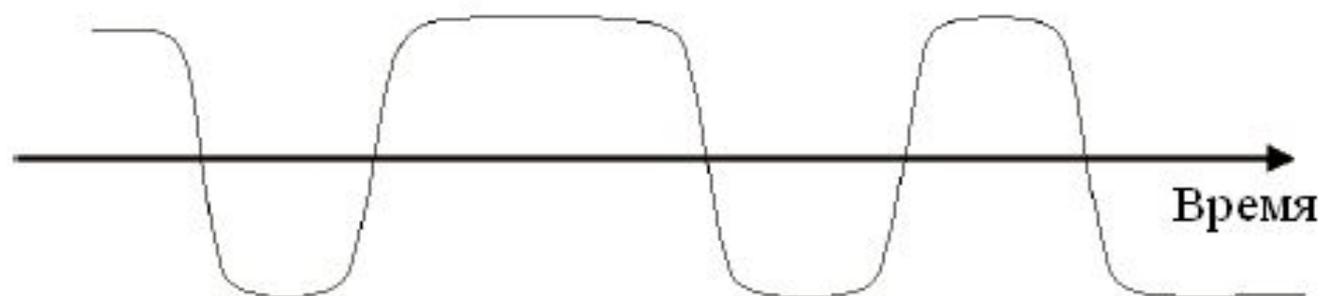


- * Наклон Линии потерь пропорционален $1/r^\alpha$, где α - изменяется от 2,5 до 5
- * Быстрые затухания обусловлены рассеянием сигнала вблизи передатчика
- * Медленные затухания связаны с большими препятствиями между передатчиком и приемником

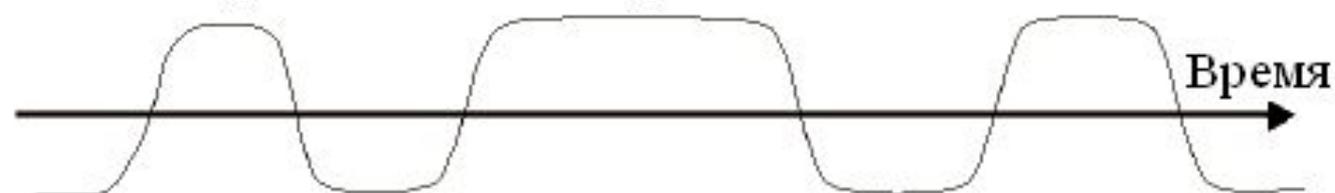
Многолучевость в городе



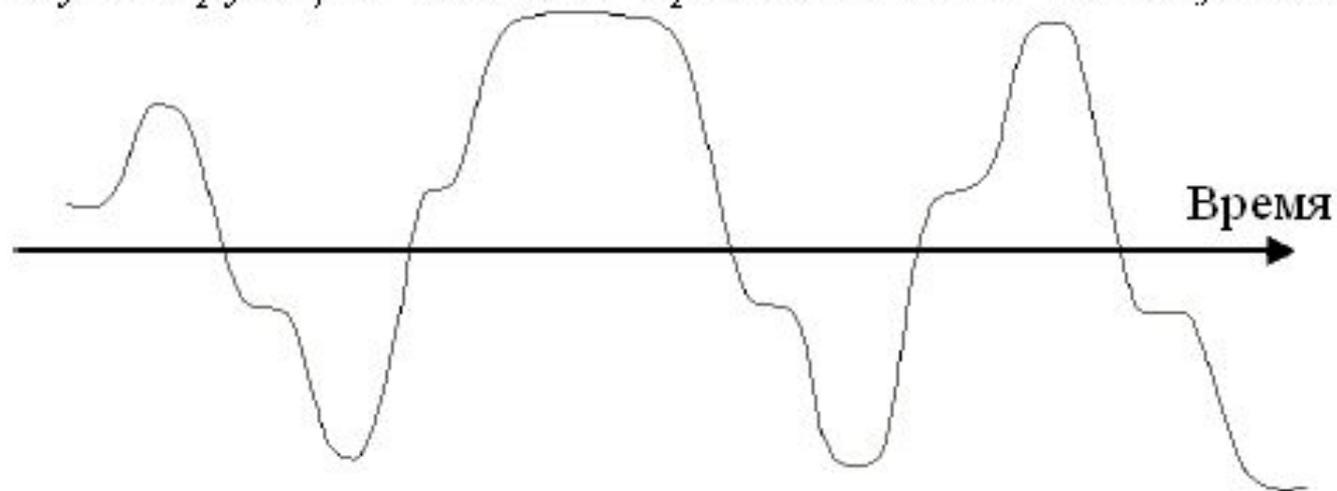
Прямой сигнал



Отраженный и задержанный сигнал



Результирующий сигнал в приемнике из-за многолучевости



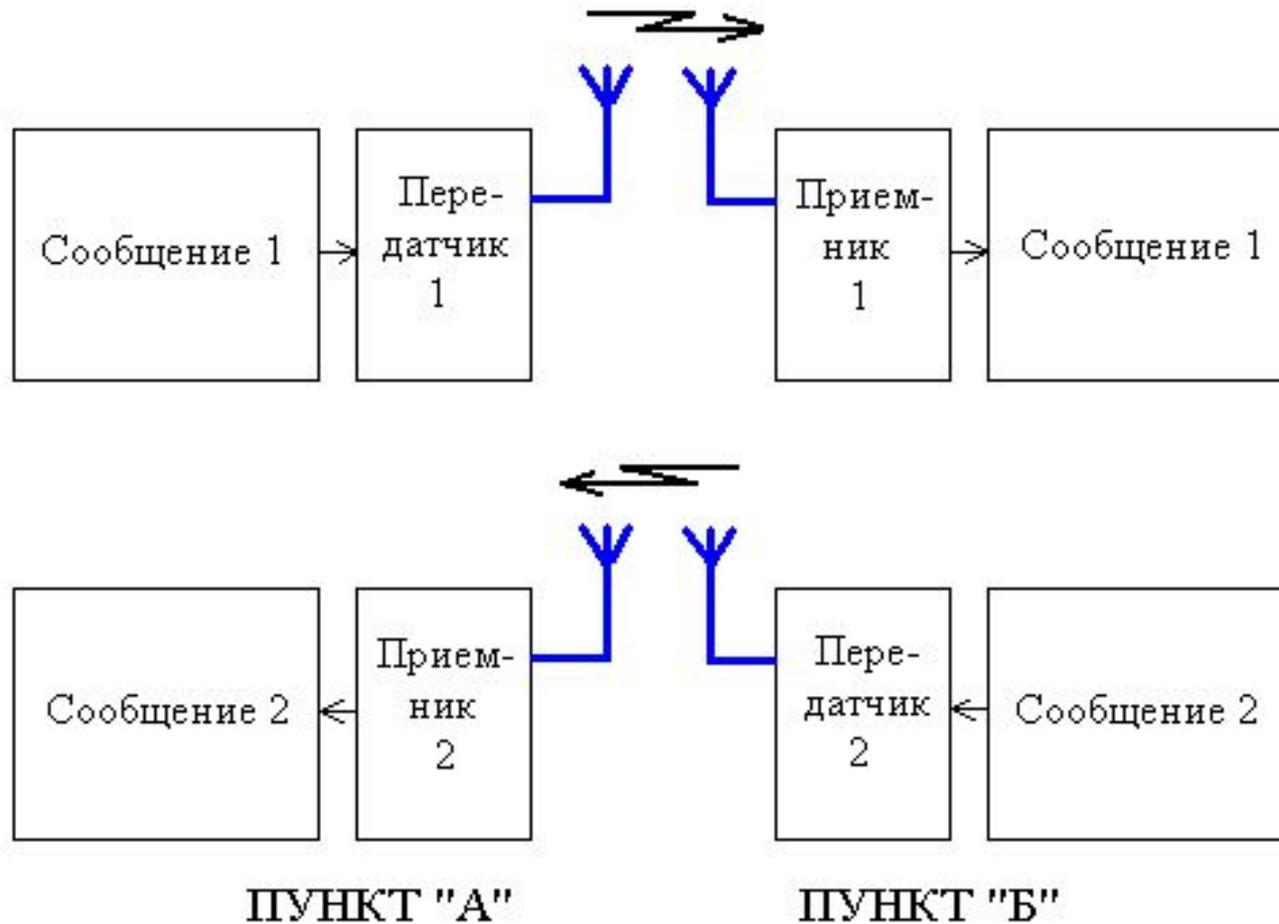
Условия распространения радиосигналов

<i>Условие застройки</i>	<i>Затухание из-за затенения</i>
Плотно застроенный городской центр	20 дБ изменений от улицы к улице
Пригород (несколько высоких зданий)	На 10 дБ мощность сигнала больше, чем в центре
Открытая сельская местность	На 20 дБ мощность сигнала больше, чем в пригороде
Неровности земли и листва деревьев	Изменения сигнала в 3-12 дБ

Простейшая схема радиосвязи



Схема двухсторонней связи



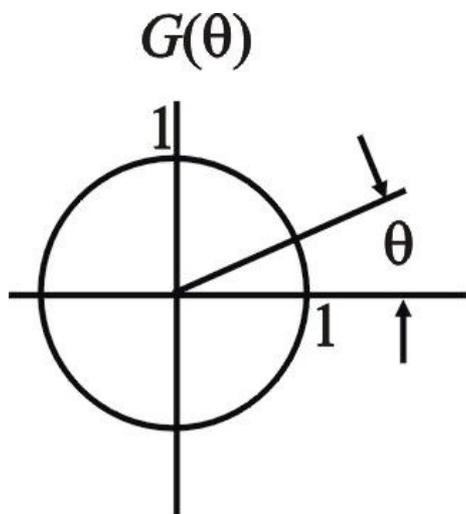
ПОТОК МОЩНОСТИ

- Определим мощность сигнала на входе приемника (P_c) с помощью следующих вычислений
- Плотность потока мощности (Π_0), создаваемая ненаправленным (изотропным) излучателем в свободном пространстве на расстоянии R равна

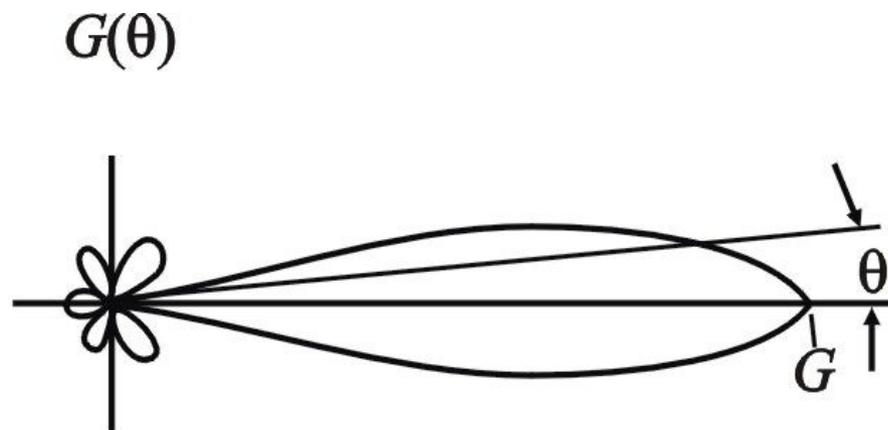
$$\Pi_0 = P / 4\pi R^2,$$

где P - мощность, подводимая к излучателю

Всенаправленное и направленное излучение



а)



б)

С учетом усиления и КПД

- Обычно используются направленные передающие антенны с коэффициентом усиления $G_{\text{апд}}$
- Энергия к ним подводится по антенно-фидерным трактам (АФТ) с КПД $\eta_{\text{ф}}$
- Поэтому в направлении главного лепестка диаграммы направленности передающей антенны плотность потока мощности

$$\Pi_0 = P_{\text{пд}} G_{\text{апд}} \eta_{\text{ф}} / 4\pi R^2$$

Параметры антенны

- Эффективная площадь антенны (A_a) - **апертура** - связана с ее коэффициентом усиления (G_a) соотношением

$$A_a = G_a \lambda^2 / 4\pi$$

В децибелах

- Переходя к уровням сигналов, получим:

$$p_{\text{пр}} = p_{\text{пд}} + g_{\text{апд}} + e_{\text{фпд}} + g_{\text{апр}} + e_{\text{фпр}} - m_{\text{св}},$$

где $p_{\text{пр}} = 10 \lg P_{\text{пр}}$

$$g_{\text{апд}} = 10 \lg G_{\text{апд}}$$

$$e_{\text{фпд}} = 10 \lg \eta_{\text{фпд}}$$

$$m_{\text{св}} = 20 \lg M_{\text{св}} \quad \text{И Т.Д.}$$

Поправочный коэффициент

- Это отличие учитывают путем введения «множителя ослабления свободного пространства» $V(t)$

$$V(t) = E_p / E_T,$$

где E_p - реальная, а E_T - теоретическая
(в свободном пространстве)

напряженности поля

Пример

Построить диаграмму уровней сигнала,

если $P_{\text{пд}} = 1 \text{ Вт}$

$$G_{\text{апд}} = G_{\text{апр}} = 10^4$$

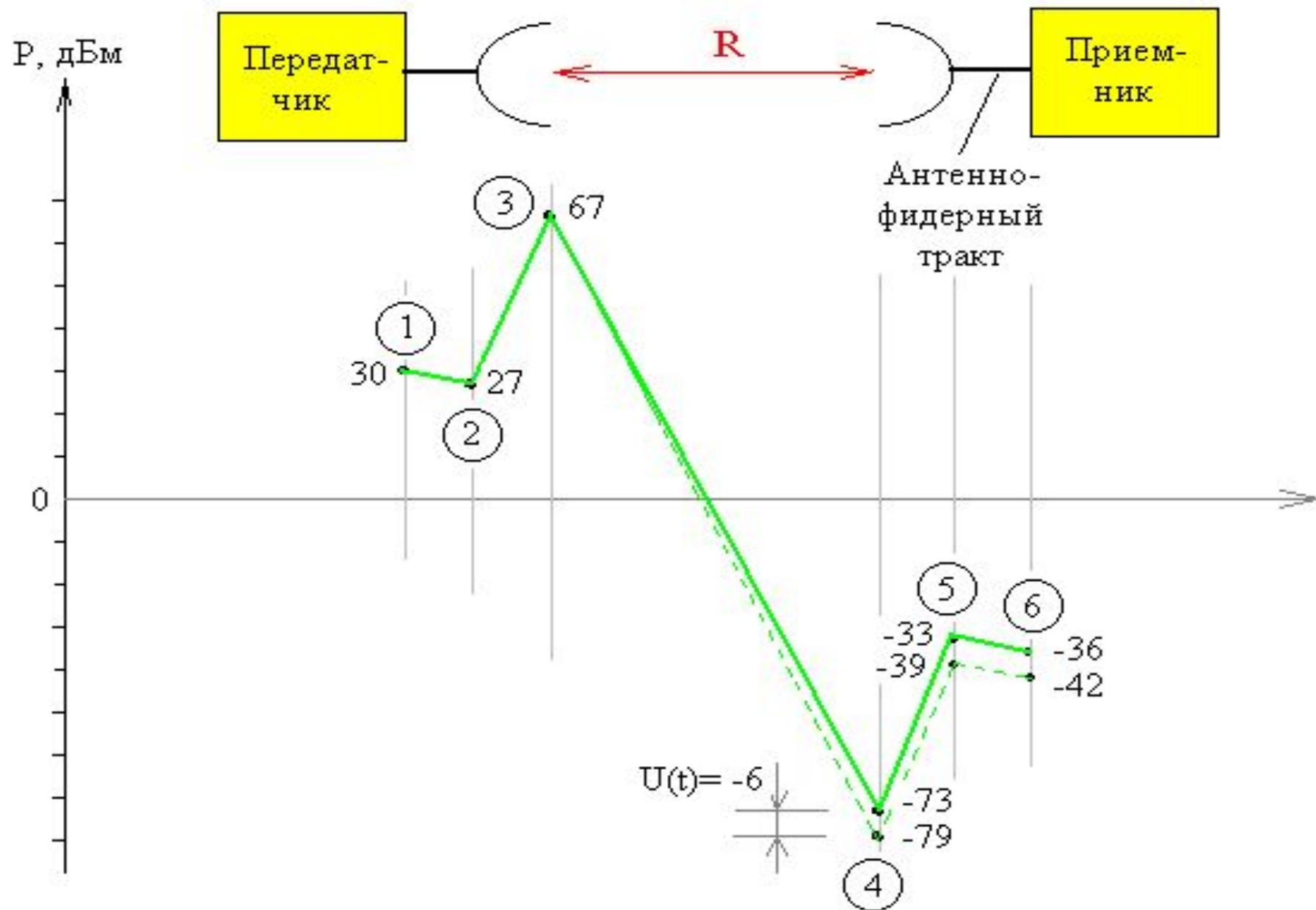
$$\eta_{\text{фпд}} = \eta_{\text{фпр}} = 0,5$$

$$R = 50 \text{ км}$$

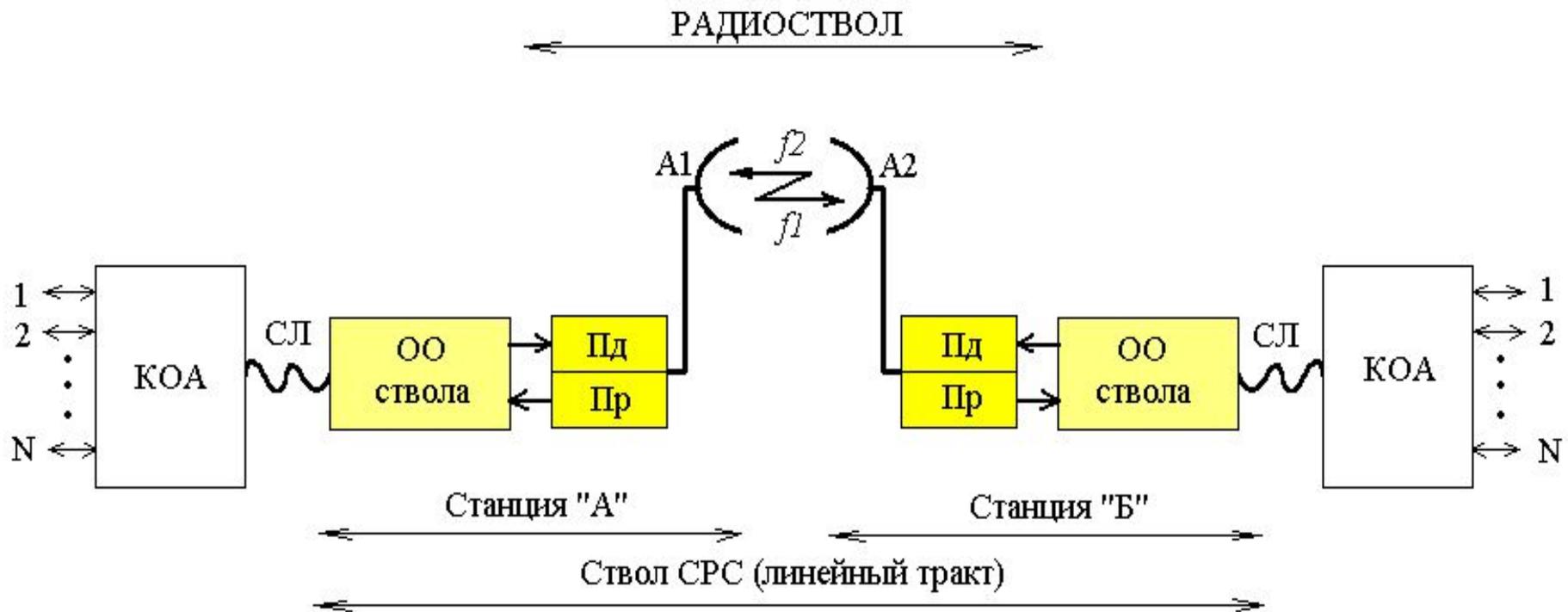
$$\lambda = 5 \text{ см}$$

$$V(t) = 0,5$$

Пример диаграммы уровней сигнала в радиотракте



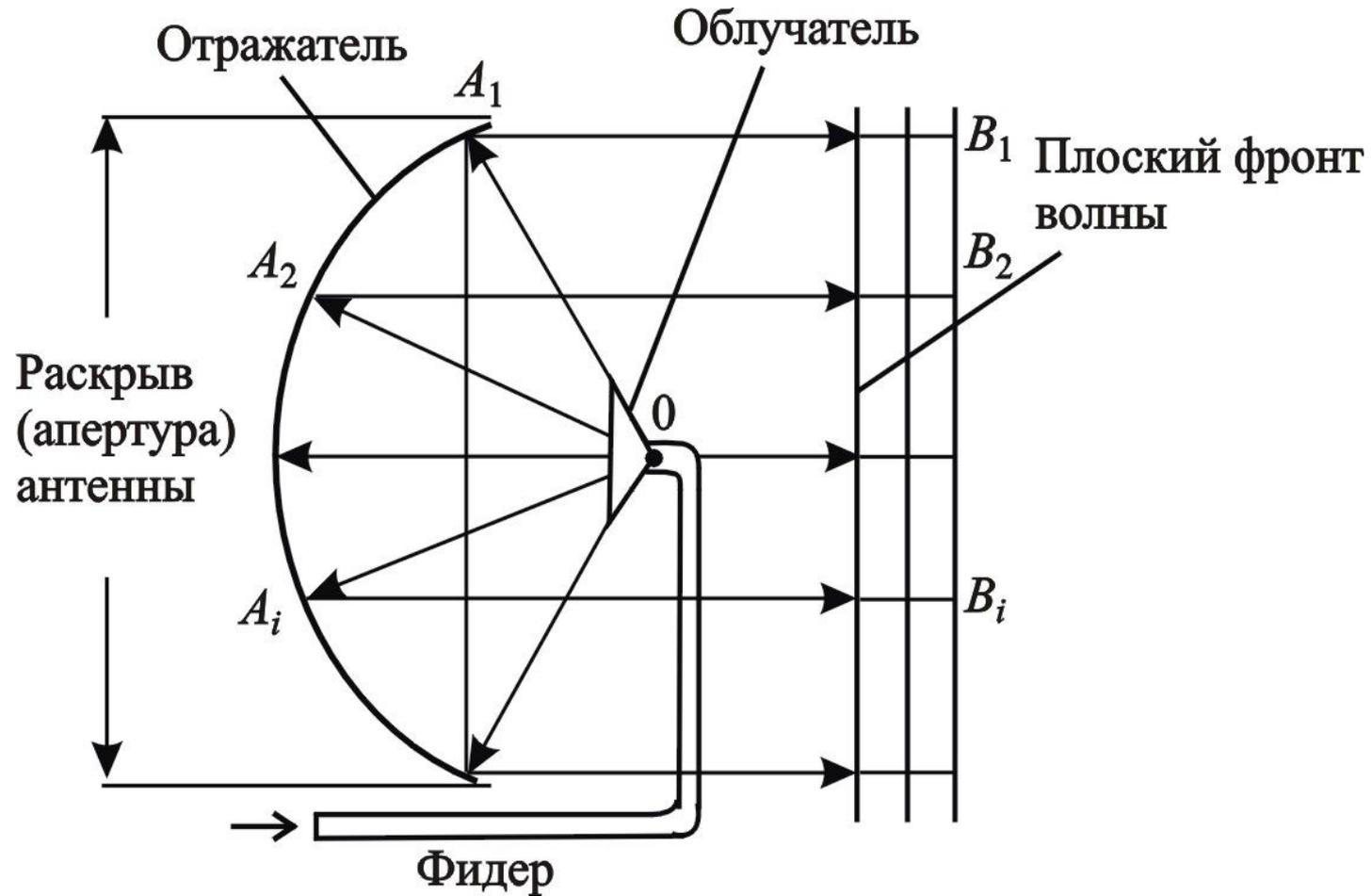
Многоканальная дуплексная система радиосвязи



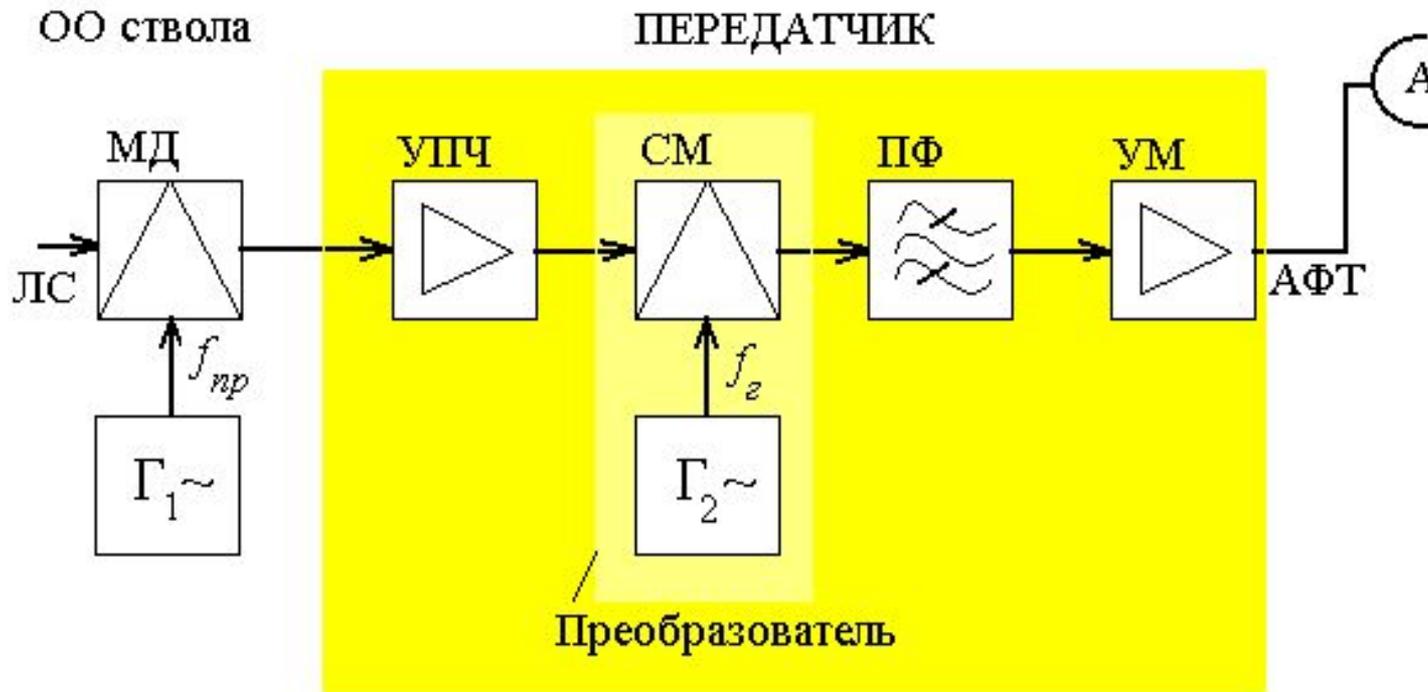
КОА - каналобразующее оборудование
ОО - оконечное оборудование
Пр - приемник

СЛ - соединительные линии
Пд - передатчик
А - антенна

Излучение антенны



Структурная схема радиопередатчика



ЛС - линейный сигнал

СМ - смеситель

УМ - усилитель мощности

МД - модулятор

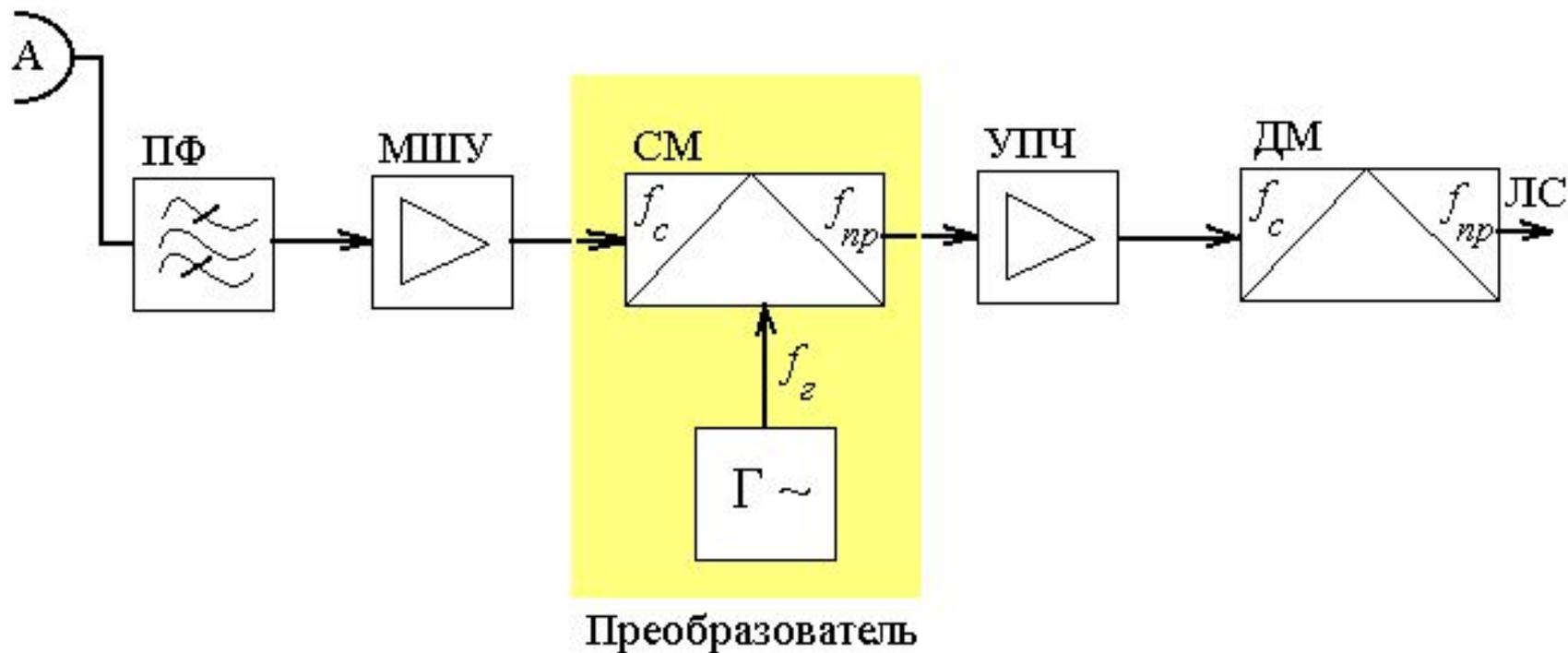
Г - гетеродин

УПЧ - усилитель промежуточной частоты

ПФ - полосовой фильтр

АФТ - антенно-фидерный тракт

Схема супергетеродинного приемника



А - антенна

ПФ - полосовой фильтр

СМ - смеситель

МШУ - малошумящий усилитель

УПЧ - усилитель промежуточной частоты

ДМ - демодулятор

Г - гетеродин

ЛС - линейный сигнал