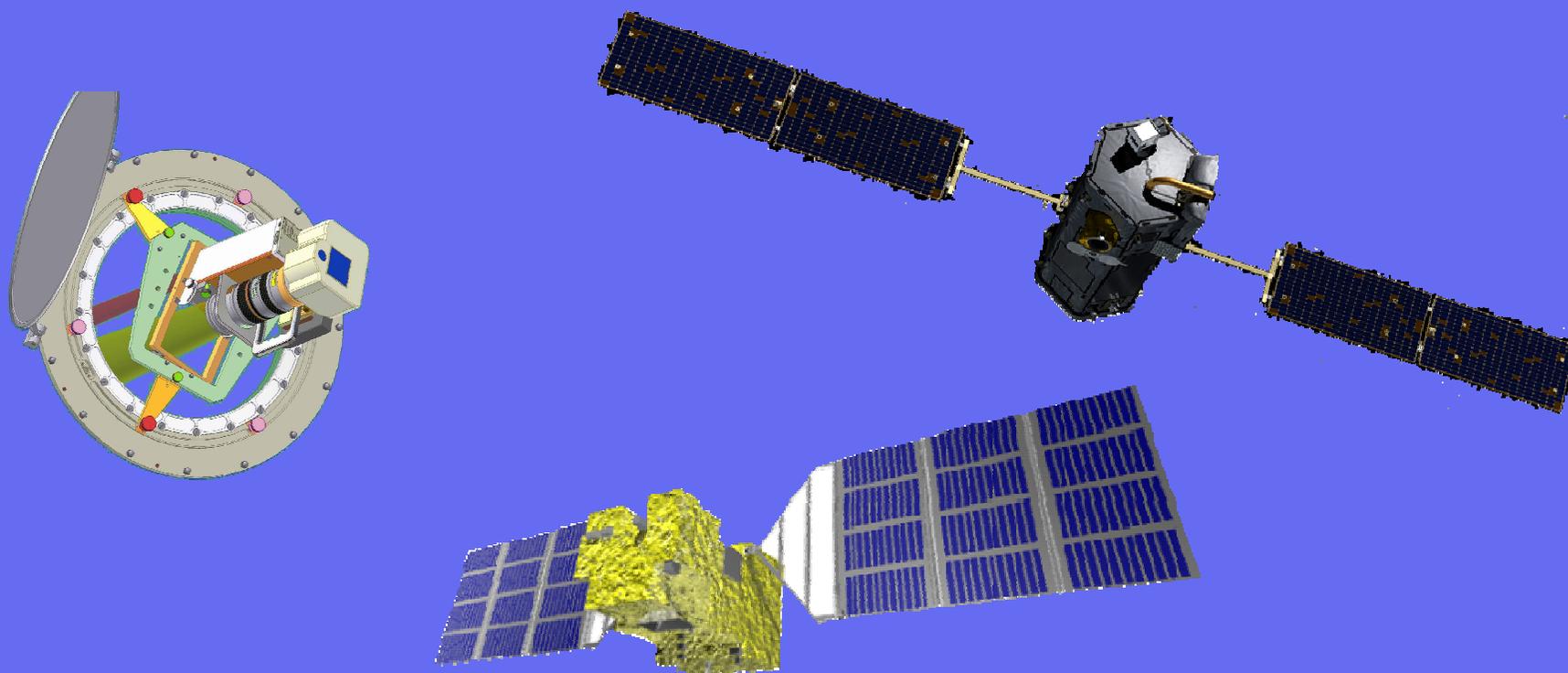


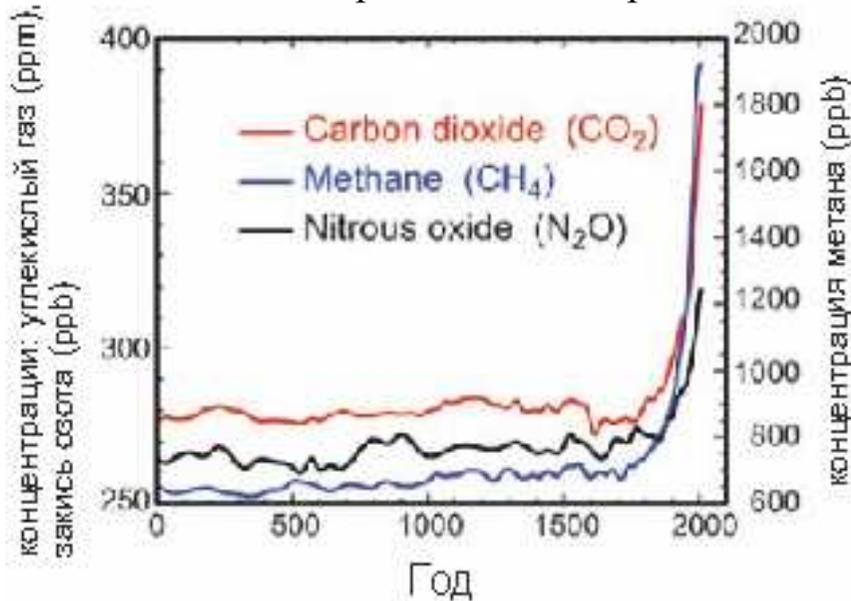
**Эксперимент ДРИАДА - продолжение эксперимента**  
**РУСАЛКА по измерению**  
**содержания парниковых газов в атмосфере Земли**

***С.Н. Манцевич, О.И. Кораблев, А.Ю. Трохимовский, А.С. Патракеев, Ю.Э. Жирнова***  
***Институт Космических Исследований РАН***

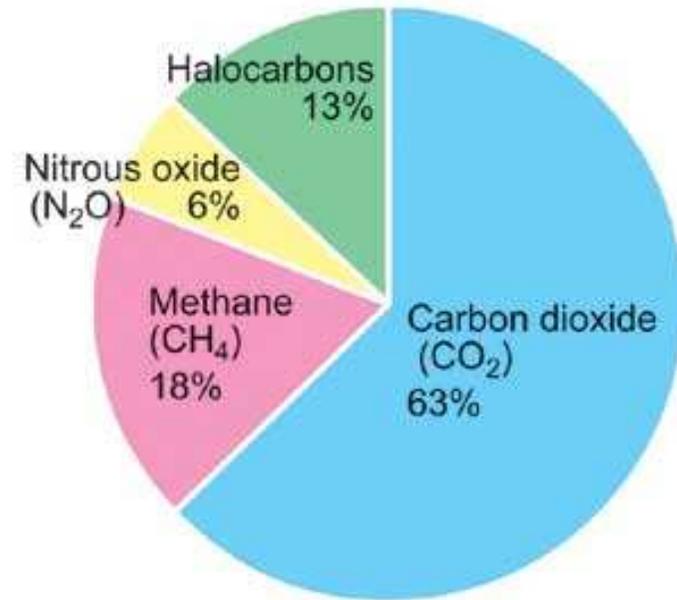


# Актуальность

CO<sub>2</sub> и метан CH<sub>4</sub> - основные парниковые газы, играют важнейшую роль в тепловом балансе тропосферы и формирования климата Земли. Для понимания роли природных процессов и человеческой деятельности, регулирующих их атмосферное распределение, необходимы весьма точные и локализованные измерения концентрации



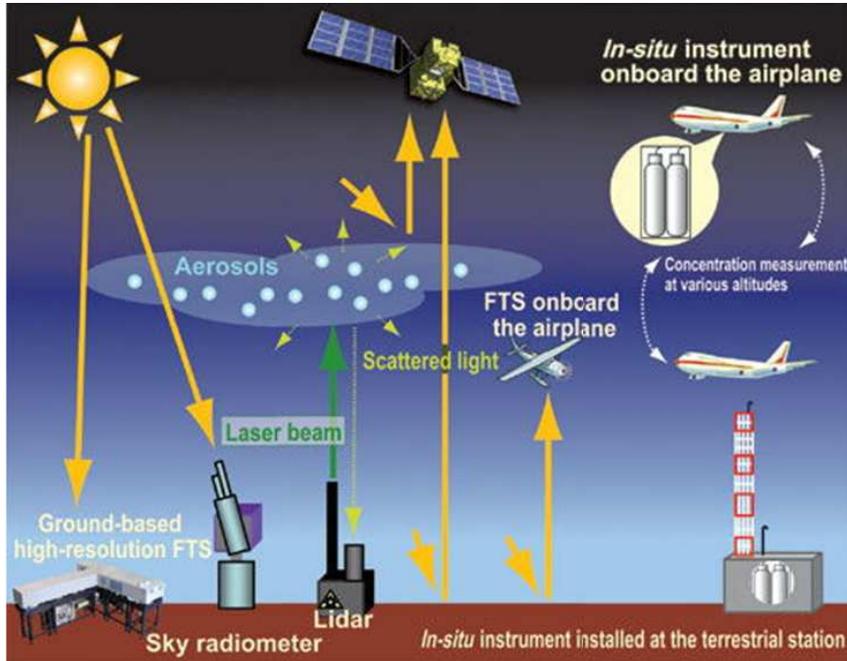
Изменение концентрации основных парниковых газов в атмосфере



Вклад основных парниковых газов в повышение температуры

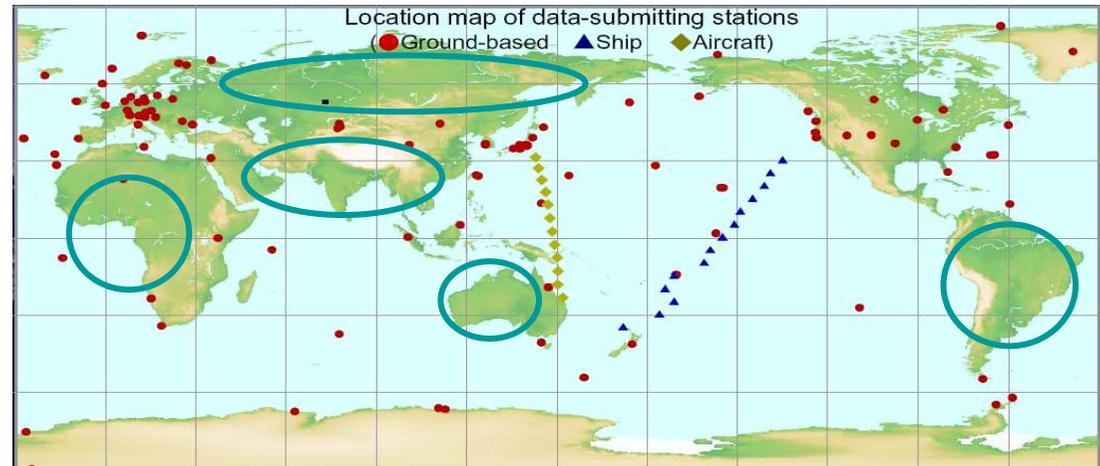
- рост концентрации CO<sub>2</sub> ~1.5 ppm/год, несоответствие объемам выбросов -> сток в океанах и суше
- исследования трендов изотопов С и атмосферного O<sub>2</sub> -> предположительно ~1Гт/год сток на суше и порядка ~2 Гт/год в океане
- рост амплитуды колебаний концентраций CO<sub>2</sub> в северном полушарии -> возрастание активности биосферы (глобальное потепление)

# ИЗМЕРЕНИЯ КОНЦЕНТРАЦИИ ПАРНИКОВЫХ ГАЗОВ



Требование по спектральному разрешению > 20000

**GCP - Global carbon project**

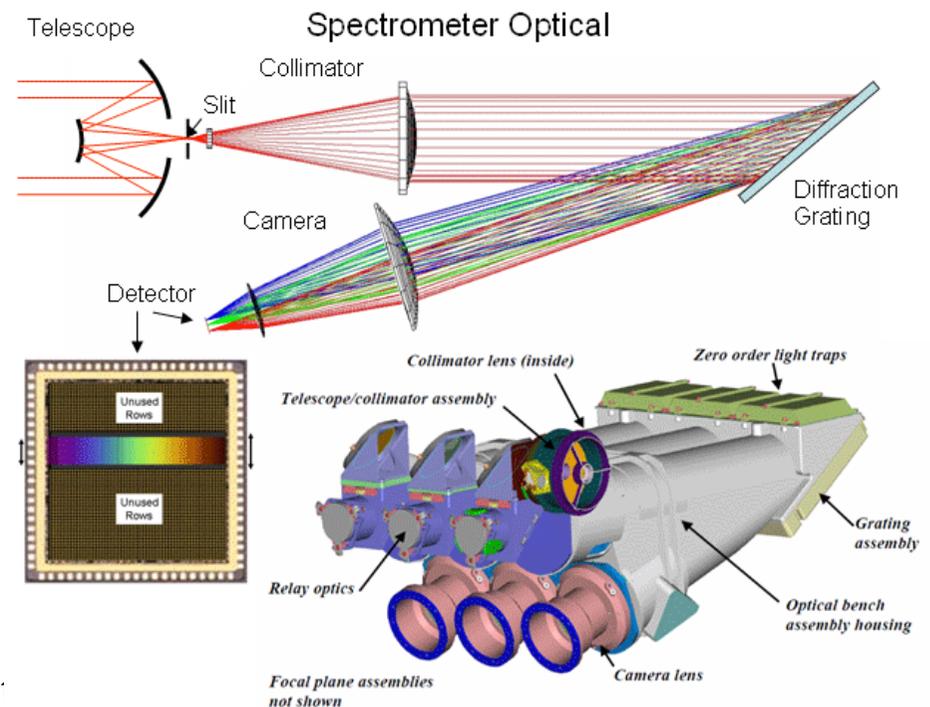


# мировой опыт создания аппаратуры космического базирования для исследования парниковых газов

NASA

## Orbiting Carbon Observatory (OCO)

- Орбита – 700 км
- Масса КА около 440кг.
- Три различных спектрометра:  
0.76 мкм (O<sub>2</sub> – канал сравнения),  
1.58 мкм (CO<sub>2</sub> - 1 канал),  
2.05 мкм (CO<sub>2</sub> - 2 канал).
- Спектральное разрешение (λ/Dλ) - 21000
- Заявленная точность – 1 ppm.
- Пространственное разрешение 1.5 км.
- Полоса захвата 10 км.
- «NASA's Launch of Carbon-Seeking Satellite is Unsuccessful» *Feb. 24, 2009*



# мировой опыт создания аппаратуры космического базирования для исследования парниковых газов

**JAXA**

## **GOSAT - Greenhouse Gases Observing Satellite**

Запущен 23 января 2009

Регулярные измерения

Участники: Ministry of the Environment (MOE),  
the National Institute for Environmental Studies  
(NIES)

	Band 1	Band 2	Band 3	Band 4
Spectral coverage [ $\mu\text{m}$ ]	0.758~0.775	1.56~1.72	1.92~2.08	5.56~14.3
Spectral resolution [ $\text{cm}^{-1}$ ]	0.5	0.27	0.27	0.27
Target species	O <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub> · CH <sub>4</sub>	CO <sub>2</sub> · H <sub>2</sub> O	CO <sub>2</sub> · CH <sub>4</sub>
Instantaneous field of view/ Field of observation view at nadir	Instantaneous field of view: 15.8 mrad Field of view for observation (footprint): diameter of app. 10.5 km			
Single-scan data acquisition time	1.1, 2.0, 4.0 seconds			

\* 1  $\mu\text{m}$  = 1/1000 mm

Size	Main body	3.7 m x 1.8 m x 2.0 m (Wing Span 13.7m)
Mass	Total	1750kg
Power	Total	3.8 KW (EOL)
Life Span	5 years	
Orbit	sun synchronous orbit	
	Local time	13:00+/-0:15
	Altitude	666km
	Inclination	98deg
	Re-visit	3 days



# ИКИ



# РУСАЛКА

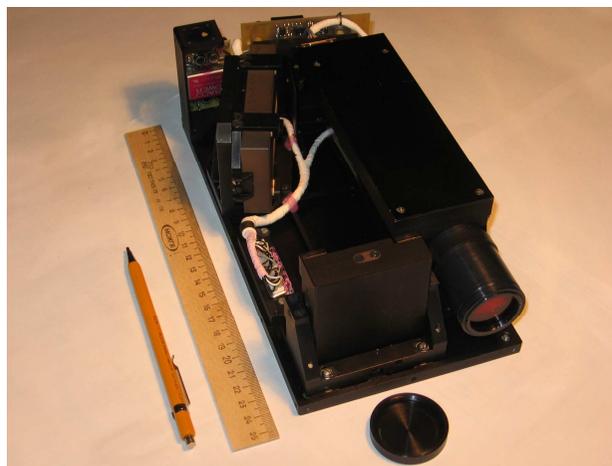


## **Ручной Спектральный АнаЛизатор Компонентов Атмосферы**

**09.2009 – 04.2012**

инфракрасный спектрометр высокого спектрального и пространственного разрешения для проведения измерений содержания углекислого газа и метана

Полное наименование космического эксперимента –  
**«Отработка методики определения содержания углекислого газа и метана в атмосфере с борта МКС»**



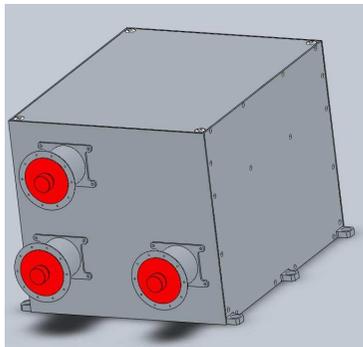
# КОСМИЧЕСКИЙ ЭКСПЕРИМЕНТ ДРИАДА

«Измерения спектров поглощения земной атмосферы в ближнем ИК диапазоне и восстановление концентраций парниковых газов»

НА «ДРИАДА»

Планируемое время эксплуатации 3 года (2016-2019 г)

Спектрометр Высокого Разрешения (СВР)



СВР

ССОД содержит микропроцессорную систему для сбора и обработки спектров, которые затем в сжатом виде передает в БУСД

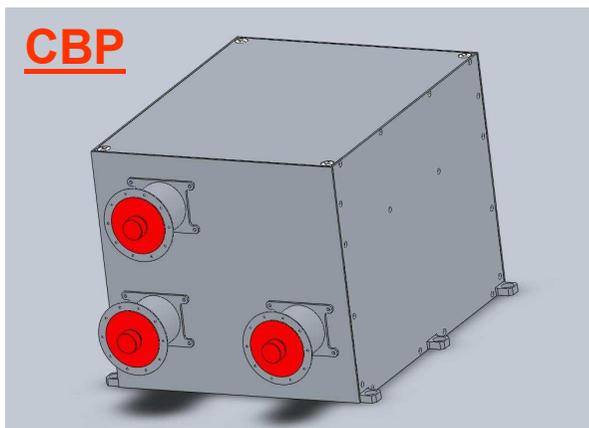
Система Сбора и Обработки Данных (ССОД)

Блок Управления и Сбора Данных (БУСД)



Формирует команды управления и выдает их в ССОД спектрометра высокого разрешения, а также обеспечивает прием и накопление служебных и научных данных, получаемых от СВР, с последующей их передачей в служебные системы РС МКС для передачи на Землю

# СПЕКТРОМЕТР ВЫСОКОГО РАЗРЕШЕНИЯ

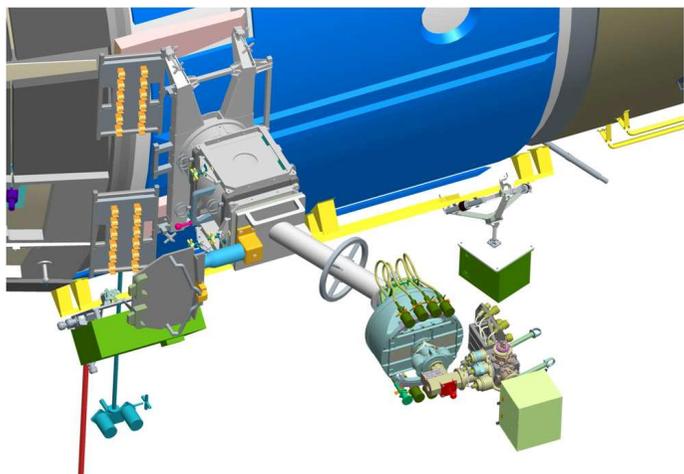


SVR имеет три канала:

1 – 760нм;

2 – 1.1-1.7мкм;

3 – фотокамера видимого диапазона



<b>Установка</b>	•SVR вне гермоотсека на двухступенной платформе наведения.
<b>Режимы работы</b>	•Надир (в режиме мониторинга на светлой стороне орбиты) •Блик (уникальная возможность повысить отношение сигнал-шум)

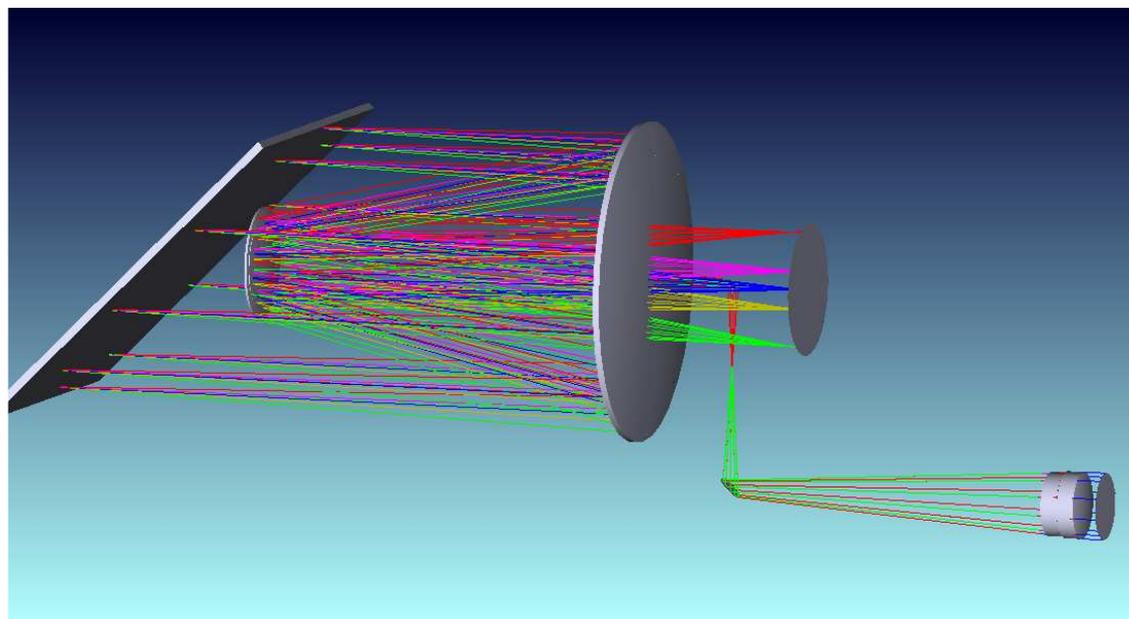
## Технические характеристики SVR

Масса, кг, не более	25
Габаритные размеры, мм, не более:	450x450x400
Питание:	
Вт, не более	45
Скорость передачи данных, Мбит/с, не более	30

# СПЕКТРОМЕТР ВЫСОКОГО РАЗРЕШЕНИЯ

## оптический канал 1

Оптическая схема канала 1  
НА «ДРИАДА»



параметры дифракционной решетки:

угол блеска, град	45
число штрихов на мм	101,95
размеры, мм	95

Наименование	Значение
–поле зрения, не более	1×1°
–спектральный диапазон измерений, нм	от 760 до 780
–спектральное разрешение, $\lambda/\delta\lambda$ , не менее	24000
–относительное отверстие входного объектива (светосила), не менее	f/3
–рабочая длина волны, нм:	760
Фотоприемник:	линейный
наименование	DALSA
число и размер пикселей	2048 14мкм

# СПЕКТРОМЕТР ВЫСОКОГО РАЗРЕШЕНИЯ

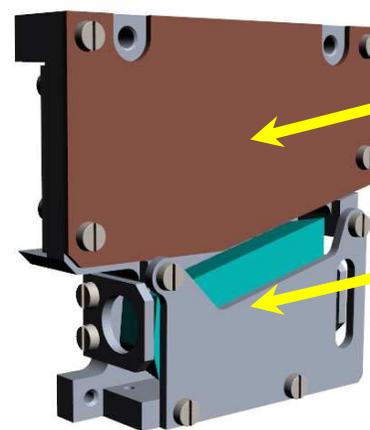
## оптический канал 2

Наименование	Значение
–поле зрения, не более	$1 \times 1^\circ$
–спектральный диапазон измерений, нм	от 1000 до 1700
–спектральное разрешение, $\lambda/\delta\lambda$ , не менее	25000
–относительное отверстие входного объектива (светосила), не менее	$f/3$
–диапазон частот ультразвука в АОПФ, МГц	от 10 до 150
–рабочая длина волны, нм:	
1) $\text{CO}_2$	1580
2) $\text{CH}_4$	1650
3) $\text{O}_2$	1270
Фотоприемник	матричный
наименование	Andanta
число и размер пикселей, мкм	640x512 25x25

оптическая схема



АОПФ – общий вид



блок  
электроники

АО  
ячейка

# СПЕКТРОМЕТР ВЫСОКОГО РАЗРЕШЕНИЯ

## фотокамера

Наименование	Значение
–поле зрения, не более	20×20°
–спектральный диапазон измерений, нм	от 350 до 900
–дисторсия	10 <sup>-3</sup> мм
–относительное отверстие входного объектива (светосила), не менее	f/4
–контраст по всему полю, при 70 парах линий/мм, не менее	0.5
–центральная длина волны пропускания светофильтров, нм:	
1	380
2	675
3	870
Фотоприемник	матричный
наименование	e2v
число и размер пикселей	2048x2048

используется для проведения съемки подстилающей поверхности, определения облачности и изучения аэрозолей



# БЛОК УПРАВЛЕНИЯ И СБОРА ДАННЫХ



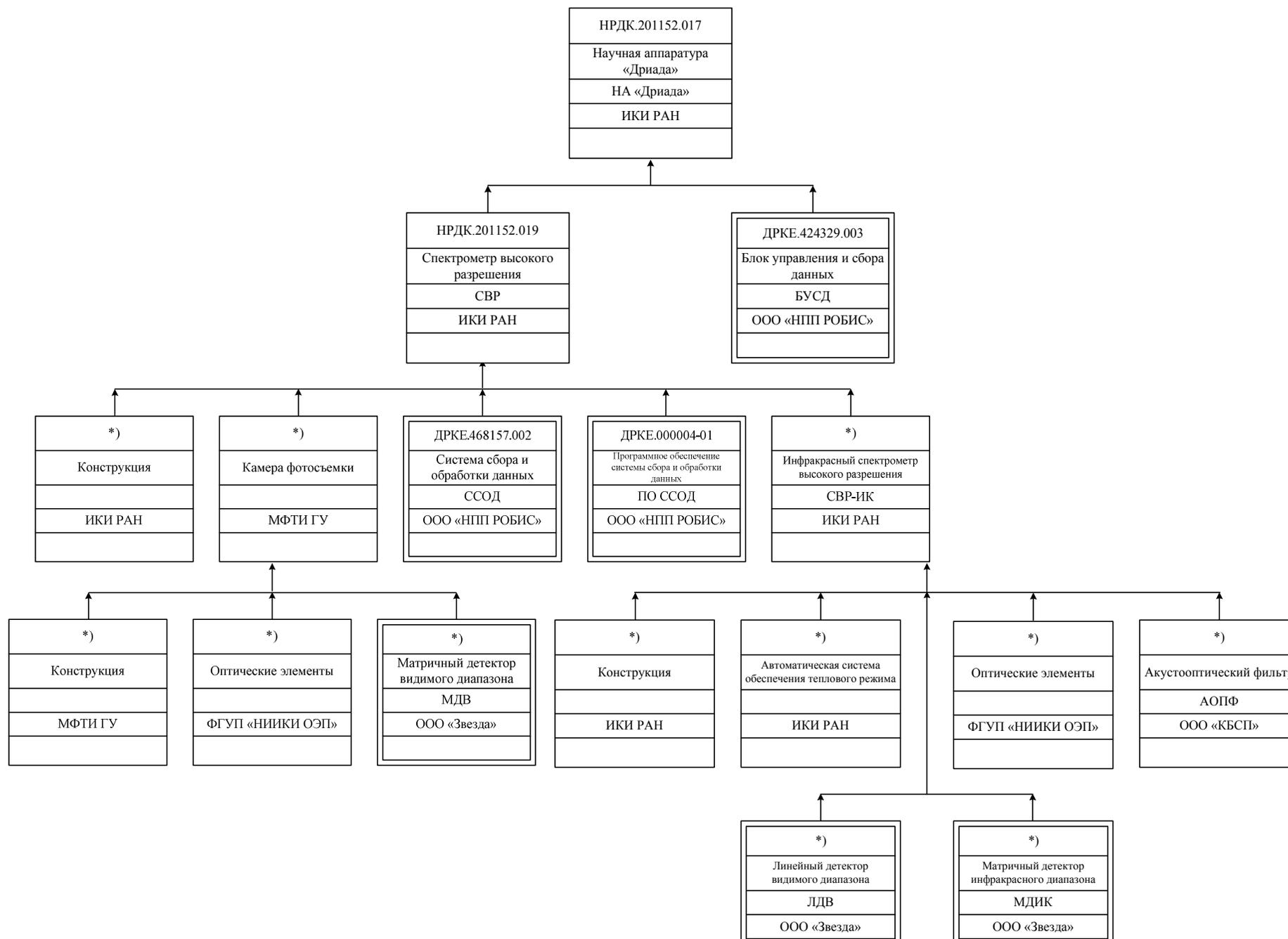
Устанавливается внутри гермоотсека

Формирует команды управления и выдает их в ССОД спектрометра высокого разрешения, а также обеспечивает прием и накопление служебных и научных данных, получаемых от СВР, с последующей их передачей в служебные системы РС МКС для передачи на Землю

## Технические характеристики БУСД

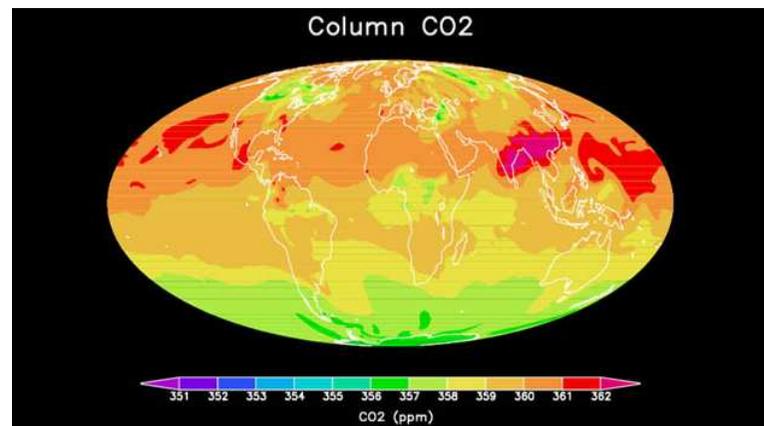
Масса, кг, не более	15
Габаритные размеры, мм, не более:	
–длина	300
–ширина	250
–высота	200
Питание:	
–шина питания, Вт, не более	25
–шина команд, Вт, не более	25
Объем ЗУ для накопления информации, Гбайт, не менее	128
Объем передаваемой информации в ИУС, Гбайт/сут, не более	6

# ОРГАНИЗАЦИЯ РАБОТ И КООПЕРАЦИЯ



# ОЖИДАЕМЫЕ НАУЧНЫЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

- Отработка технологии создания компактных спектрометров высокого спектрального разрешения и светосилы для работы в открытом космосе;
- Для непрерывного покрытия освещенных участков орбит будет получены массивы калиброванных спектров пропускания атмосферы в ближнем ИК диапазоне для надирных измерений для восстановления концентраций парниковых газов (данные 1 уровня);
- Благодаря использованию платформы наведения будет набрана уникальная статистика спектров пропускания по наблюдению бликов для последующей обработки в более простом приближении, что позволит повысить точность и достоверность выходных научных данных;
- Будут получены массивы концентраций парниковых газов в континентальных районах для различных сезонов в от экватора до  $\pm 52^\circ$  широты (данные 2 уровня) для дальнейшего анализа.



**Спасибо за внимание!**