

Лагуткин В.Н., Лукьянов А.П., Подкорытов Е.Н., Слынько Ю.В., Старostenко А.М.

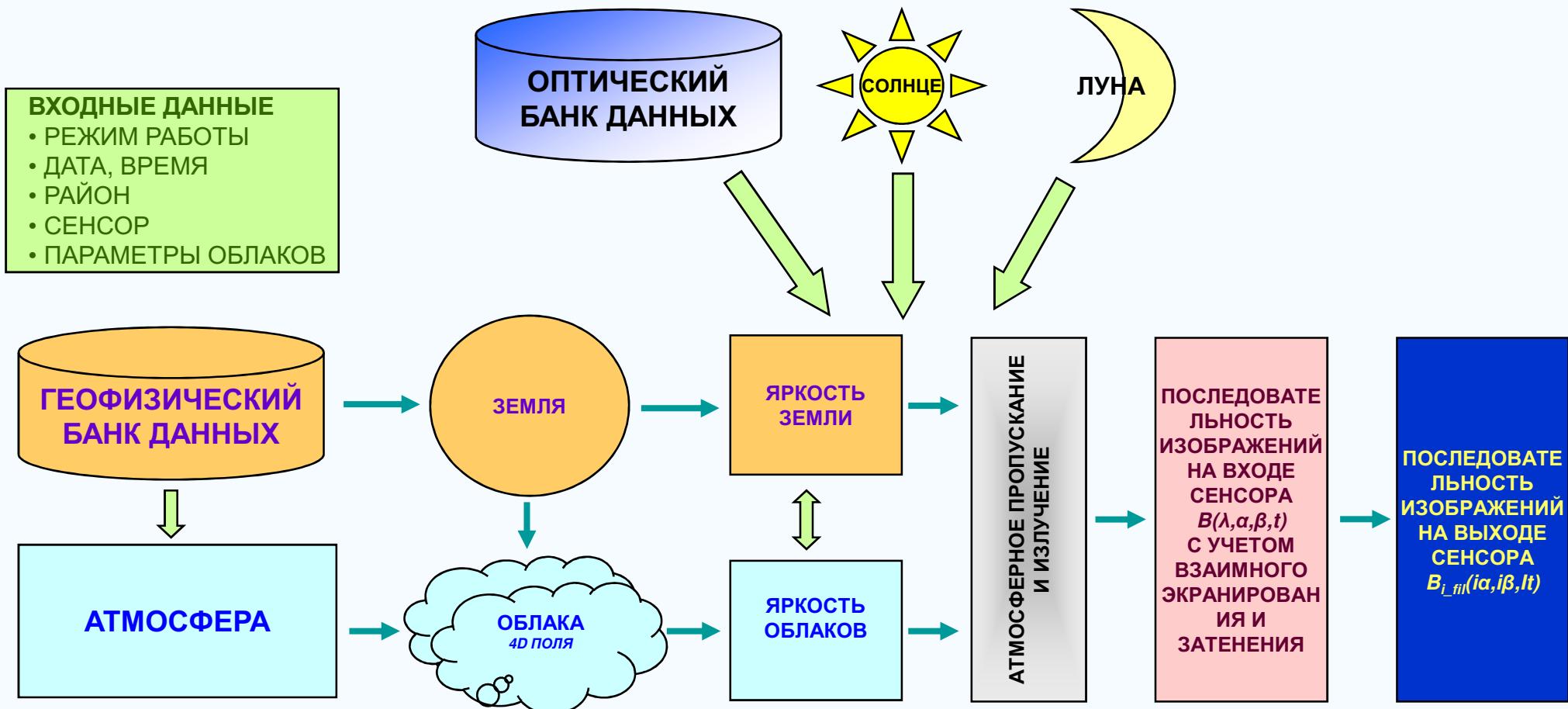
# **Результаты моделирования пространственно-временных полей яркости ИК фонов и сопоставление со спутниковыми данными**

Заседание секции №5 21 марта 2008 с 9 до 15, Большой конференц-зал, корпус 48

## Основные отличительные особенности физико-математической модели

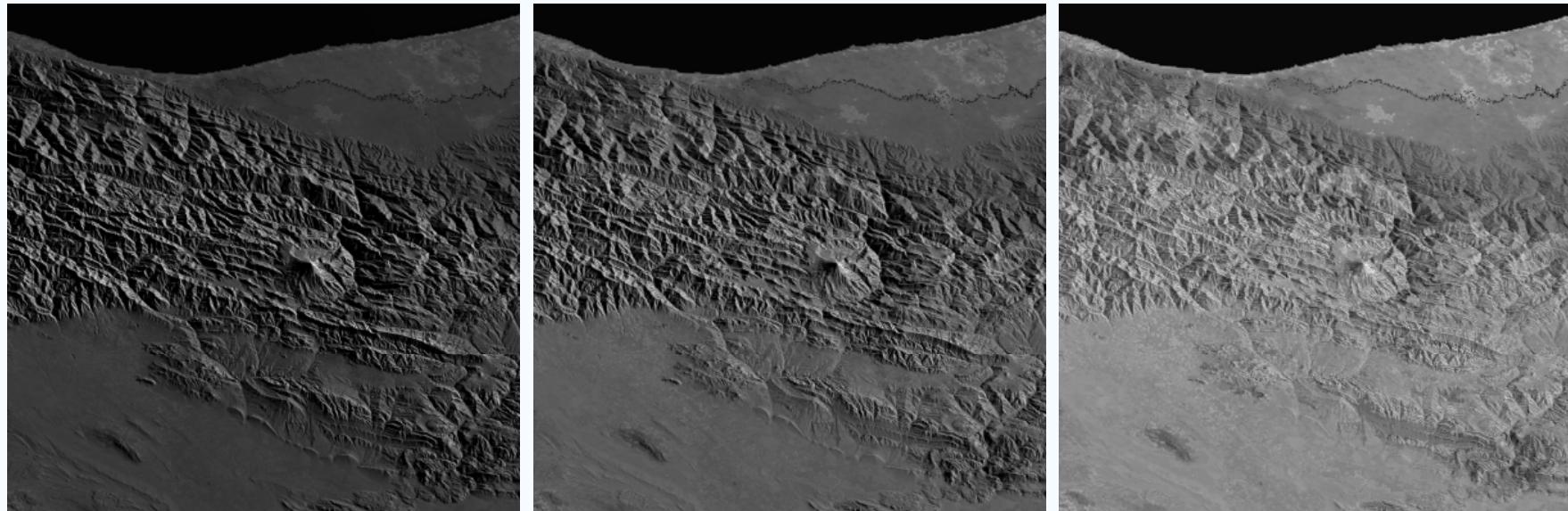
1. Наличие принципиально различных режимов моделирования:
  - автономного
  - полунатурного (использующего метеорологические данные по состоянию атмосферы и многоспектральные космические снимки), предназначенного для получения квазиреальных последовательностей фона
2. Детальное моделирование земной и морской поверхности
3. Моделирование динамики атмосферы путем решения эволюционных уравнений
4. Комплексное использование результатов моделирования динамики атмосферы в различных модулях: формирования облаков, ориентации и балла морских волн, расчета прозрачности атмосферы, теплового излучения Земли, облаков, атмосферы и аэрозоля.
5. Моделирование яркости фона при многоспектральных наблюдениях на базе
  - детальных электродинамических расчетов альбедо и индикаторов однократного рассеяния на частицах облаков различного микрофизического состава
  - расчетов многократного рассеяния света облачными слоями
6. Вычисление градиентов яркости фона на границах облаков с использованием специальной аппроксимации рельефа облаков
7. Использование детального расчета атмосферного пропускания, построенного на базе данных HITRAN
8. Открытая архитектура модели, позволяющая дополнять состав моделируемых источников фона новыми объектами без существенного изменения принципов моделирования

## ПРИНЦИПИАЛЬНАЯ БЛОК-СХЕМА МОДЕЛИ ФОНА



# **Результаты работы отдельных модулей модели в автономном режиме**

*Результаты моделирования:  
наблюдение Земли в различное время суток при отсутствии облаков*



Время и дата:

2:26 15/06/2007

Время и дата:

3:26 15/06/2007

Время и дата:

5:26 15/06/2007

Наблюдаемый район

N36 E52

Угловой размер пикселя

$8 \cdot 10^{-6}$  рад

Положение сенсора

N00 E30

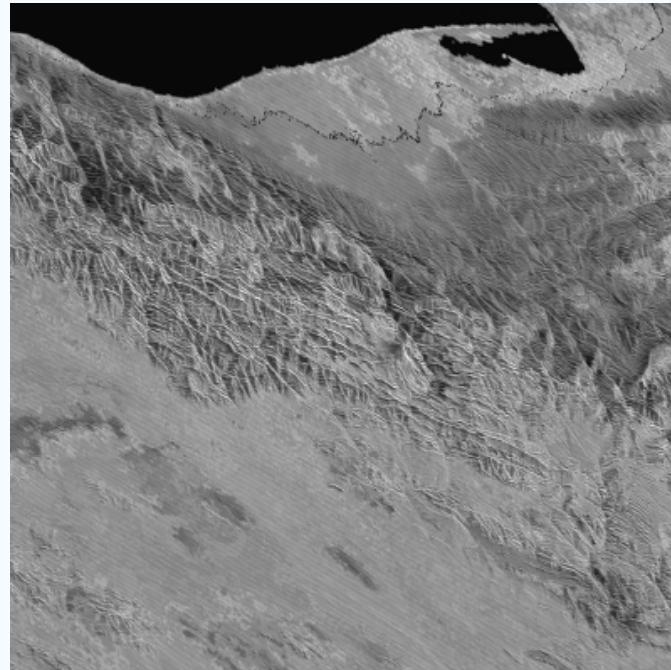
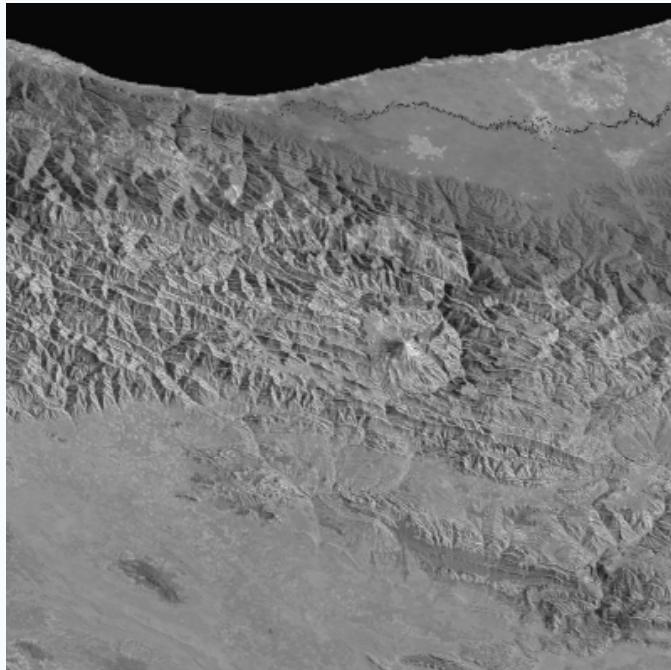
Спектральный диапазон наблюдения

1.000-1.075 мкм

Высота сенсора

40 000 км

*Результаты моделирования:  
наблюдение Земли с различных позиций суток при отсутствии облаков*



Положение сенсора:  
N00E30

Положение сенсора:  
N00E00

Время и дата: 5:26 15/06/2007

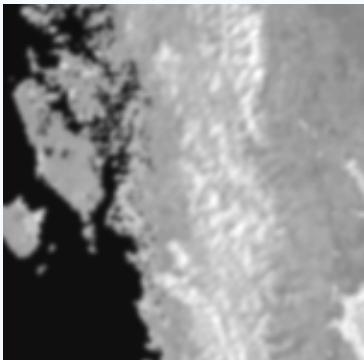
Угловой размер пикселя:  $8 \cdot 10^{-6}$  рад

Наблюдаемый район: N36E52

Спектральный диапазон наблюдения: 1.000-1.075 мкм

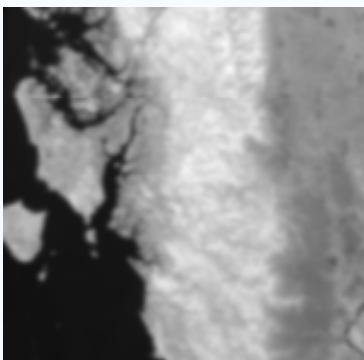
Высота сенсора 40 000 км

## Сравнение изображений Земли с экспериментальными данными в диапазоне 0.725-1.000мкм (Мьянма, N19 E094)



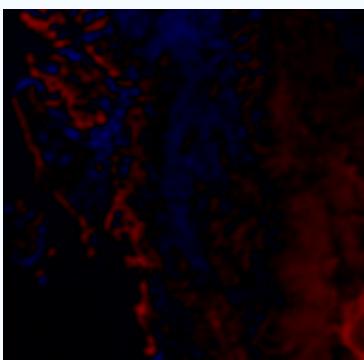
### Модельные данные

- Минимум: 1.83
- Максимум: 31.57
- Математическое ожидание: 17.08
- СКО: 8.32



### Экспериментальные данные (NOAA)

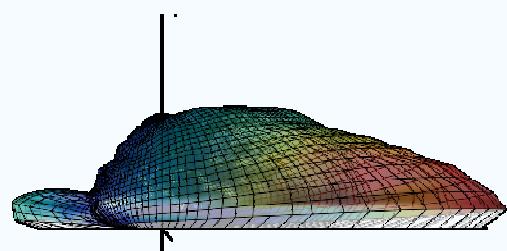
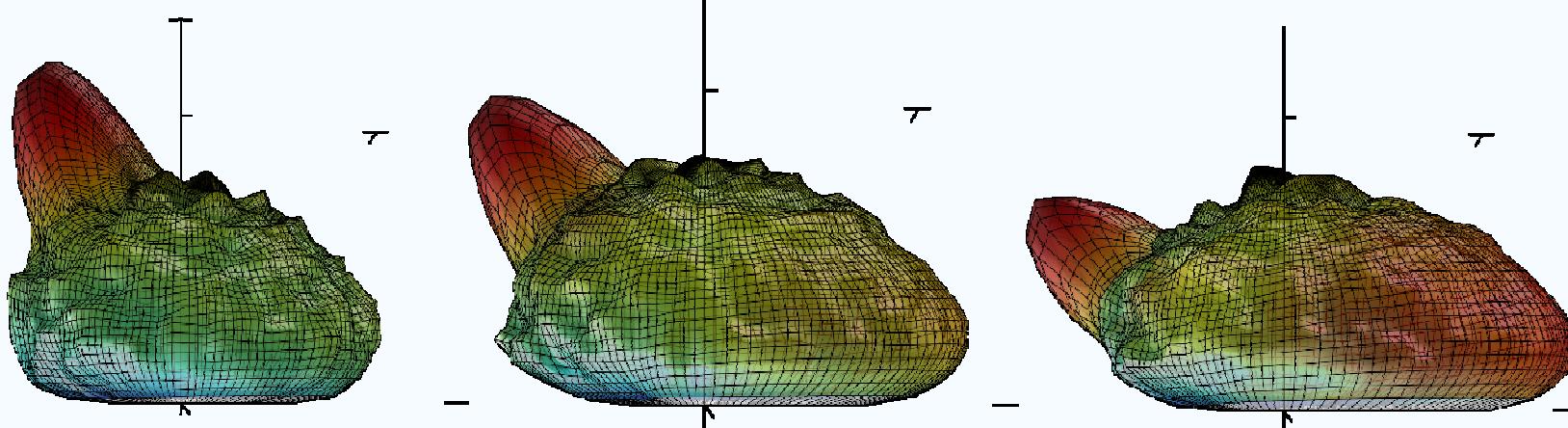
- Минимум: 1.63
- Максимум: 30.73
- Математическое ожидание: 16.57
- СКО : 8.32



### Невязка

- Минимум: -17.69
- Максимум: 14.35
- Математическое ожидание: -0.51
- СКО: 3.43

## Результаты моделирования индикатрис многократного рассеяния облаков

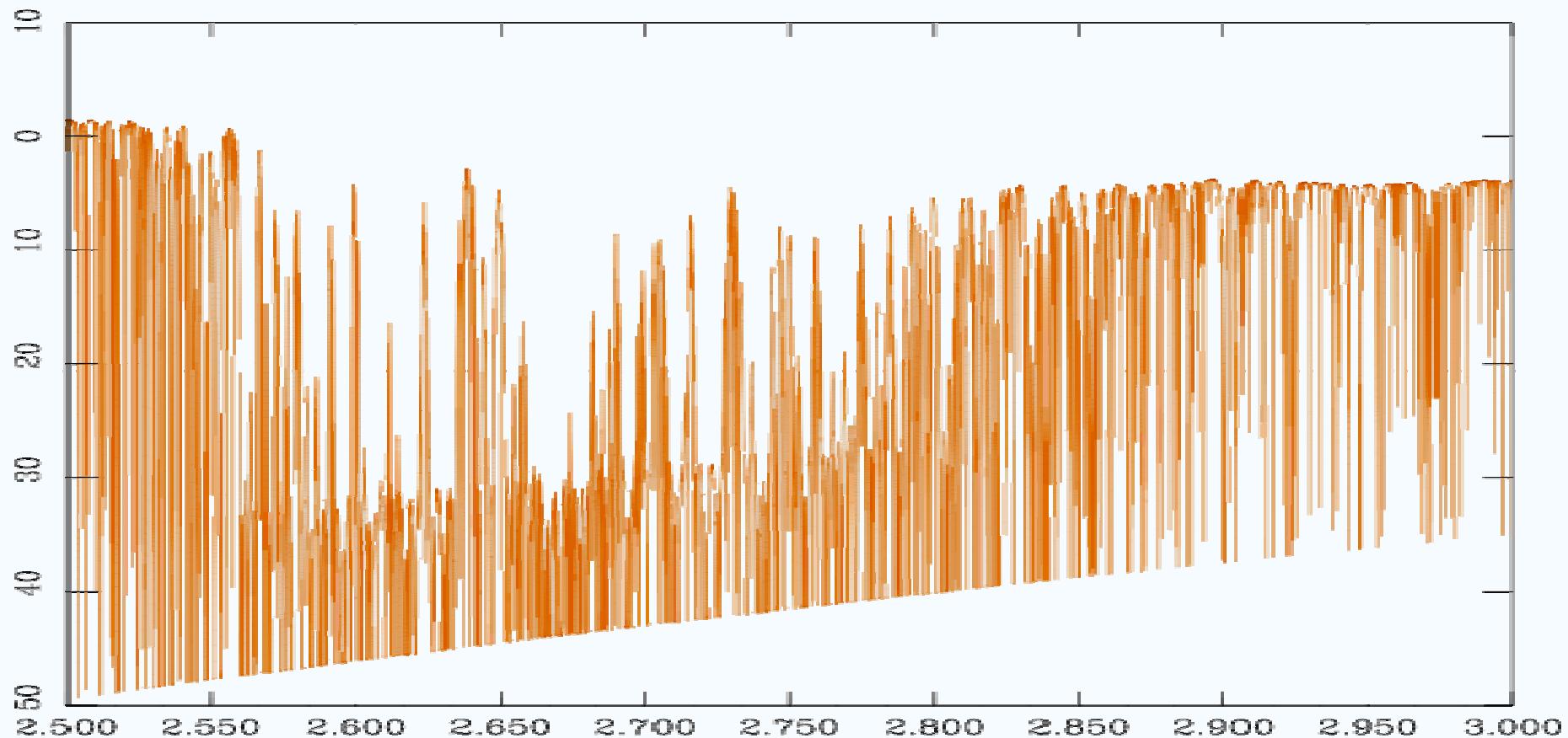


Примеры 3D представления индикатрис многократного  
рассеяния водяных слоистых облаков на длине волны 2.8 мкм

Зенитные углы падения излучения – 30, 45, 60 и 85°

Масштаб – логарифмический

## Результаты моделирования тонкой спектральной структуры фона с использованием банка данных HITRAN

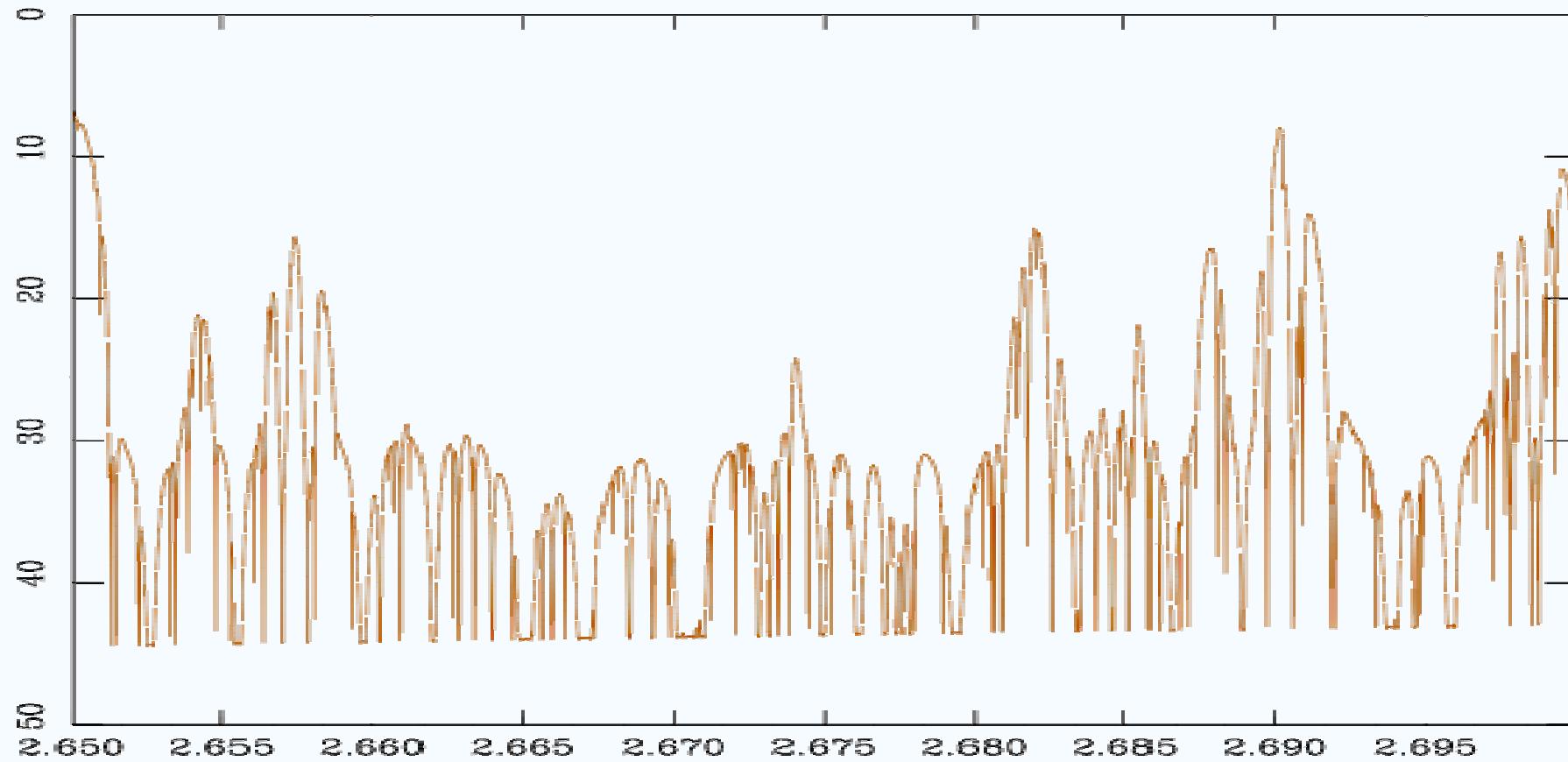


Тонкая структура спектра яркости водяного облака  
на высоте 5 км при наблюдении в надир

Диапазон 2.5 – 3.0 мкм.

Яркость дана в дБ/(Вт/м<sup>2</sup>/ср/мкм)

## Результаты моделирования тонкой спектральной структуры фона с использованием банка данных HITRAN

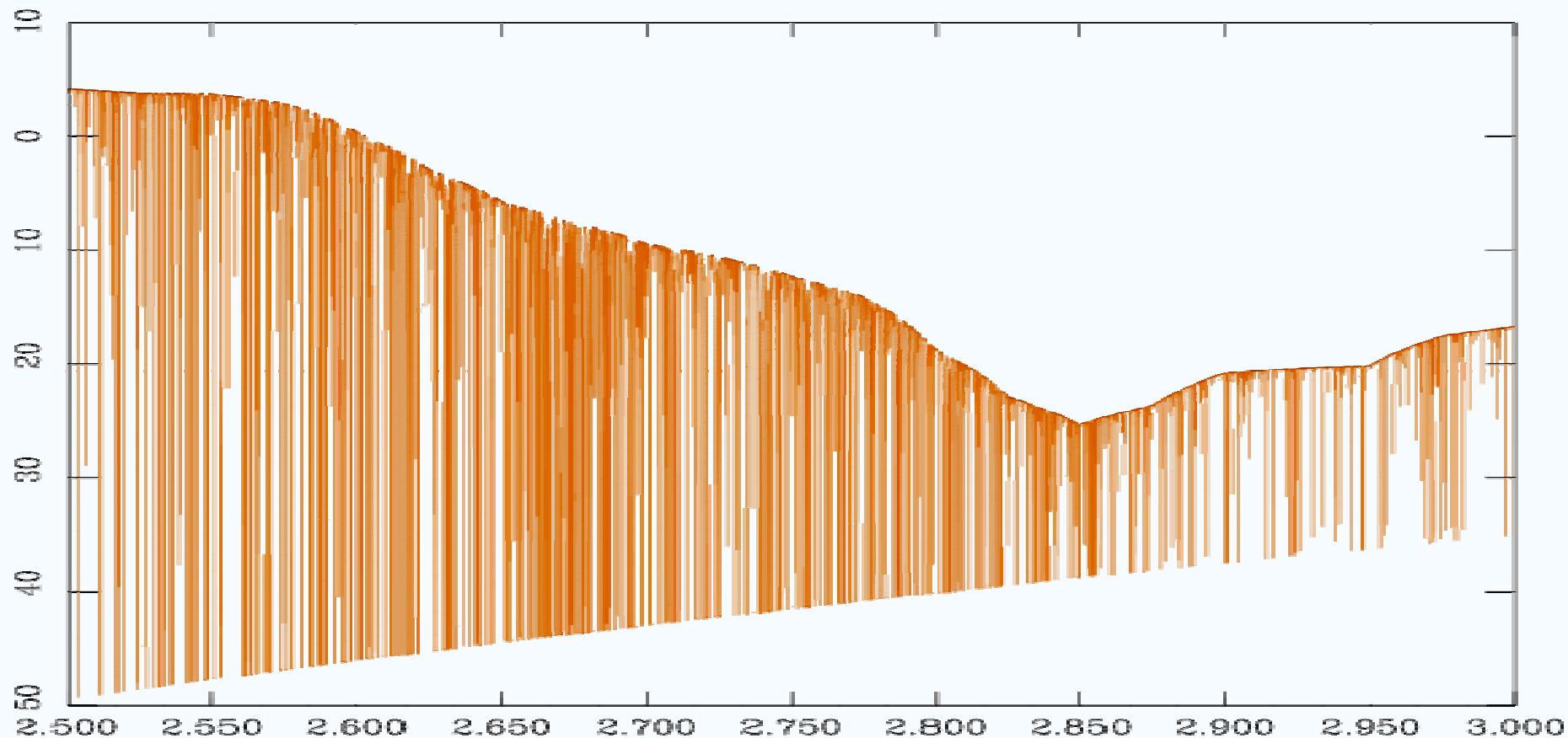


Фрагмент тонкой структуры спектра яркости водяного облака  
на высоте 5 км при наблюдении в надир.

Диапазон 2.65 – 2.7 мкм.

Яркость дана в дБ/(Вт/м<sup>2</sup>/ср/мкм)

## Результаты моделирования тонкой спектральной структуры фона с использованием банка данных HITRAN

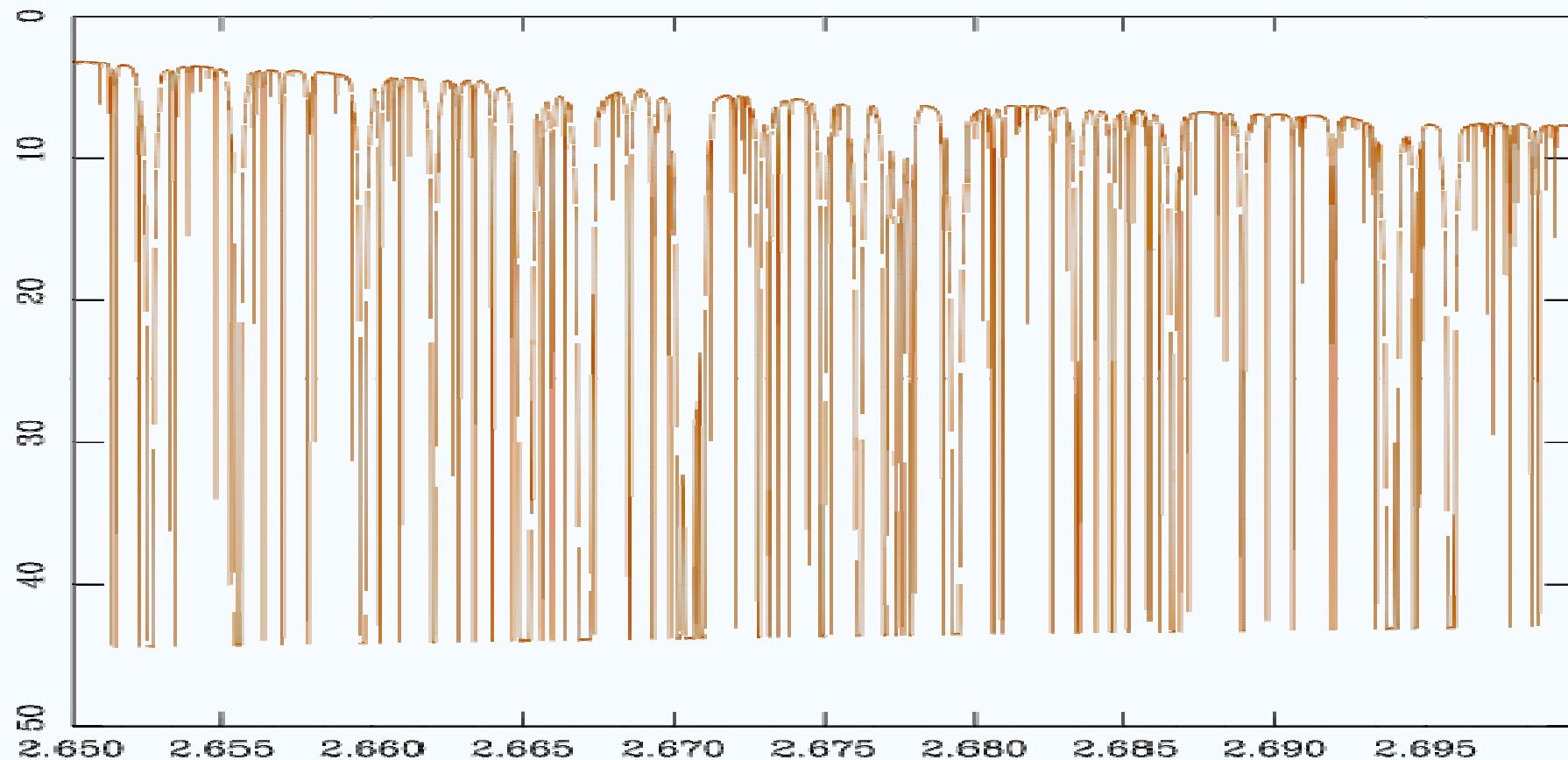


Тонкая структура спектра яркости ледяного облака  
на высоте 12 км при наблюдении в надир.

Диапазон 2.5 – 3.0 мкм.

Яркость дана в дБ/(Вт/м<sup>2</sup>/ср/мкм)

## Результаты моделирования тонкой спектральной структуры фона с использованием банка данных HITRAN



Фрагмент тонкой структуры спектра яркости ледяного облака  
на высоте 12 км при наблюдении в надир.

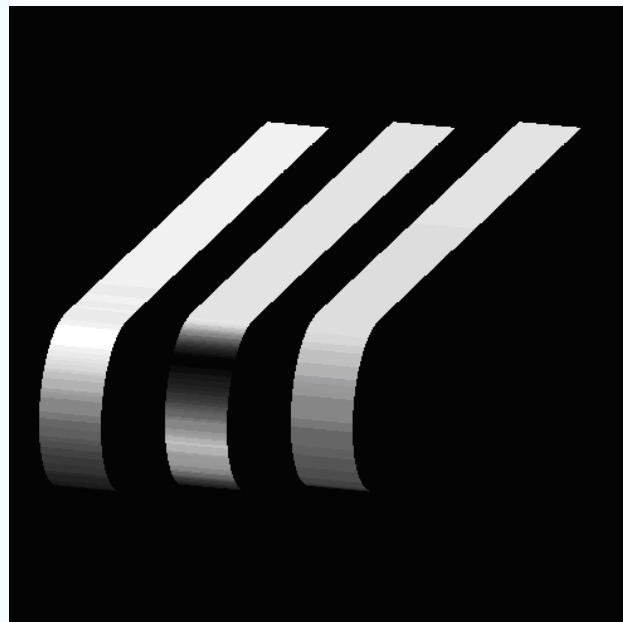
Диапазон 2.65 – 2.7 мкм.

Яркость дана в дБ/(Вт/м<sup>2</sup>/ср/мкм)

## Результаты моделирования яркости фона на границе освещенной части облака и сопоставление с результатами точных расчетов

### Суть проблемы

Объемное рассеяние излучения облаками не сводится к суперпозиции поверхностных рассеяний от касательных к облаку плоских поверхностей



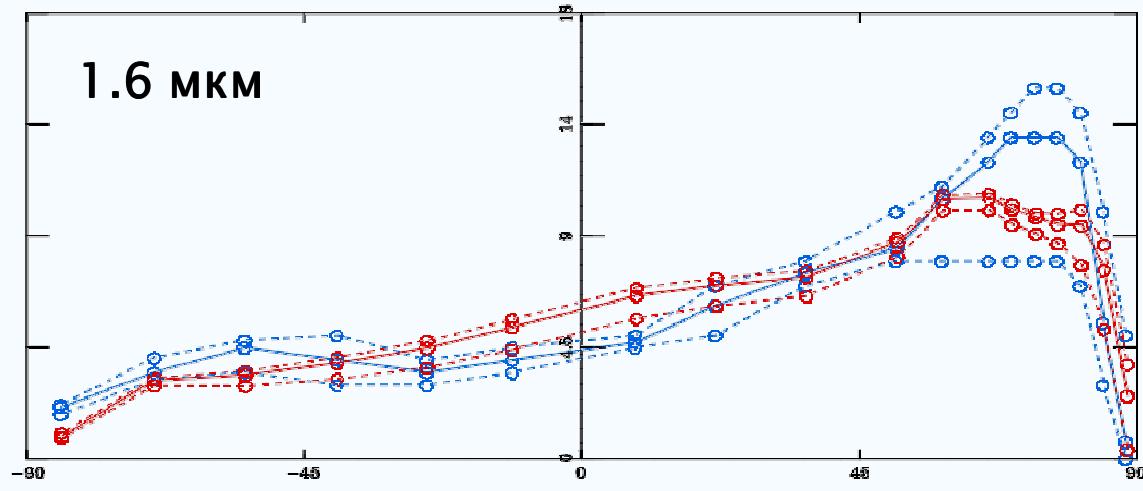
### Иллюстрация проблемы и результата ее решения

Слева направо представлены изображения, полученные

- по точному расчету
- по расчету в приближении касательного слоя
- по расчету по предлагаемому комплексному алгоритму

# **Результаты работы комплексной модели в автономном режиме**

## Результаты моделирования яркости фона облаков и сопоставление с наблюдениями метеорологических спутников



Эксперимент  
Модель

Зенитный угол сенсора - 75°  
(пригоризонтное наблюдение)

