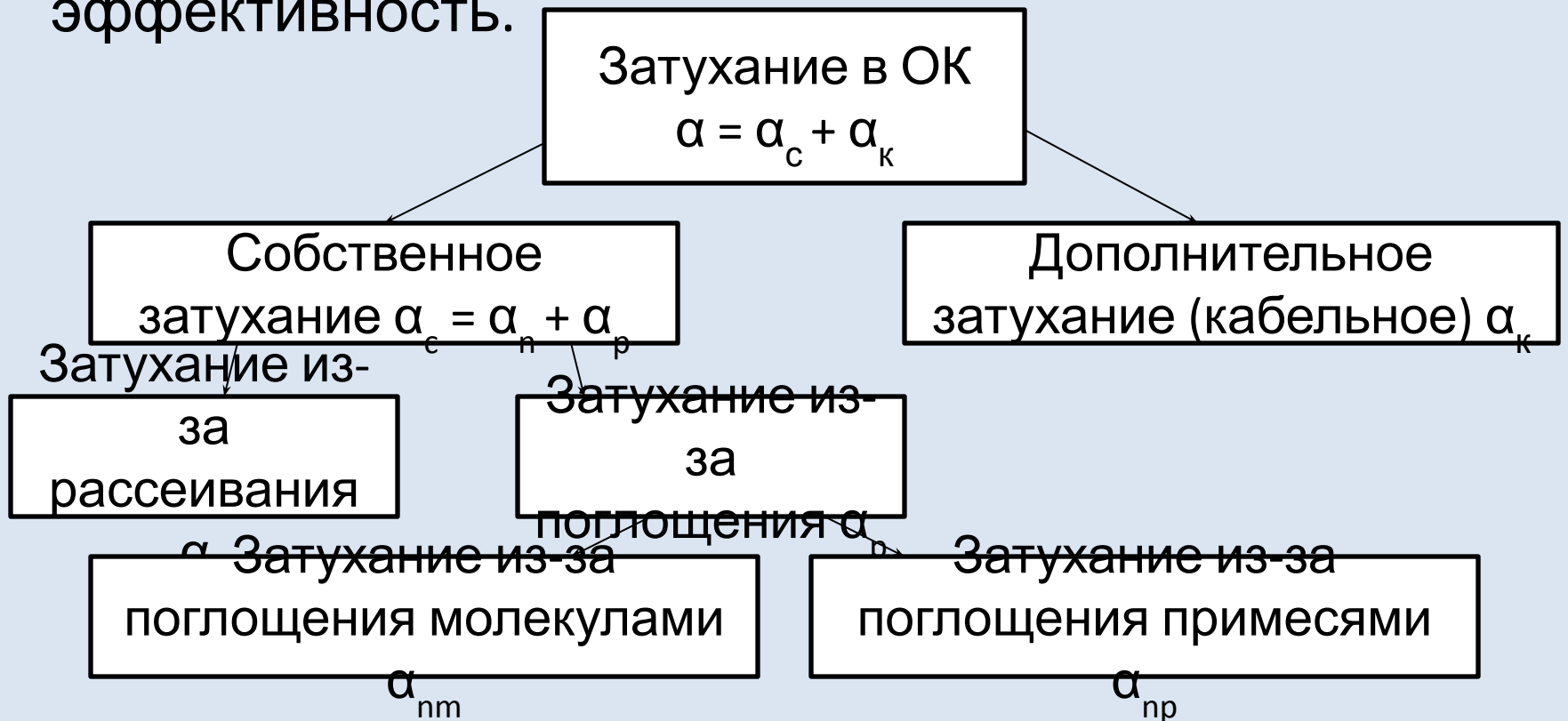
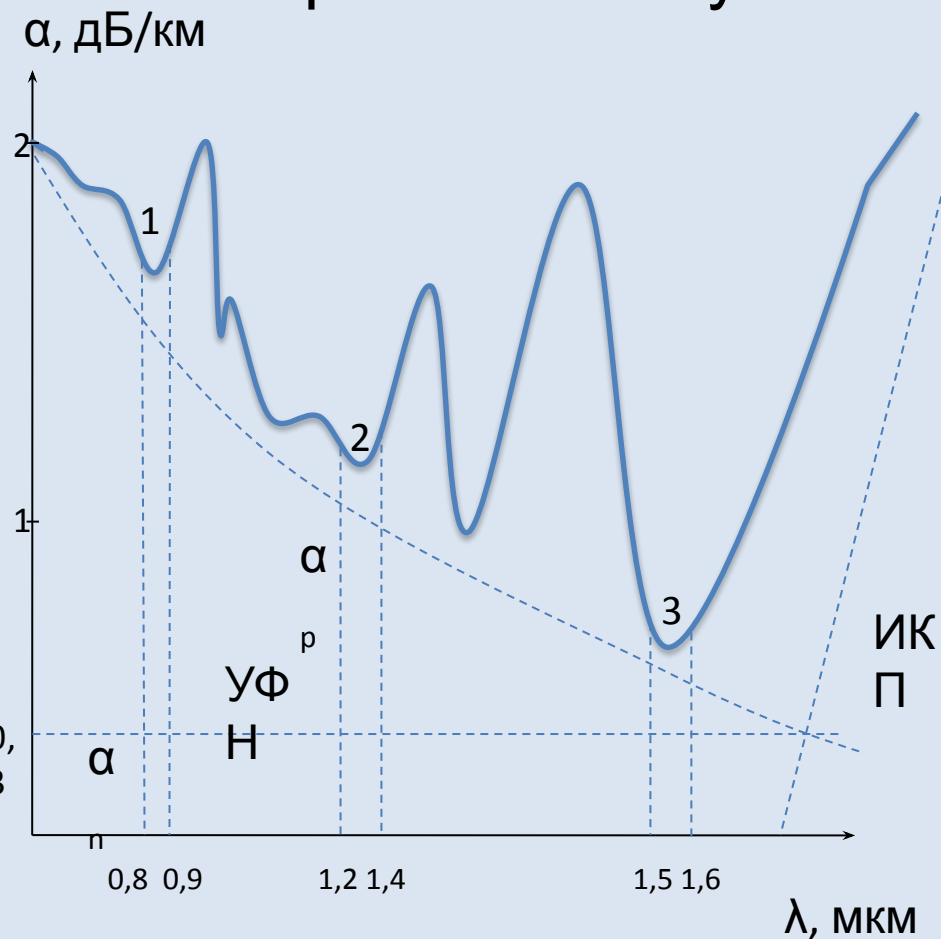


# Ослабление сигнала в ВОЛОКОННЫХ СВЕТОВОДАХ

- Важнейшим параметром ВС являются потери и, соответственно, ослабление сигнала. Они определяют дальность передачи по ОК и его эффективность.



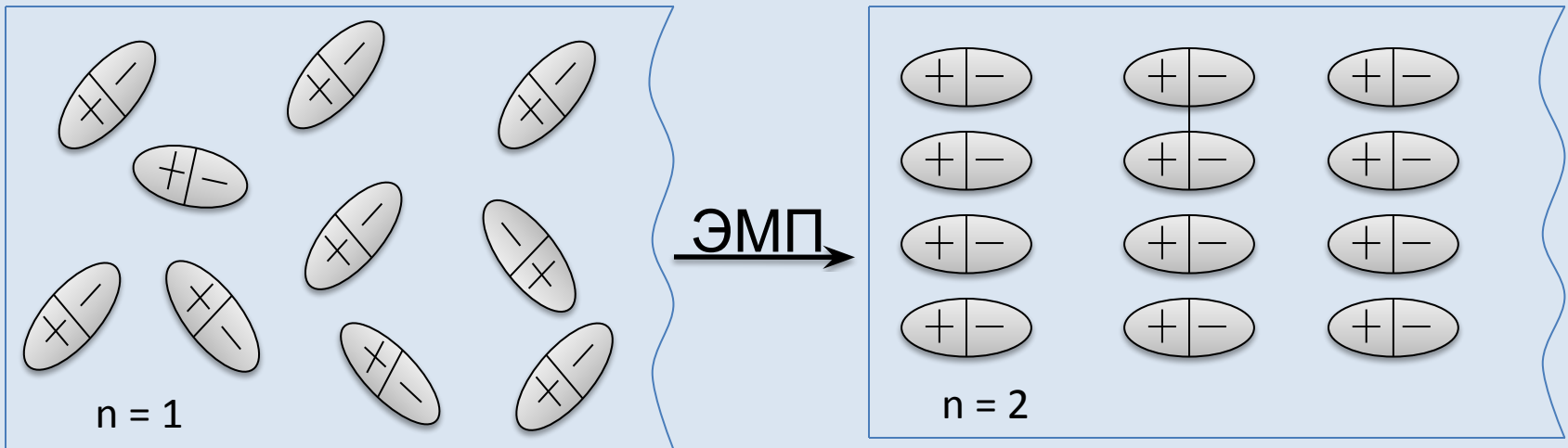
Потери на поглощение существенно зависят от чистоты материала и при наличии посторонних примесей могут быть значительными



- I окно прозрачности
- II окно прозрачности
- III окно прозрачности
- I –  $\lambda = 0,85 \text{ мкм}$ ,  $\alpha = 3 \text{ дБ/км}$
- II –  $\lambda = 1,3 \text{ мкм}$ ,  $\alpha = 0,7 \text{ дБ/км}$   
 $0,34 - 0,36 \text{ дБ/км}$  - ООВ
- III –  $\lambda = 1,55 \text{ мкм}$ ,  
 $\alpha = 0,22 \text{ дБ/км}$  - ООВ
- IV -  $\lambda = 1,565 - 1,620 \text{ мкм}$
- V –  $\lambda = 1,350 - 1,450 \text{ мкм}$

Ослабление за счет поглощения в инфракрасном диапазоне обусловлено собственным резонансным поглощением в УФ- и ИК-областях.

Ультрафиолетовое поглощение определяет затухание в рабочем диапазоне длин волн и связано с потерями на диэлектрическую поляризацию, линейно растет с частотой и существенно зависит от свойств материала световодах ( $\text{tg } \beta$ ). Это так называемое собственное поглощение кварца, механизм возникновения которого связан с поведением диэлектрика в электрическом поле



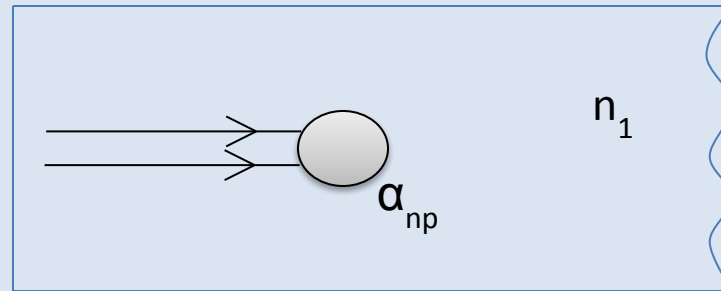
$$\alpha_n = 8,69 * \frac{\pi n_1 \text{tg} \beta}{\lambda}, \text{ дБ/к}$$

где  $n_1$  – показатель преломления <sup>M</sup>сердцевины ОВ

$\text{tg} \beta$  – тангенс угла диэлектрических потерь материала сердцевины, принимающий

значения в диапазоне  $2 * 10^{-11} \div 10^{-12}$

$\lambda$  – длина волны, км ( $10^{-9}$ )



Рэлеевское рассеивание обусловлено существованием мелкомасштабных (по сравнению с длиной волны излучения) флуктуации плотности или химического состава веществ. Эти флуктуации являются следствием неравновесных состояний, возникающих в волокне в момент стеклования. Рэлеевское рассеивание обратно четвертой степени длины волны и характерно для неоднородностей, размеры которых менее длины волны, а расстояние между которыми достаточно велико, чтобы явление взаимодействия были исключены.

Примесное поглощение для разных стекол изменяется. В качестве примесей обычно рассматривают ионы металлов и гидроксогрупп  $\text{OH}^-$ . Пики поглощения за счет ионов металлов очень широкие.

Другой существенной в отношении поглощения примесью является вода, присутствующая в виде ионов  $\text{OH}^-$ . На содержание ионов  $\text{OH}^-$  в стекле влияет процесс его изготовления. Ей соответствуют ярко выраженный максимум поглощения в районе длины волны 1480 нм. Он присутствует всегда, поэтому область спектра в районе этого пика практически не используется. В настоящее время изготавливаемое ОВ становится настолько чистым (99,9999%), что наличие примесей перестает быть главенствующим фактором затухания в ОВ.

С увеличением показателя преломления эти потери увеличиваются, а с ростом длины волны – уменьшаются.

$$\alpha_p = 4,34 * \frac{8\pi^3 (n_1^2 - 1)}{3\lambda^4} * k\chi T 10^3, \quad \text{дБ/к}$$

$k = 1.38 * 10^{23}$  Дж/К – постоянная Больцмана,  $M$   
 $T = 1500$  К – температура перехода стекла в твердую фазу

$\chi = 8,1 * 10^{-11}$  м<sup>2</sup>/н - коэффициент сжимаемости для кварца

$\lambda$  - в м! (\* $10^{-6}$ )

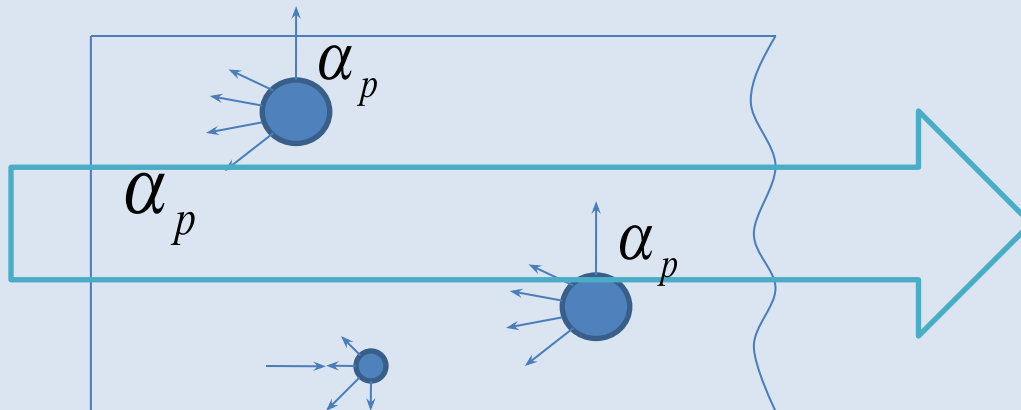
Кроме флуктуации плотности существенными являются также флуктуации концентрации окислов, которые добавляют в стекло для повышения показателя преломления. Неоднородность концентрации создает большие флуктуации.

Суммарные потери на Гэлеевском рассеивании зависят от длины волны по закону  $\lambda^{-4}$  и количественно могут быть оценены по формуле:

$$\alpha_p = \frac{k_p}{\lambda^4}, \quad \frac{\text{дБ}}{\text{км}}$$

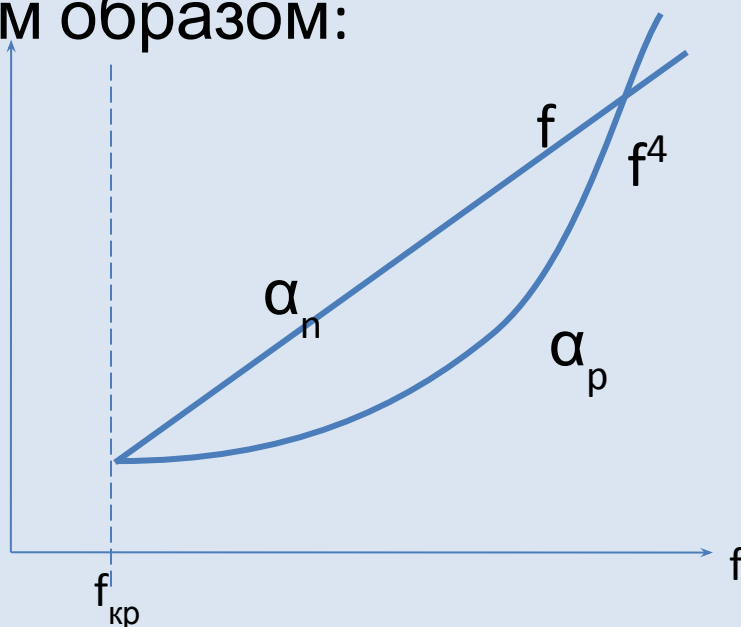
где  $k_p$  – коэффициент рассеивания, для кварца  $0,8 \div 1,0$  ((мкм<sup>4</sup>\*дБ)/км)

$\lambda$  – длина волны, мкм





Графически  $\alpha_n$  и  $\alpha_p$  можно представить следующим образом:



Дополнительные потери в ОК (или колебательные) обусловлены деформацией ОВ в процессе изготовления кабелей, скруткой, изгибами волокон, а также технологическими неоднородностями в процессе изготовления волокон.

Они состоят из суммы семи коэффициентов затухания:

$$\alpha_{\text{каб}} = \sum_{i=1}^7 \alpha_i$$

$\alpha_1$  – затухание из-за приложения к ОВ термомеханических воздействий в процессе изготовления кабелей обусловлено различием коэффициентов удлинения стекол сердцевины и оболочки  $\alpha < 0,1$  дБ/км;

$\alpha_2$  – вследствие температурной зависимости коэффициента преломления материала ОВ;

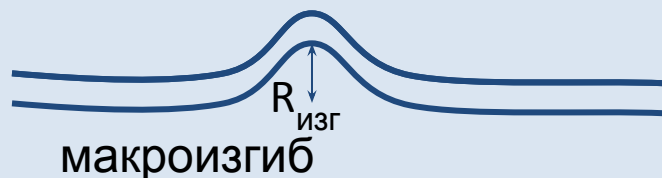
$\alpha_3$  – вызывается микроизгибами ОВ т.е. из-за локального нарушения прямолинейности ОВ;

$$\alpha_3 < (0,001 \div 0,1) \text{ дБ}$$

$\alpha_4$  – возникает вследствие нарушения прямолинейности ОВ (скрутка, прокладка или макроизгибы);

$$\alpha_4 < (0,5 \div 1) \text{ дБ/км}$$

$$R_{\text{изг}} \geq 20 \text{ Д}$$



$\alpha_5$  - возникает вследствие кручения ОВ относительно его оси(осевые напряжения скручивания);

$\alpha_6$  – возникает вследствие неравномерности покрывания ОВ

$\alpha_7$  – возникает вследствие потерь в защитной оболочке ОВ

$$\alpha_7 < 0,1 \div 0,3 \text{ дБ/км}$$

Следует учитывать потери на соединение ОВ т.е. при монтаже).

При соблюдении норм технологического процесса изготовления доминируют потери на микроизгибы. Потери на макроизгибах и в защитных оболочках сравнительно невелики. В целом  $\alpha_{\text{доп}} = 0,1 \div 0,7 \text{ дБ}$