

# **АЛГОРИТМ АТМОСФЕРНОЙ КОРРЕКЦИИ КОРОТКОВОЛНОВЫХ КАНАЛОВ ПРИБОРА МСУ-МР КА МЕТЕОР-М № 2 (НА КОНКУРС)**

Докладчик: Кучма Михаил Олегович

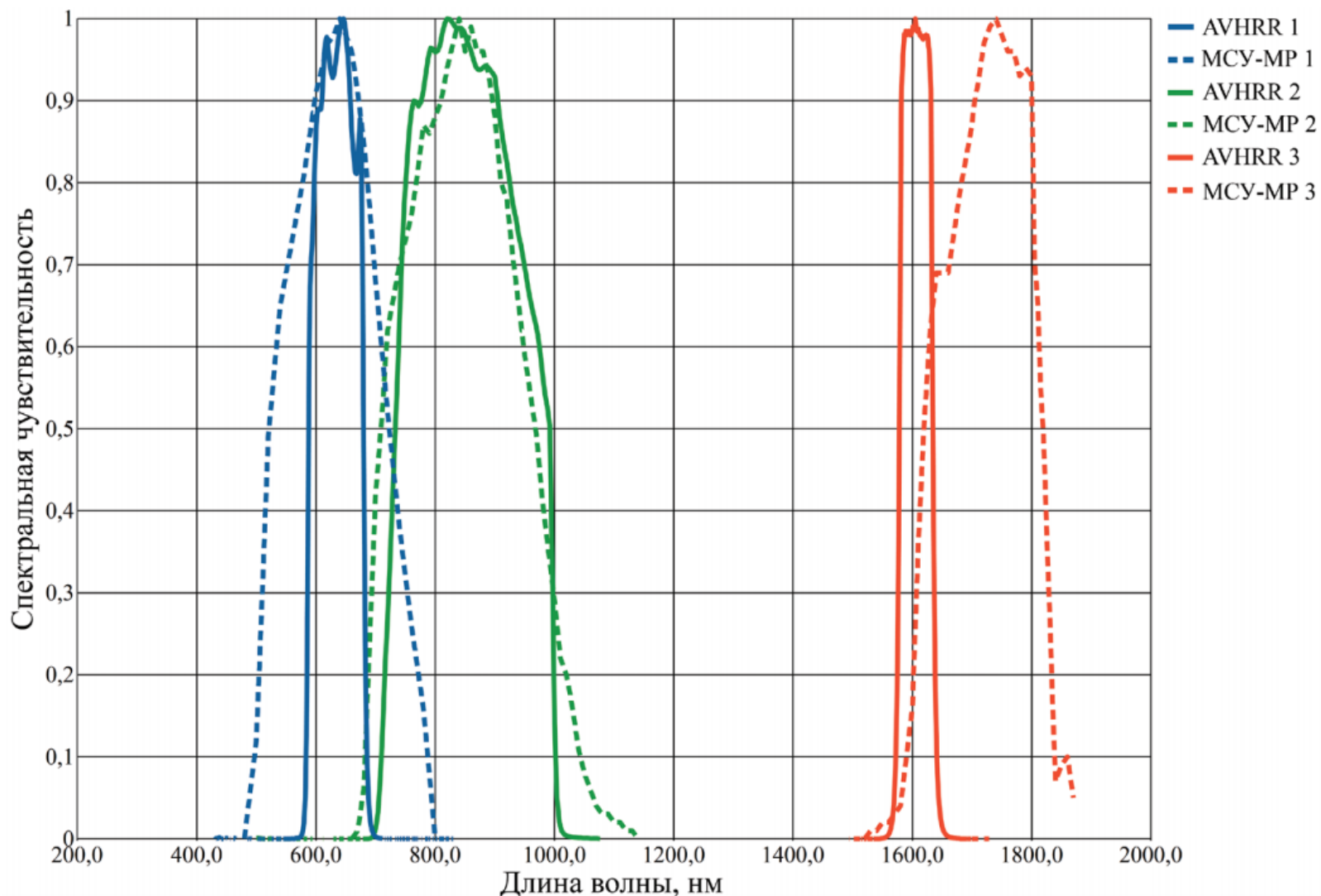
Семнадцатая Всероссийская Открытая конференция  
«СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ  
ЗЕМЛИ ИЗ КОСМОСА (Физические основы, методы и технологии  
мониторинга окружающей среды, потенциально опасных явлений и  
объектов)»

г. Москва, 11 — 15 ноября 2019 г.

# Характеристики приборов

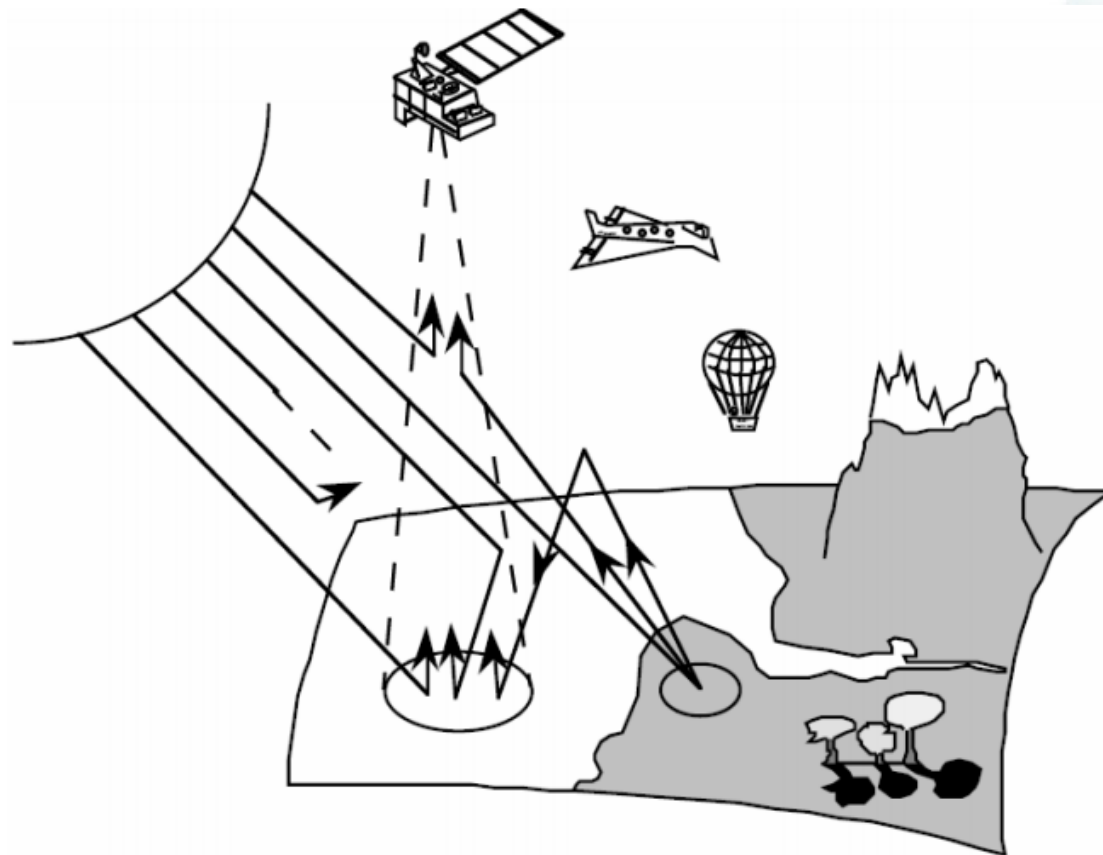
<b>Прибор</b>	<b>МСУ-МР</b>	<b>AVHRR</b>
<b>Спектральные диапазоны (мкм)</b>	0.52-0.72	0.58-0.68
	0.7-1.1	0.73-1.0
	1.62-1.82	1.57-1.63
	3.5-4.1	3.55-3.93
	10.5-11.5	10.5-11.5
	11.5-12.5	11.3-12.6
<b>Ширина захвата (км)</b>	2900	2950
<b>Пространственное разрешение</b>	1	1.1

# Функции спектральной чувствительности

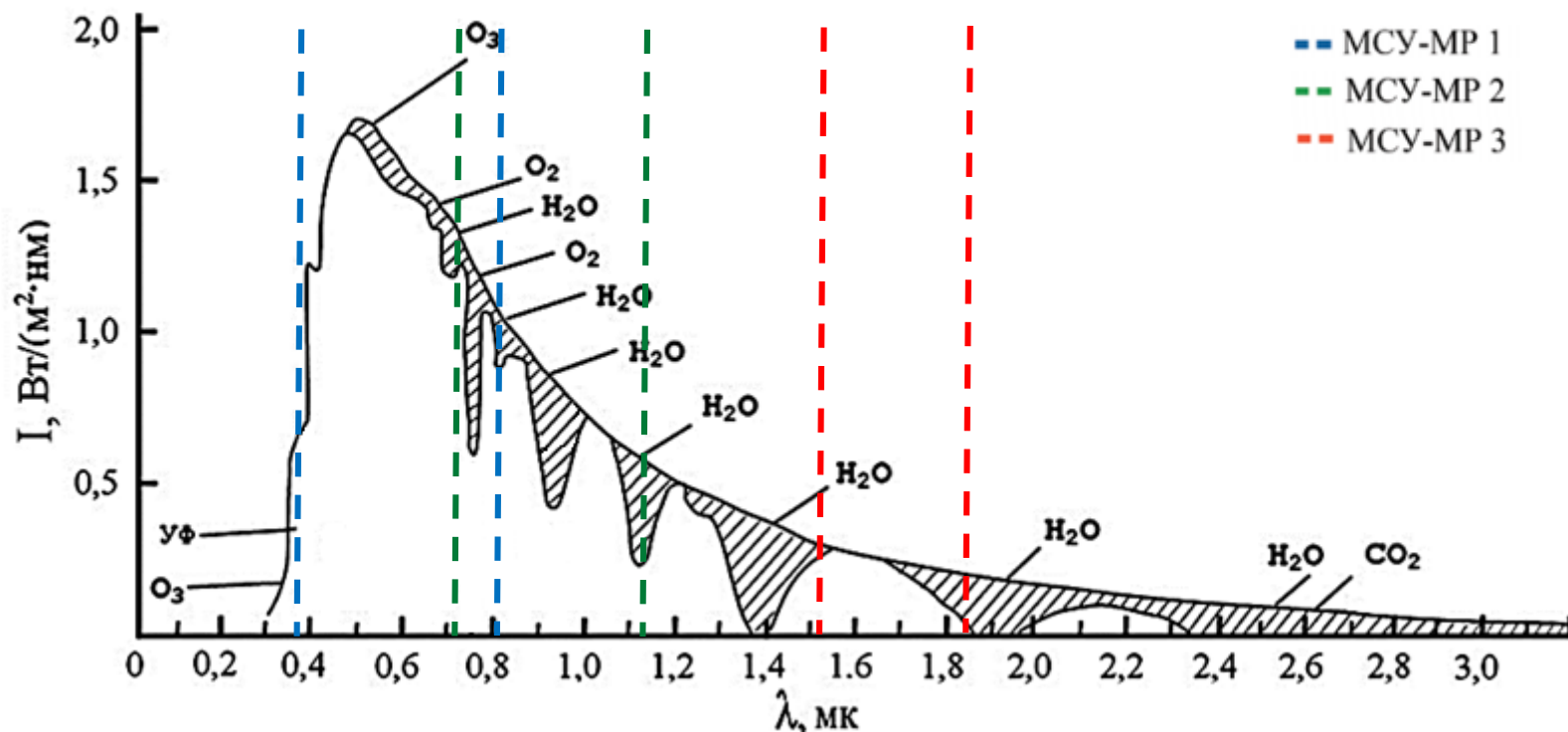


# Атмосферная коррекция

## 6S - Second Simulation of a Satellite Signal in the Solar Spectrum

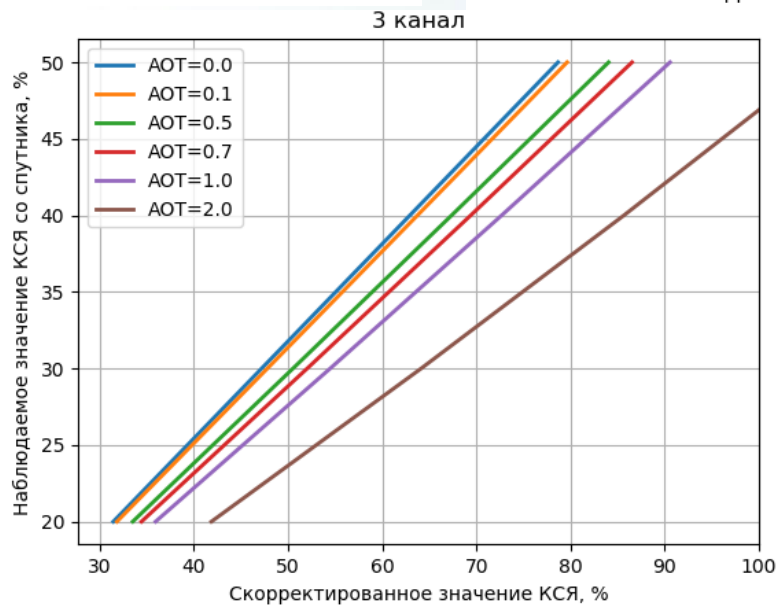
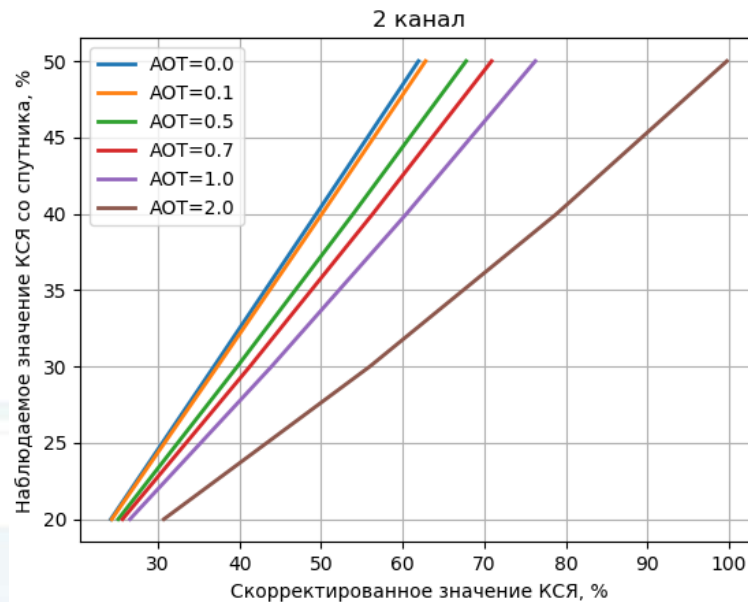
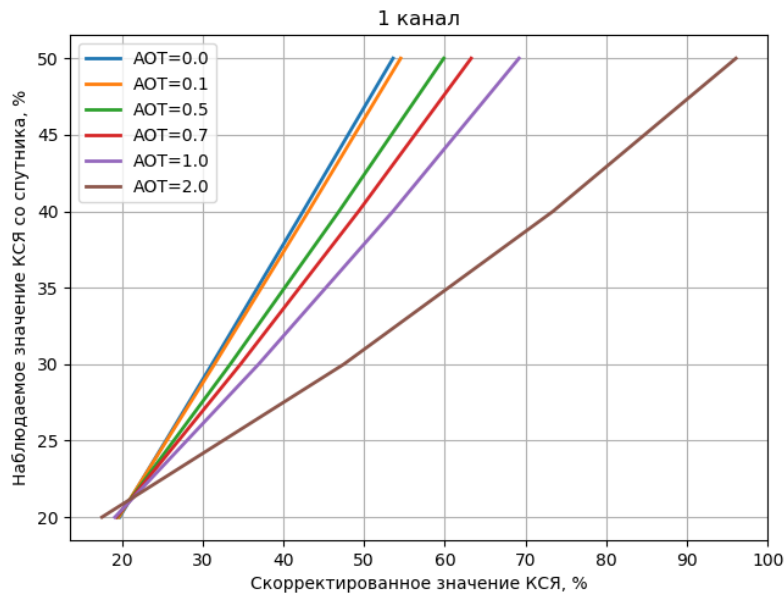


# Влияние озона и водяного пара



Спектр солнечного излучения

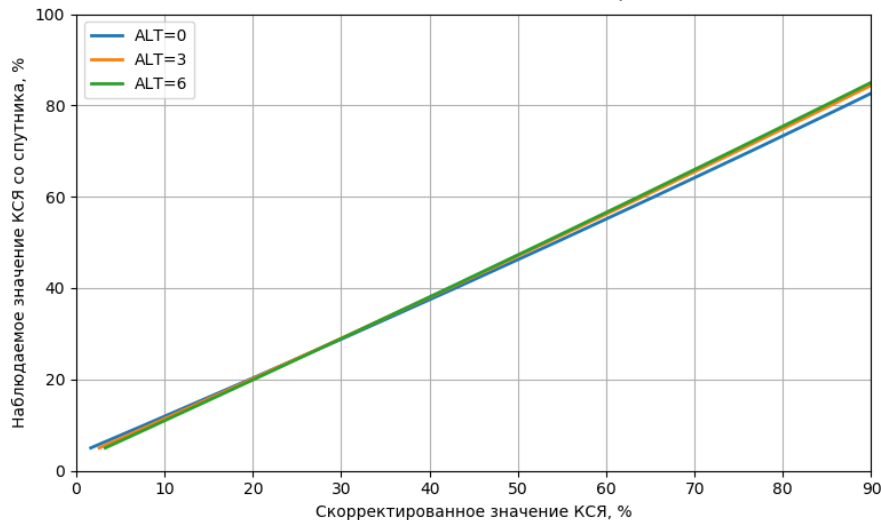
# Влияние АОТ



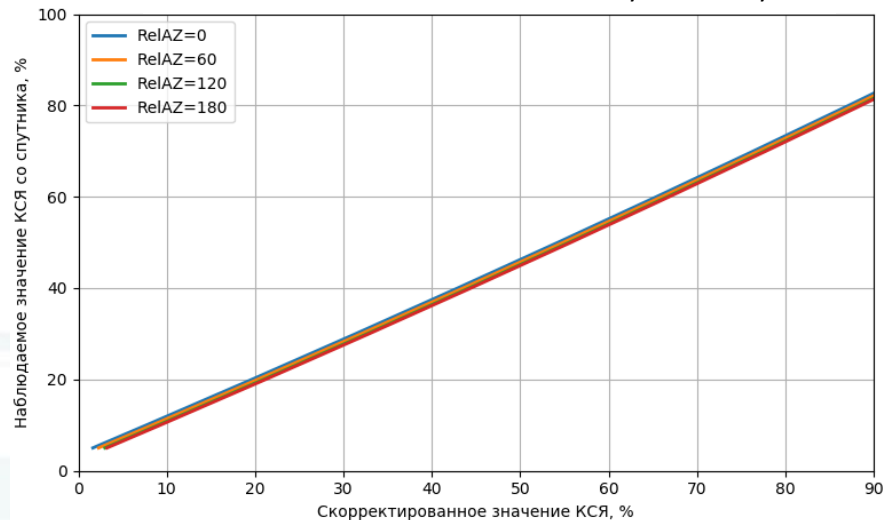
# Влияние параметров на коррекцию

## Канал 0,64 мкм

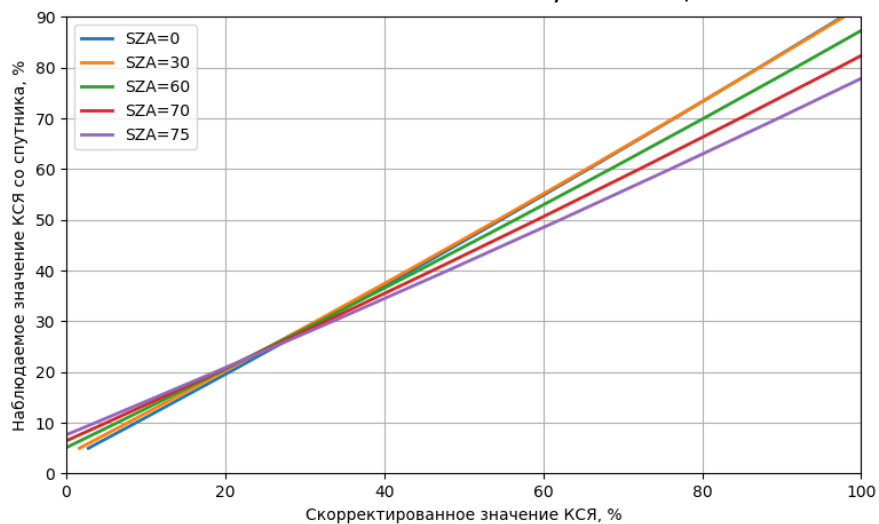
### Зависимость от водяного пара



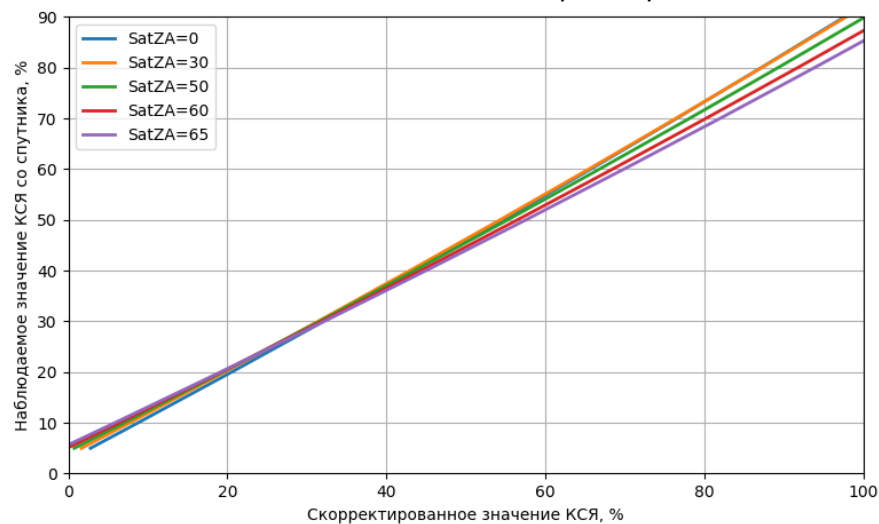
### Зависимость от относительного азимутального угла



### Зависимость от зенитного угла Солнца



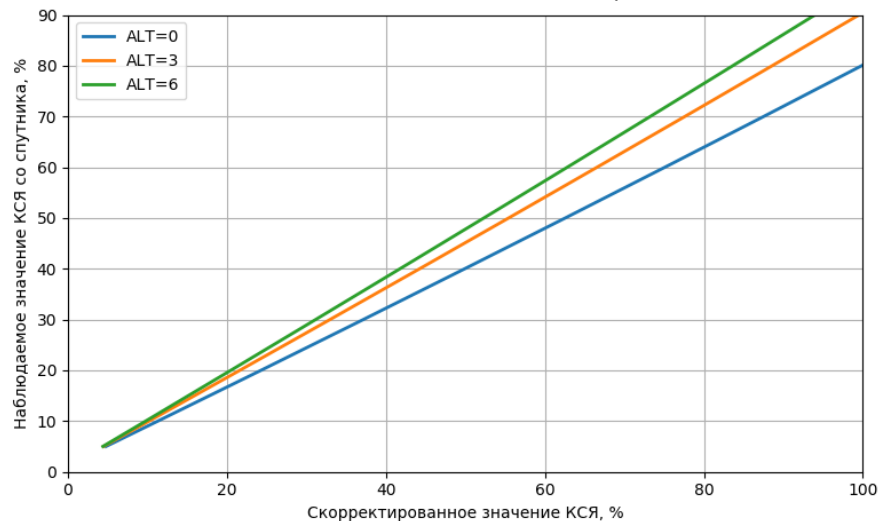
### Зависимость от зенитного угла спутника



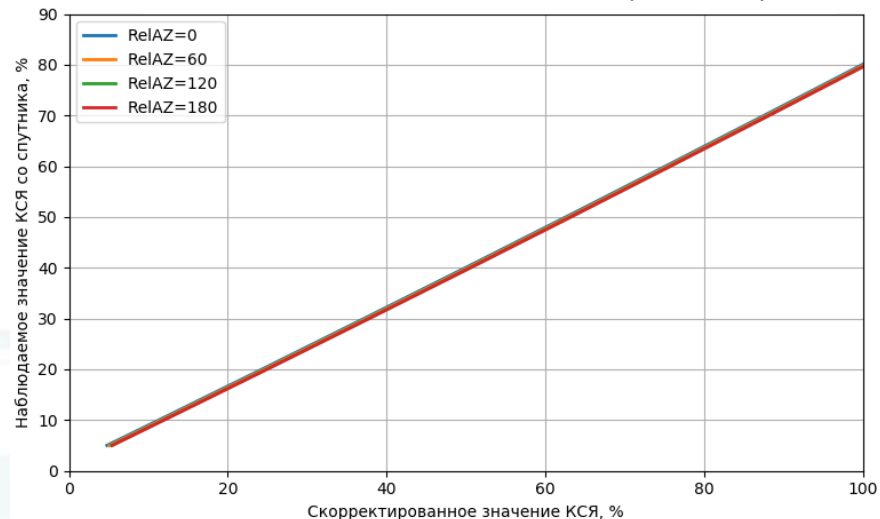
# Влияние параметров на коррекцию

## Канал 0,9 мкм

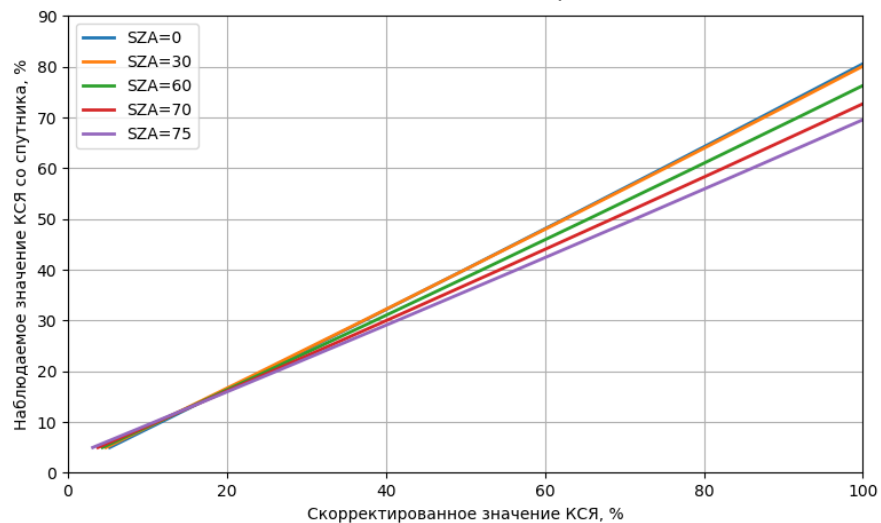
### Зависимость от водяного пара



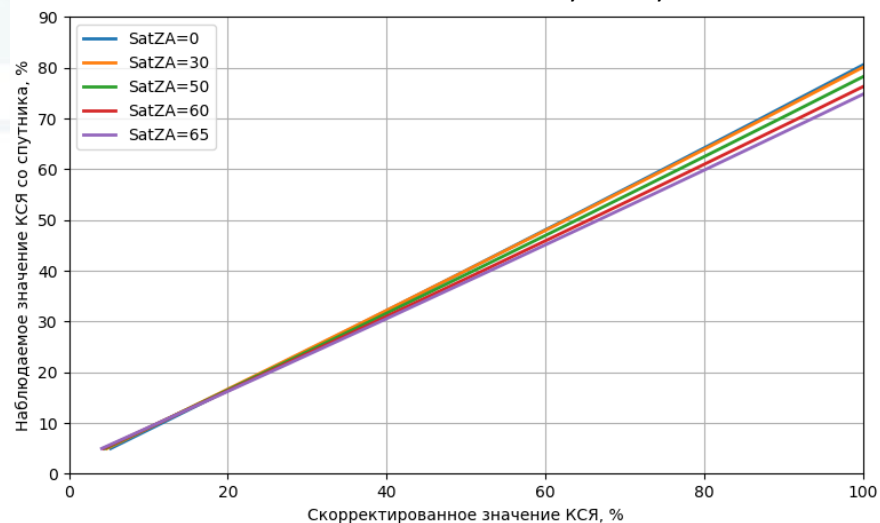
### Зависимость от относительного азимутального угла



### Зависимость от зенитного угла Солнца



### Зависимость от зенитного угла спутника

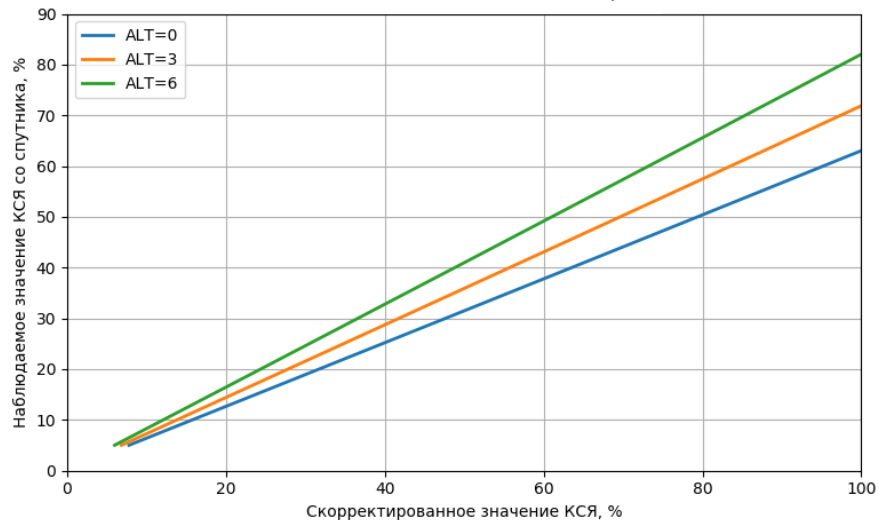




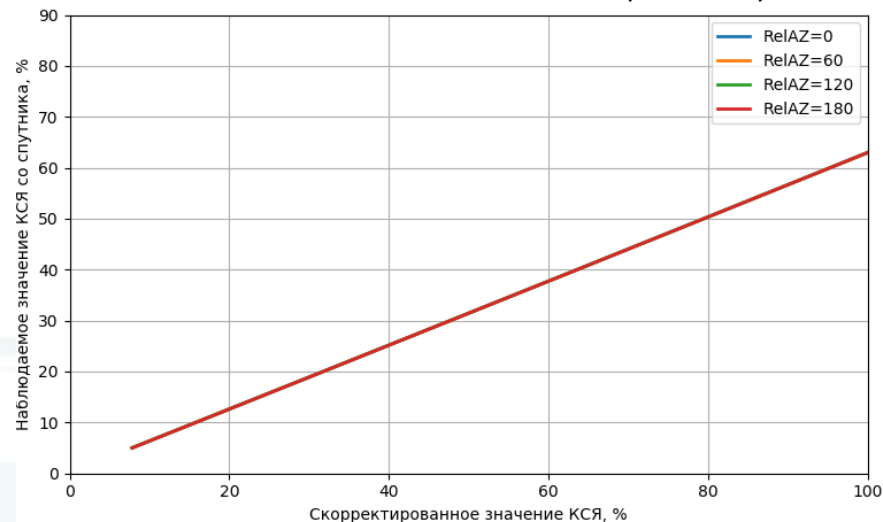
# Влияние параметров на коррекцию

## Канал 1,6 мкм

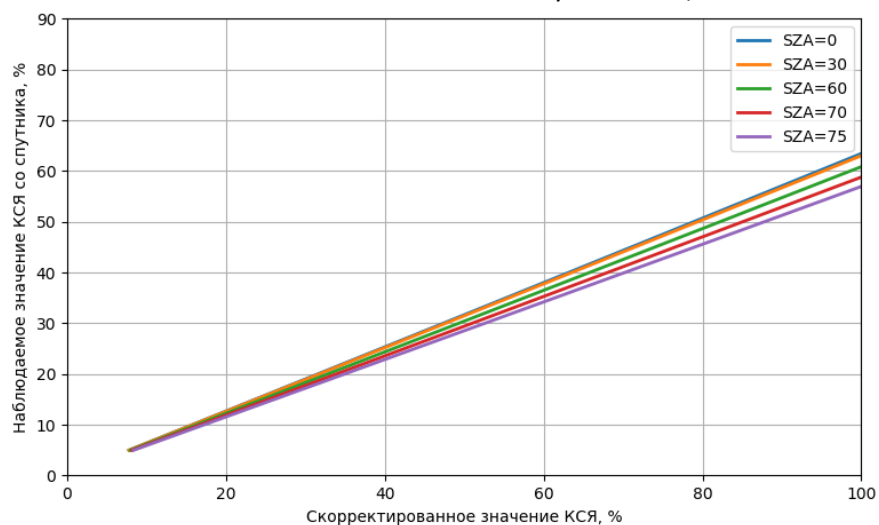
### Зависимость от водяного пара



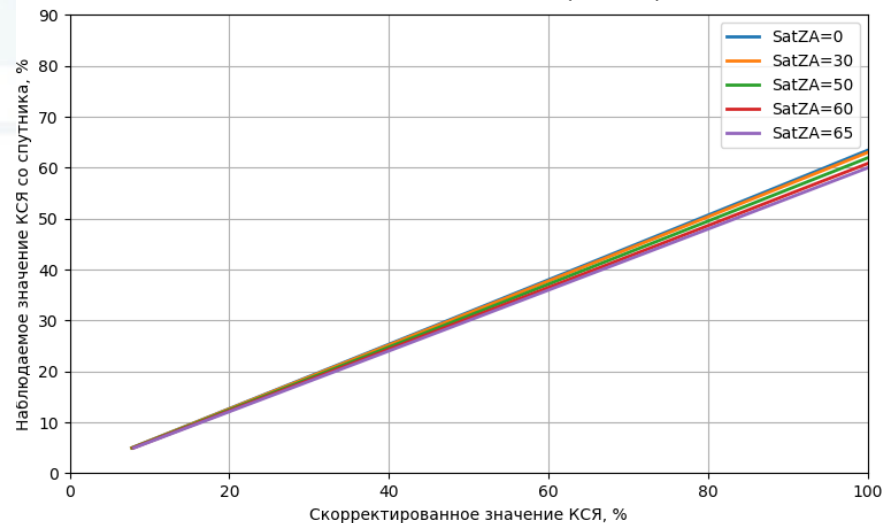
### Зависимость от относительного азимутального угла



### Зависимость от зенитного угла Солнца



### Зависимость от зенитного угла спутника



# Интерфейс Python для модели 6S

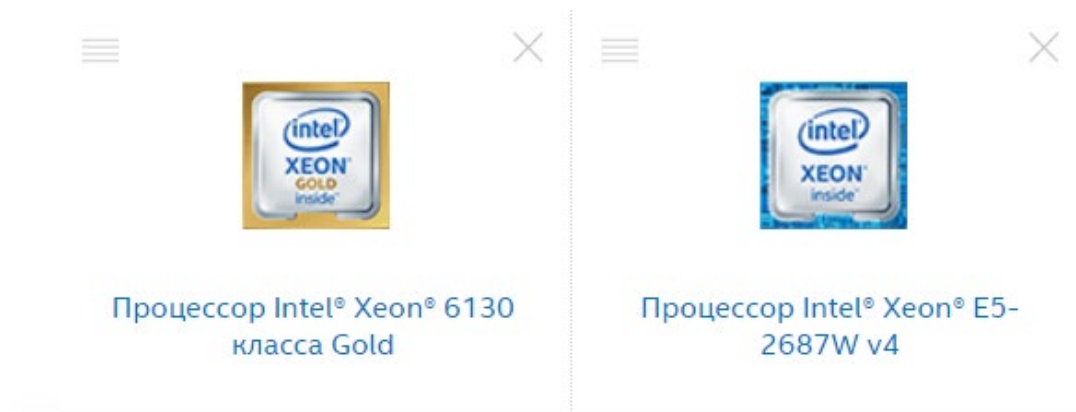
```
from Py6S import *
# Set some parameters
s = SixS()
s.wavelength = Wavelength(0.471)
s.aot550 = 0.27
s.ground_reflectance =
GroundReflectance.HomogenousLambertian(0.36)

s.run()
print s.outputs.apparent_radiance
```

Задаваемые параметры:

- КСЯ подстилающей поверхности (от 0 до 1 с шагом 0.0125)
- солнечный зенитный угол (от  $0^{\circ}$  до  $80^{\circ}$  с шагом  $10^{\circ}$ )
- зенитный угол наблюдения (от  $0^{\circ}$  до  $60^{\circ}$  с шагом  $10^{\circ}$ )
- относительный азимутальный угол (от  $0^{\circ}$  до  $180^{\circ}$  с шагом  $60^{\circ}$ )
- высота поверхности относительно уровня моря (от 0 км до 9 км с шагом 3 км)
- оптическая толщина аэрозоля (АОТ) на длине волны 550 нм (от 0 до 0.3 с шагом 0.05, от 0.3 до 5 с шагом 0.2)
- содержание водяного пара в вертикальном столбе атмосферы (от 0 г/см<sup>2</sup> до 10 г/см<sup>2</sup> с шагом 1 г/см<sup>2</sup>)
- содержание озона в вертикальном столбе атмосферы (от 100 DU (Dobson unit) до 500 DU с шагом 100 DU)
- аэрозольный профиль, который предустановлен в модели 6S в значениях «континентальный» или «морской»

# Используемое оборудование

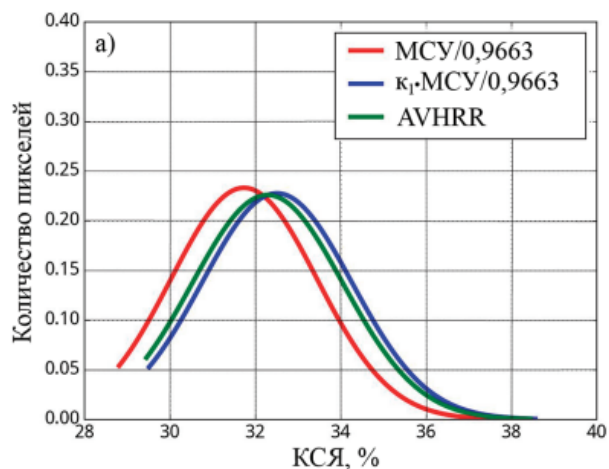


## Производительность

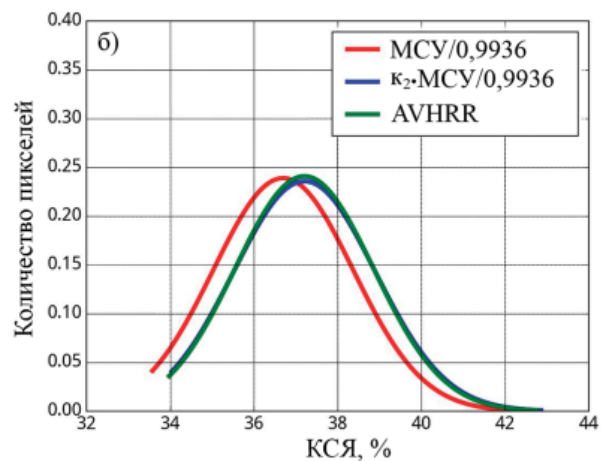
Количество ядер	16	12
Количество потоков	32	24
Базовая тактовая частота процессора	2,10 GHz	3,00 GHz
Максимальная тактовая частота с технологией Turbo Boost	3,70 GHz	3,50 GHz
Кэш-память	22 MB L3 Cache	30 MB Intel® Smart Cache

# Интеркалибровка МСУ-МР

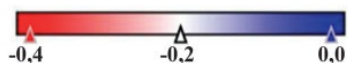
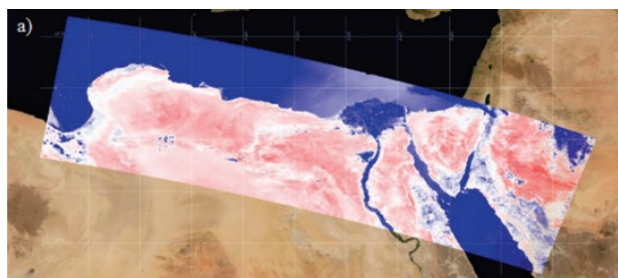
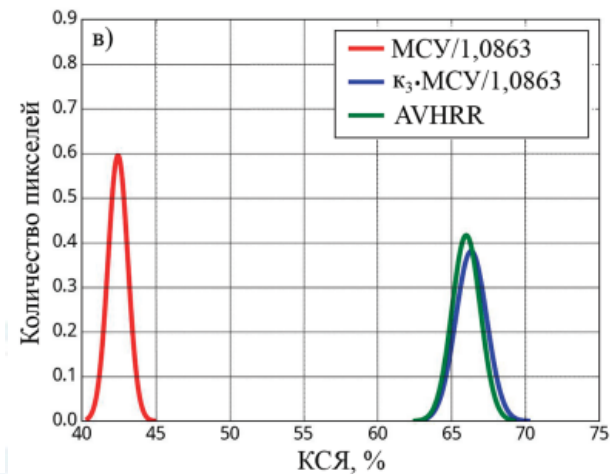
## 1 канал МСУ-МР и AVHRR



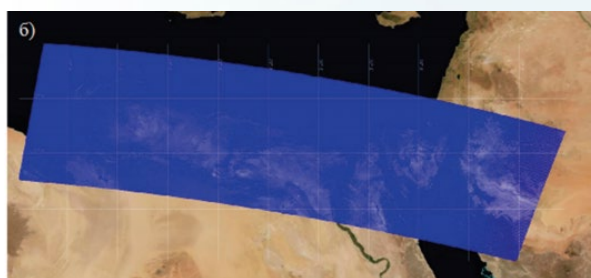
## 2 канал МСУ-МР и AVHRR



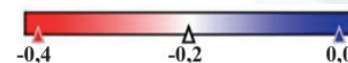
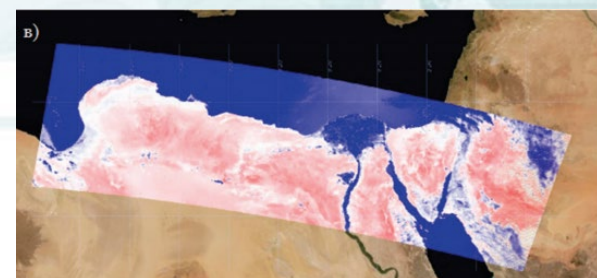
## 3 канал МСУ-МР и AVHRR



AVHRR



МСУ-МР до калибровки



МСУ-МР после калибровки

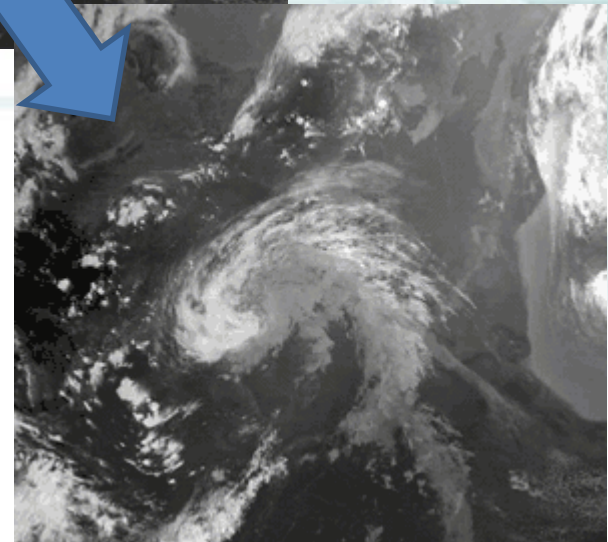
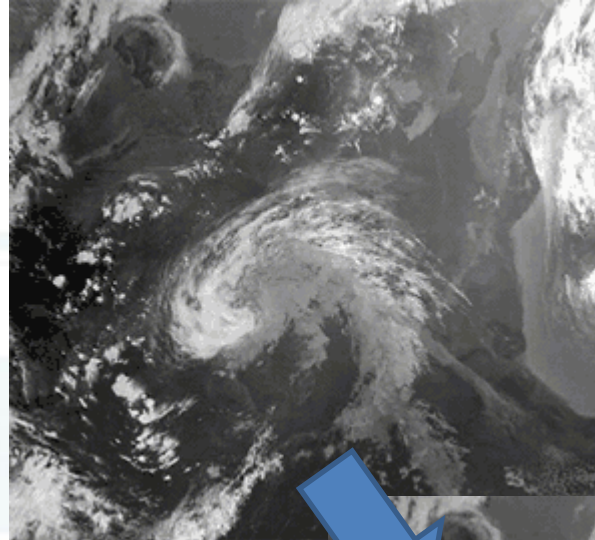
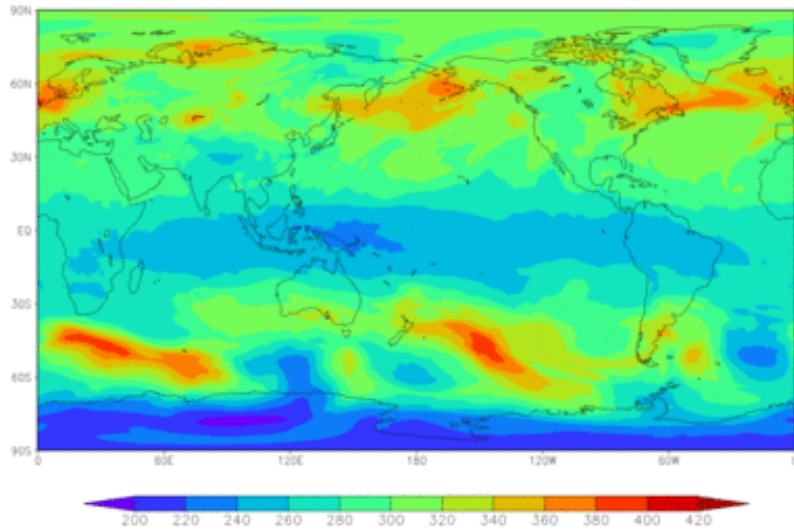
# Озон и водяной пар

Модель  
Global Forecast System  
(GFS)



Интерполяция с использованием  
оптического потока

GFS Entire Atmosphere Total Ozone [Dobson]  
00Z12JUL2012+000Hrs

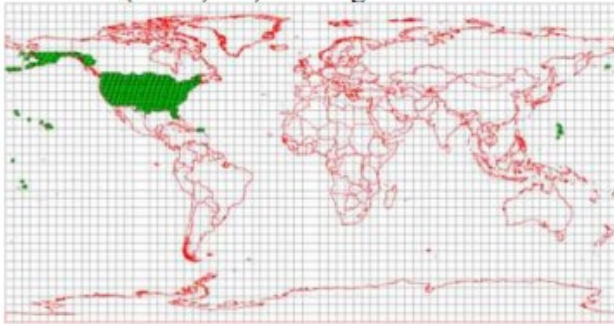


Симоненко Е.В., Чудин А.О., Давиденко А.Н. Дифференциальный метод вычисления векторов перемещения облачности // Метеорология и гидрология. 2017. № 3. С. 29-39.



# Высота поверхности над уровнем моря

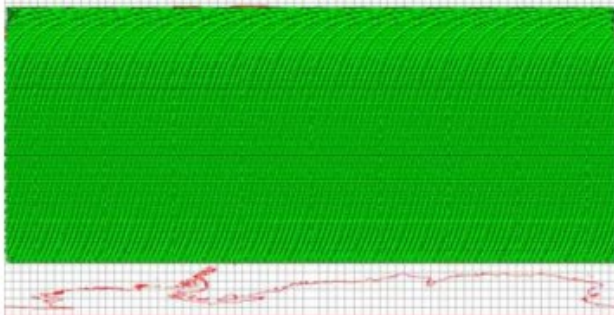
US 30-m (UTM, LL) coverage:



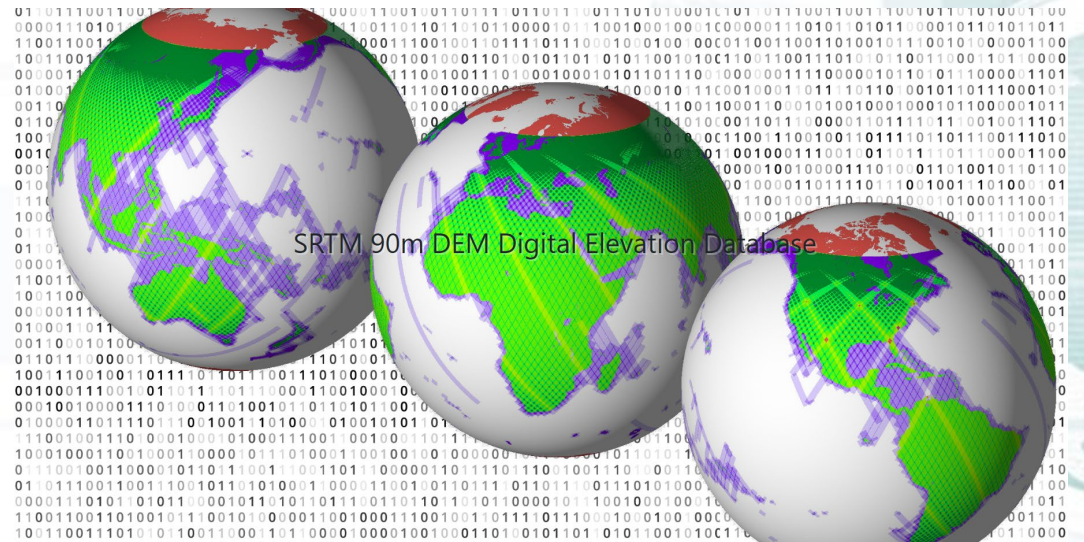
Global (LL, UTM) 90-m coverage:



Global (LL) 1-km coverage:

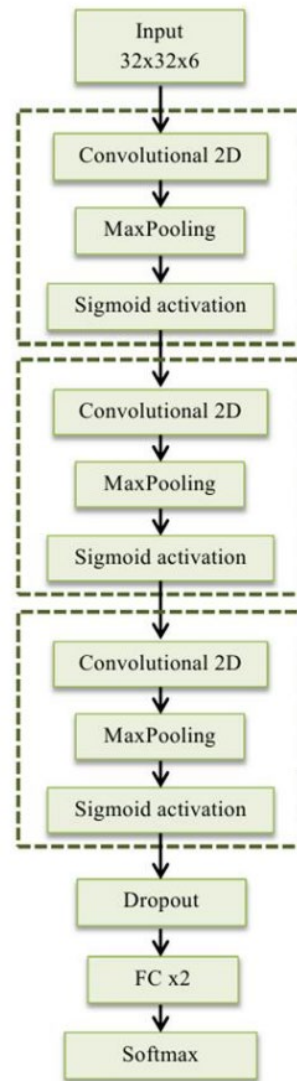


## Shuttle Radar Topographic Mission - SRTM



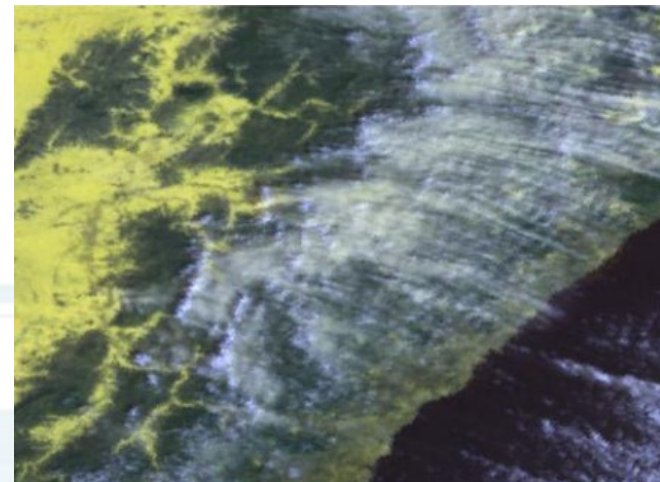
# Маска облачности

## Реализация CNN

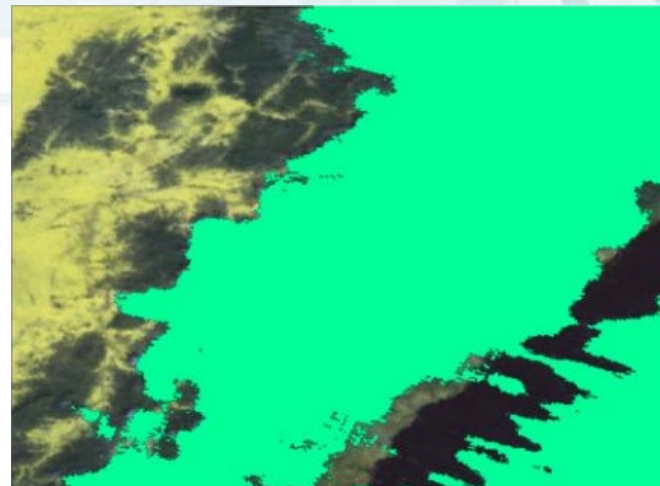


## Результат

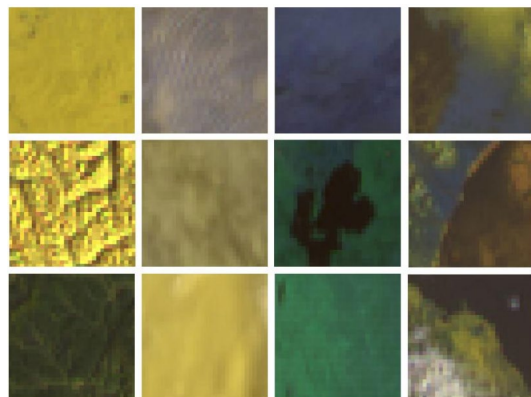
Цветосинтезированное изображение



Маска облачности



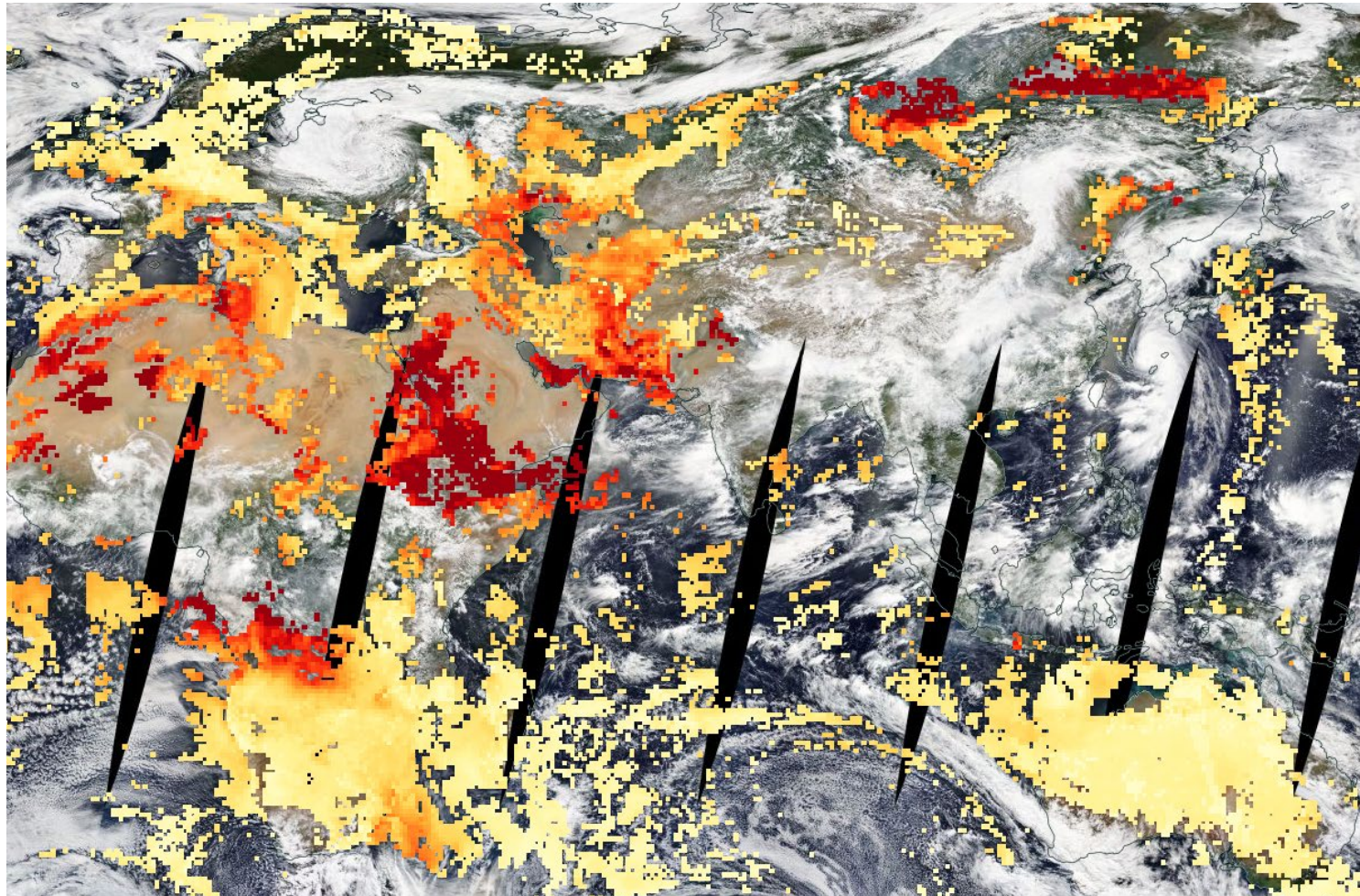
Выборка  
текстурных данных





# Оптическая толщина аэрозоля

MOD04 (Aerosol Product) по данным прибора MODIS  
КА «TERRA» и/или «AQUA»





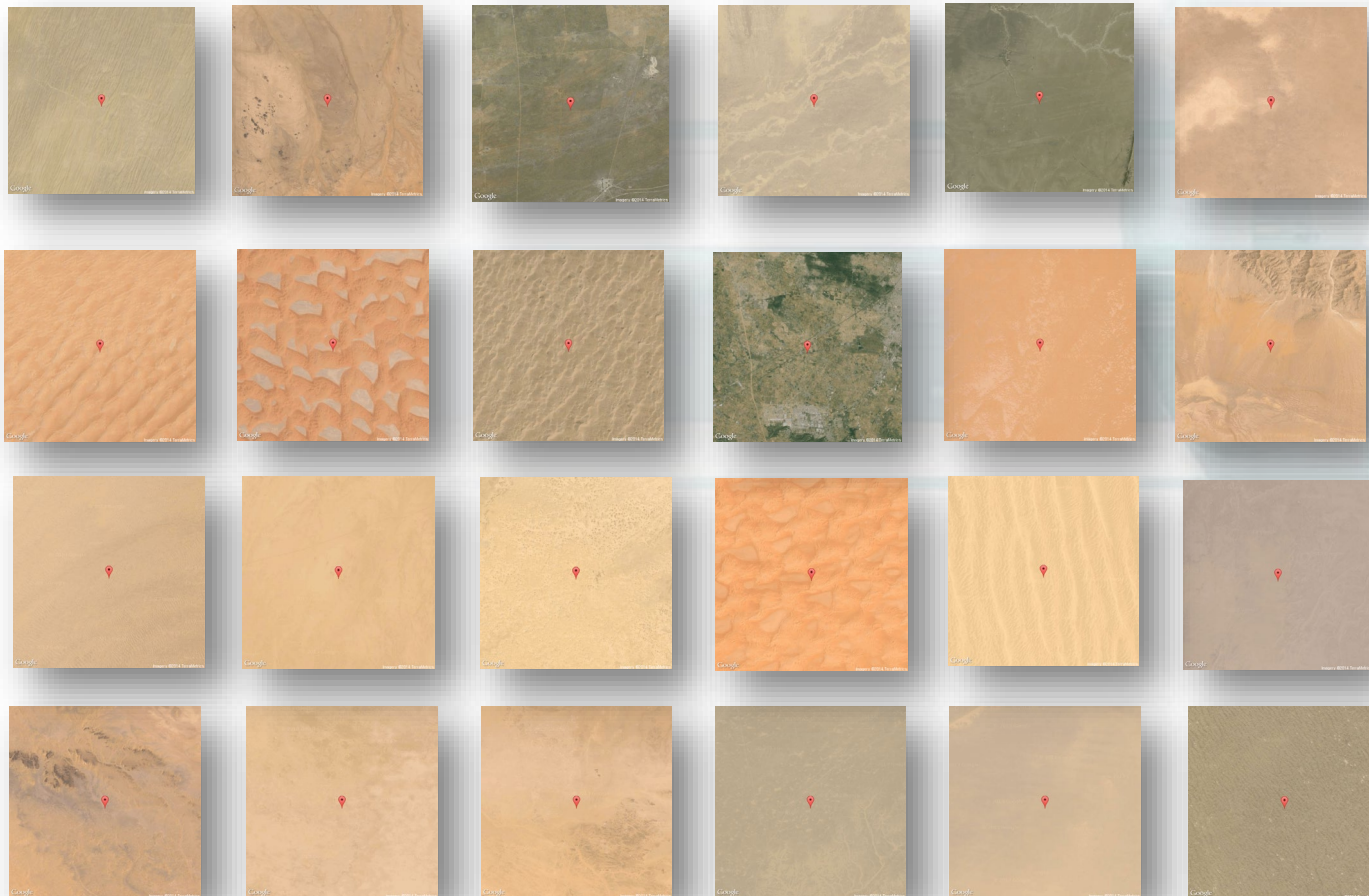


# Тестовые полигоны



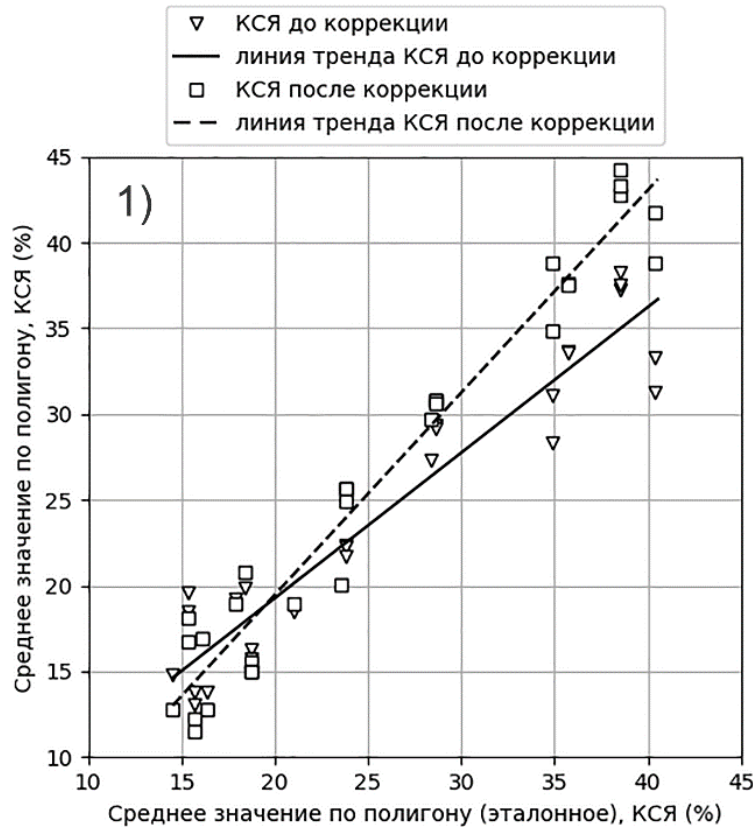
MONITORING WEATHER AND CLIMATE FROM SPACE

## SURFACE ALBEDO VALIDATION SITES

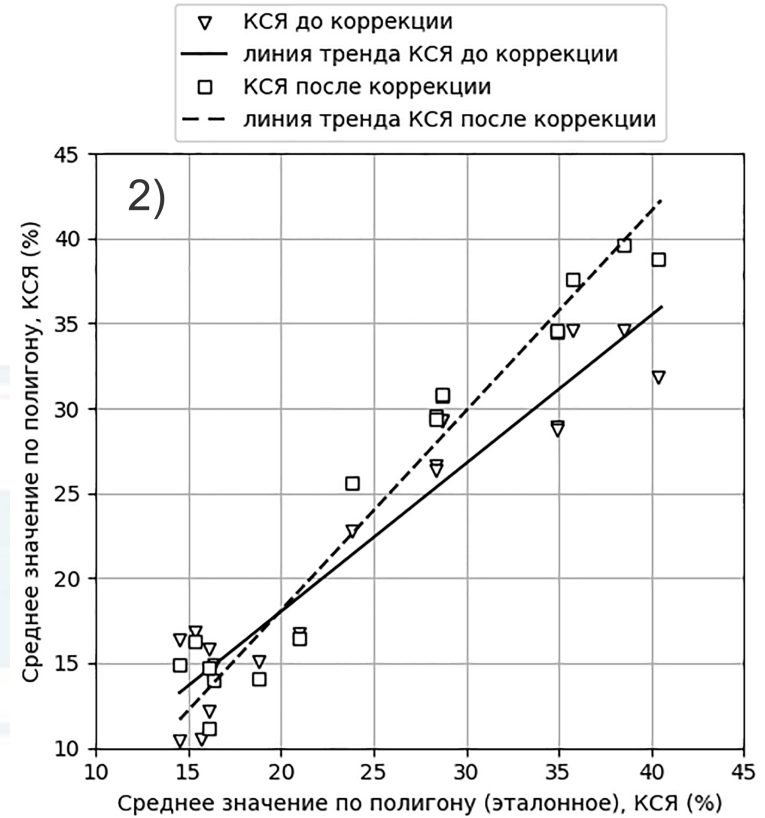


# Верификация

## МСУ-МР



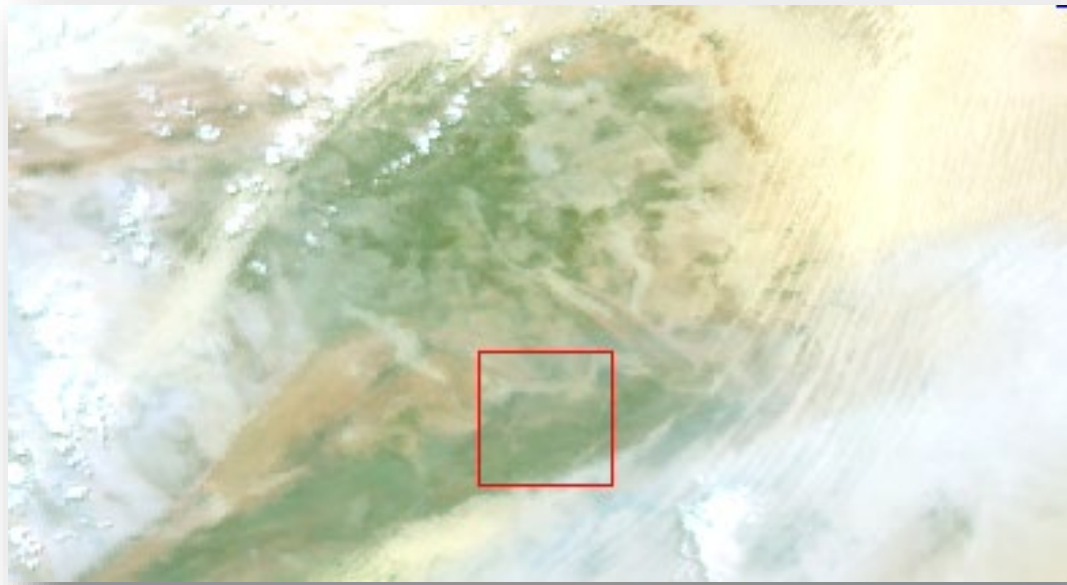
## AVHRR



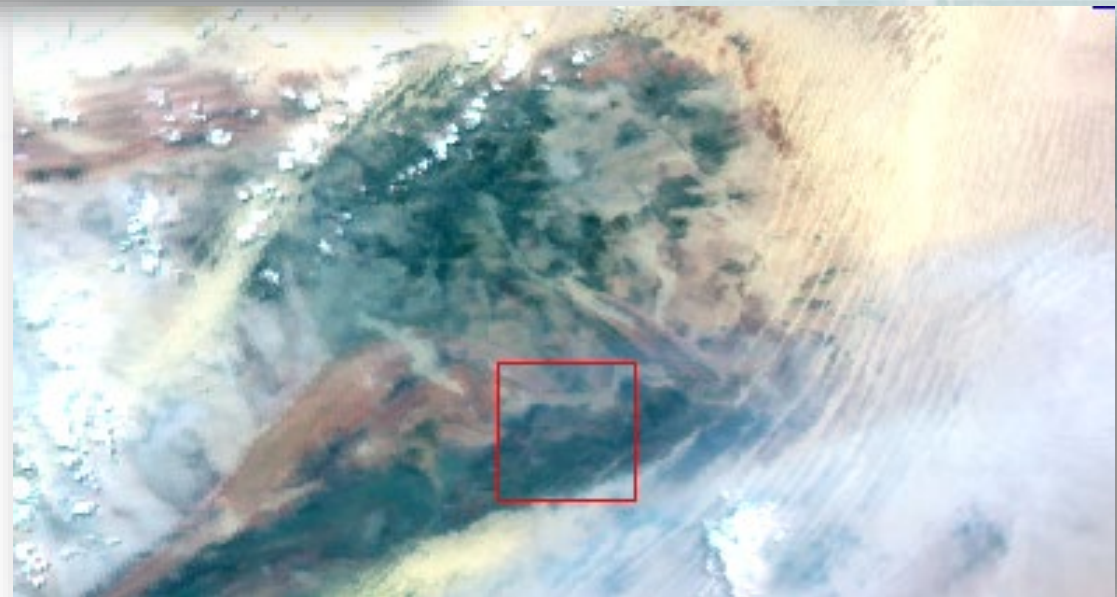
	МСУ-МР		AVHRR	
	До коррекции	После коррекции	До коррекции	После коррекции
$E_{\text{mean}}$	1.594	0.468	2.587	1.074
$E_{\text{RMS}}$	2.024	1.098	1.967	1.556
$R$	0.88	0.93	0.819	0.923

# Атмосферная коррекция

До коррекции



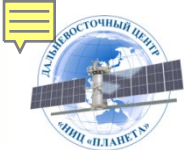
После коррекции



# Заключение

- Результат:
  - Увеличение корреляции КСЯ ВГА с эталонным КСЯ подстилающей поверхности
- Планы:
  - Восстановление АОТ по данным МСУ-МР
  - Верификация атмосферной коррекции для 2 и 3 каналов МСУ-МР
  - Реализация и верификация алгоритма проведения атмосферной коррекции с помощью нейросетевого подхода





Спасибо за внимание!

Дальневосточный центр  
ФГБУ «НИЦ «Планета»  
Россия, г. Хабаровск,  
ул. Ленина, д. 18  
тел.: 8-(4212) 21-43-11  
факс: 8-(4212) 21-40-07  
e-mail: niokr@dvrpod.ru  
<https://www.dvrpod.ru>