

**Разработка методики
пространственно-временных измерений
плазменно-волновых параметров в
ионосфере
с использованием инфраструктуры
Российского сегмента МКС.**

***С.И.Климов, В.А.Грушин, Л.Д.Белякова, Д.
И.Новиков***

ИКИ РАН

Плазменные процессы – составная часть "космической погоды".

**Плазменные процессы
сопровождаются
электромагнитными полями и
излучениями
в низкочастотном диапазоне
(менее 20 МГц),
что является их отличительной
особенностью.**

**Конкретной фундаментальной
задачей КЭ
является поиск универсальных
закономерностей трансформации
и диссипации
плазменно-волновой энергии в
магнитосферно-ионосферной
системе, в частности,
во время геокосмических бурь**

Геокосмические бури

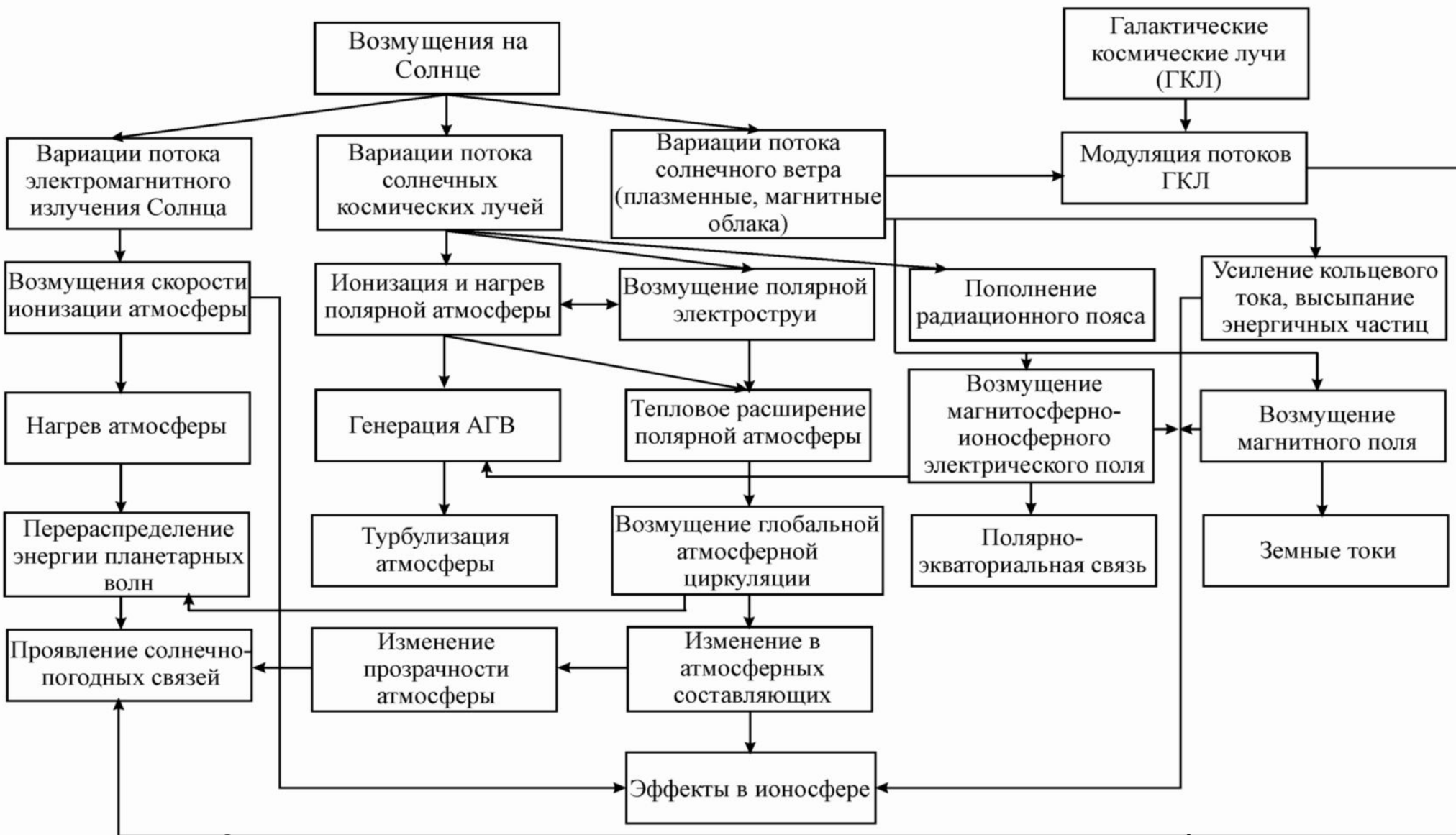


Схема процессов, сопровождающих геокосмическую бурю

и вариации космической погоды

Энергетические характеристики геокосмической бури

Область геокосмоса	Энергия, Дж	Мощность, Вт	Продолжительность, с	Относительное изменение энергии	Примечание
Магнитосфера	10^{16}	10^{12}	10^4	10^{-2}	Энергия магнитного поля
	10^8-10^{10}	10^4-10^6	10^4-10^5	10^2-10^4	Энергия электрического поля
Ионосфера	10^{12}	10^8	10^4	± 1	Тепловая энергия
	10^5-10^7	$10-10^3$	10^4-10^5	10^2-10^4	Энергия электрического поля
Термосфера	$10^{15}-10^{17}$	$10^{11}-10^{13}$	10^4-10^5	$10^{-3}-10^{-1}$	Тепловая энергия

Потоки «снизу»

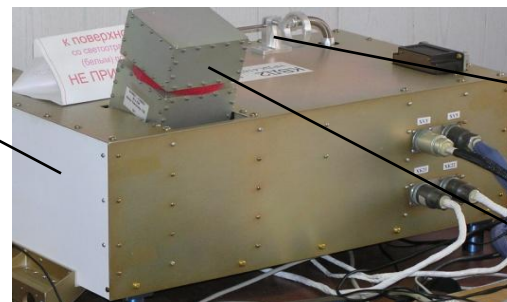
Переносчик	$P_p,$ Вт/м ²	Площадь, м ²	$P,$ Вт	Длительность, с	Примечание
Атмосферная турбулентность	1 - 10	$5 \cdot 10^{14}$	$5 \cdot 10^{14} - 5 \cdot 10^{15}$	Непрерывно	До высот ~ 100 – 120 км
Внутренние гравитационные волны (ВГВ)	0,1 - 1	$5 \cdot 10^{14}$	$5 \cdot 10^{13} - 5 \cdot 10^{14}$	Непрерывно	Эффективно диссипируют в термосфере
Инфразвук	$10^{-4} - 10^{-3}$	$5 \cdot 10^{14}$	$5 \cdot 10^{10} - 5 \cdot 10^{11}$	Непрерывно	Достигает F-области ионосферы
Инфразвук от сильнейшего землетрясения	$10^2 - 10^3$	10^{11}	$10^{13} - 10^{14}$	10^2	Достигает F-области ионосферы
Электромагнитное излучение сильнейшего землетрясения	$10^{-3} - 10^{-2}$	10^{11}	$10^8 - 10^9$	$10^2 - 10^3$	Достигает ионосферы и магнитосферы
Акустическое излучение сильнейшей молнии	10^{-3}	10^9	10^6	~ 1	Диссипирует в атмосфере
Электромагнитное излучение сильнейшей молнии	10^{-3}	10^9	10^6	~ 1	Достигает ионосферы и магнитосферы
Электромагнитное излучение мировой грозовой активности	10^{-3}	10^{12}	10^9	Непрерывно	Достигает ионосферы и магнитосферы

Аппаратура плазменно-волнового комплекса (КЭ «Обстановка») ИКИ



**КВД-1
(ИКИ РАН)**

**КВД-2
(ИКИ РАН)**



**Зонд Ленгмюра
ЗЛ-ПП
(Болгария)**

**Блок хранения
телеметрической
информации БХТИ
(Венгрия)**

**Прибор «Корес»
(Великобритания)**



**ШКД1 ШКД2
(РКК «Энергия»)**



**Датчик
потенциала
ДП-ПП
(Болгария)**



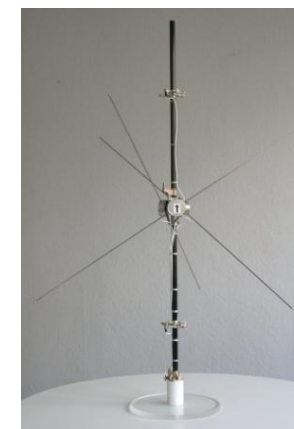
**Зонд
КВЗ-ПП
(Украина)**



**Зонд
Ленгмюра
ЗЛ-ПП
(Болгария)**



**Антенна
магнитная
РЧА-АМ
(Польша)**

















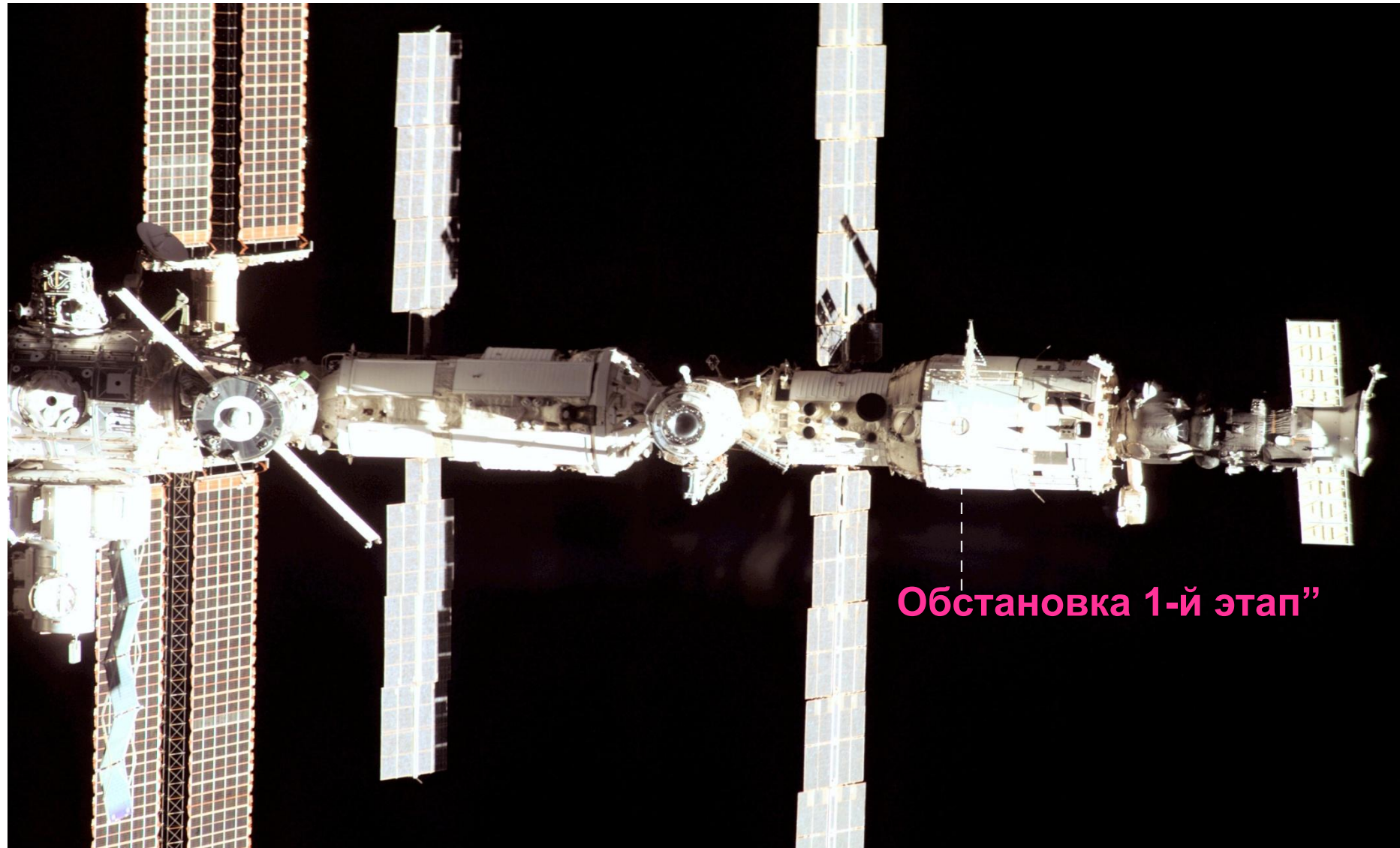
**Антенна
дипольная
РЧА-АД
(Польша)**

Физический параметр	Диапазоны	Измерительное устройство
плотность тока в плазме	- диапазон токов 2×10^{-10} - $2,5 \times 10^4$ А/см ² , - диапазон частот от 10 до 40000 Гц	датчики КВЗ-ПП
потенциал электрического поля	- диапазон потенциалов от 5 мкВ до 2 В, - диапазон частот от 10 до 40000 Гц	датчики КВЗ-ПП
напряженность магнитного поля	- диапазон поля от 0.05 до 20 нТл, - диапазон частот от 10 до 40000 Гц	датчики КВЗ-ПП
напряженность квазистационарного электрического поля	- диапазон поля от 0.5 мкВ/м до 2 В/м, - диапазон частот от 0.01 до 100 Гц	датчик (оба комплекта КВЗ-ПП)
напряженность переменного электрического поля	- диапазон поля от 0.05 мкВ/м до 2 В/м, - диапазон частот от 10 до 40000 Гц	датчик (оба комплекта КВЗ-ПП)
вектор (три компоненты) напряженности постоянного магнитного поля	- диапазон поля +/- 64000 нТл, - диапазон частот от 0.01 до 30 Гц - чувствительность 1 нТл	датчики ДФМ1, ДФМ2
концентрация частиц	- электронов и ионов от 10^6 до 10^{10} см ⁻³ ,	датчики ЗЛ-ПП
температура электронов	- диапазон от 1000 до 6000 °К	датчики ЗЛ-ПП
плавающий потенциал поверхности	- диапазон +/- 200 В	датчики ЗЛ-ПП
плавающий потенциал поверхности	- диапазон +/- 200 В, погрешность +/- 0.1 В, - диапазон +/- 20 В, погрешность +/- 0.01 В	датчики ДП-ПП
энергетический спектр электронов	- диапазон от 10 эВ до 10 кэВ, - поле зрения $360^0 \times 2^0$	КОРЕС
спектр частотной модуляция потоков электронов	- диапазон частот от 0 до 10 МГц, - диапазон частот от 0 до 10 кГц, - диапазон частот от 0 до 150 Гц,	КОРЕС
спектральная плотность энергии электромагнитного поля	- диапазон от 0.1 до 20 МГц	датчики РЧА-АД, РЧА-АМ
температура датчика	диапазон температуры от минус 55 до плюс 125°С	датчики КВЗ-ПП, ДФМ2

Состав и размещение научных приборов и оборудования плазменно-волнового комплекса (КЭ «Обстановка 1-й этап»)

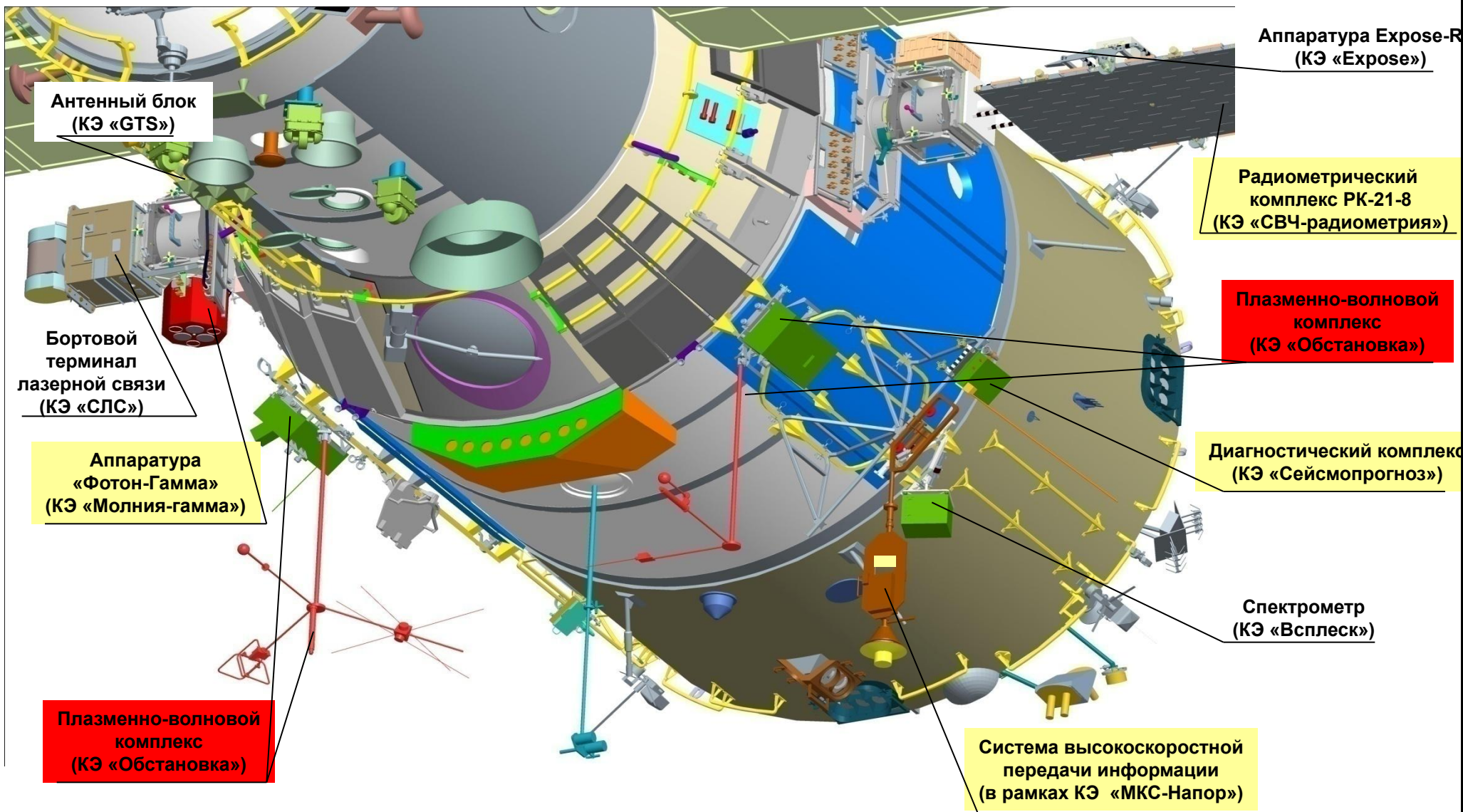


НАИМЕНОВАНИЕ		РАЗРАБОТЧИК		РАЗМЕЩЕНИЕ
Анализатор спектра частот электромагнитного поля	ШАШЗ	Университет Етвоса	 Венгрия	Внутри блока КВД2
Антенны электрическая и магнитная	РЧА-АД, РЧД-АМ	ЦКИ ПАН ИКИ	 Польша Швеция	На штанге ШКД2
Блоки с комплектом вторичных преобразователей	КВД1, КВД2	ИКИ РАН	 Россия	На механических адаптерах МАД1, МАД2
Блок хранения телеметрической информации	БХТИ	КФКИ РМКИ	 Венгрия	Внутри гермоотсека СМ
Блок сбора и контроля данных	ДАКУ1, ДАКУ2			Внутри блоков КВД1, КВД2
Датчик поверхностного потенциала	ДП-ПМ	ИКИ БАН	 Болгария	На корпусе блока КВД1
Датчики потенциала плазмы	ДП1, ДП2	ИКИ БАН	 Болгария	На штангах ШКД1, ШКД2
Зонды Ленгмюра	ЗЛ1, ЗЛ2	Центральная лаборатория солнечно-земных воздействий БАН	 Болгария	ЗЛ1 – на штанге ШКД1 ЗЛ2 - на корпусе КВД2
Кабели, катушка и держатели		РКК «Энергия»	 Россия	Снаружи СМ
Комбинированные волновые зонды	КВ31, КВ32	Львовский центр ИКИ	 Украина	На штангах ШКД1, ШКД2
Механические адаптеры для установки КВД1, КВД2	МАД1, МАД2	РКК «Энергия»	 Россия	На поручнях ВнеКД
Трехкомпонентные феррозондовые магнитометры	ДФМ1	ИКИ РАН	 Россия	Внутри блока КВД1
	ДФМ2	Львовский центр ИКИ	 Украина	Внутри блока КВД2
Штанги для размещения датчиков	ШКД1, ШКД2	РКК «Энергия»	 Россия	На механических адаптерах МАД1, МАД2
Электронный анализатор заряженных частиц	КОРЕС	Университет Шеффилда	 Велико- британия	На корпусе блока КВД2



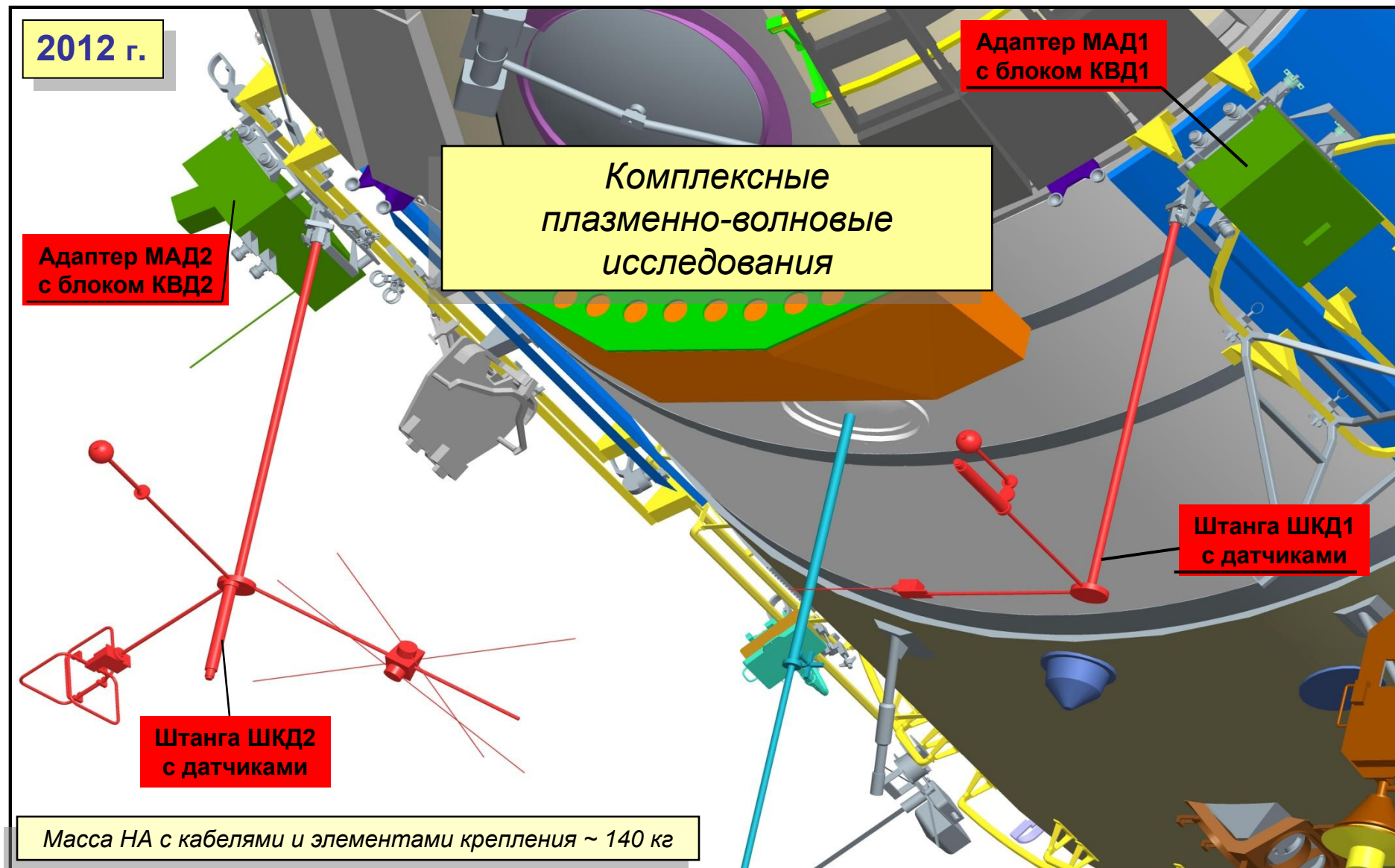
Обстановка 1-й этап”

Размещение научной аппаратуры на СМ (2011 год)



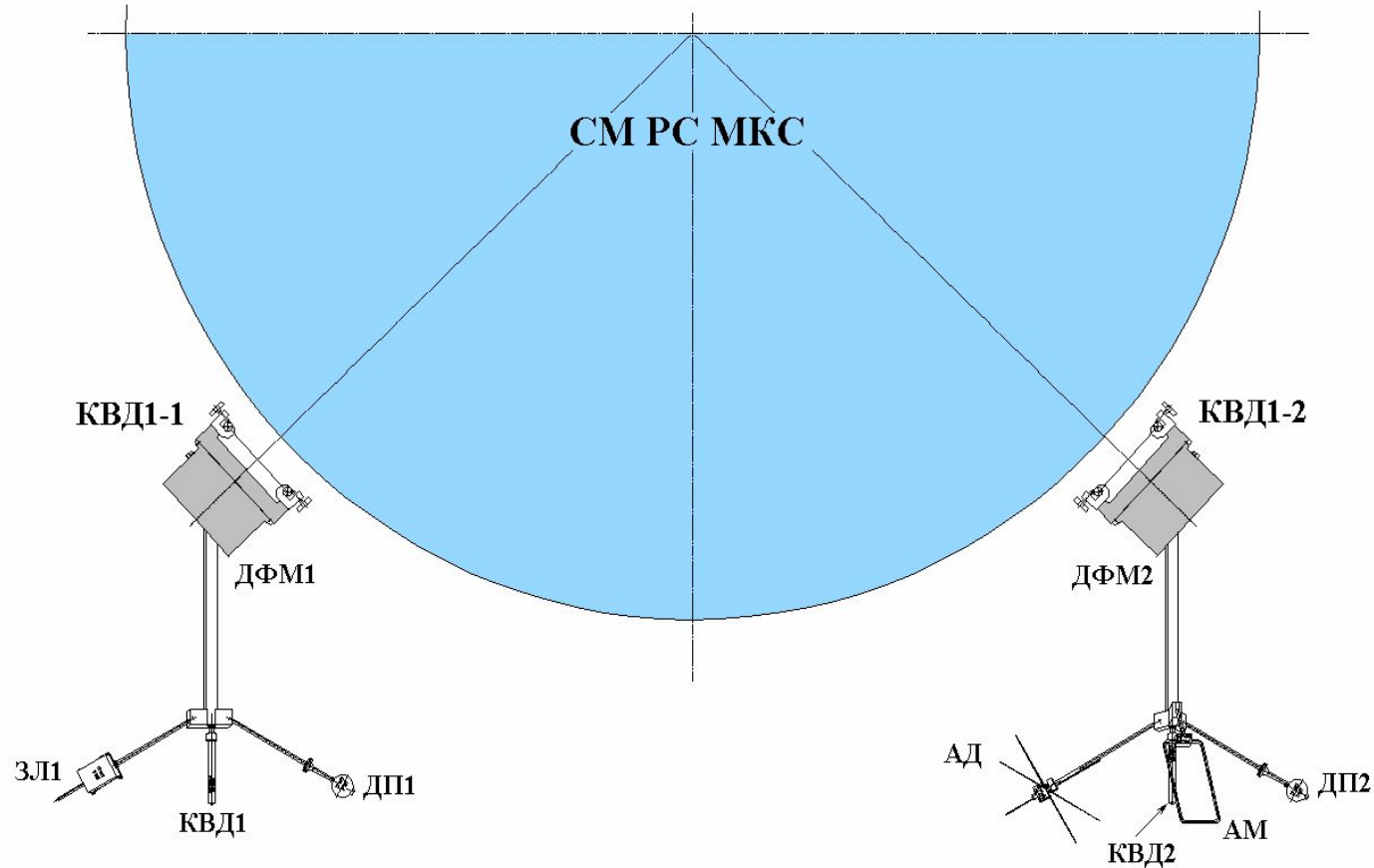
 - устанавливается в 2011 г.

Установка плазменно-волнового комплекса (КЭ «Обстановка 1-й этап») на трассе поручней ВнеКД



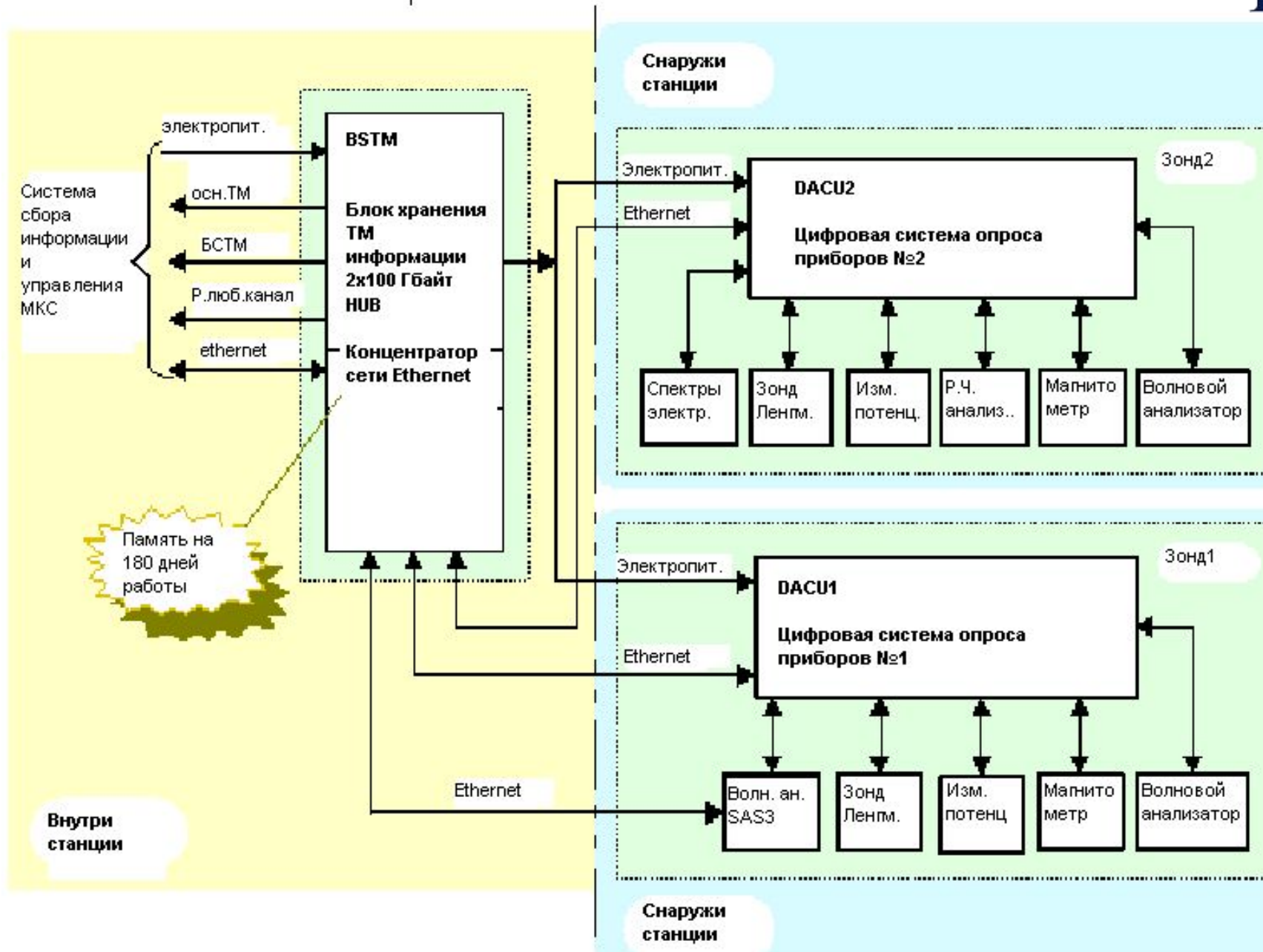
Эксперимент "Обстановка - 1^й этап" на СМ РС МКС по исследованию взаимодействия сверхбольших космических аппаратов с ионосферой

(постановщик эксперимента ИКИ РАН при участии международной кооперации).



Плазменно-волновой комплекс научной аппаратуры (КВД1-1, КВД1-2) предназначен для исследования параметров тепловой плазмы (ЗЛ1, 2), электрических полей (КВД1, 2), магнитных полей (ДФМ1, 2), электромагнитных волн (АД, АМ), спектров надтепловых электронов (КОРЕС), а также вариаций потенциала МКС (ДП1, 2).

Система хранения и управления ТМ информацией располагается внутри СМ.



Благодаря разнесению датчиков (антенн) с помощью штанг на расстояние ~ 3 метра, возможно изучение пространственных структур в ионосфере размером меньше 3м. , учитывая, что в слое F2:

ларморовский радиус электронов $\rho_{\text{He}} \sim 3\text{см.}$;

ларморовский радиус ионов $\rho_{\text{H}} \sim 500\text{см.}$

Изучение пространственных структур в ионосфере размером больше 3м возможно благодаря использованию инфраструктуры РС МКС.

Отработка такой методики началась с вывода на орбиту микроспутника «Чибис-М», который 25 января отделился от транспортно-грузового корабля «Прогресс М-13М» специально поднятого на орбиту высотой 512км, т.е. ~ на 110км выше орбиты МКС.

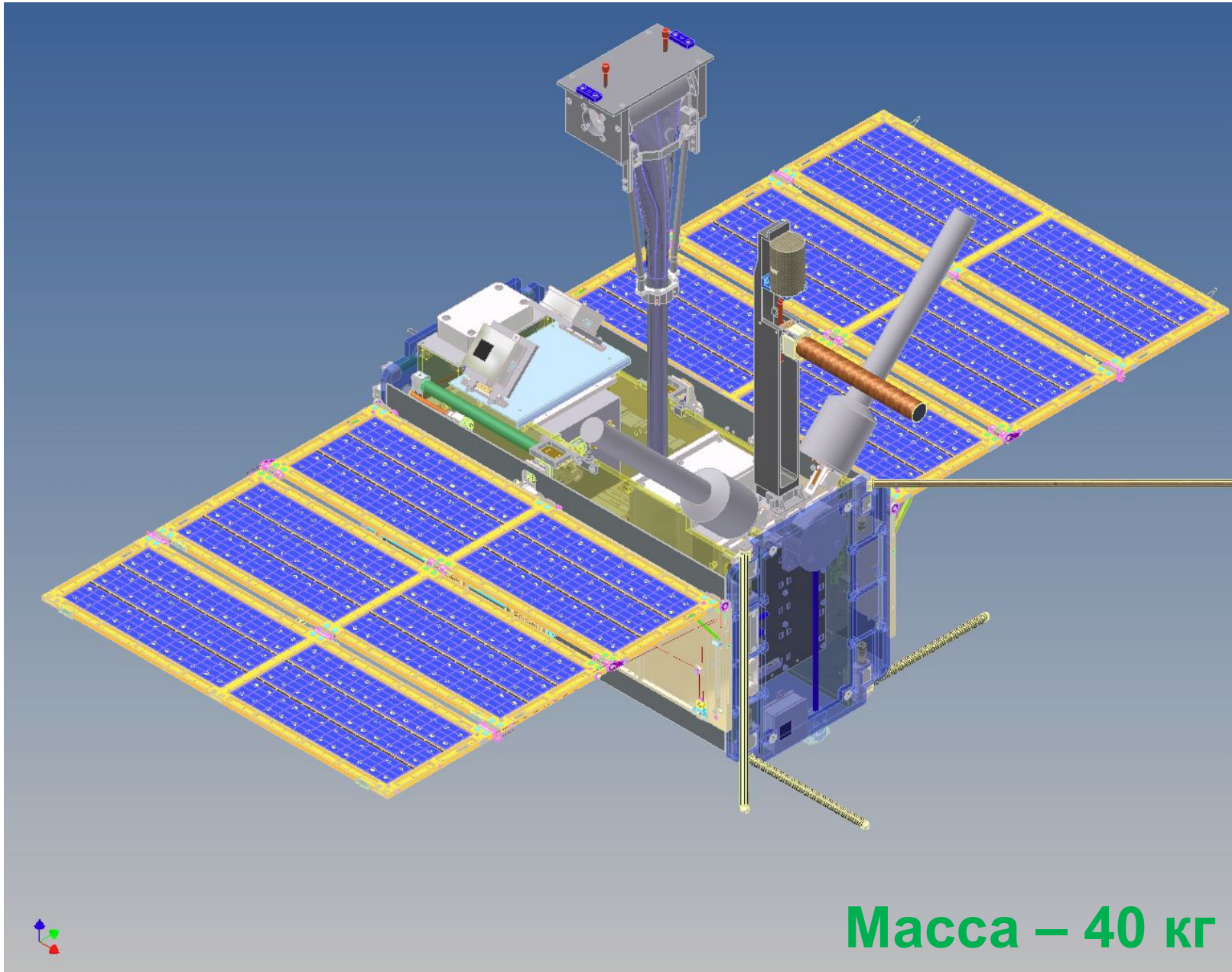
Из-за независимой эволюции орбит «Чибис-М» и МКС расстояние между ними будет изменяться.

После получения точных данных о эволюции орбиты «Чибис-М» будет определена динамика изменения расстояния между ними.

Микроспутник «Чибис-М»



Микроспутник «Чибис-М»



Масса – 40 кг

Впервые разработан комплекс научной аппаратуры (КНА «Гроза»), ориентированный на изучение новых физических процессов в высотных атмосферных грозовых разрядах.

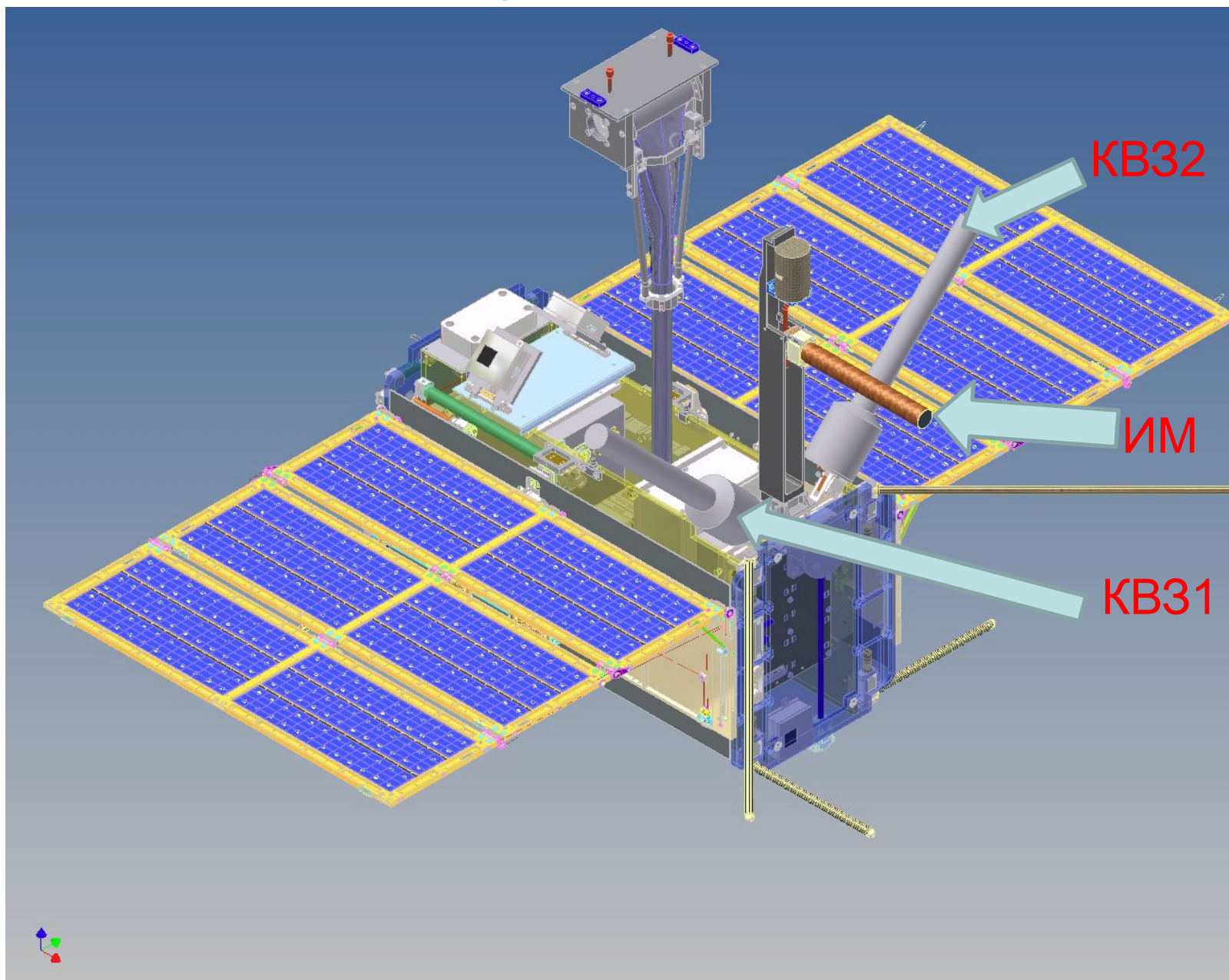
Микроспутник «Чибис-М»



Комплекс научной аппаратуры - КНА «Гроза»

- | | |
|---|---------------------------|
| <u>Рентген-гамма детектор – РГД</u> | НИИЯФ |
| - диапазон рентгеновского и гамма- излучения | |
| - 0.02-1.0 МэВ; | |
| - масса ~ 4.5 кг; потребление ~ 5 Вт | |
| <u>Детектор ультрафиолета – ДУФ</u> | НИИЯФ |
| - спектра излучения от ультрафиолетового (180-400 нм) | |
| до красного (650-800нм); | |
| - масса – 0.7 кг; потребление – 2,5 Вт | |
| <u>Радиочастотный анализатор – РЧА</u> | ИКИ РАН |
| - диапазон частот – 26 – 48 МГц | |
| - масса РЧА – 3.55 кг; потребление – 6 Вт. | |
| <u>Цифровая камера – ЦФК</u> | ИКИ РАН |
| - пространственное разрешение – 300 м; | |
| - масса – 1.5 кг; потребление – 8 Вт | |
| <u>Магнитно-волновой комплекс – МВК</u> | ЛЦ ИКИ НАНУ-ГКАУ (Львов) |
| - диапазон частот – 100 – 40000 Гц | Уни-тет Этвоша (Будапешт) |
| - масса МВК – 2,35; потребление – 4 Вт. | |
| <u>Блок накопления данных БНД-Ч</u> | ИКИ РАН |
| - масса – 1.2 кг; потребление – 5 Вт. | |
| <u>Передатчик 2.2 ГГц с антеннами – ПРД</u> | ИКИ РАН |
| - масса – 0.7 кг; потребление – 10 Вт. | |

Микроспутник «Чибис-М»



Частотные диапазоны измеряемых параметров

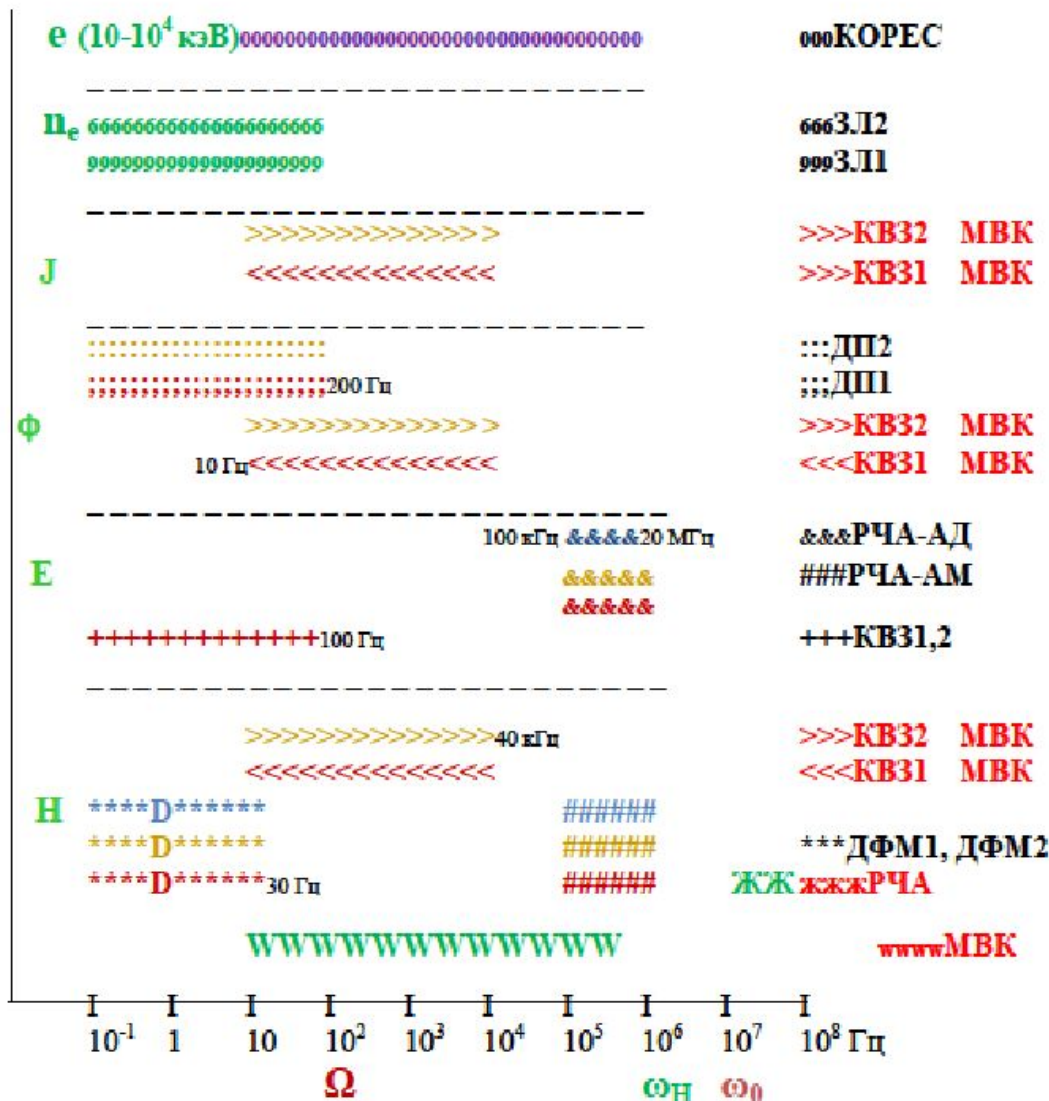


Магнитно-волновой комплекс – МВК

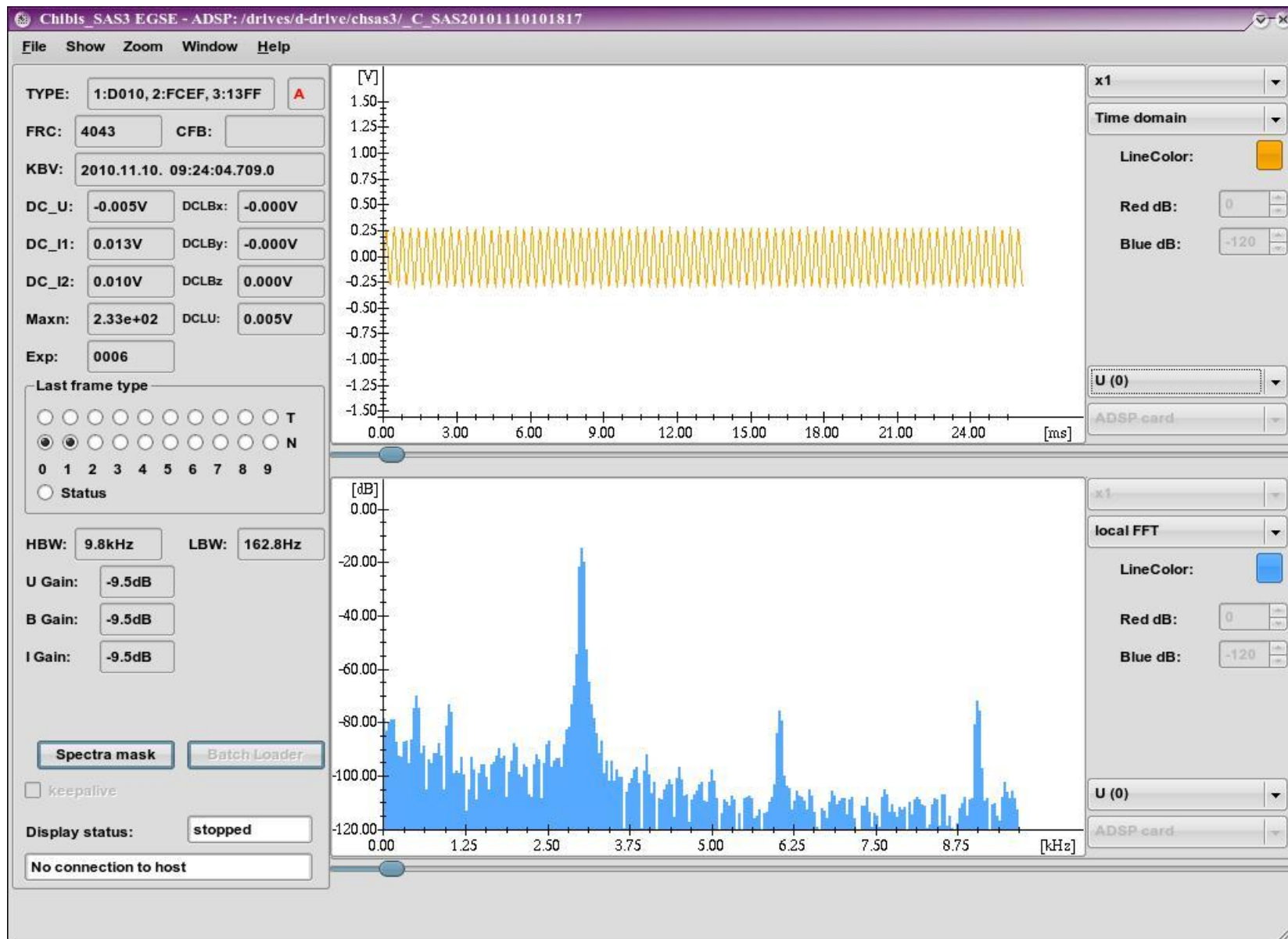
ЛЦ ИКИ НАНУ-ГКАУ (Львов)

Уни-тет Этвоша (Будапешт)

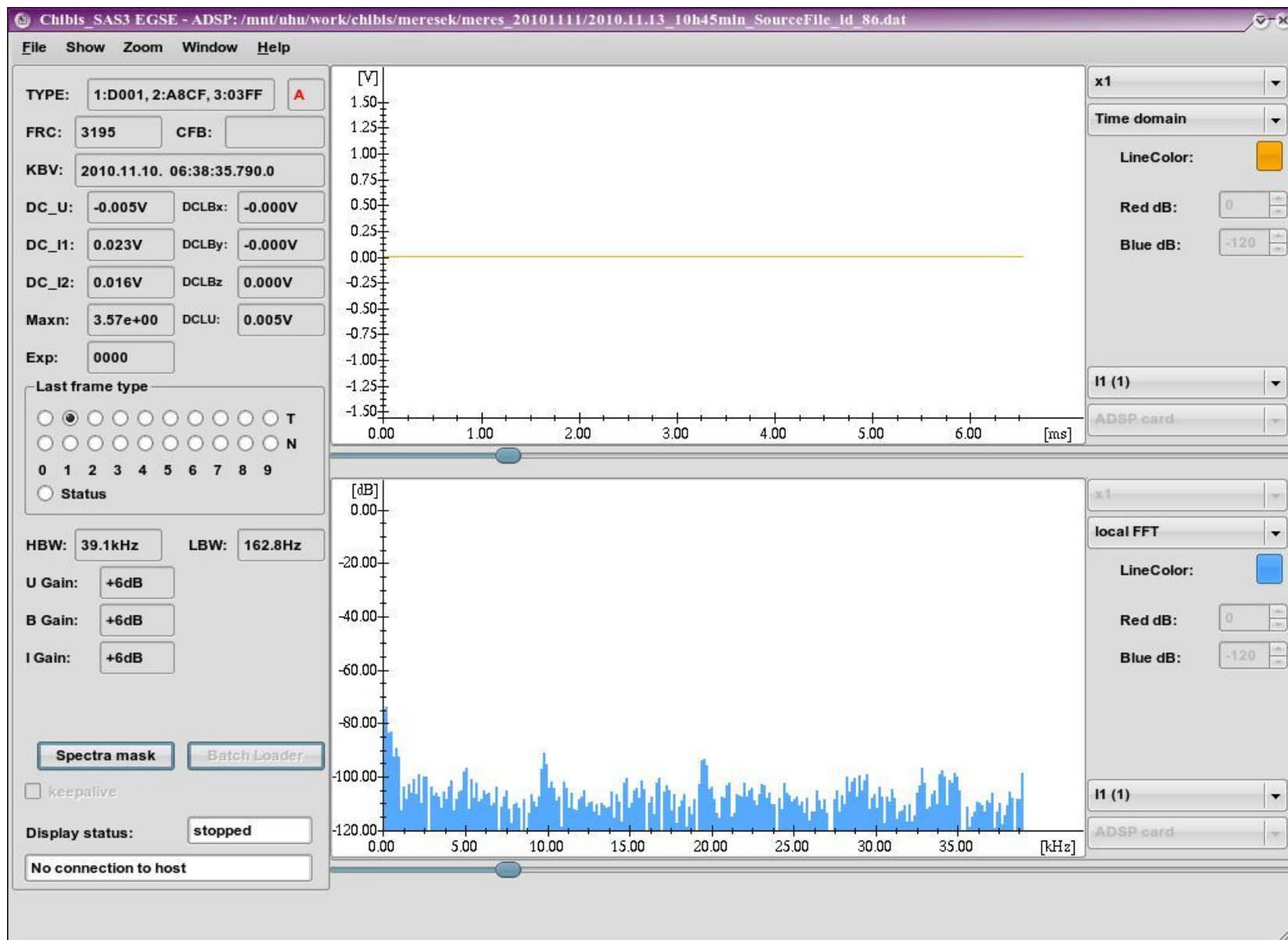
- диапазон частот – 100 – 40000 Гц
- масса МВК – 2,35; потребление – 4 Вт.



Микроспутник «Чибис-М», МВК



Микроспутник «Чибис-М», МВК



Изучение пространственных структур в ионосфере размером больше 3м возможно благодаря использованию инфраструктуры РС МКС.

Из-за независимой эволюции орбит «Чибис-М» и МКС расстояние между ними будет изменяться.

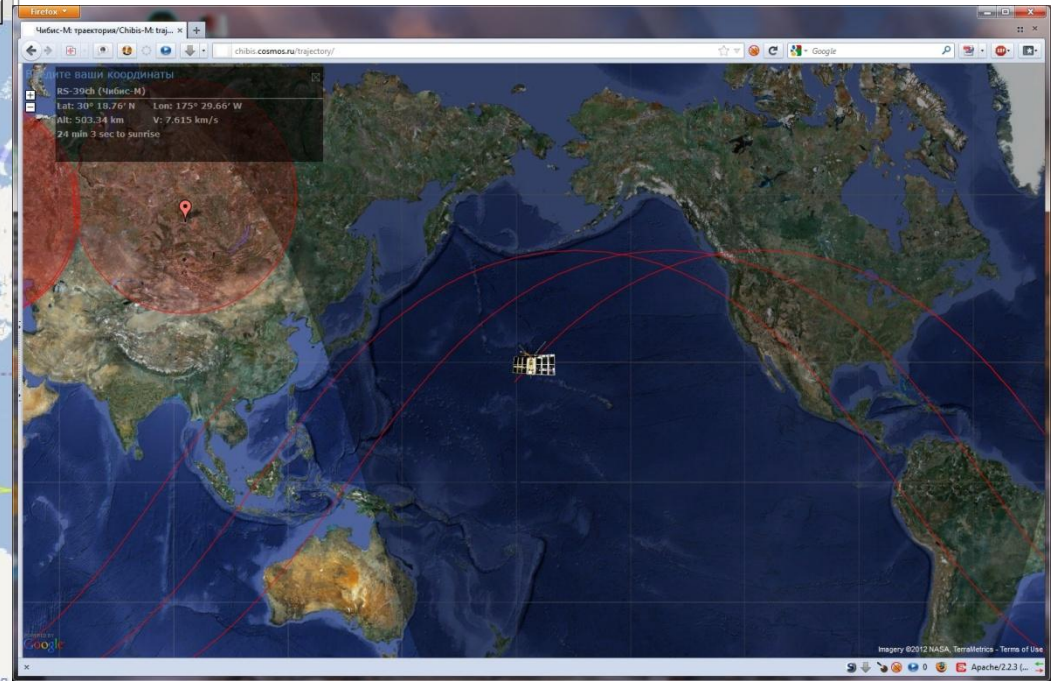
После установки КЭ «Обстановка 1-й этап» на Российском сегменте МКС и получения точных данных о эволюции орбиты «Чибис-М» будет определена динамика изменения расстояния между ними, т.е будут реализовываться «двухточечные» измерения.

Орбиты МКС и «Чибис-М»



Retrieving data...

Draw orbits Draw footprint Keep selection centered Fit all satellites on the map

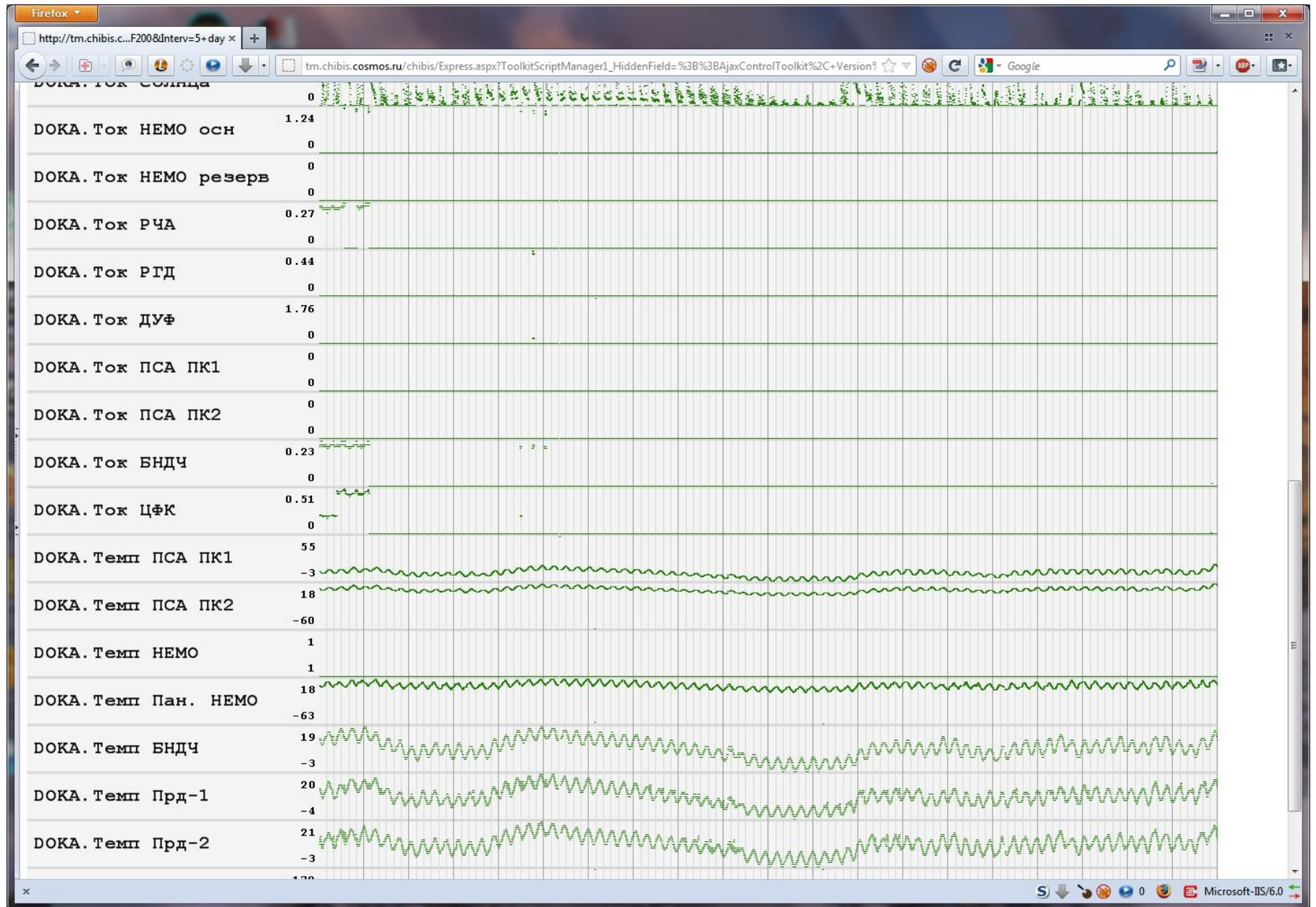




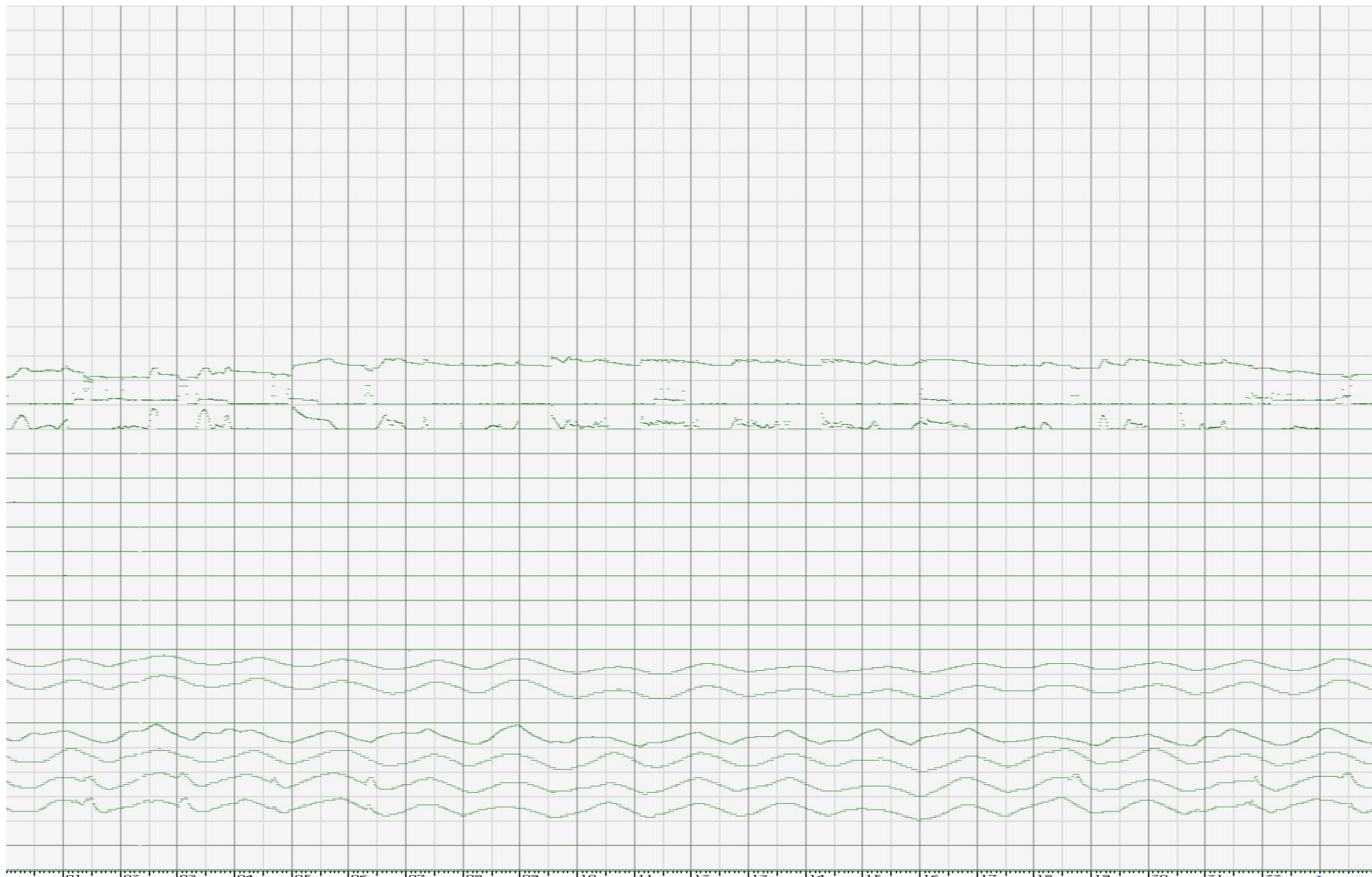
29.07.2010 11:38

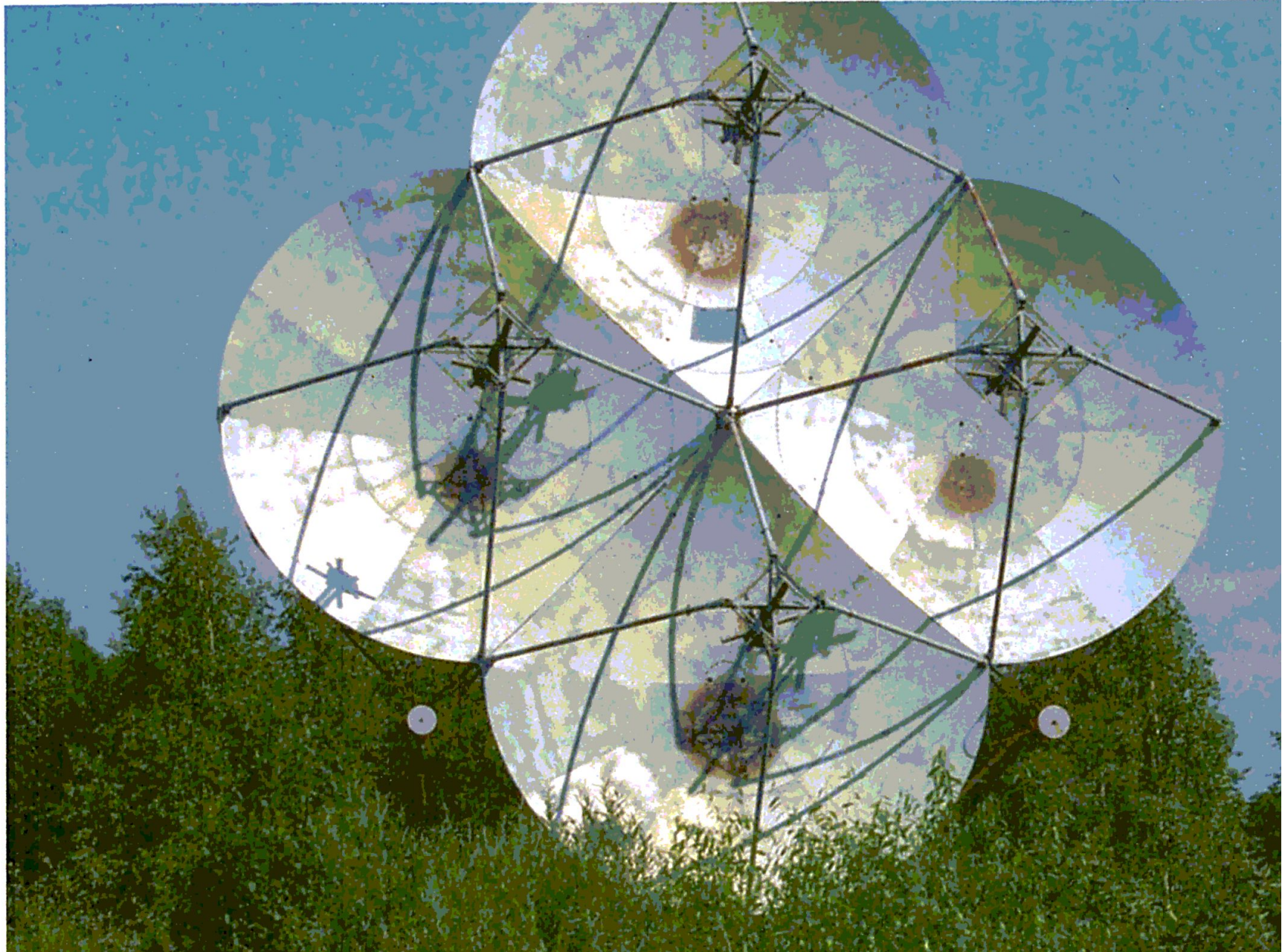


Микроспутник «Чибис-М», МВК



Микроспутник «Чибис-М», МВК





**В настоящее время согласованы
Технические задания на КЭ
«Обстановка 2-й этап» и «Трабант»,
включённые в «Долгосрочную программу научно-
прикладных исследований и экспериментов,
планируемых на российском сегменте МКС»
реализуемую на РС МКС в период 2015 – 2020 г.г.**

Хочу ещё раз поздравить участников проекта с началом работы микроспутника «Чибис-М» на орбите!

В создании, испытаниях и эксплуатации микроспутника и его наземного сегмента приняли участие академические, научно -исследовательские, опытно - конструкторские, производственные организации: ИКИ РАН (г.Москва); СКБ КП ИКИ РАН (г.Таруса); НИИЯФ МГУ (г.Москва); ФИАН (г. Москва); ЛЦ ИКД НАНУ-НКАУ (г.Львов); VL-Electronics (г. Будапешт); Растр-технолоджи (г.Москва); НИЛАКТ РОСТО (г.Калуга); НПО МАШ (г. Реутов); СКАНЭКС (г. Москва); ОАО РКК «Энергия» имени С.П.Королева (г.Королев); ЦУП ЦНИИМаш (г. Королев)

25 января 2012 ЦУП (г. Королёв).



Седьмая ежегодная конференция "Физика плазмы в солнечной системе", ИКИ РАН, 06 .01.2012

Спасибо за
внимание!

