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

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

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	Продолжи-тельность, 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»

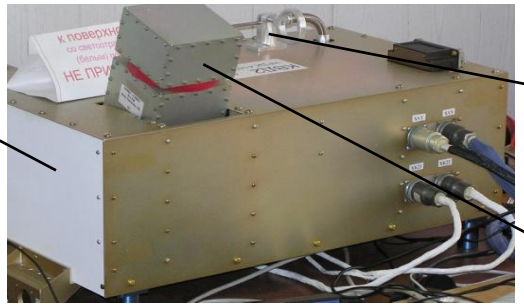
Переносчик	$П_P$, Вт/м^2	Площадь, м^2	P, Вт	Длительность, с	Примечание
Атмосферная турбулентность	1 - 10	$5 \cdot 10^{14}$	$5 \cdot 10^{14}$ - $5 \cdot 10^{15}$	Непрерывно	До высот ~ 100 – 120 км
Внутренние гравитационные волны (ВГВ)	0,1 - 1	$5 \cdot 10^{14}$	$5 \cdot 10^{13}$ - $5 \cdot 10^{14}$	Непрерывно	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»)

КВД-1
(ИКИ РАН)

Блок хранения
телеметрической
информации БХТИ
(Венгрия)

КВД-2
(ИКИ РАН)



Зонд Ленгмюра
ЗЛ-ПП
(Болгария)

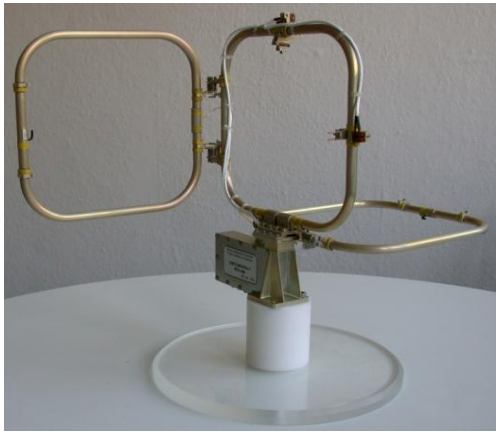
Прибор «Корес»
(Великобритания)

ШКД1 ШКД2
(РКК «Энергия»)

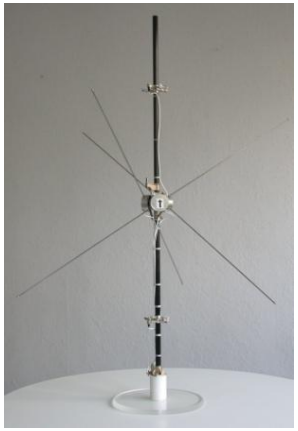
Датчик
потенциала
ДП-ПП
(Болгария)

Зонд
КВЗ-ПП
(Украина)

Зонд
Ленгмюра
ЗЛ-ПП
(Болгария)



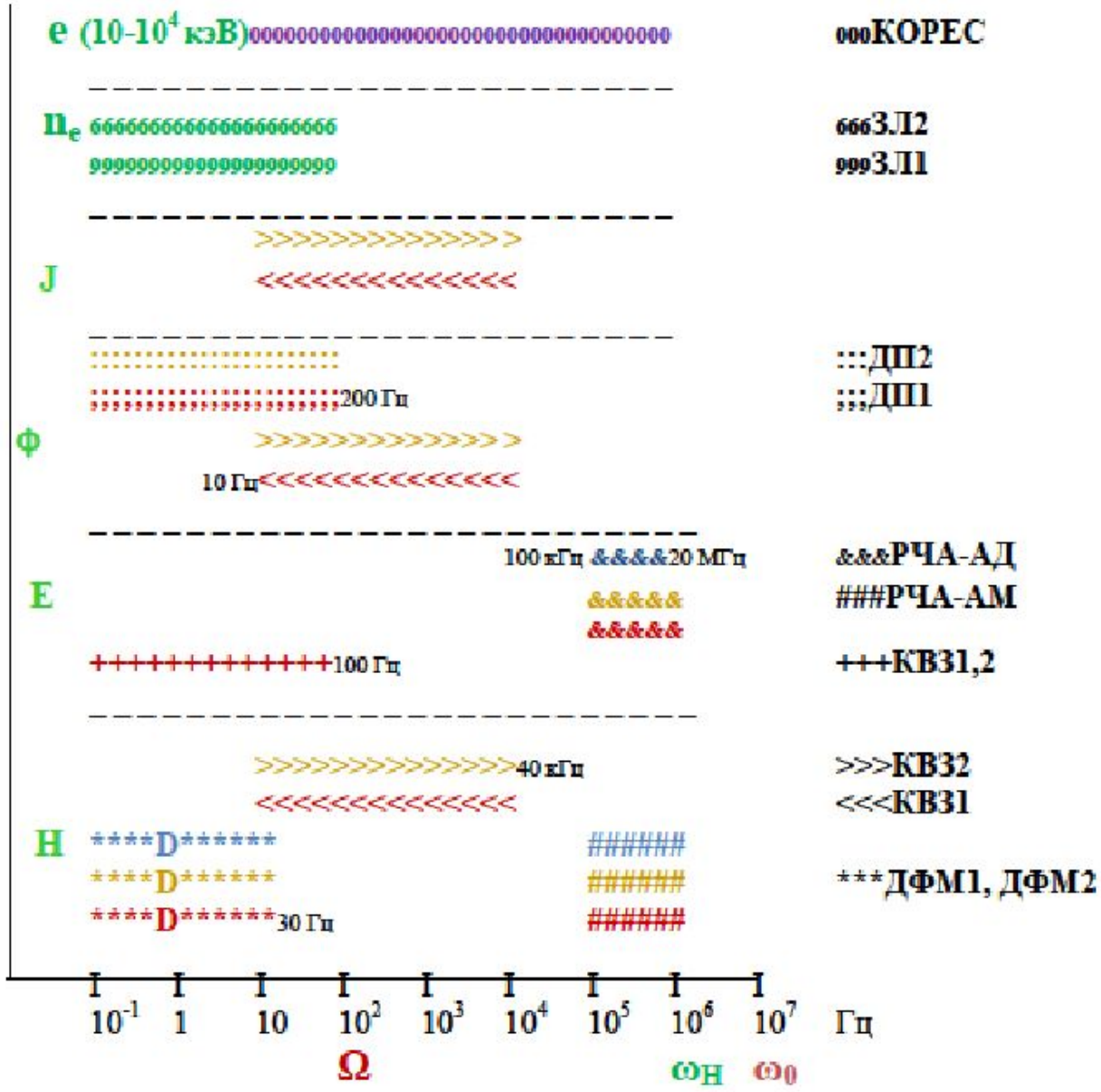
Антенна
магнитная
РЧА-АМ
(Польша)



Антенна
дипольная
РЧА-АД
(Польша)

Физический параметр	Диапазоны	Измерительное устройство
плотность тока в плазме	- диапазон токов $2x10^{-10}$ - $2,5x10^{4}$ 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 ^{0}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 х 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 125^0С	датчики КВЗ-ПП, ДФМ2

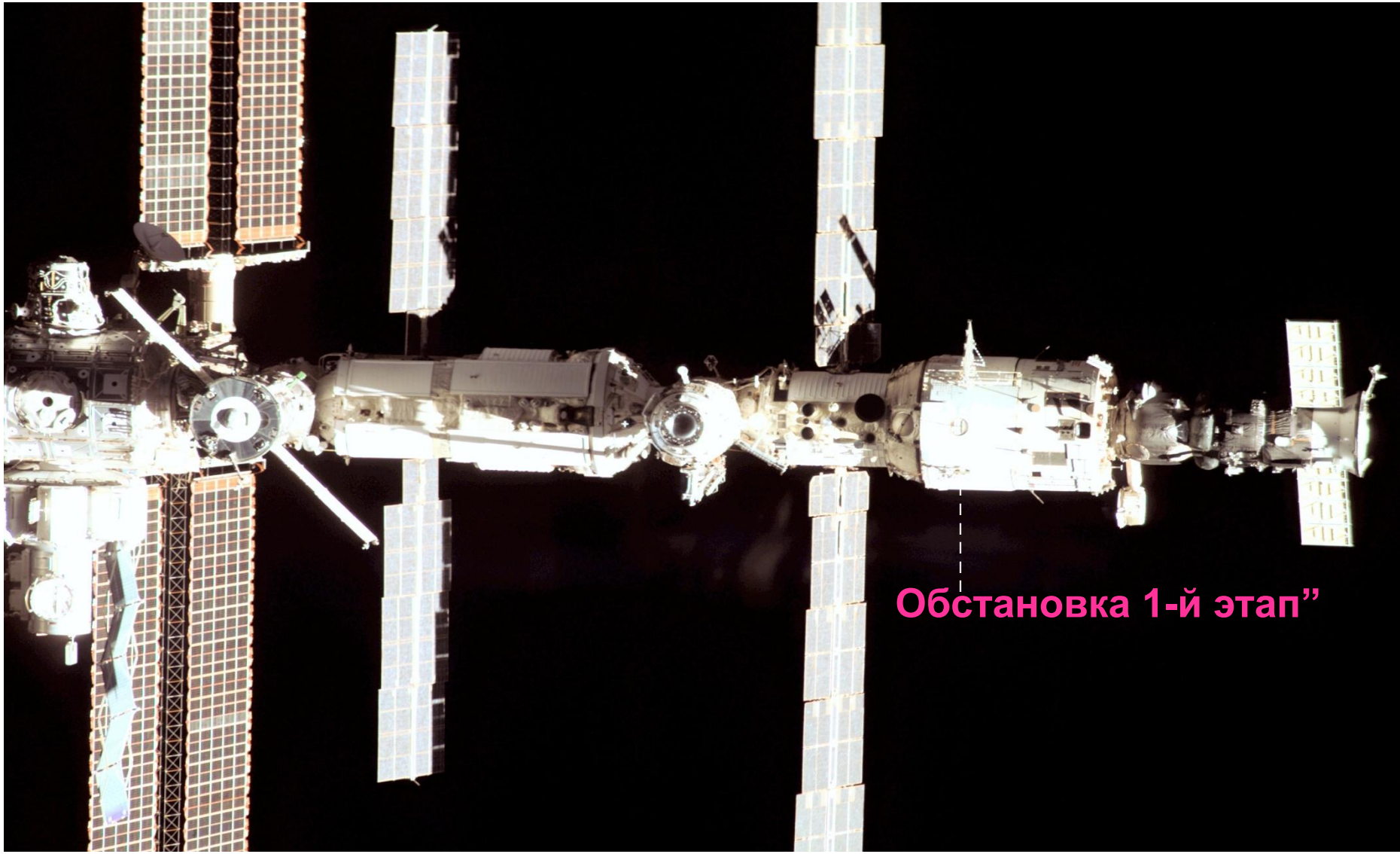
Частотные диапазоны измеряемых параметров



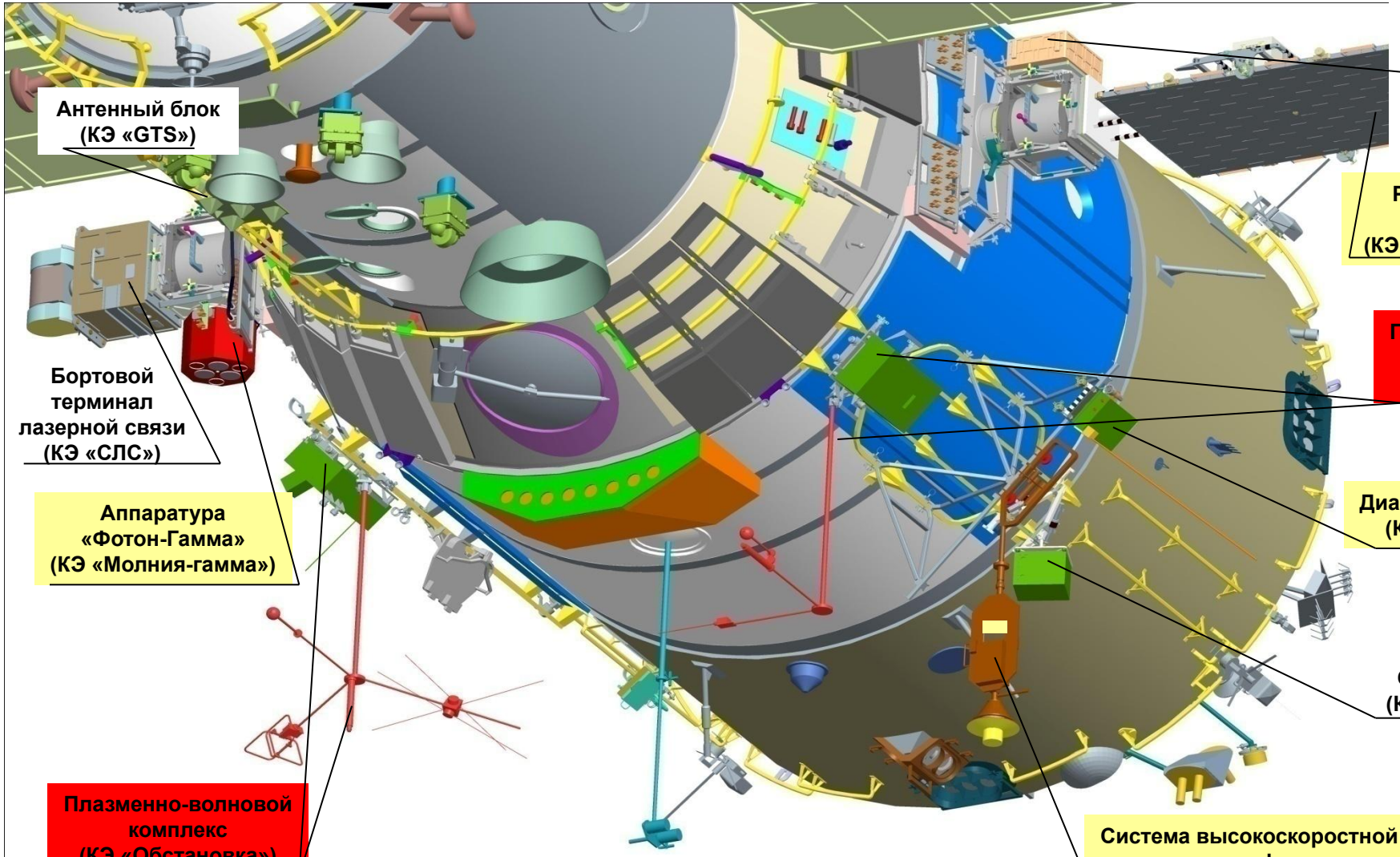
Состав и размещение научных приборов и оборудования плазменно-волнового комплекса (КЭ «Обстановка 1-й этап»)

НАИМЕНОВАНИЕ		РАЗРАБОТЧИК		РАЗМЕЩЕНИЕ
Анализатор спектра частот электромагнитного поля	ШАШ3	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 Блок сбора и контроля данных	БХТИ ДАКУ1, ДАКУ2	КФКИ РМКИ	Венгрия	Внутри гермоотсека СМ 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	КВЗ1, КВЗ2	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

www.iki.rssi.ru/obstanovka

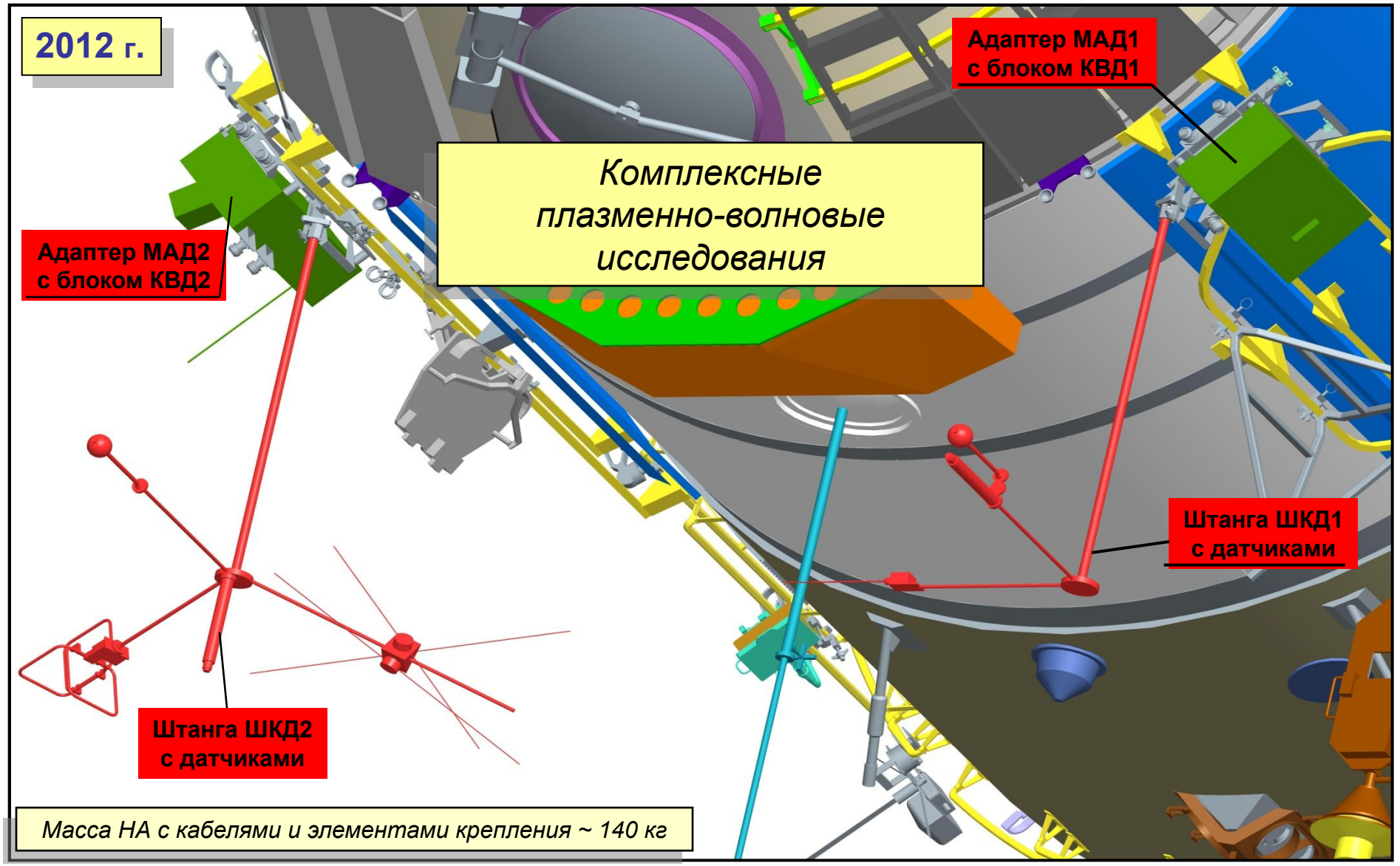


Размещение научной аппаратуры на СМ (2011 год)



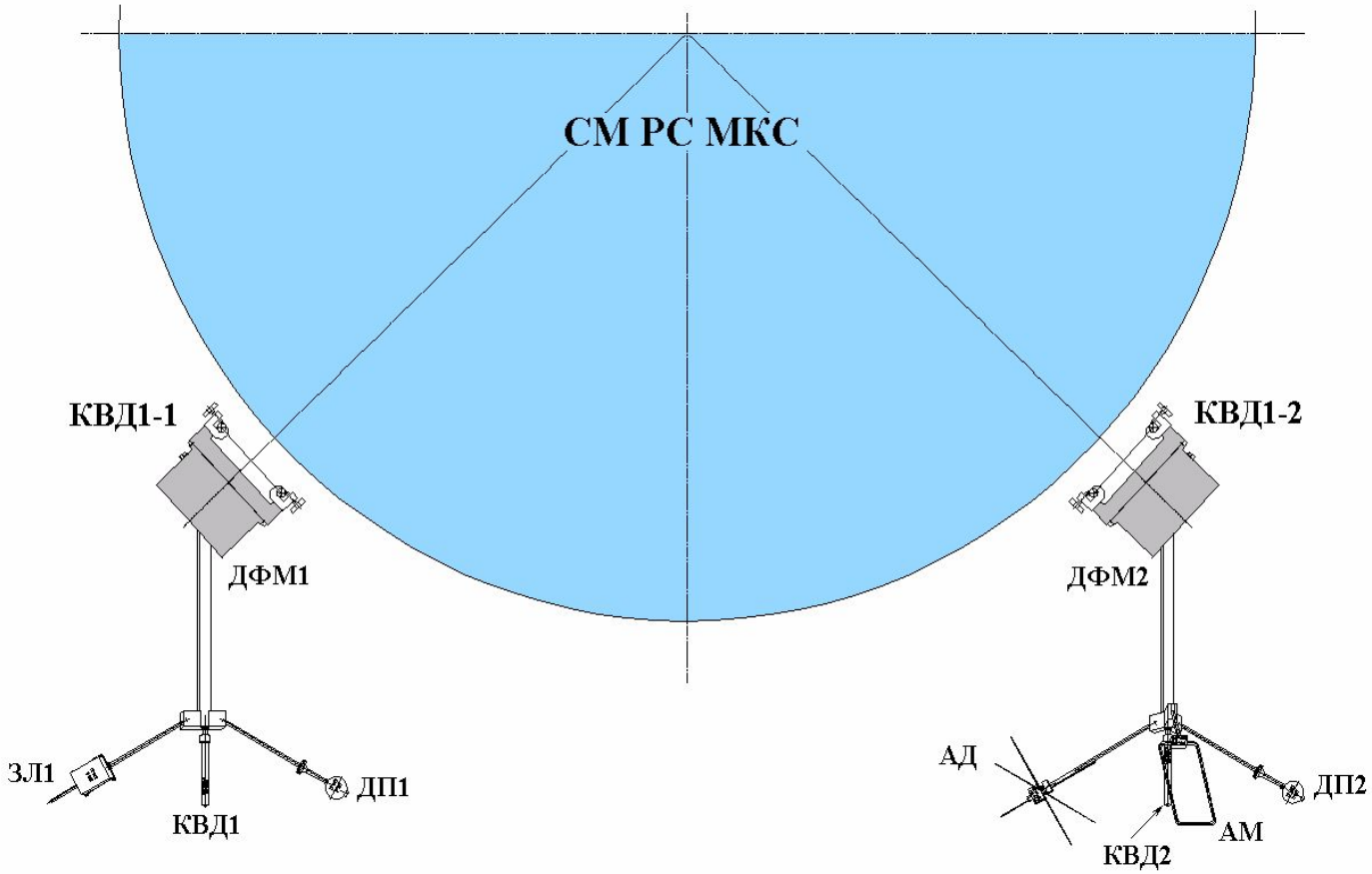
- *устанавливается в 2011 г.*

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



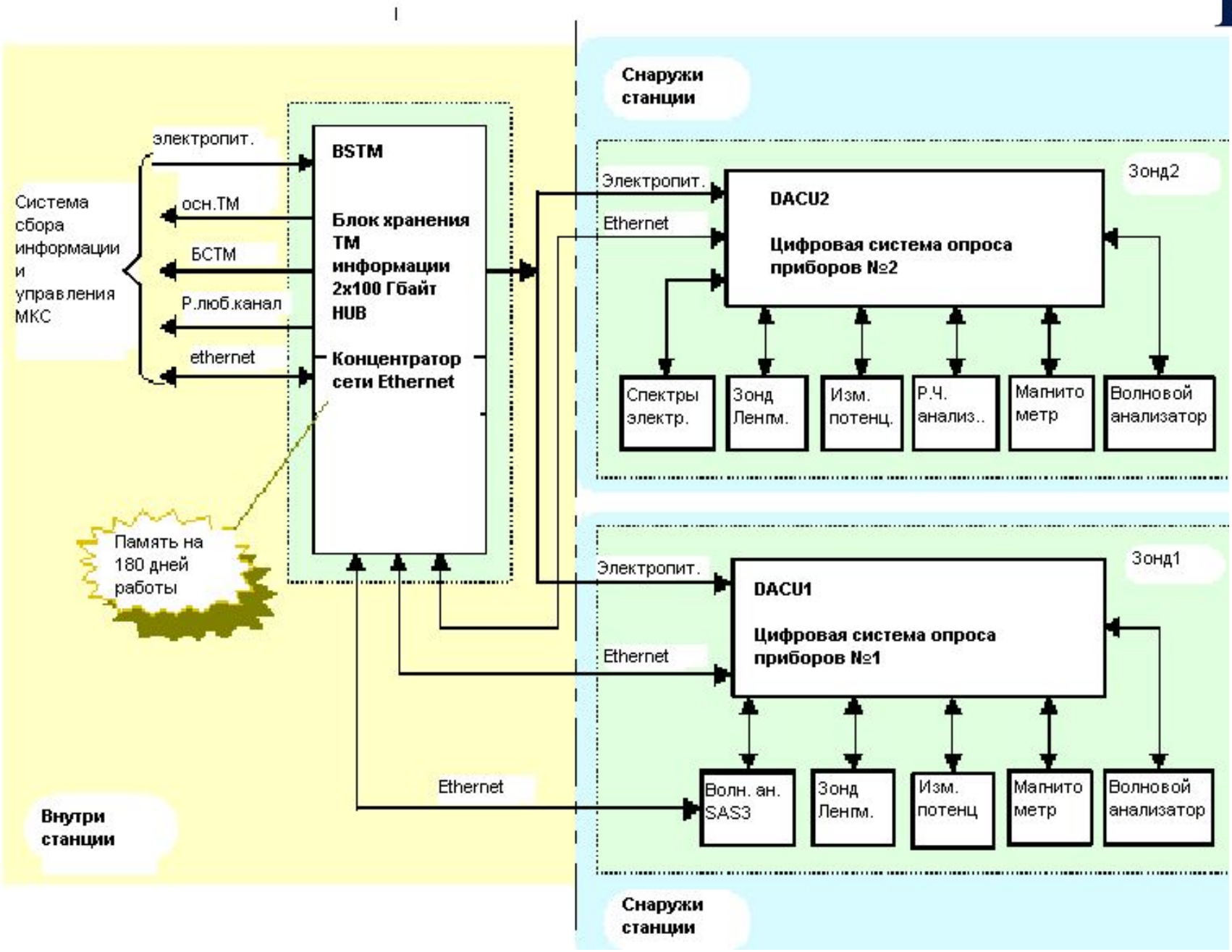
Эксперимент "Обстановка - 1й этап" на СМ РС МКС по исследованию взаимодействия сверхбольших космических аппаратов с ионосферой

(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.


Снаружи станции
электропит.
осн.ТМ
БСТМ
Р.люб.канал
ethernet
Система сбора информации и управления МКС
BSTM
Блок хранения ТМ информации 2х100 Гбайт HUB
Концентратор сети Ethernet
Память на 180 дней работы
Электропит.
Ethernet
DACU2
Цифровая система опроса приборов №2
Зонд2
Спектры электр.
Зонд Ленгм.
Изм. потенц.
Р.Ч. анализ..
Магнито метр
Волновой анализатор
Электропит.
Ethernet
DACU1
Цифровая система опроса приборов №1
Зонд1
Волн. ан. SAS3
Зонд Ленгм.
Изм. потенц
Магнито метр
Волновой анализатор
Ethernet
Внутри станции
Снаружи станции

Пространственное разрешение

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 ϱ_{He} ~ 3см;

ларморовский радиус ионов ϱ_{H} ~ 500см.

Пространственное разрешение

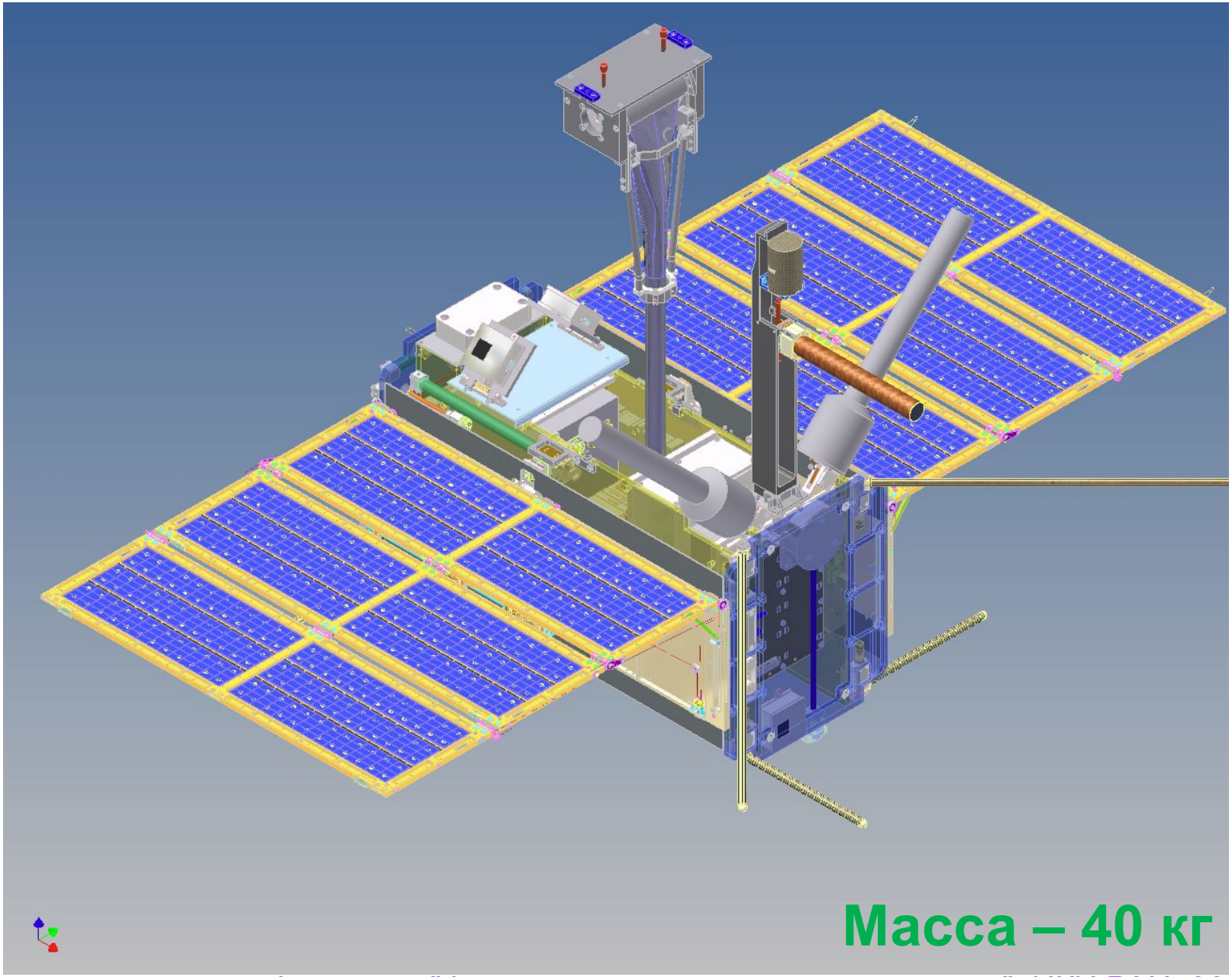
Изучение пространственных структур в ионосфере размером больше 3м возможно благодаря использованию инфраструктуры РС МКС.

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

Микроспутник «Чибис-М»

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»

Рентген-гамма детектор – РГД — **НИИЯФ**

- диапазон рентгеновского и гамма- излучения
- 0.02-1.0 МэВ;
- масса ~ 4.5 кг; потребление ~ 5 Вт

Детектор ультрафиолета – ДУФ — **НИИЯФ**

- спектра излучения от ультрафиолетового (180-400 нм) до красного (650-800нм);
- масса – 0.7 кг; потребление – 2,5 Вт

Радиочастотный анализатор – РЧА — **ИКИ РАН**

- диапазон частот – 26 – 48 МГц
- масса РЧА – 3.55 кг; потребление – 6 Вт.

Цифровая камера – ЦФК — **ИКИ РАН**

- пространственное разрешение – 300 м;
- масса – 1.5 кг; потребление – 8 Вт

Магнитно-волновой комплекс – МВК — **ЛЦ ИКИ НАНУ-ГКАУ (Львов)**

- диапазон частот – 100 – 40000 Гц — **Уни-тет Этвоша (Будапешт)**
- масса МВК – 2,35; потребление – 4 Вт.

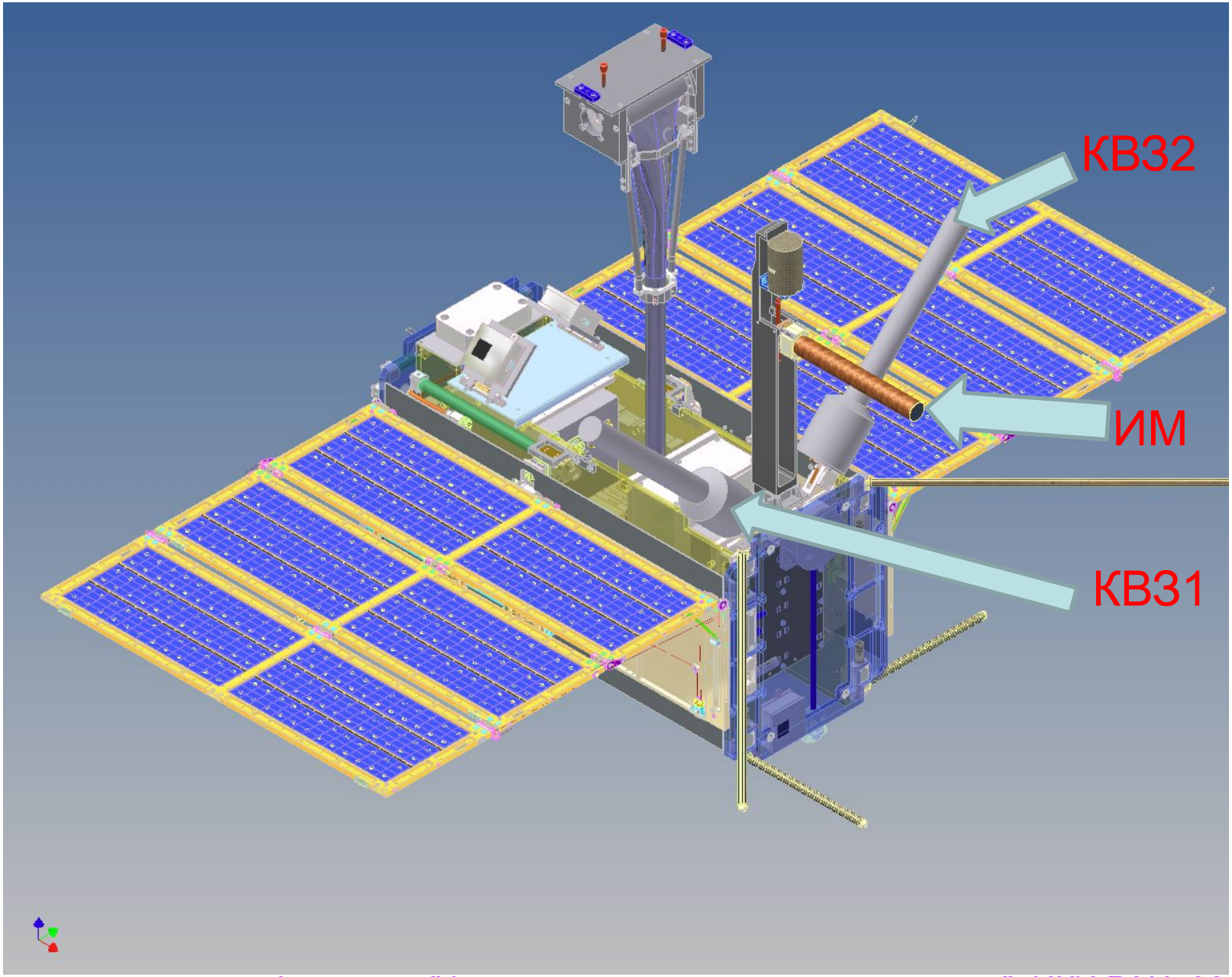
Блок накопления данных БНД-Ч — **ИКИ РАН**

- масса – 1.2 кг; потребление –5 Вт.

Передатчик 2.2 ГГц с антеннами – ПРД — **ИКИ РАН**

- масса – 0.7 кг; потребление – 10 Вт.

Микроспутник «Чибис-М»

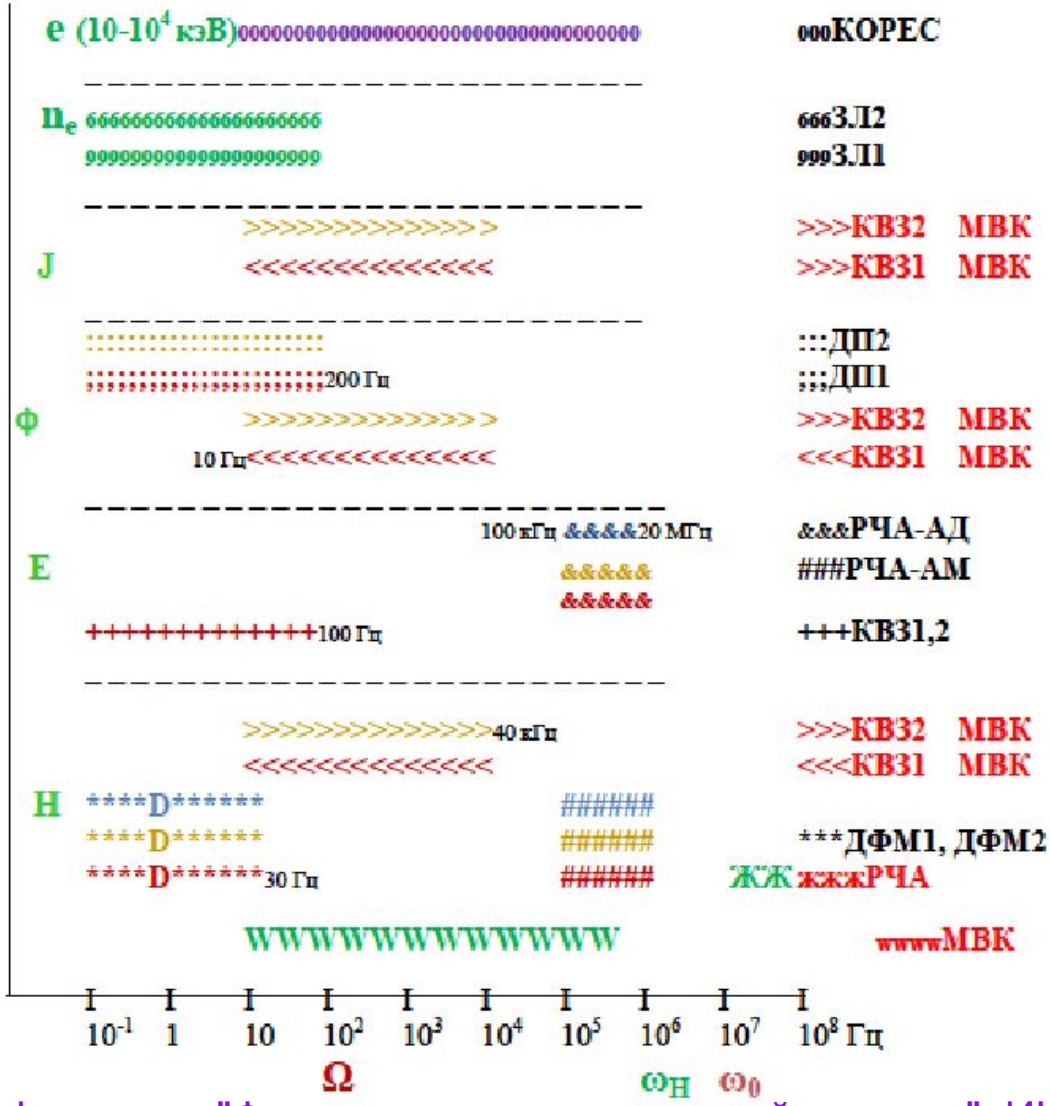


Частотные диапазоны измеряемых параметров

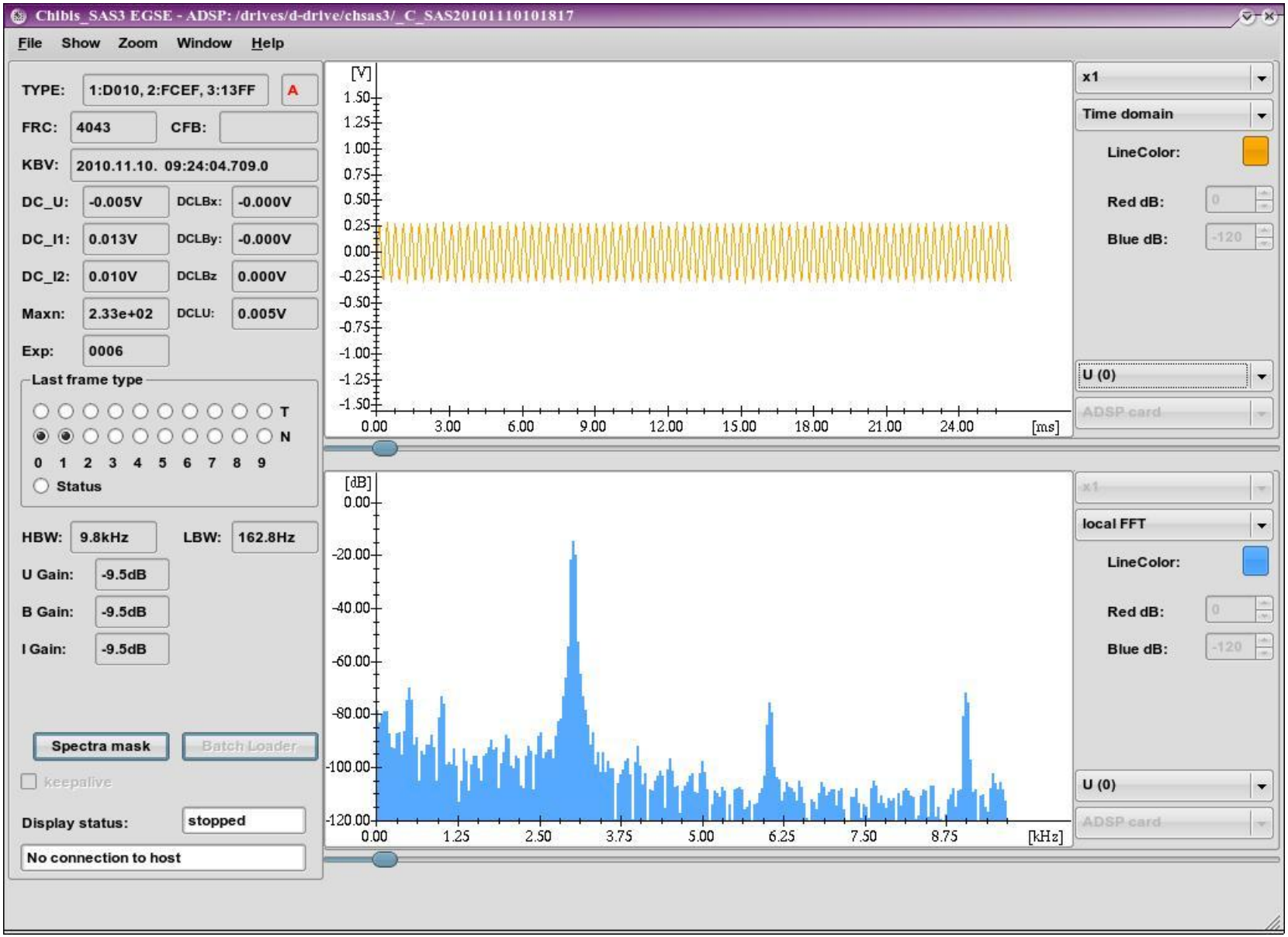
Магнитно-волновой комплекс – МВК **ЛЦ ИКИ НАНУ-ГКАУ (Львов)**

- диапазон частот – 100 – 40000 Гц **Уни-тет Этвоша (Будапешт)**

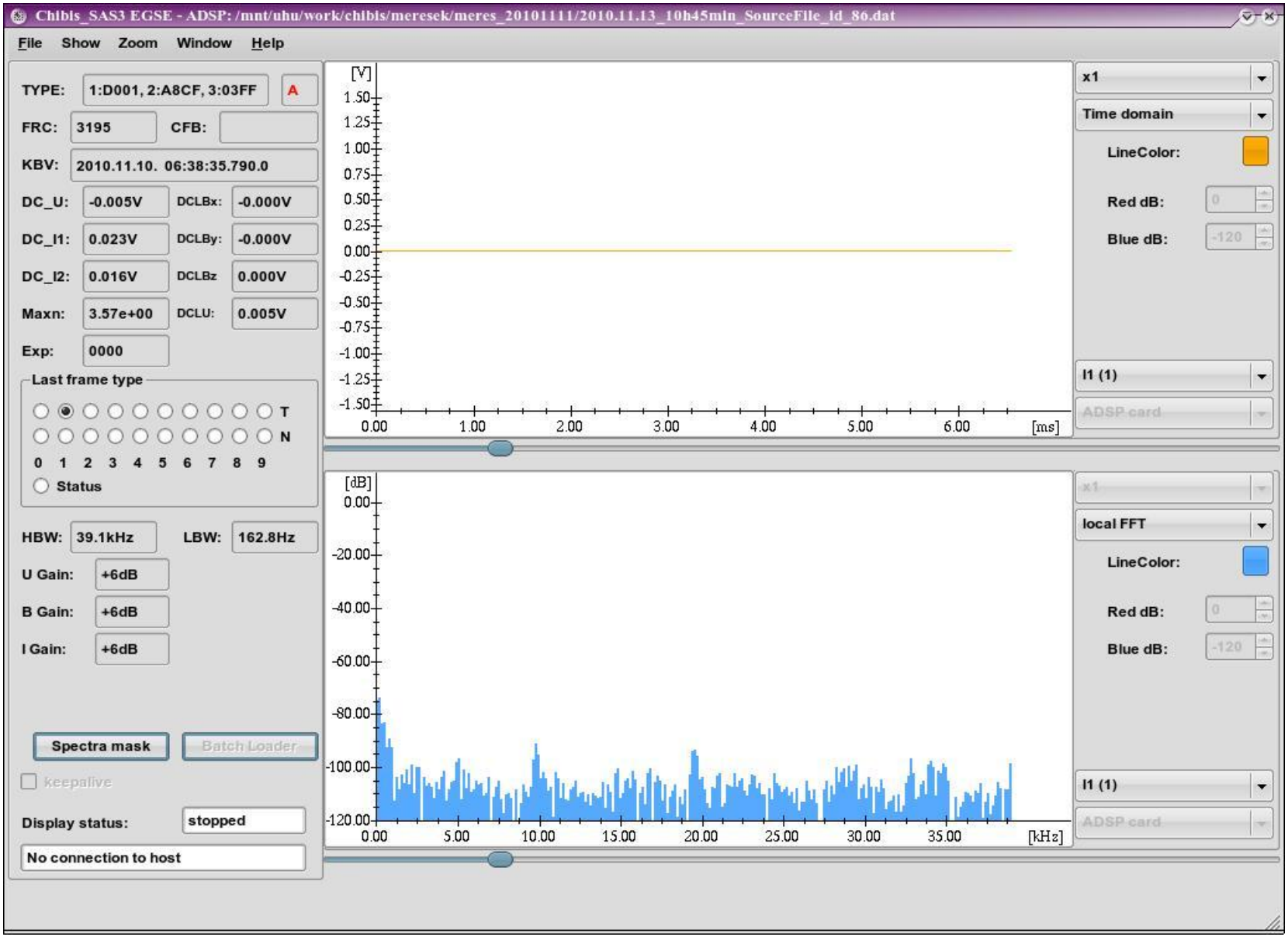
- масса МВК – 2,35; потребление – 4 Вт.



Микроспутник «Чибис-М», МВК



Микроспутник «Чибис-М», МВК



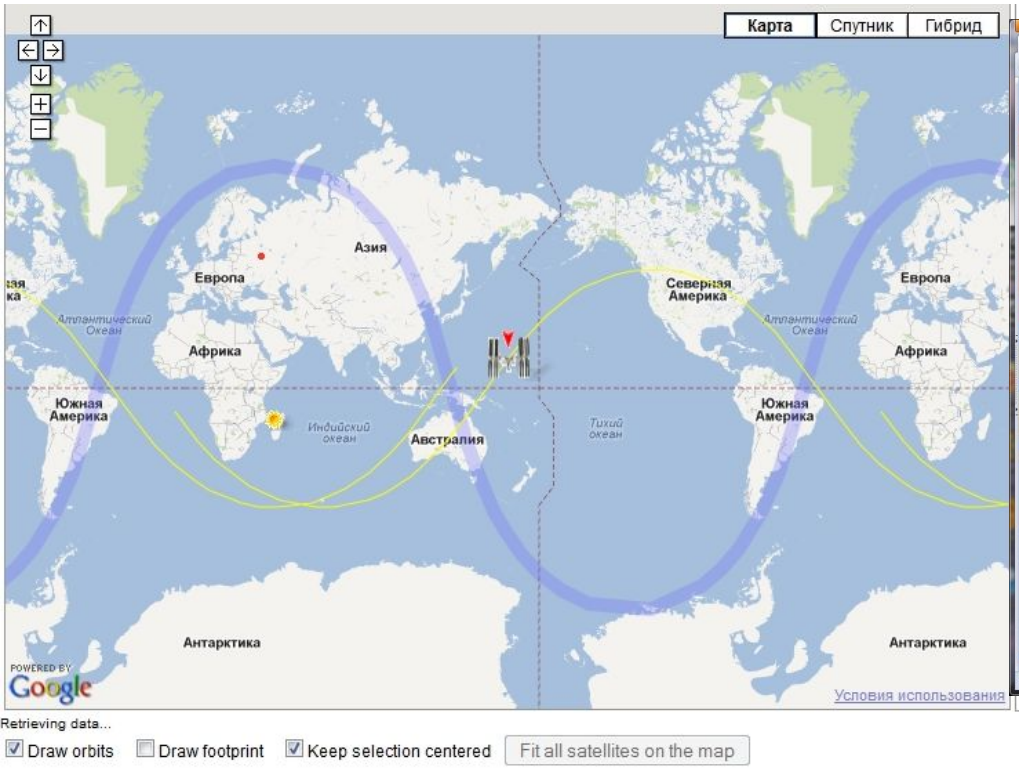
Пространственное разрешение

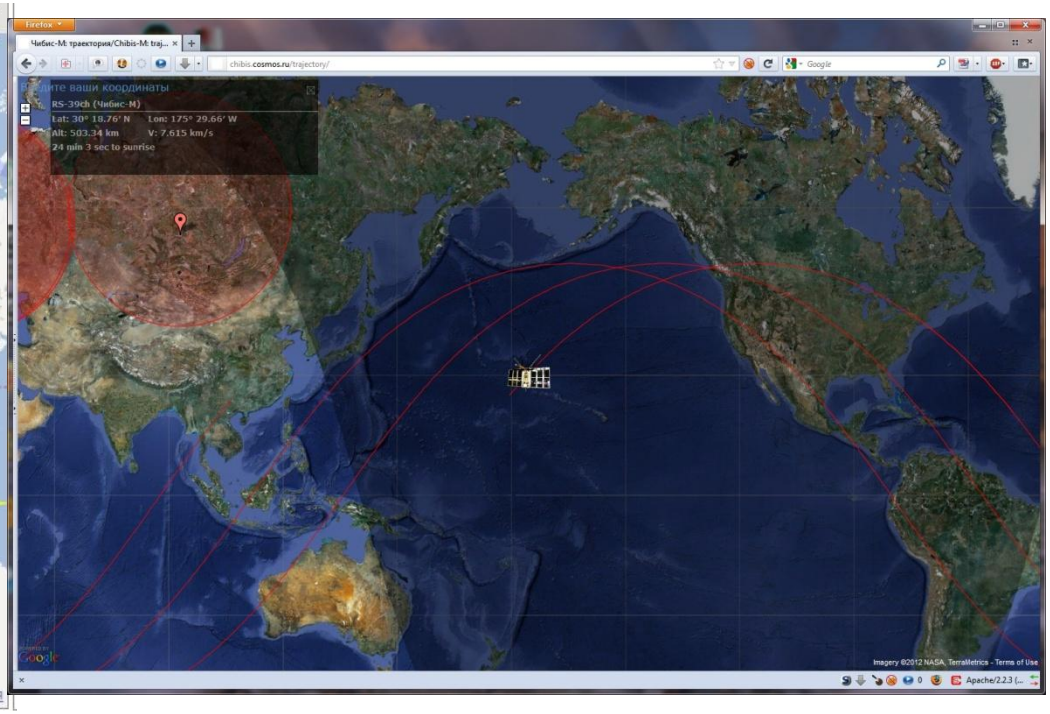
Изучение пространственных структур в ионосфере размером больше 3м возможно благодаря использованию инфраструктуры РС МКС.

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»





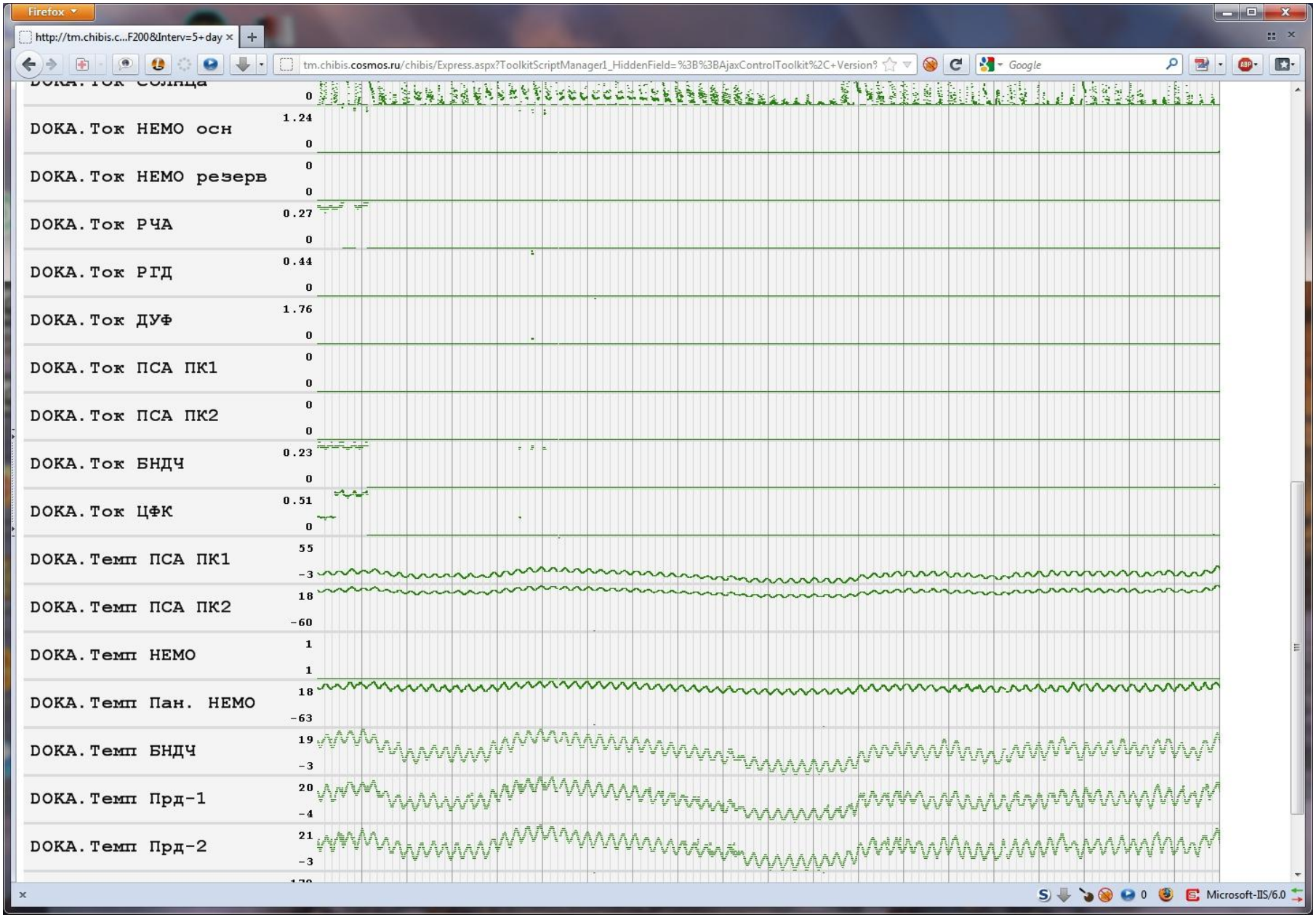
Retrieving data...

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

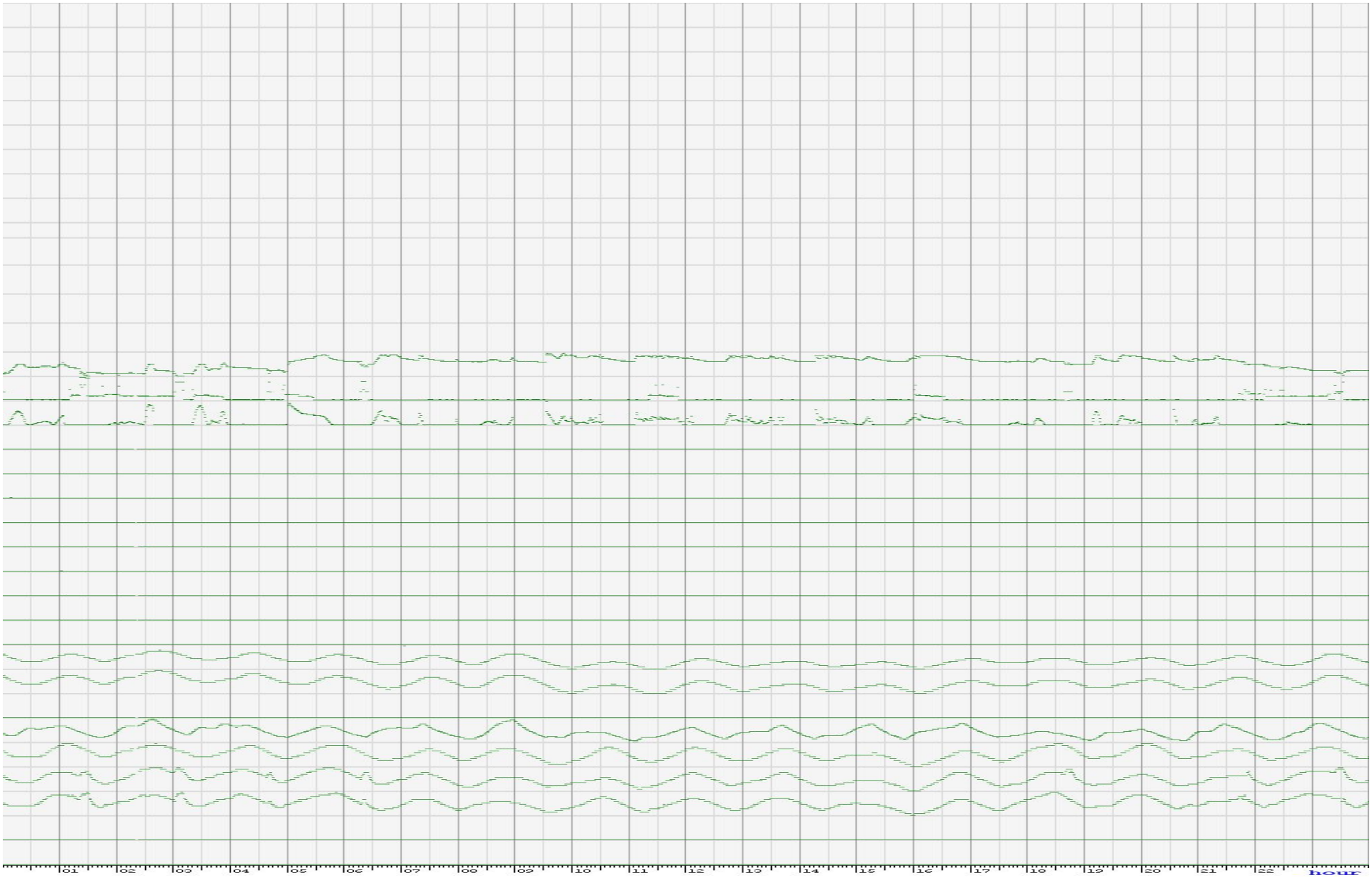
Наземный комплекс управления в Калуге (НИЛАКТ РОСТО).

Наземный комплекс управления в Калуге (НИЛАКТ РОСТО).

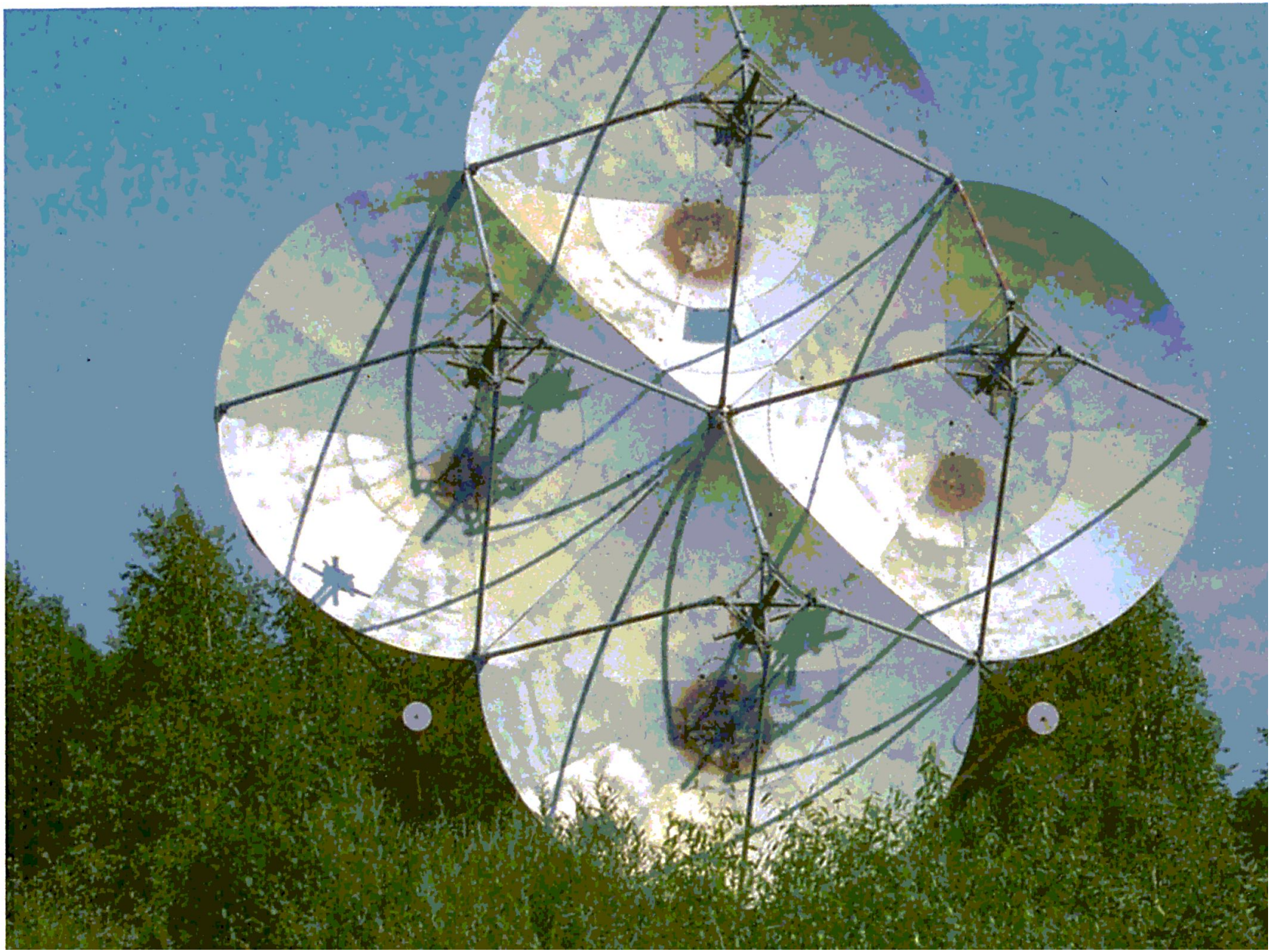
Микроспутник «Чибис-М», МВК



Микроспутник «Чибис-М», МВК



Наземный комплекс управления в Тарусе (СКБ КП ИКИ РАН).



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); BL-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).

Спасибо за внимание!