



**Контраст объекта на изображениях в УФ-А диапазоне**

***В.В.Егоров<sup>1</sup>, А.П.Калинин<sup>2</sup>, И.Д.Родионов<sup>3</sup>,***

***А.И. Родионов<sup>3</sup>, И.П. Родионова<sup>3</sup>***

*<sup>1</sup>Институт космических исследований РАН, Москва*

*<sup>2</sup>Институт проблем механики им. А.Ю.Ишлинского РАН, Москва*

*<sup>3</sup>АО, Научно-технический центр «Реагент», Москва*

# Контраст объекта на изображении в УФ-А диапазоне

**Цель доклада:** Изложение теоретических и экспериментальных результатов по исследованию контраста изображений объектов в УФ-А диапазоне.

## Решаемые задачи:

1. Вывод формул контраста объектов, наблюдаемых на фоне земной поверхности и небосвода при различной свето-теневой обстановке и различных метеоусловиях с учетом влияния альbedo зондируемых объектов и отражающих поверхностей вблизи приемника излучения.
2. Разработка и обоснование методики экспериментальной проверки справедливости полученных теоретических соотношений применительно к случаю отрицательного контраста объектов на фоне небосвода.
3. Проведение наземного эксперимента с использованием камеры УФ-А диапазона (300-400 нм) по съемке эталонных отражателей с различным альbedo, расположенных на фоне небосвода, и сравнение полученных в результате съемки зависимостей их контраста с величинами контраста, рассчитанными по модели.

# Контраст объекта на изображении в УФ-А диапазоне

## Контраст объекта на изображении

Здесь  $L_o$  и  $L_\phi$  – яркости соответственно объекта и фона

$$K_0 = \frac{L_o - L_\phi}{L_\phi}.$$

## Контраст объекта на фоне земной поверхности

$$K_R^{\Pi} = \frac{e^{-\alpha_3 R} (\rho_o - \rho_\phi) L_{сн}}{e^{-\alpha_3 R} \rho_\phi L_{сн} + (1 - e^{-\alpha_3 R}) L_H}.$$

## Контраст объекта на фоне неба

$$K_R^H = \frac{\rho_o \cdot L_c e^{-\alpha_3 R} + L_H (1 - e^{-\alpha_3 R}) + \rho_o \cdot \rho_3 (L_c + L_H) e^{-2\alpha_3 R} - L_H}{L_H}.$$

## Контраст объекта на изображении в УФ-А диапазоне

Контраст объекта на фоне неба

$$K_R^H = [\rho_0 \cdot k + \rho_0 \cdot \rho_3 (1 + k) e^{-\alpha_3 R} - 1] e^{-\alpha_3 R}.$$

$k = L_c/L_n$  – отношение яркости Солнца к яркости неба



Пример отрицательного контраста изображения дирижаблей на фоне неба  
в УФ-А диапазоне

# Контраст объекта на изображении в УФ-А диапазоне

## Частные случаи

- 1. Случай ясной погоды и Солнца, которое может полностью или частично освещать зондируемый объект. При этом, как уже было сказано выше, величина  $k$  меняется от 0 до 4. Рассмотрим частный случай малой оптической толщины атмосферы. Полагая  $\alpha_3 R \ll 1$ , имеем:

$$K_R^H \approx k\rho_0 + \rho_0 \cdot \rho_3(1+k) - 1.$$

Отсюда следует, что при подсвечивании объекта Солнцем величина контраста в принципе может быть как положительной, так и отрицательной в зависимости от величины коэффициентов отражения объекта и земной поверхности, а также от  $k$ . Значения  $\rho_0$  и  $\rho_3$ , в большинстве практических случаев находятся в пределах от 0,05 до 0,2 и, учитывая, что  $k \leq 4$ , контраст объекта практически всегда будет отрицательным. Исключения могут составлять лишь бликующие объекты.

- 2. Случай пасмурной погоды, когда  $k = 0$ . Величина контраста при этом составит

$$K_R^H \approx (\rho_0 \cdot \rho_3 e^{-\alpha_3 R} - 1) e^{-\alpha_3 R}.$$

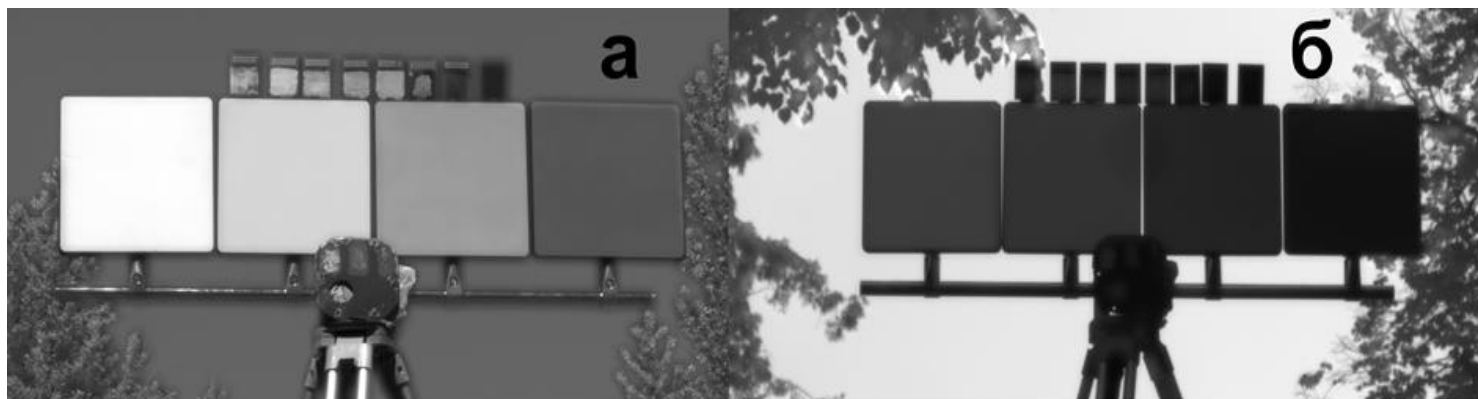
Т.е. будет отрицательной, поскольку первое слагаемое внутри скобок всегда меньше единицы.

Формулы могут быть использованы для определения коэффициента экстинкции атмосферы по данным измерений контраста объекта (летательные аппараты, высокие трубы, башни антенн телецентров) на фоне небосвода.

# Контраст объекта на изображении в УФ-А диапазоне

## Эксперимент по определению величин контраста в УФ-А диапазоне для объектов на фоне небосвода

Целью проводимого эксперимента была проверка справедливости сделанных допущений при выводе формул (4) и (5) для различных условий освещенности эталонных отражателей. Измерения интенсивности излучений от эталонов и от небосвода выполнялись с помощью камеры 01-PRIME-BSI-EXP с фокусным расстоянием объектива 50 мм и интерференционным фильтром ВР324 (300-360 нм).

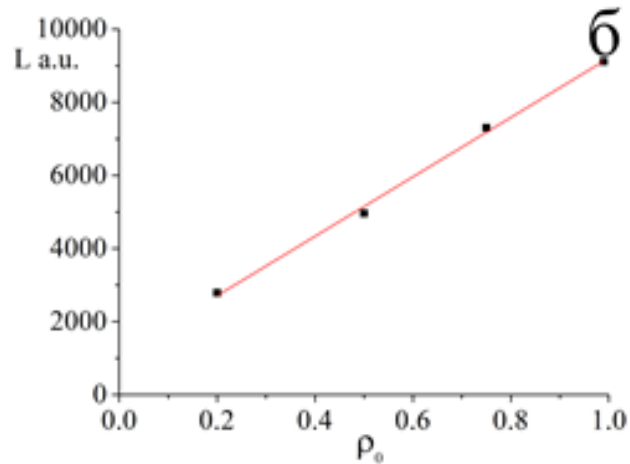
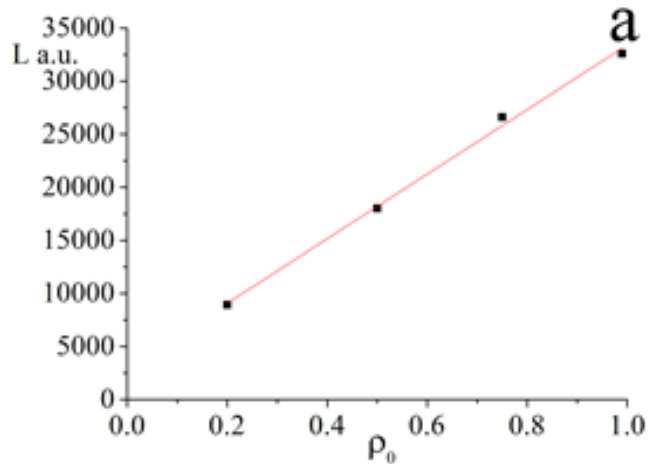


Режимы проведения эксперимента: а – режим 1 (прямое освещение эталонных отражателей Солнцем); б – режим 2 (отражатели находятся в тени).

$$\rho_0 = 0,2; 0,5; 0,75; 0,99$$

# Контраст объекта на изображении в УФ-А диапазоне

## Результаты измерений

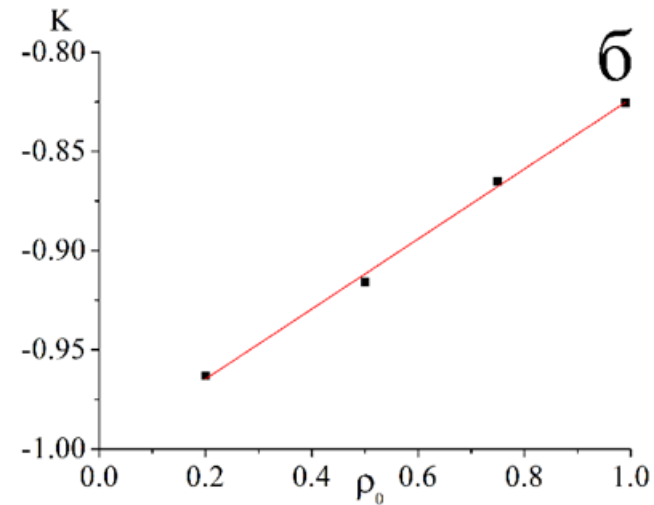
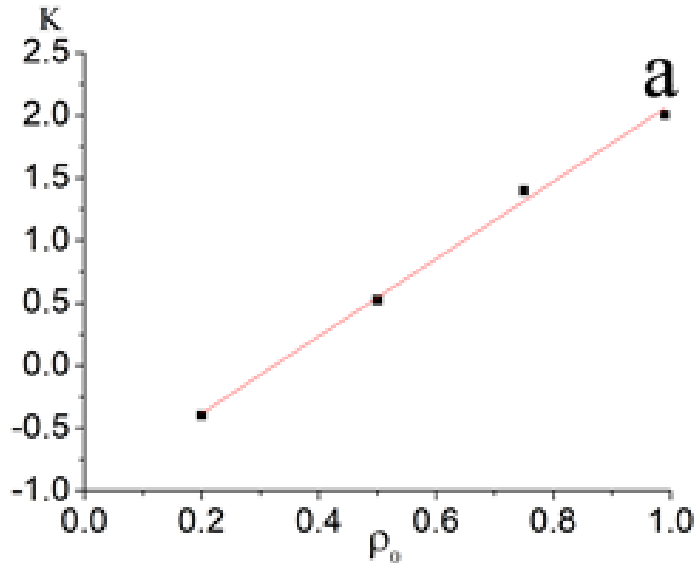


Зависимость уровня сигнала от коэффициента отражения, получаемого от эталонных отражателей (до коррекции): а - прямое солнечное освещение; б - эталоны находятся в тени.

Из рисунков видно, что при коэффициенте отражения равном нулю, сигнал в ноль не уходит. Данный эффект может происходить по нескольким причинам. Одна из них наличие темнового тока в съемочной УФ-А камере. Вторая причина переотражение излучения в объективе камеры. Третья причина – попадание фотонов от фонового излучения под различными углами на объектив. Данные “шумы” дают аддитивный вклад в сигнал.

# Контраст объекта на изображении в УФ-А диапазоне

## Результаты измерений



Графики расчетных (розовые) и экспериментальных (точки) значений контраста эталонных отражателей в зависимости от коэффициента отражения объекта  $\rho_0$ : а – режим 1 (на Солнце),  $k = 1,2$  и  $\rho_3 = 0,06$ ; б – режим 2 (в тени),  $k = 0,06$  и  $\rho_3 = 0,06$ .

Расчетные графики точно следуют линейному закону. При экстраполяции этих графиков к значениям нулевых аргументов, т.е. при  $\rho_0 \rightarrow 0$  все они стремятся к -1. Экспериментальные значения близки к линейным и имеют незначительные отклонения от линейности, что возможно связано с погрешностями измерений.



# Контраст объекта на изображении в УФ-А диапазоне

## Заключение

Внедрение в практику дистанционного зондирования технологий и приборов УФ-А диапазона получает в настоящее время все более широкое распространение. Особую роль в этом сыграло использование монофотонных сенсоров, снабженных время-координатно-чувствительными детекторами (ВКЧД), камер УФ-А диапазона и УФ гиперспектрометров. Получаемая с их помощью информация требует новых подходов к ее обработке. В частности, большой интерес представляет извлечение информации из данных о контрасте изображений объектов на фоне земной поверхности и небосвода. Результаты экспериментальных исследований в принципе подтвердили справедливость полученных теоретических соотношений. Использование данных о контрасте изображений позволит обнаруживать малоразмерные объекты (летательные аппараты, стаи птиц и др.) в атмосфере, что весьма актуально для аэродромных служб. Кроме того, имеется принципиальная возможность определять по измеренным значениям контраста коэффициент экстинкции атмосферы и по его величине характеризовать состояние приземной атмосферы, степень ее загрязнения и оценивать содержание озона.

**Благодарим за  
внимание**