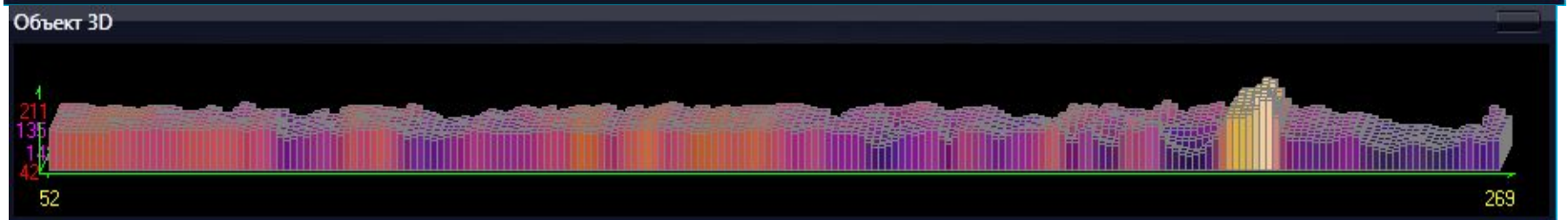
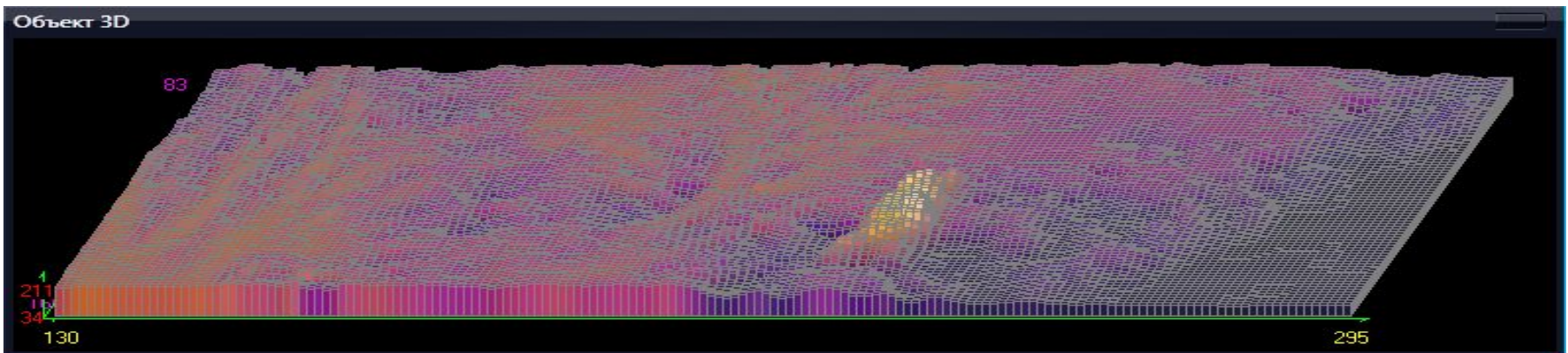
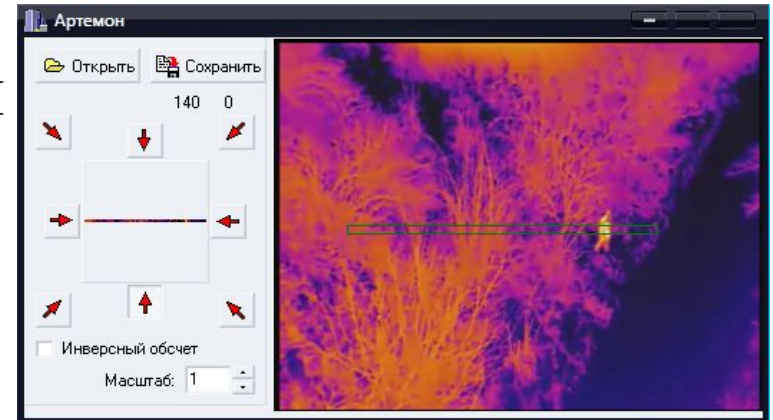


# **Лекція 5**

## **Шуми оптико-електронних систем.**

# Межа чутливості приймачів випромінювання

Обумовлений: флуктуаціями  
випромінювання сигналу;  
флуктуаціями фонового  
випромінювання



# Шуми оптико-електронних систем

- Тепловой шум (шум Джонсона)
- Дробовой шум
- Токівий шум ( $1/f$ -шум)
- Теплові флуктуації
- Шум мерцання (фликкер-ефект)
- Флуктуації зовнішнього фону
- Флуктуації сигналу

# Шумы оптико-электронных систем

## Шум мерцания (фликкер-эффект).

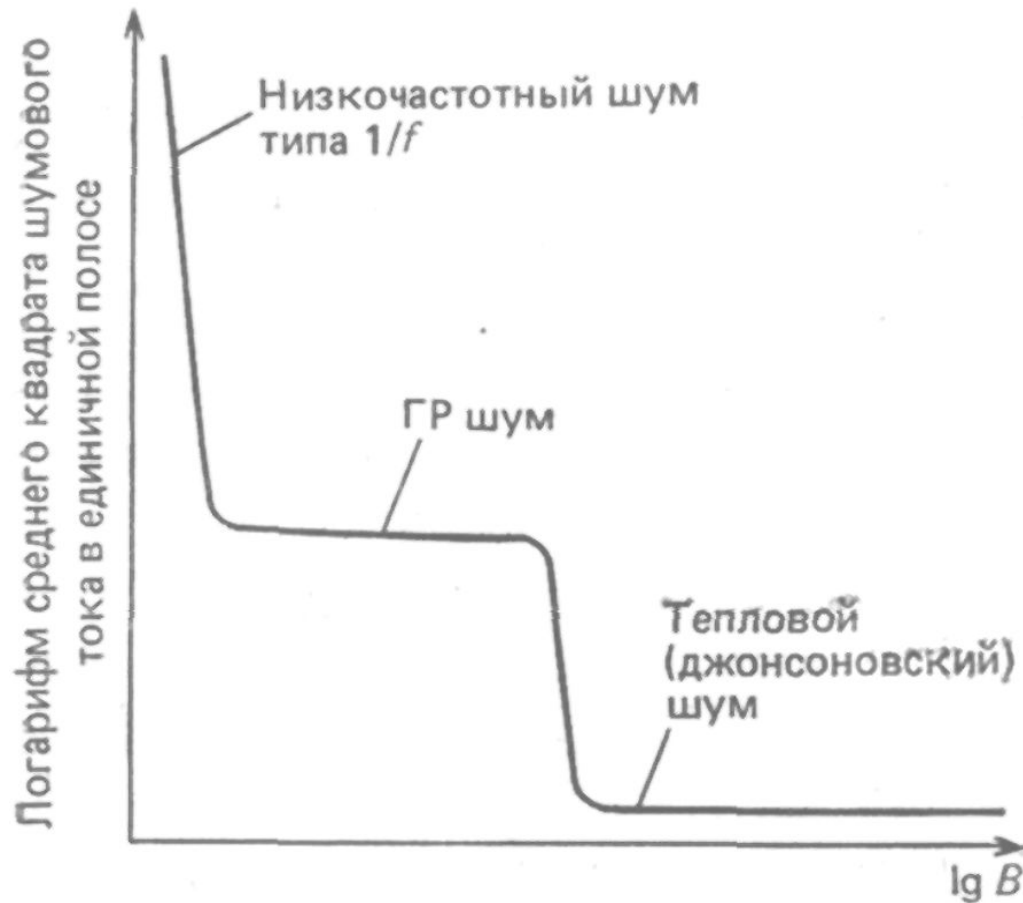
Шум мерцания обусловлен случайными изменениями эмиссии фотокатода. Установлено, что шум мерцания зависит от типа материала и свойств чувствительного слоя.

# Флуктуации интенсивности приходящего оптического излучения (эффект «мерцания»)

$$\sigma_M^2 = \overline{(\ln I - \overline{\ln I})^2}$$

$$P(I) = \frac{1}{\sigma_M \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(\ln I - \overline{\ln I})^2}{2\sigma_M^2}}$$

# Шумы оптико-электронных систем



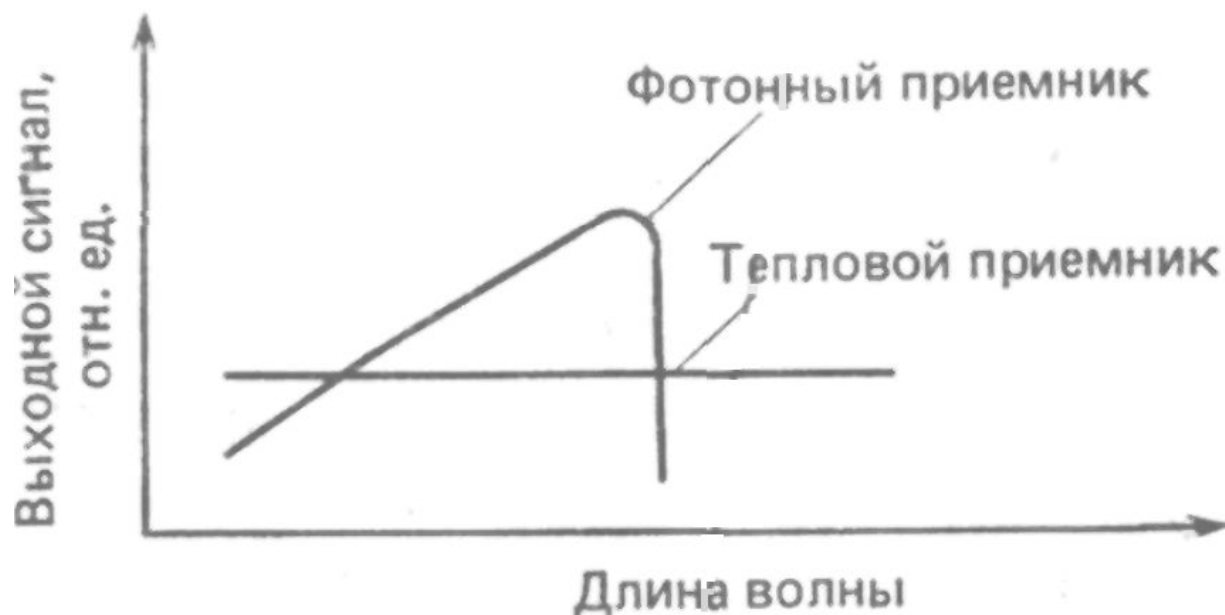
**Результирующий шум фотоприемника**

# Спектр фотоотклика

Необходимо различать два случая:

- ✓ когда относительную спектральную чувствительность определяют, исходя из постоянства числа фотонов в каждом единичном интервале длин волн,
- ✓ и когда ее определяют, исходя из постоянства мощности падающего излучения в каждом единичном интервале.

# Спектральные характеристики фоточувствительности идеальных фотонного и теплового приемников





# Чувствительность

Под чувствительностью фотоприемника понимают величину фотосигнала на его выходе, приходящуюся на единицу падающей мощности.

На фотоприемник с площадью  $A$  от АЧТ с температурой  $T$  падает модулированное с частотой  $f$  излучение, а напряжение сигнала на его выходе, измеренное на частоте  $f$ , равно  $v_S$ , то чувствительность приемника к излучению этого АЧТ

$$R(T, f) = v_S / P = v_S / HA$$

где  $H$  – освещенность площадки

# Основні характеристики приймачів випромінювання

**Питома виявлювальна здатність  $D^*$**   
характеризує шумові властивості приймача  
випромінювання:

$$D^* = \frac{\sqrt{A_D \Delta f}}{NEP} \left[ \frac{\text{см} \cdot \sqrt{\text{Гц}}}{\text{Вт}} \right]$$

где  $A_D$  – площа фоточувствительного елемента,  $\text{см}^2$ ,  
 $\Delta f$  – ширина полосы пропускания измерительного  
тракта, Гц,

# Основні характеристики приймачів випромінювання

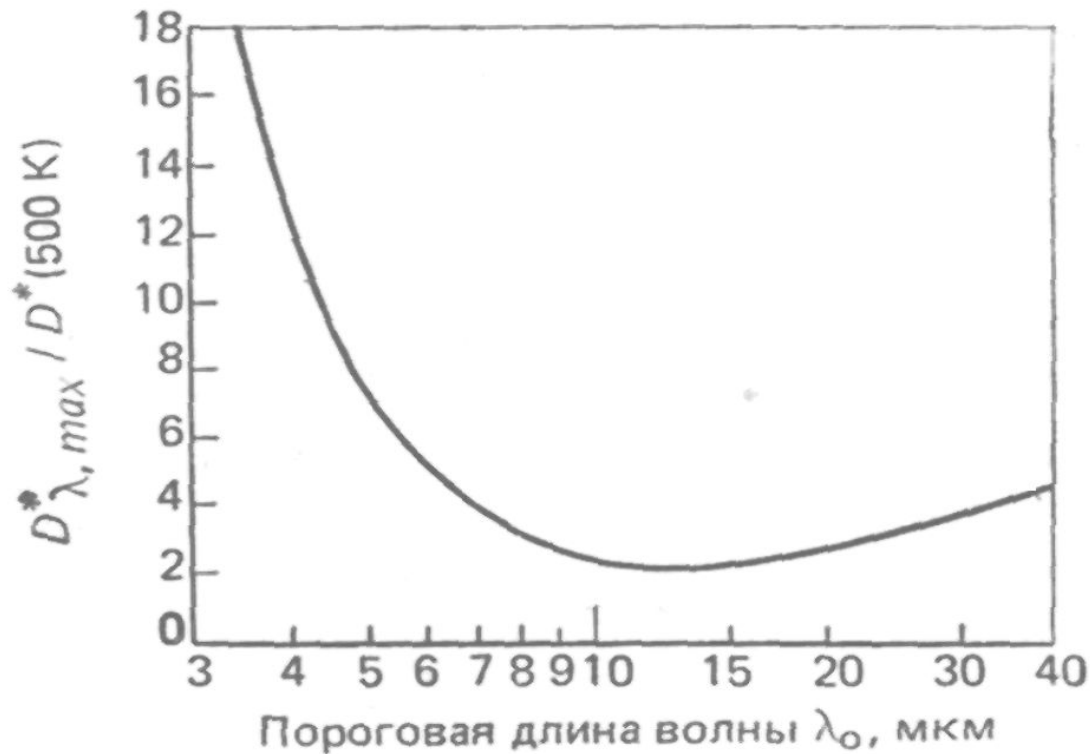
*Потужність, еквівалентна шуму  $\Phi_{e_{\min}}$*

NEP (Noise Equivalent Power), або пороговий потік - значення потоку випромінювання, що створює на виході приймача випромінювання сигнал, який дорівнює середньоквадратичному значенню шуму  $u_n$ :

$$\text{NEP} = \Phi_{e_{\min}} = \frac{u_n}{R_D}$$

# Параметр $D^*$

Зависимость отношения от пороговой длины волны идеального фотонного приемника



# Типові параметри теплових приймачів випромінювання

Приймач випромінювання	$R_D(500\text{ K}),$ В/Вт	$D^*(500\text{ K}),$ $10^8 \frac{\text{см}\sqrt{\text{Гц}}}{\text{Вт}}$	$t_D,$ мс	Робоча температура $T_D,$ К
Термістор-болومتر	100...500	8	0,6...20	300
Зверхчутливий болومتر (Ge)		3000	0,2...1	2,1
Термоелемент	5	15	1,0...100	300
Термостовпчик	200...500	1...20	15...40	300
Піроелектричний модуль	150...1500	3...15	2...40	300

# Мощность, эквивалентная мощности шума

мощность, эквивалентной мощности шума –  $NEP$   
(Noise Equivalent Power).

$NEP$  представляет собой мощность излучения сигнала, которая обеспечивает отношение сигнал-шум в фотоприемнике, равное 1, для данных полосы пропускания измерительного тракта, апертуры и площади фоточувствительного элемента.

# Мощность, эквивалентная мощности шума

$D^*$  и  $NEP$  связаны соотношением:

$$NEP = (A_D B)^{1/2} / D^*$$

Аналогично  $D^*$ ,  $NEP$  определяют по отношению к монохроматическому излучению или по отношению к излучению абсолютно черного тела.

Измеряется  $NEP$  в ваттах

# Обнаружительная способность

Обнаружительная способность определяется как отношение сигнал-шум фотоприемника на единицу падающей мощности и имеет размерность  $(Вт)^{-1}$ .

Величина, обратная  $NEP$ .

Обнаружительную способность часто путают с параметром  $D^*$ .

Но мы под обнаружительной способностью будем понимать значение отношения сигнал-шум на единицу падающей мощности.



# Частотная зависимость, время фотоотклика, постоянная времени

Реакция фотоприемника на модулированный световой сигнал. Зависимость выходного сигнала (фототока или напряжения) от частоты модуляции внешнего излучения:

$$v_S = v_{S_0} / \left[ 1 + (2\pi f\tau)^2 \right]^{1/2}$$

$v_{S_0}$  напряжение фотосигнала на нулевой частоте

$f$  частота

$\tau$  время фотоотклика, которое часто называют постоянной времени фотоприемника.

# Спектр шума

Зависимость напряжения шума или шумового тока от частоты называется **спектром шума**.

Поскольку различные типы шумов по-разному зависят от частоты, то по виду спектра можно определить, какой тип шума преобладает в данном фотоприемнике.

Вместе с тем, спектр шума и частотная зависимость фотоотклика (т. е. спектр сигнала) дают возможность вычислить частотную зависимость **отношения сигнал-шум**, т. е. определить, зависимость  $D^*$  от частоты.

# Режим ограничения флуктуациями сигнала и флуктуациями фонового излучения

режим ограничения фотонным шумом или режим  
VLIP (Background Limited Infrared Photodetector)

Источником фонового излучения, с которым чаще всего приходится сталкиваться, являются объекты, имеющие комнатную температуру **295 К**:

- ✓ фон излучения Земли,
- ✓ различные объекты на поверхности Земли,
- ✓ детали конструкции фотоприемников