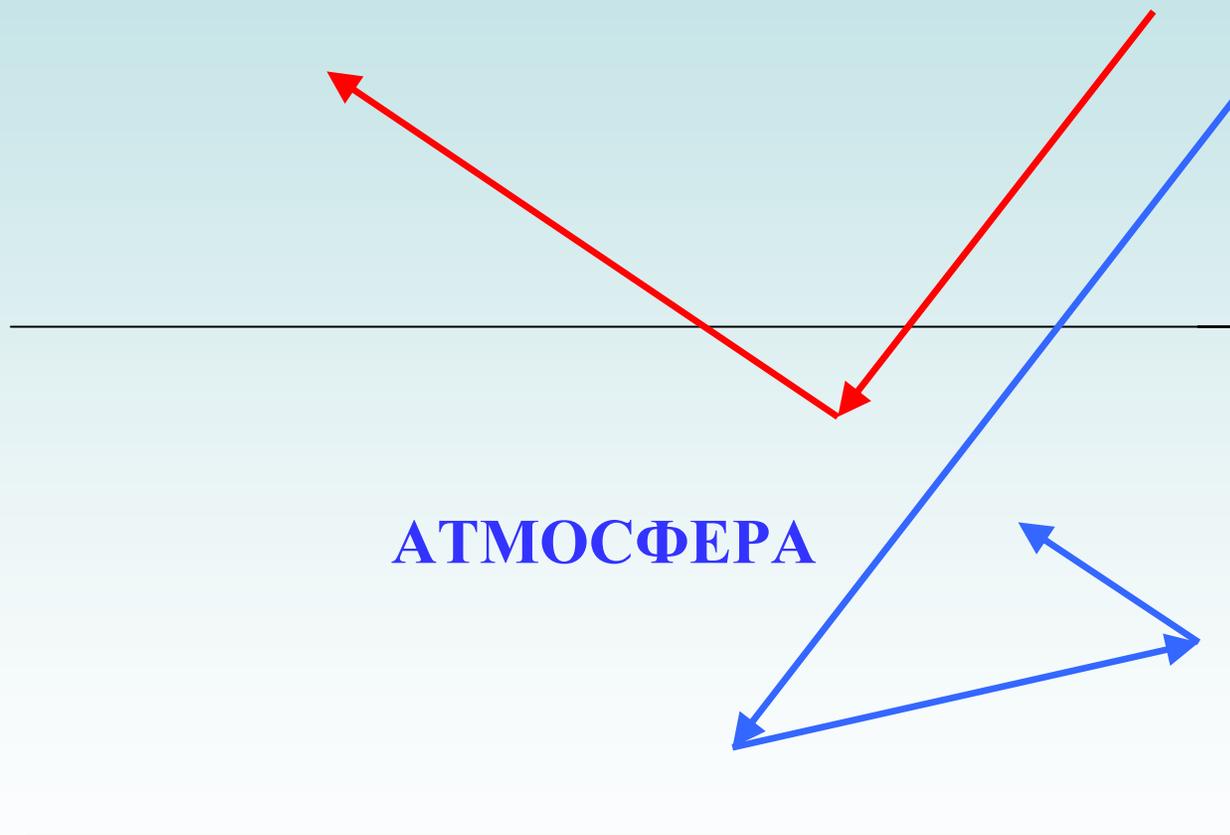


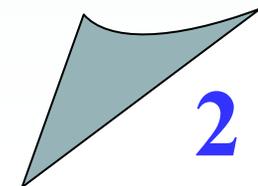
АТМОСФЕРНАЯ КОРРЕКЦИЯ ПРИ ТЕМАТИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКЕ СПУТНИКОВЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ

1. Механизмы формирования спутниковых изображений через атмосферу.
2. Оптические передаточные функции, импульсные реакции. Интегральные характеристики бокового подсвета и вторичной освещенности.
3. Атмосферная коррекция. Общие замечания.
4. Атмосферная коррекция в проблеме раннего обнаружения лесных пожаров.

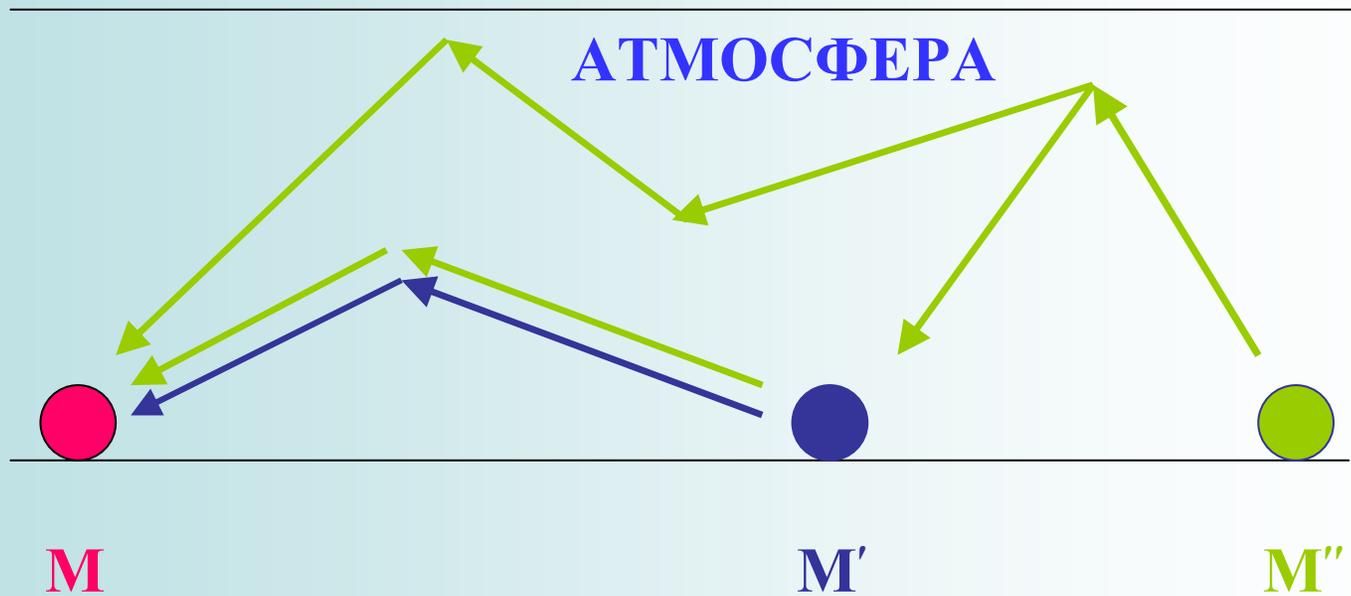
**СВЕТОВАЯ
ДЫМКА**



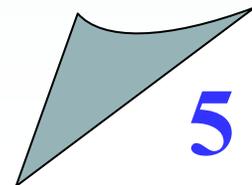
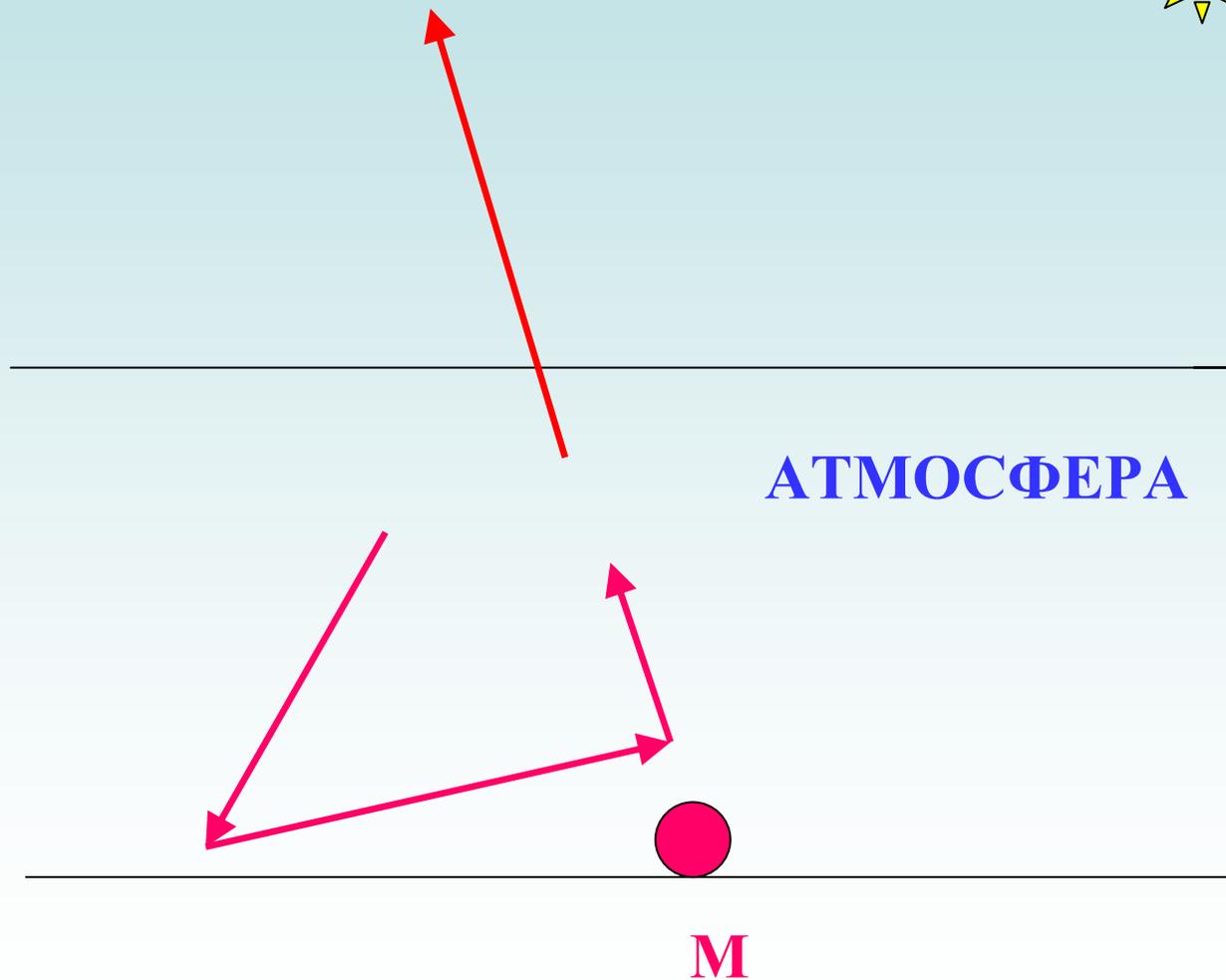
АТМОСФЕРА



ВТОРИЧНАЯ ОСВЕЩЕННОСТЬ



СВЕТИМОСТЬ АТМОСФЕРЫ



КАНАЛ ФОРМИРОВАНИЯ ВТОРИЧНОЙ ОСВЕЩЕННОСТИ



$$P'_{ВХ}(x,y) = P_{ВХ}(x,y) ** h_{gg}(x,y)$$

$h_{gg}(x,y)$ - импульсная переходная характеристика



КАНАЛ ФОРМИРОВАНИЯ БОКОВОГО ПОДСВЕТА ИЛИ ПЕРЕНОСА ИЗОБРАЖЕНИЯ



$$P_{ВЫХ}(x,y) = P'_{ВХ}(x,y) ** h_g(x,y)$$

$h_g(x,y)$ - функция размытия точки

$K(\omega, \gamma) = F^{-2} [h_g(x, y)]$ - оптическая передаточная функция

канала переноса изображения.

Функции $K(\omega, \gamma)$, $h_g(x, y)$ - линейно-системные характеристики. Аналогично определяются линейно-системные характеристики для канала формирования яркостной структуры объекта.

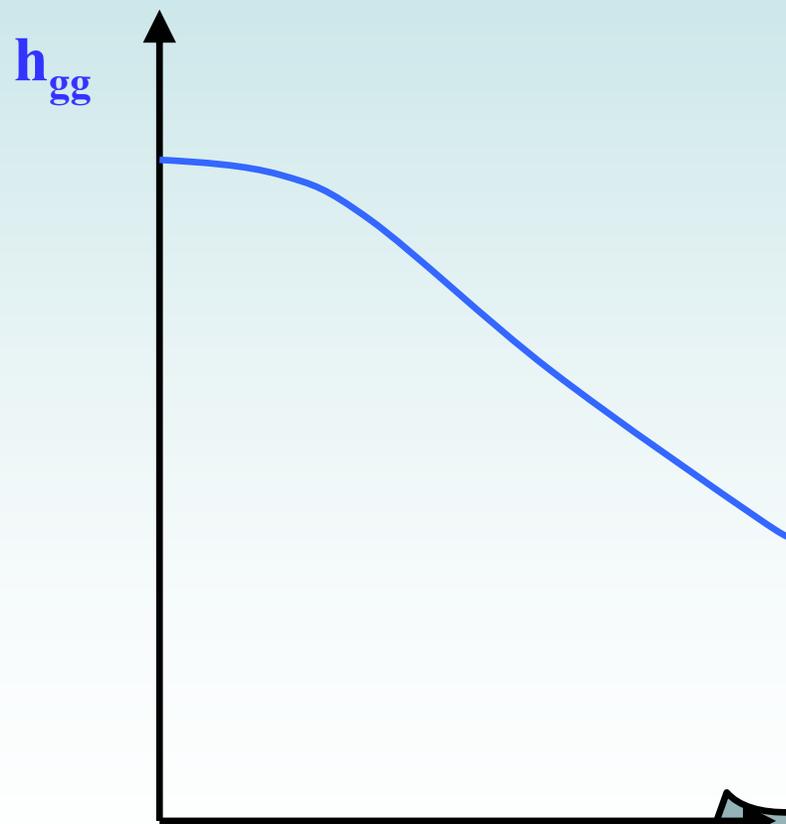
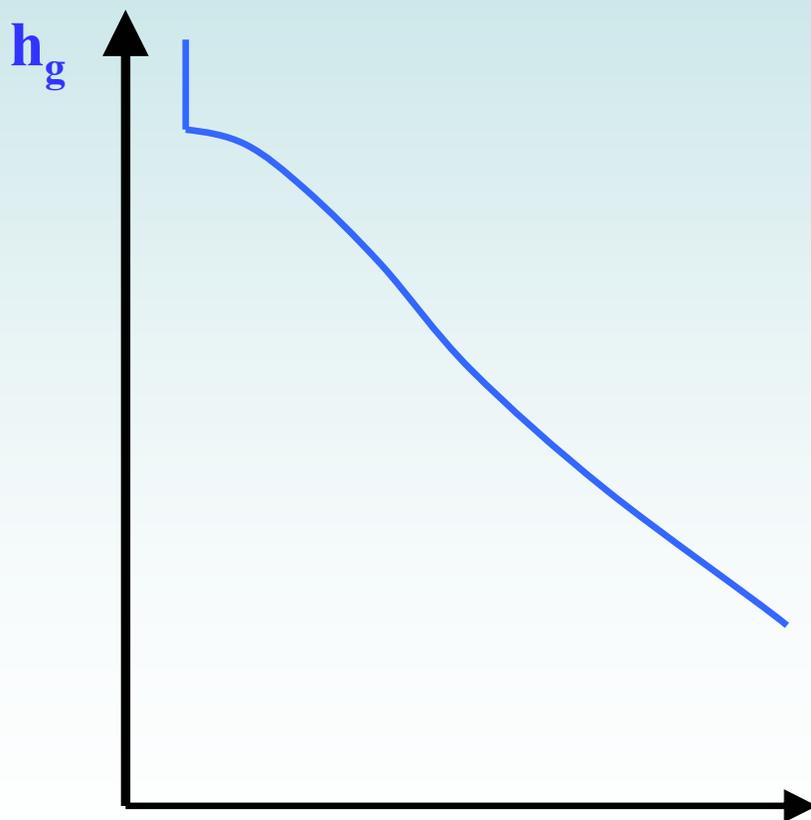
Источники:

1. В.Е. Зуев, В.В. Белов, В.В. Веретенников Теория систем в оптике дисперсных сред. Монография. Томск: Изд-во Института оптики атмосферы СО РАН 1997 г. 402 с.

2. В.В. Белов, С.В. Афонин От физических основ, теории и моделирования к тематической обработке спутниковых Изображений. Монография. Томск: Изд-во Института оптики атмосферы СО РАН 2005 г. 266 с.

ХАРАКТЕРИСТИКИ ИМПУЛЬСНЫХ РЕАКЦИЙ

ФОРМА



Интегральный боковой подсвет $\eta(\infty)$:

$$\eta(\infty) = \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} h(x, y) dx dy ,$$

радиус бокового подсвета R_ε определим из выражения:

$$\eta(R_\varepsilon) / \eta(\infty) = \varepsilon ,$$

где ε – заданный уровень учета бокового подсвета

УРАВНЕНИЕ ПЕРЕНОСА ИЗЛУЧЕНИЯ

$$(\omega, \text{grad } I) = -\beta_{\text{ext}} I + \beta_{\text{sc}} \int_{\Omega} I(\mathbf{r}, \omega') g(\mathbf{r}, \omega, \omega') d\omega' + \Phi_0(\mathbf{r}, \omega)$$

ГРАНИЧНЫЕ УСЛОВИЯ (A) ИЗОБРАЖЕНИЕ ОБЪЕКТА

$$\begin{cases} I(\rho, \omega, z = z_1) = E(\rho, z = 0) G(\rho, \omega), & (\omega, \mathbf{n}_1) < 0, \\ I(\mathbf{r}, \omega) = \pi S_{\lambda} \delta(\omega - \omega_0), & z = z_2, \quad (\omega, \mathbf{n}_2) < 0, \end{cases}$$

ГРАНИЧНЫЕ УСЛОВИЯ (Б) СВЕТОВАЯ ДЫМКА И «ПЕРВИЧНАЯ» ОСВЕЩЕННОСТЬ

$$\begin{cases} I_g(\rho, \omega) = 0, & z = z_1, & (\omega, \mathbf{n}_1) < 0, \\ I_g(\mathbf{r}, \omega) = \pi S_\lambda \delta(\omega - \omega_0), & z = z_2, & (\omega, \mathbf{n}_2) < 0. \end{cases}$$

ГРАНИЧНЫЕ УСЛОВИЯ (В) ДЛЯ ФУНКЦИИ h_{gg} , h_g

$$\begin{cases} I(\rho, \omega) = E \mathfrak{z}(\rho, \mathbf{m}) \delta(\rho - \rho_0), & z = z_1, & (\omega, \mathbf{n}) < 0, \\ I(\mathbf{r}, \omega) = 0, & z = z_2, & (\omega, \mathbf{n}) < 0. \end{cases}$$

ЯРКОСТНАЯ СТРУКТУРА ОБЪЕКТА

$$I_n(x, y; \mathbf{m}) = G(x, y; \mathbf{m}) \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} h_{gg}(x - x', y - y'; \mathbf{m}) \times \\ \times I_{n-1}(x, y; \mathbf{m}') dx' dy' d\mathbf{m}',$$

$$I = I_0 + I_1 + I_2 + \dots$$

ИЗОБРАЖЕНИЕ

$$I_0(x, y; -\mathbf{n}) = \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} h_g(x', y'; -\mathbf{n}) I(x - x', y - y') dx dy.$$

АТМОСФЕРНАЯ КОРРЕКЦИЯ

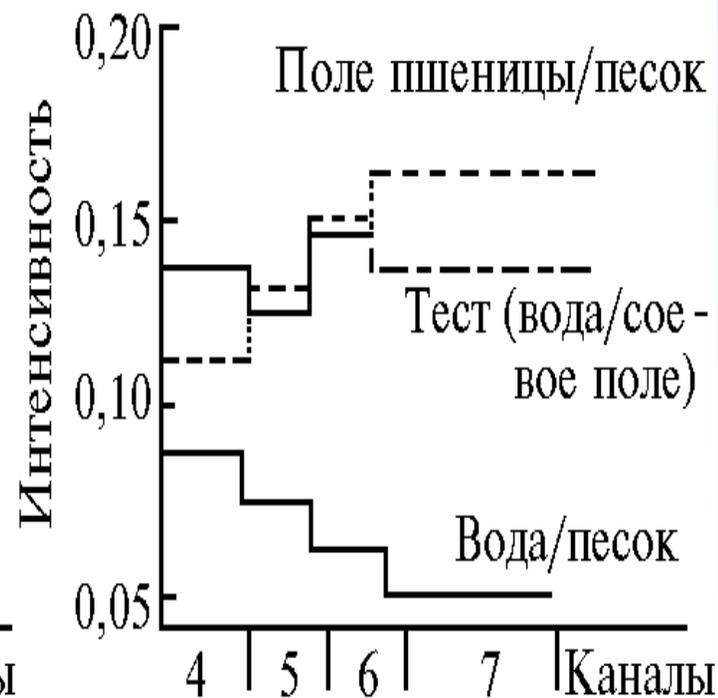
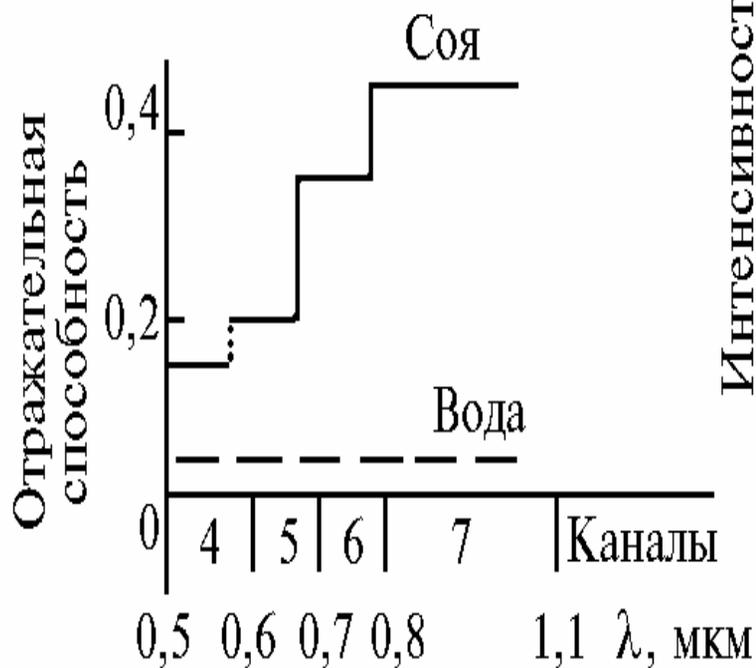
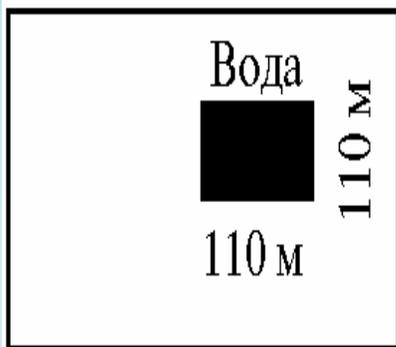


ДА !

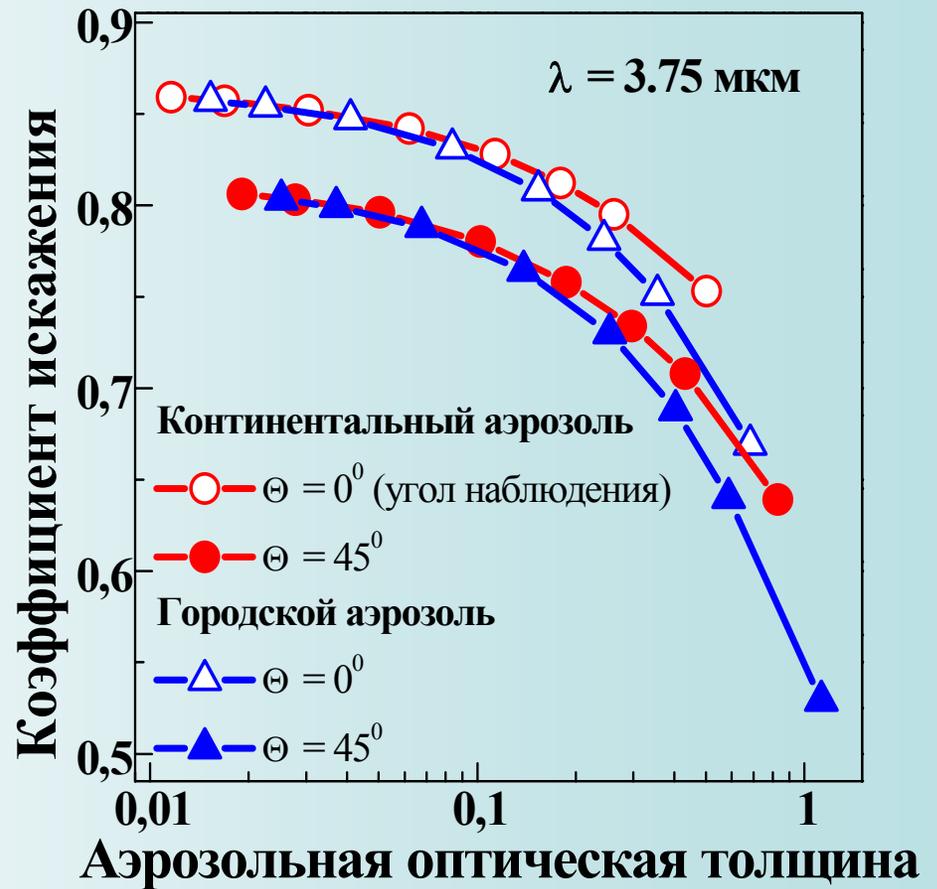
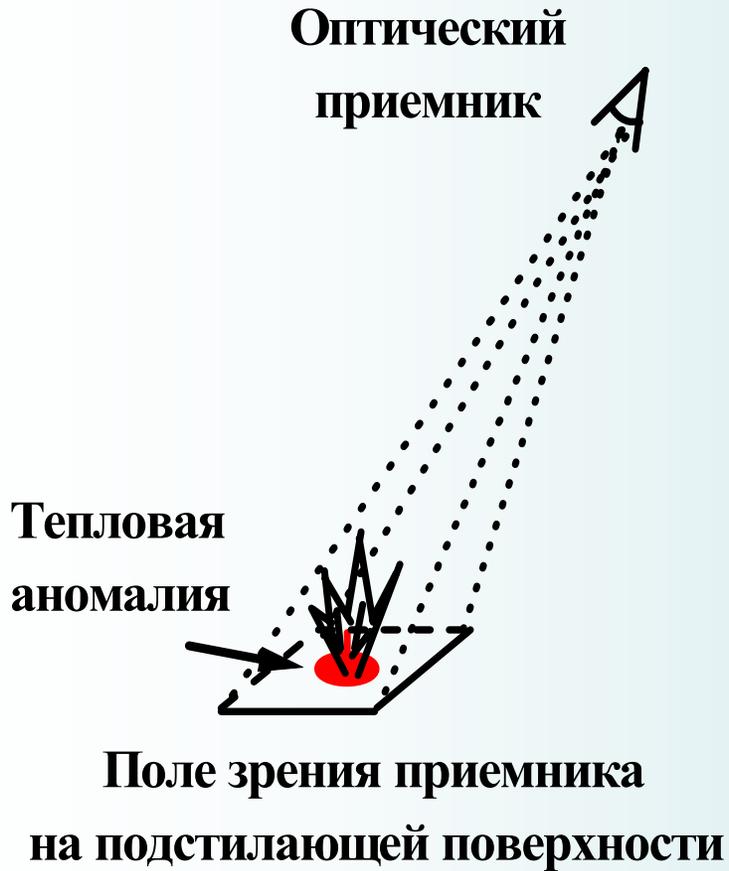
НЕТ !

ИСКАЖЕНИЕ СПЕКТРА ОБЪЕКТА

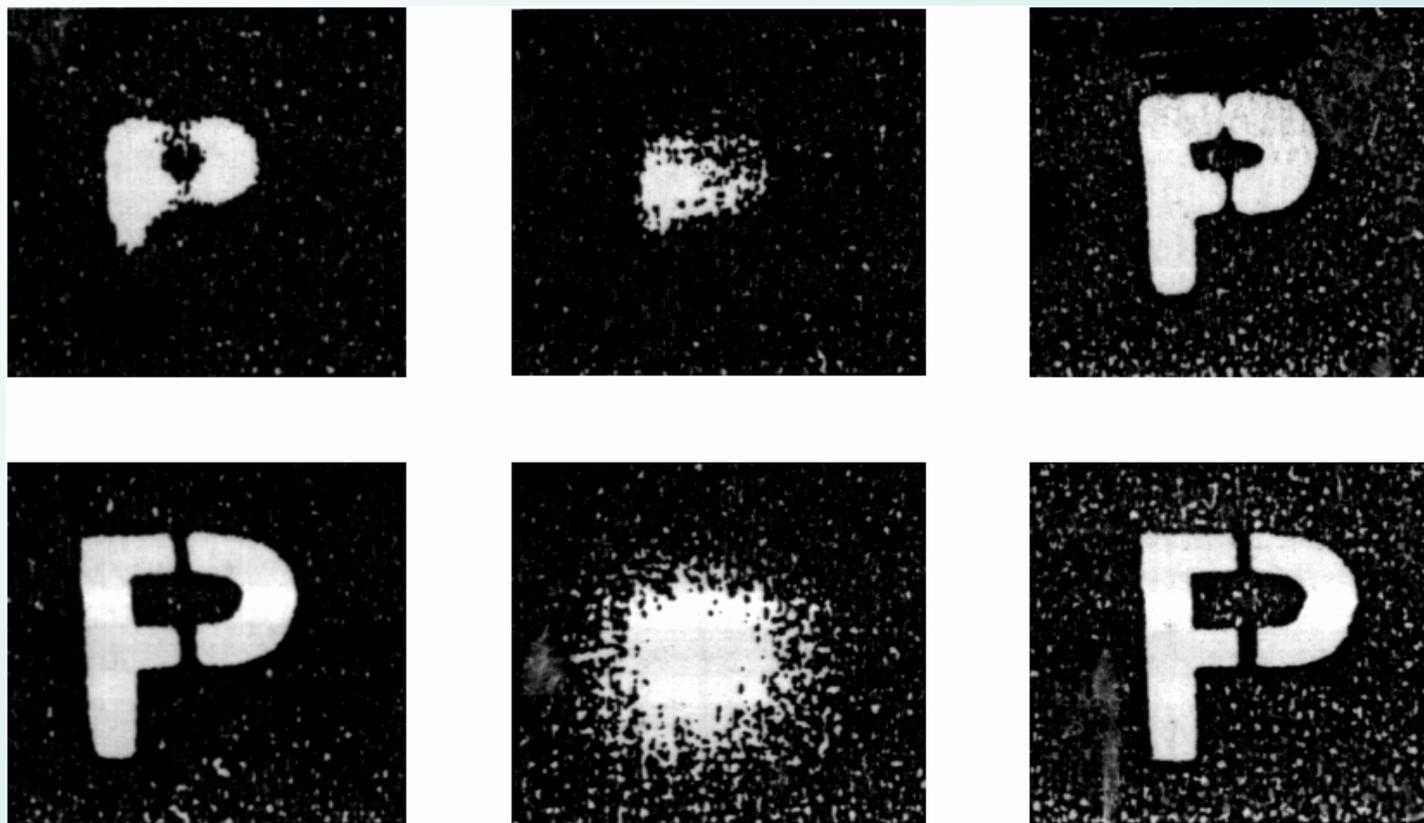
Соевое поле



ИСКАЖЕНИЕ РАЗМЕРОВ



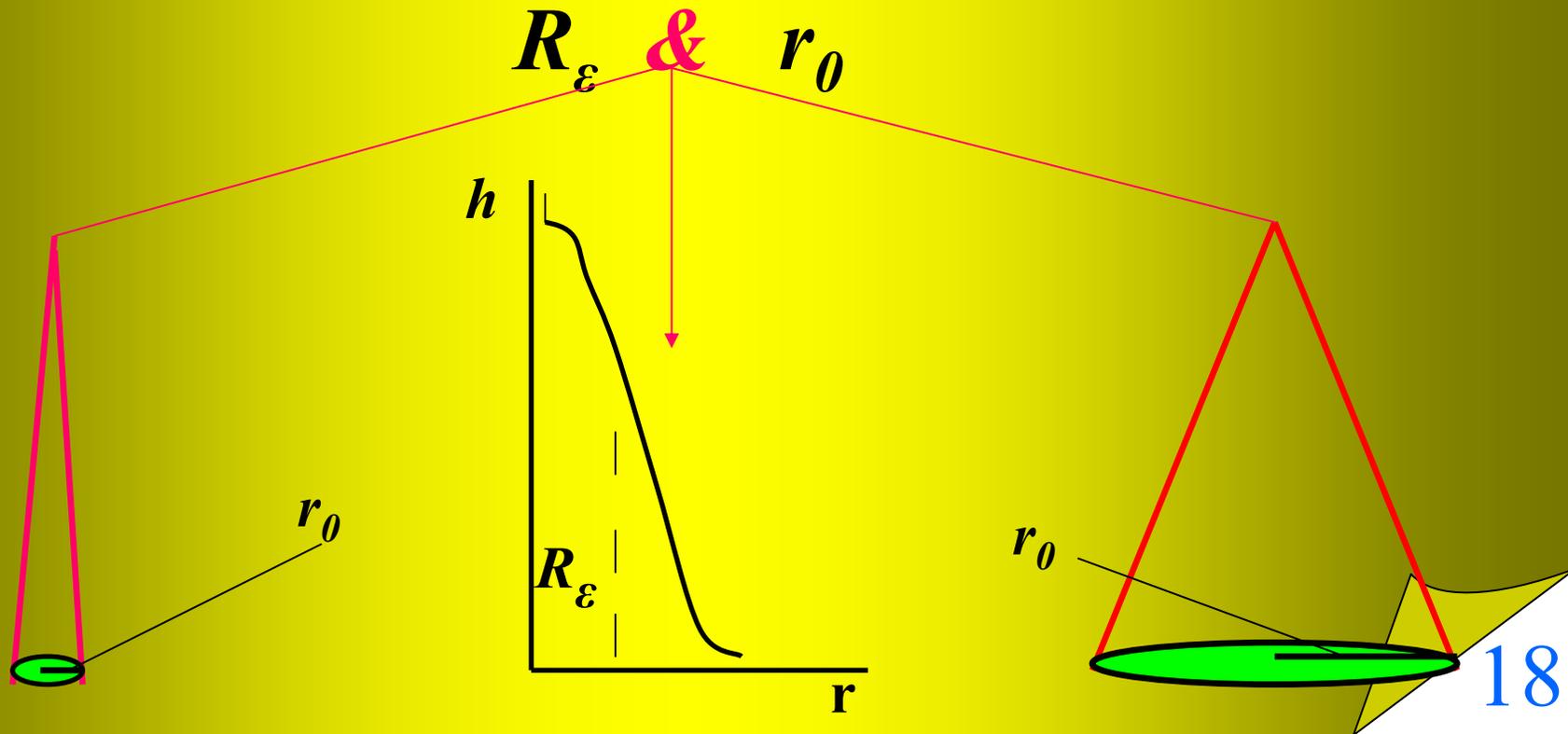
ИСКАЖЕНИЕ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ СТРУКТУРЫ ОБЪЕКТА



ПРОСТРАНСТВЕННОЕ РАЗРЕШЕНИЕ ОПТИКИ

И

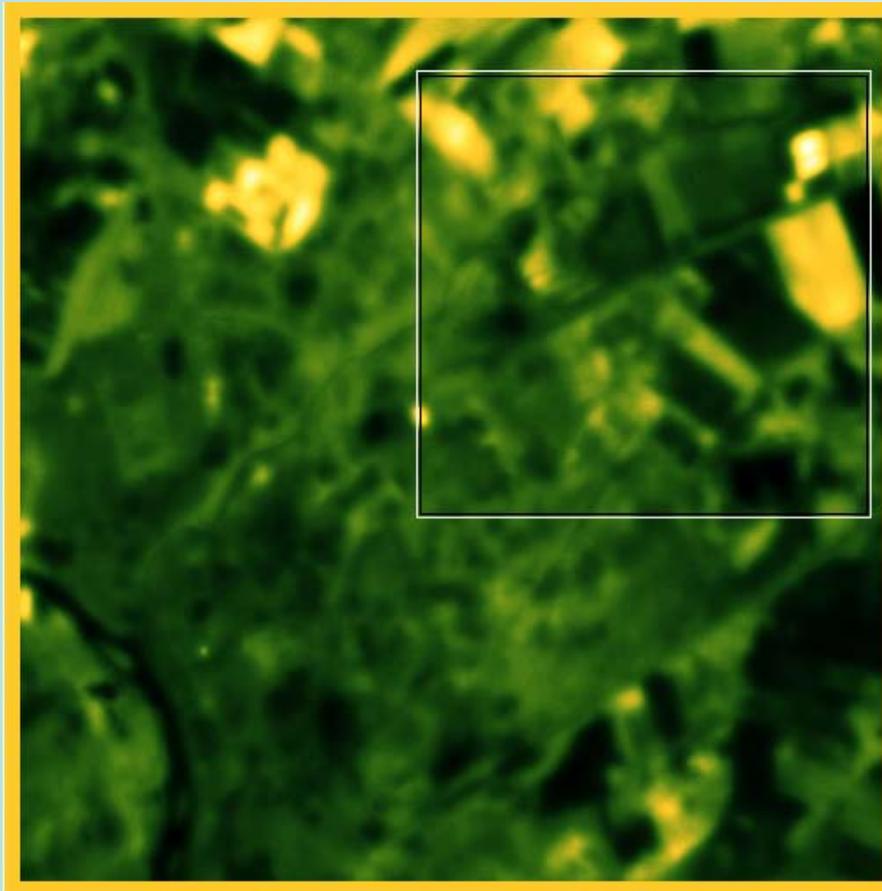
УРОВЕНЬ АТМОСФЕРНОЙ КОРРЕКЦИИ



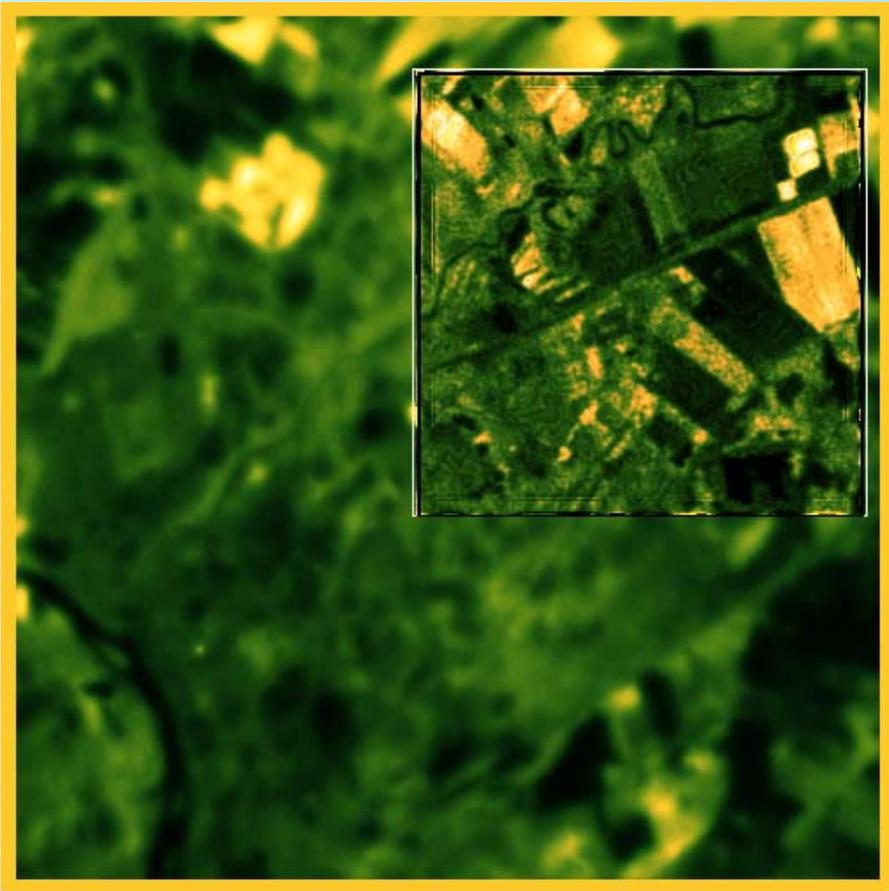
ПОДХОДЫ К КОРРЕКЦИИ

- ФИЛЬТРАЦИЯ В ЧАСТОТНОЙ ОБЛАСТИ
- ЗАВИСИМОСТЬ ПОРОГОВ ОТ УСЛОВИЙ НАБЛЮДЕНИЯ (В ЗАДАЧАХ ОБНАРУЖЕНИЯ)
- ФИЛЬТРАЦИЯ В ПРОСТРАНСТВЕННОЙ ОБЛАСТИ

ФИЛЬТРАЦИЯ В ЧАСТОТНОЙ ОБЛАСТИ

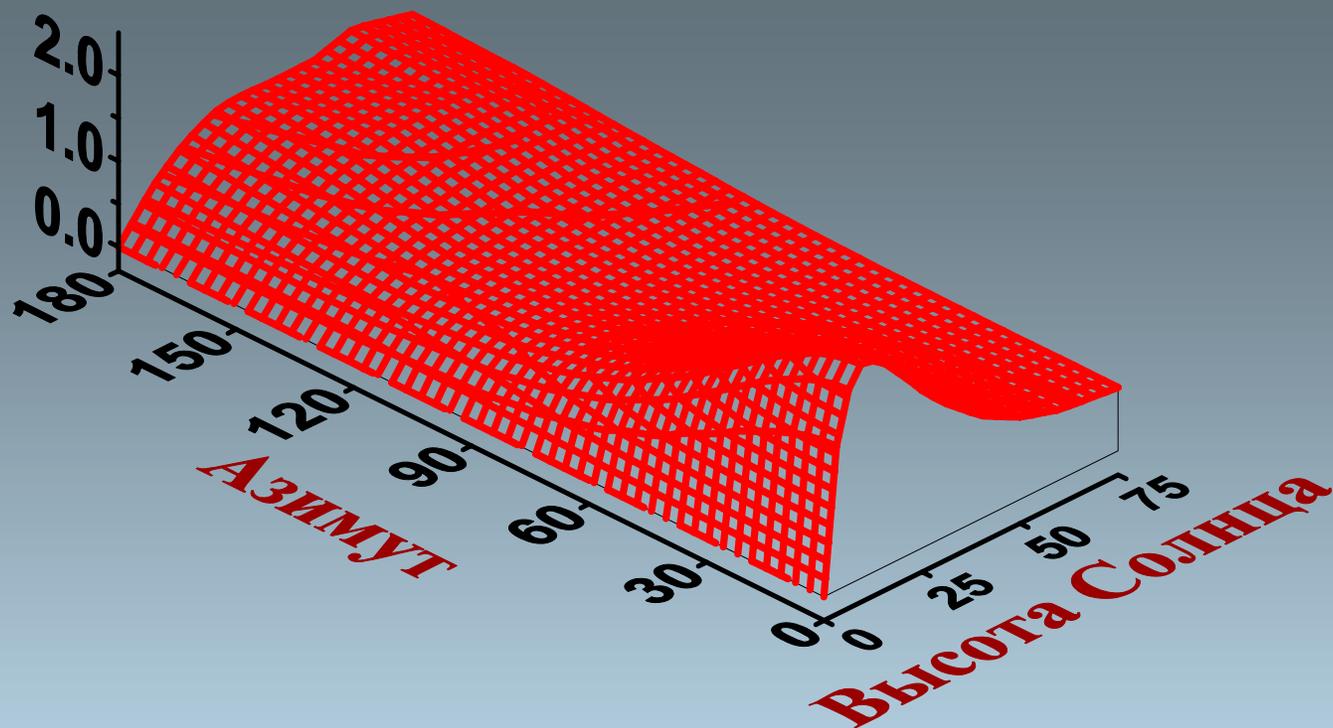


Замутненное изображение



Восстановленное изображение

Восстановление изображений в предположении существования резких яркостных градиентов (спутник «Ресурс», окрестности г. Томска)



**ЗАВИСМОСТЬ ПОРОГА ОТ ОПТИКО-
ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ НАБЛЮДЕНИЯ**

$$S + F > h(A)$$



pixel : (S + F) 2003 г.:

S' - АТМОСФЕРНАЯ
КОРРЕКЦИЯ

F' - ОПТИЧЕСКИЕ
СВОЙСТВА
АТМОСФЕРЫ

ПРОСТРАНСТВЕННАЯ ФИЛЬТРАЦИЯ

Points	$A_1, \%$	T_4, K	T_3, K	$T_3^{\text{COR}}, \text{K}$
F1	8.38	259.3	293.0	355.5
F2	5.77	268.4	322.6	358.5

ВХОДНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

- **ВЕРТИКАЛЬНЫЕ ВЫСОТНЫЕ ПРОФИЛИ ТЕМПЕРАТУРЫ И ВЛАЖНОСТИ ВОЗДУХА**
 - **СОДЕРЖАНИЕ МГС**
- **ФООНОВАЯ ТЕМПЕРАТУРА ПОВЕРХНОСТИ, ЕЕ ОТРАЖАТЕЛЬНЫЕ СВОЙСТВА**

Источник информации:
спутниковые измерения +
региональная сеть
метеонаблюдений, станции
вертикального зондирования
атмосферы; климатические и
региональные метеомодели.

*Оптическое состояние
атмосферы:*

**ключевые оптические
характеристики атмосферного
аэрозоля и облачности.**

Источник информации:
**спутниковый мониторинг,
контролируемый данными локальных
наземных измерений,
оптические модели атмосферы.**

Расчет искажающих характеристик атмосферы:

- коэффициенты поглощения и функции пропускания атмосферы;
- потоки теплового излучения атмосферы;
- потоки рассеянного атмосферой солнечного излучения.

Геометрия:

угол наклона оси прибора, зенитный угол Солнца, относительный азимут.

УСПЕХОВ !



Благодарю за внимание!