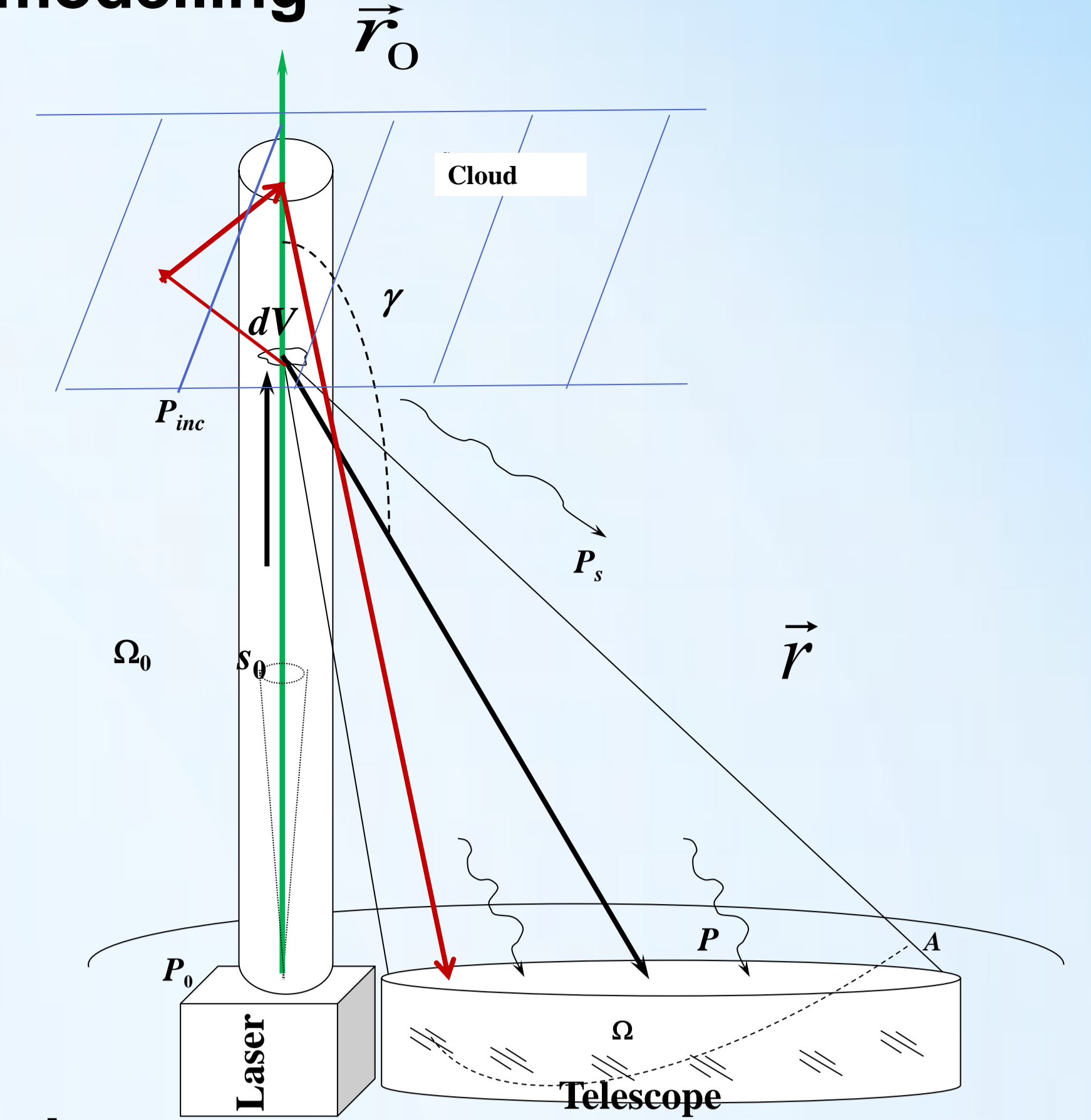


# Надо ли учитывать многократное рассеяния света при лидарном зондировании тонкой облачности?

Мельникова И.Н.<sup>1</sup>, Васильев А.В.<sup>1</sup>, Самуленков Д.А.<sup>1</sup>, Сапунов М.В.<sup>1</sup>, Тагаев В.В.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Санкт-Петербургский государственный университет,  
<sup>2</sup> Российский государственный гидрометеорологический университет  
 Санкт-Петербург, РФ

## Theoretical modelling



Аналитические формулы:

1) Основной сигнал (однократно-рассеянный)

$$B_1(\chi, r) = \frac{\omega_0}{4\pi} x(\chi) \exp(-\alpha(z - z_{dn} + r))$$

2) Дополнительный сигнал (многократно-рассеянный)

$$I_s(t_0 + t) = I(t_0) \frac{\omega_0^3}{32\pi^2} \int_0^{\tau(z_{up} - z_{dn})} d\tau \exp(-\tau) \int_{-1}^1 d\chi B(\tau, \chi) x(\chi)$$

$$B(\tau, \chi) = \begin{cases} \int_0^{\tau(z_{up} - z_{dn})} d\tau' v(z'') x(\chi'') x(-\chi') \exp(-\tau_s), & \text{for } \chi \geq 0 \\ \tau \\ \int_0^{\tau(z_{up} - z_{dn})} d\tau' v(z'') x(\chi'') x(-\chi') \exp(-\tau_s), & \text{for } \chi < 0 \end{cases}$$

3) Линейная аппроксимация 3<sup>его</sup> рассеяния

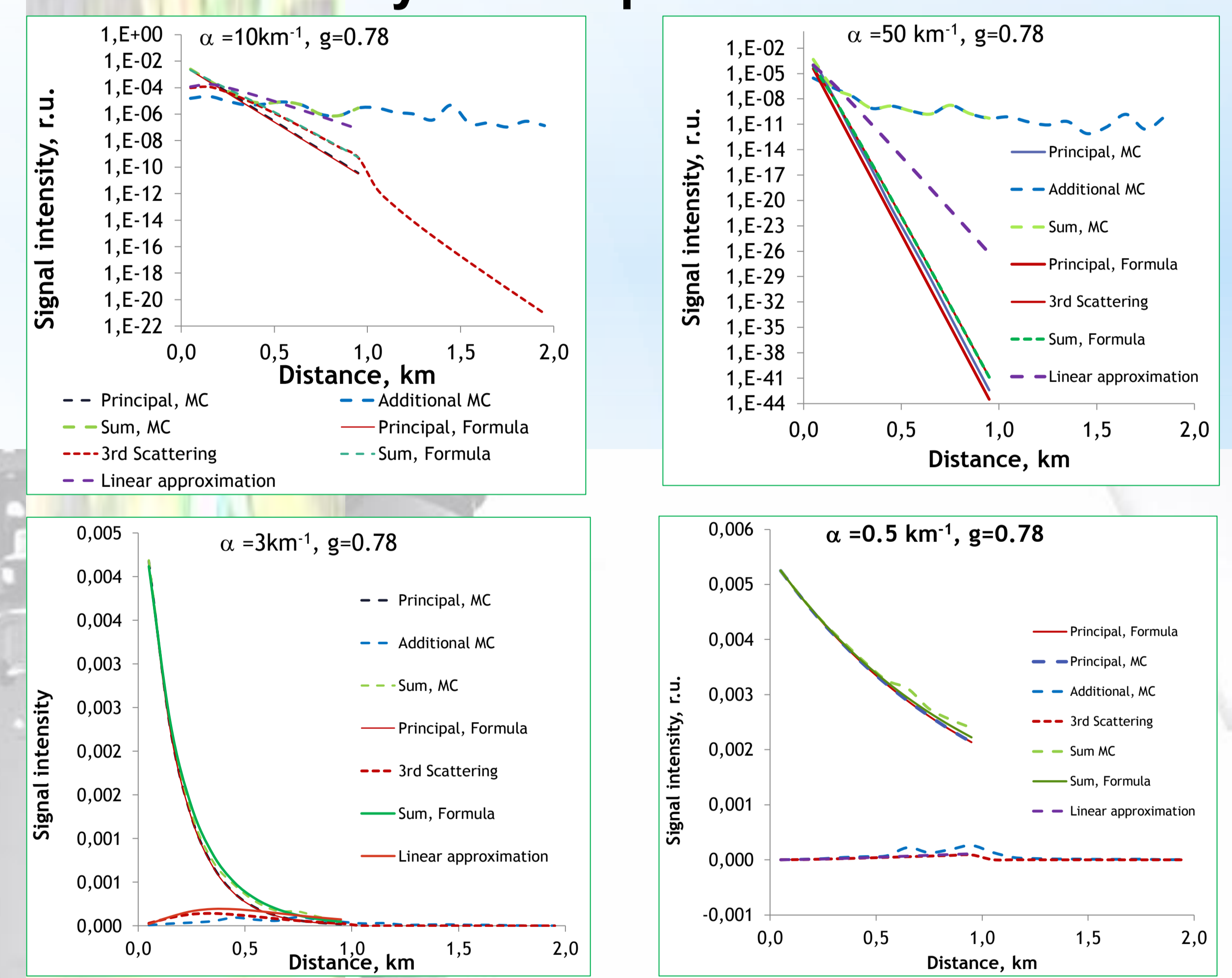
$$I_s(t_0 + t) = I(t_0) \frac{\omega_0^3}{32\pi^2} G(\delta) T(2\alpha c(t - t_0)) \quad T(\tau_0) = ((1 + 2\tau_0)(1 - \exp(-\tau_0)) - \tau_0) \exp(-\tau_0)$$

$$G(\delta) = \frac{1}{4g} \left( \frac{1}{1-g} - \frac{(1-g)^3}{(1+g^2 - 2g(1-\delta))^2} \right)$$

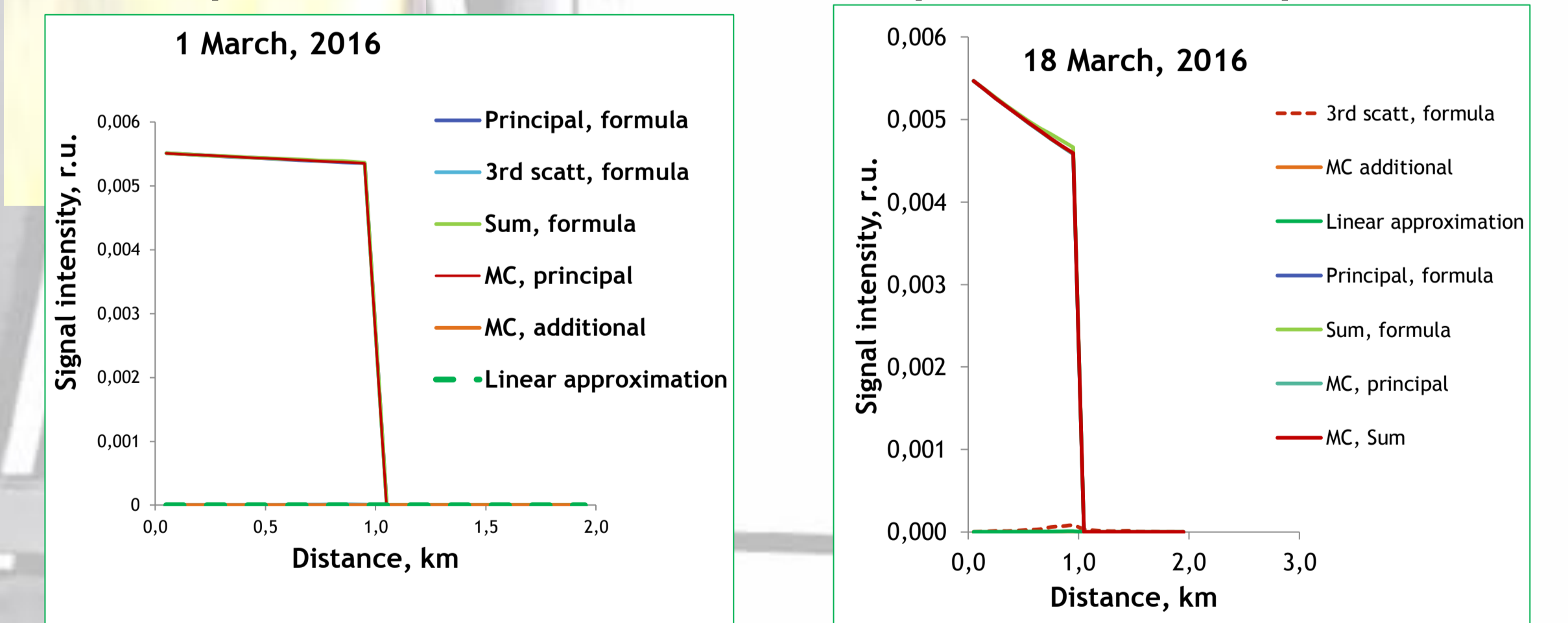
4) Моделирование Монте-Карло

RND в пределах [0,1], Разыгрываются 100000 фотонов, Траектория обрывается при погрешности  $\delta \sim 10^{-10}$

## Результаты расчетов



Моделирование сигнала 1 марта и 18 марта 2016



## Цели:

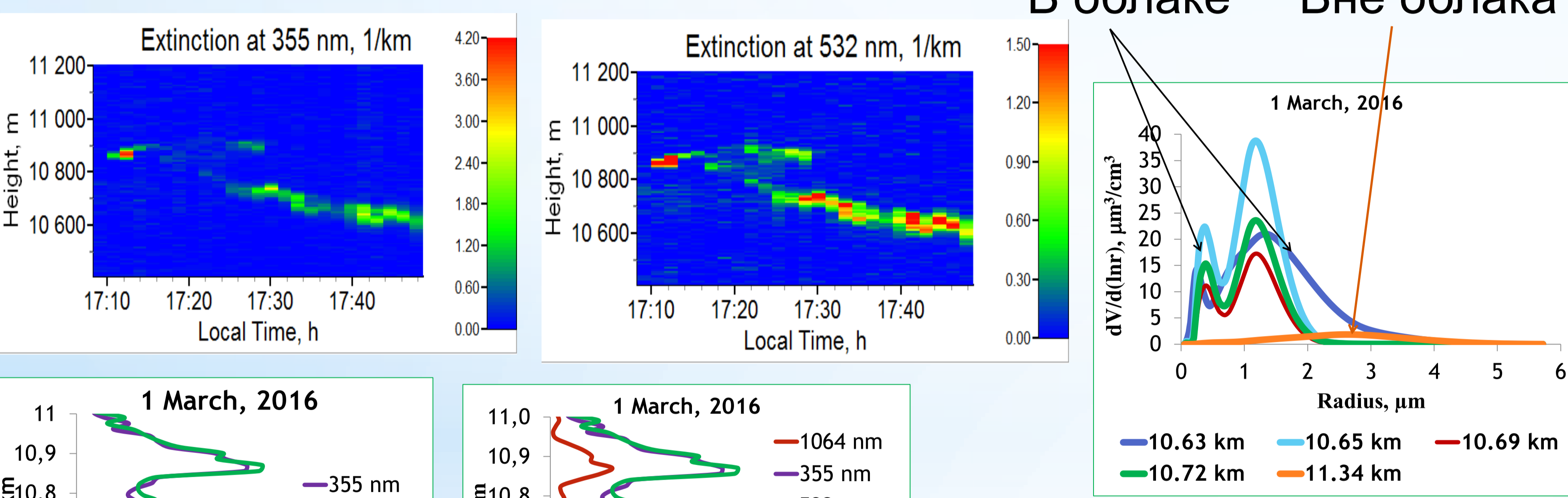
- Учет вклада многократного рассеяния для определения корректирующей поправки при профайлинге атмосферных параметров :
- Применение метода при лидарном зондировании тонких облаков в Ресурсном центре СПбГУ

## Наблюдения

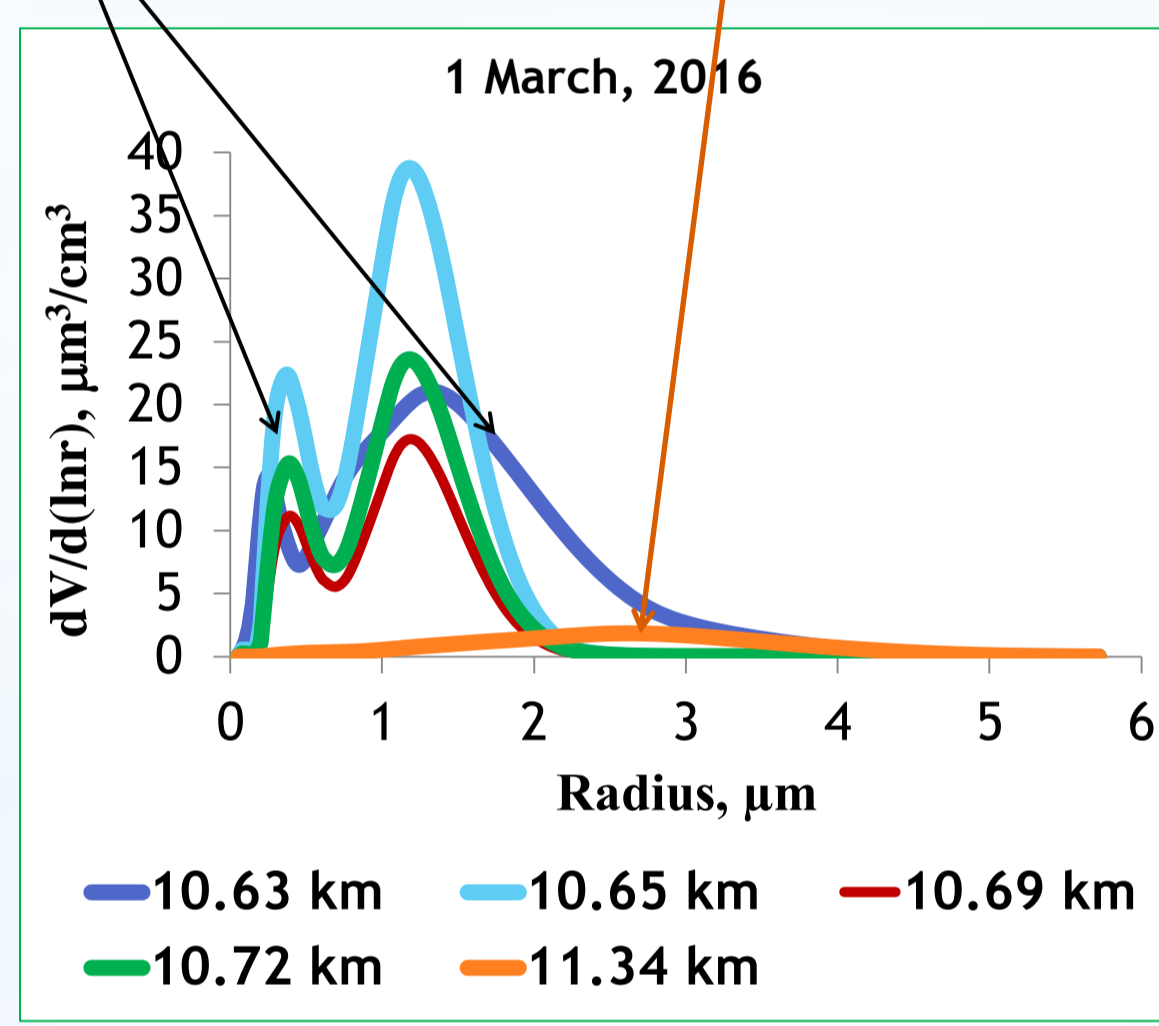
### Характеристики аэрозольного лидара

Излучение лазера в 355, 532 и 1064 нм каналах  
 Усреднение 2000 импульсов в 100 сек  
 Рамановские каналы 387, 408, 608 нм  
 Деполяризация регистрируется в канале 355 нм  
 Расстояние зондирования от 300 м до 25 км

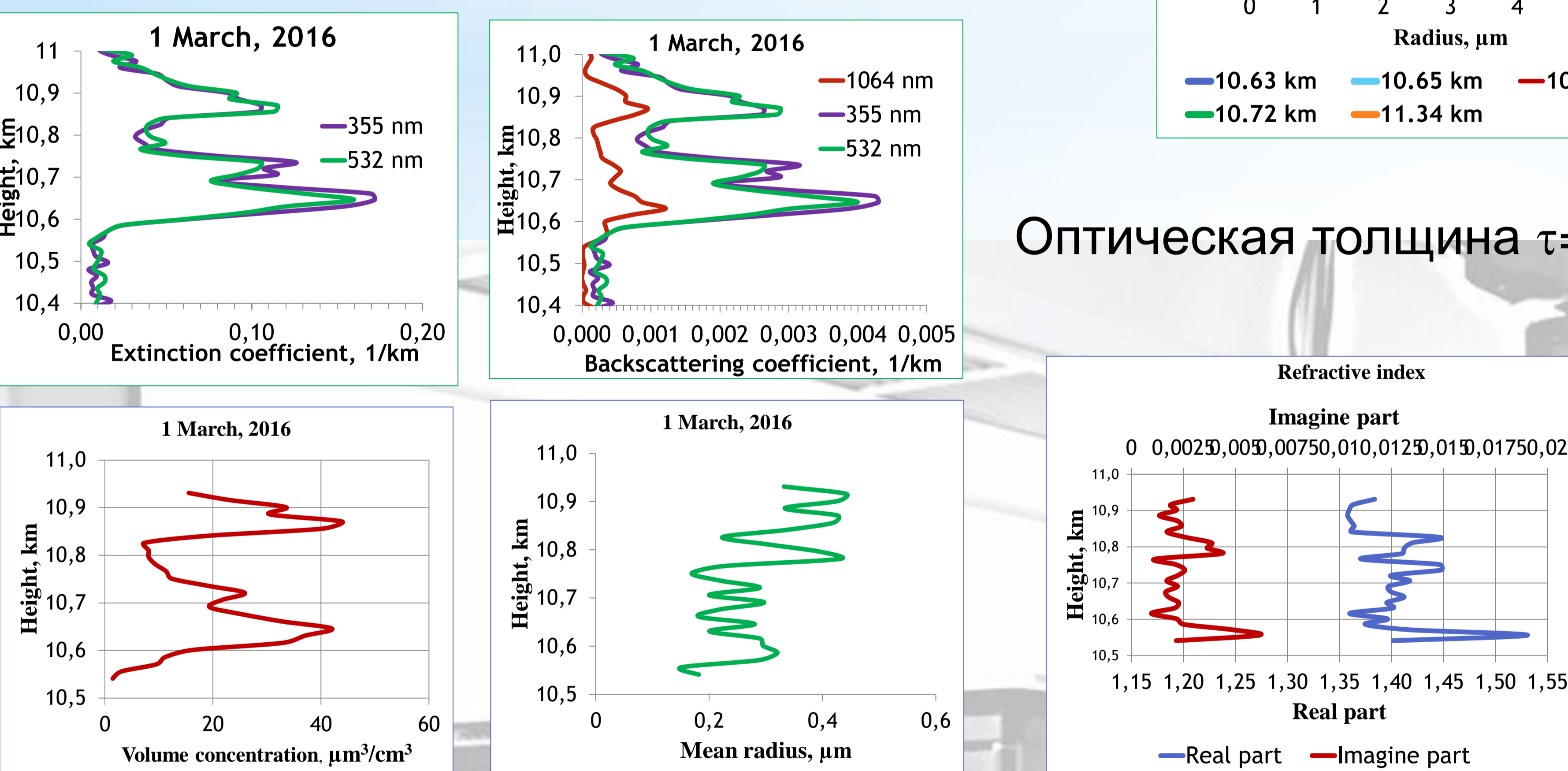
1 марта, 2016



В облаке Вне облака

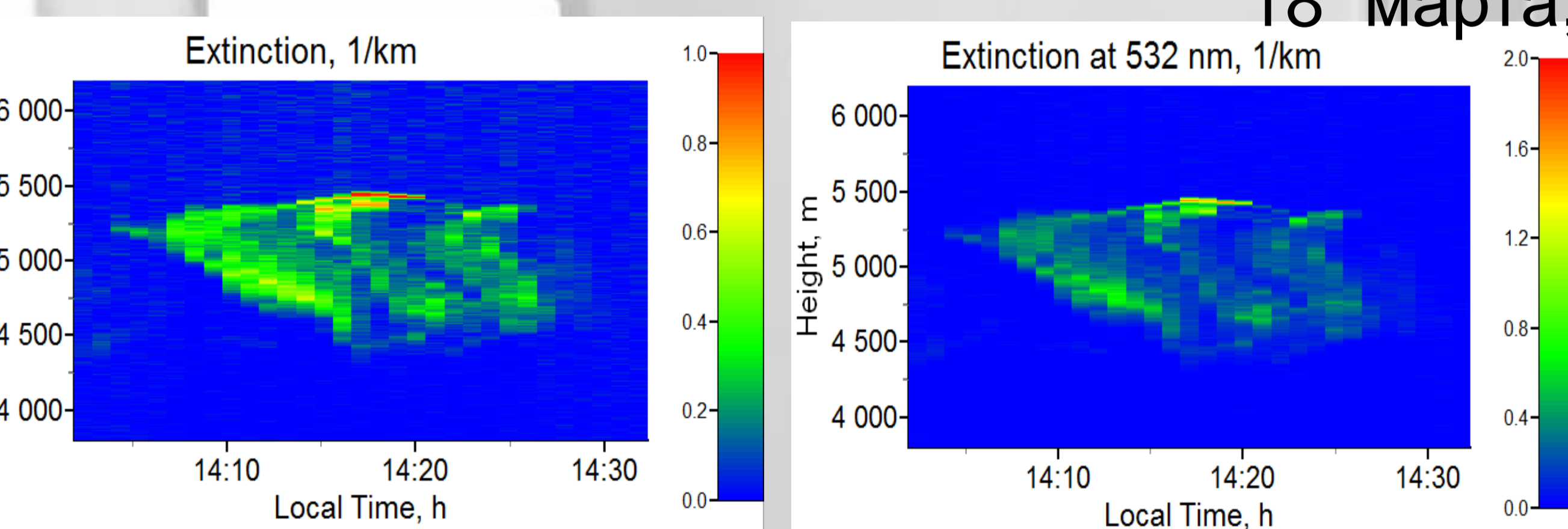


Оптическая толщина  $\tau=0.015$

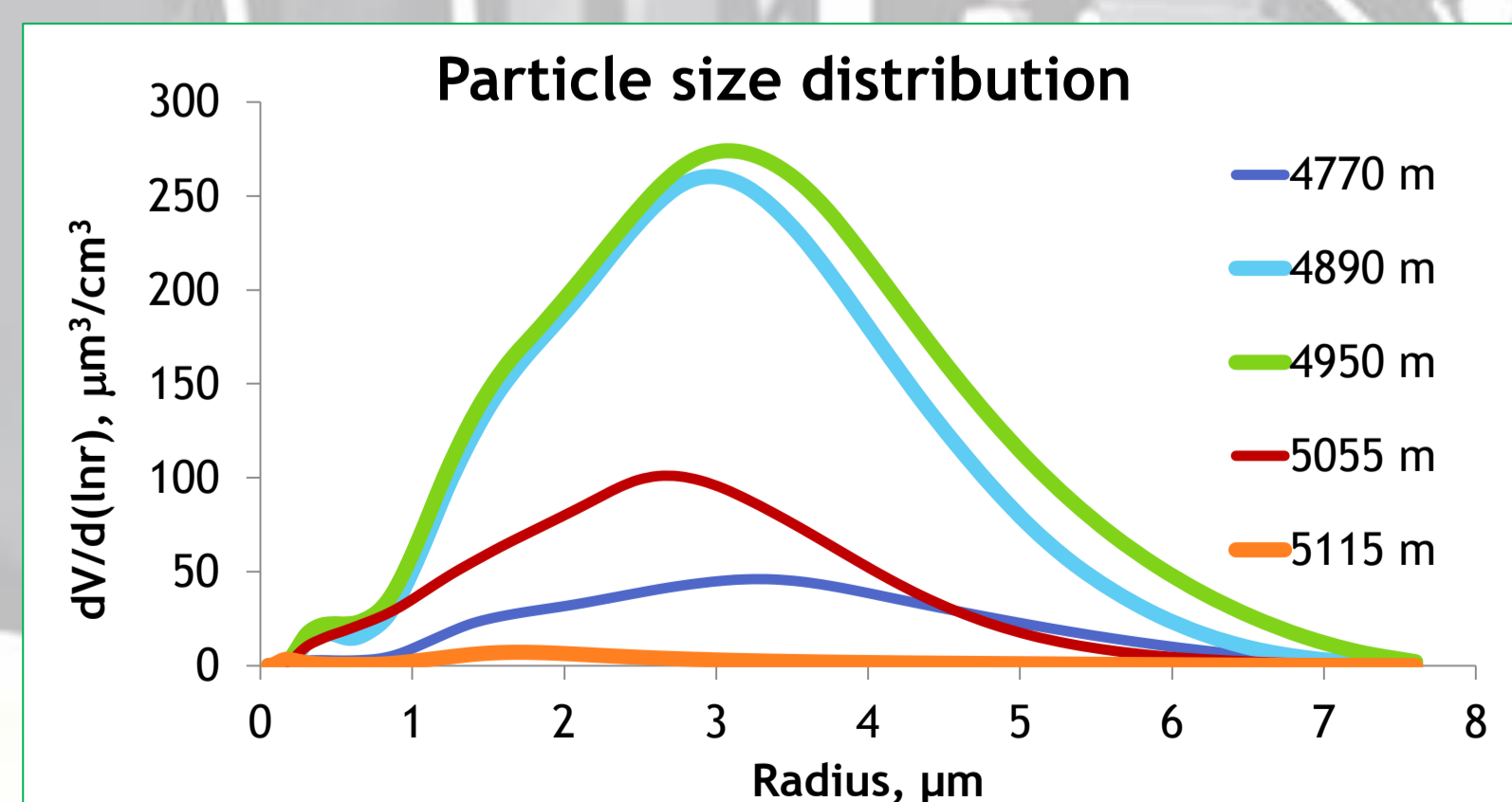


18 марта, 2016

Оптическая толщина  $\tau=0.030$



В облаке



Вне облака

