

Микроспутники ИКИ

Климов

Станислав Иванович

*профессор, доктор физико-
математических наук,
заведующий лабораторией
Института космических
исследований РАН*

СОДЕРЖАНИЕ

1. История космических исследований.

**2. Микроспутники для
фундаментальных и прикладных
космических исследований.**

3. Микроспутники ИКИ РАН.

4. Космическая погода и образование.

1. История космических исследований.

4 октября 1957



*Заседание Государственной комиссии.
Доклады Сергея Павловича Королёва и
Мстислава Всеволодовича Келдыша*



Общество по распространению политических и научных знаний РСФСР

Московский Дом научно-технической пропаганды
имени Ф. Э. Дзержинского

Москва, Центр, ул. Карла, 7

10

МАРТА

ВОСКРЕСНОЕ ЧТЕНИЕ

10

МАРТА

ЗНАЧЕНИЕ ИСКУССТВЕННЫХ СПУТНИКОВ ЗЕМЛИ В РЕШЕНИИ ЗАДАЧ ПРЕДСТОЯЩЕГО МЕЖДУНАРОДНОГО ГЕОФИЗИЧЕСКОГО ГОДА

(Проводится совместно с секцией астронавтики Центрального аэроклуба СССР)

С сообщениями выступают:

1. Председатель секции астронавтики Н. А. ВАРВАРОВ

**Проблемы, подлежащие исследованию
атмосферы Земли
и космического пространства**

2. Заместитель председателя секции,
доктор физико-математических наук,
профессор В. В. ДОБРОВРАОВ

**Теоретические основы создания
искусственных спутников Земли**

3. Председатель Научно-технического комитета
по реактивной технике, конструктор И. А. МЕРКУЛОВ

**Способы запуска и принципиальная
конструкция искусственных спутников Земли**

4. Председатель Научно-технического комитета
по космической медицине, кандидат биологических наук
П. К. ИСАКОВ

**Условия пребывания подопытных животных
на искусственных спутниках Земли**

Демонстрация научно-популярных кинофильмов

Подготовка программы Международного Геофизического Года МГГ'1957

В мае 1954 г. С.П.Королёв говорит в Кремле о возможности запуска спутника.

- 29 июля 1955 США объявляет о возможности запуска спутника в рамках МГГ
- 3 августа 1955 официальное обсуждение в правительстве СССР (Объект-Д – Спутник 3)
- 2 августа 1955 сообщение акад. Седова на конгрессе МАФ о подготовке спутника.

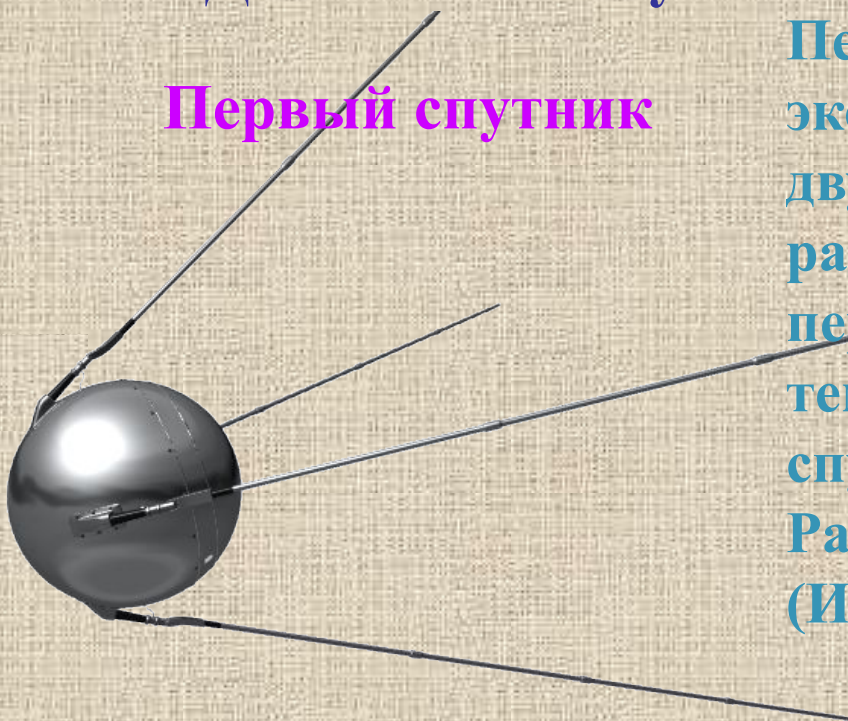
Официальная информация МГГ

- Январь 1957. Названа дата запуска спутника – лето 1957
- Запуск спутника сдвинут с 6 на 4 ноября в связи с сообщением американской стороны на конференции МГГ в Вашингтоне о запуске спутника.

Подготовка программы
Международного Геофизического Года
МГГ'1957

В конце 1956 г. С.П.Королёв принимает решение о создании объекта «ПС-1» («простейший спутник»).
Объект-Д станет 3-м спутником.

Первый спутник



Первым космическим экспериментом был двухчастотный (20 и 40 МГц) радиопередатчик, передававший бир-бип и температуру внутри спутника.

Разработчик К.И.Грингауз
(ИРЭ – ИКИ)

Масса - **83.6** кг. Орбита - 215x939 км

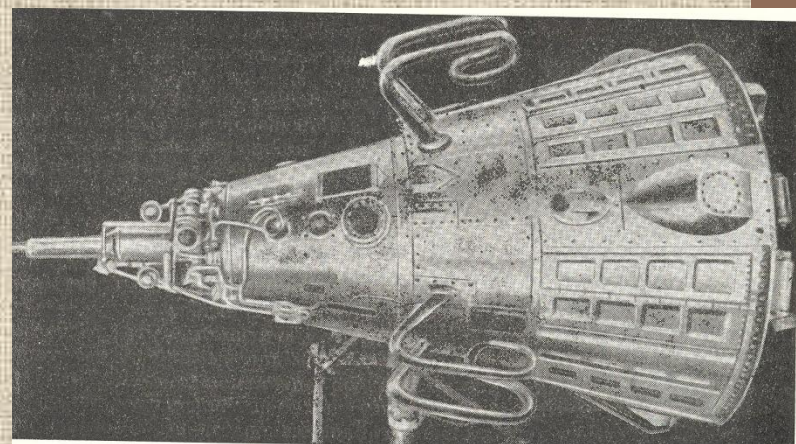
Спутник-3

Полномасштабный научный спутник

Май 15, 1958 **1327 кг**,

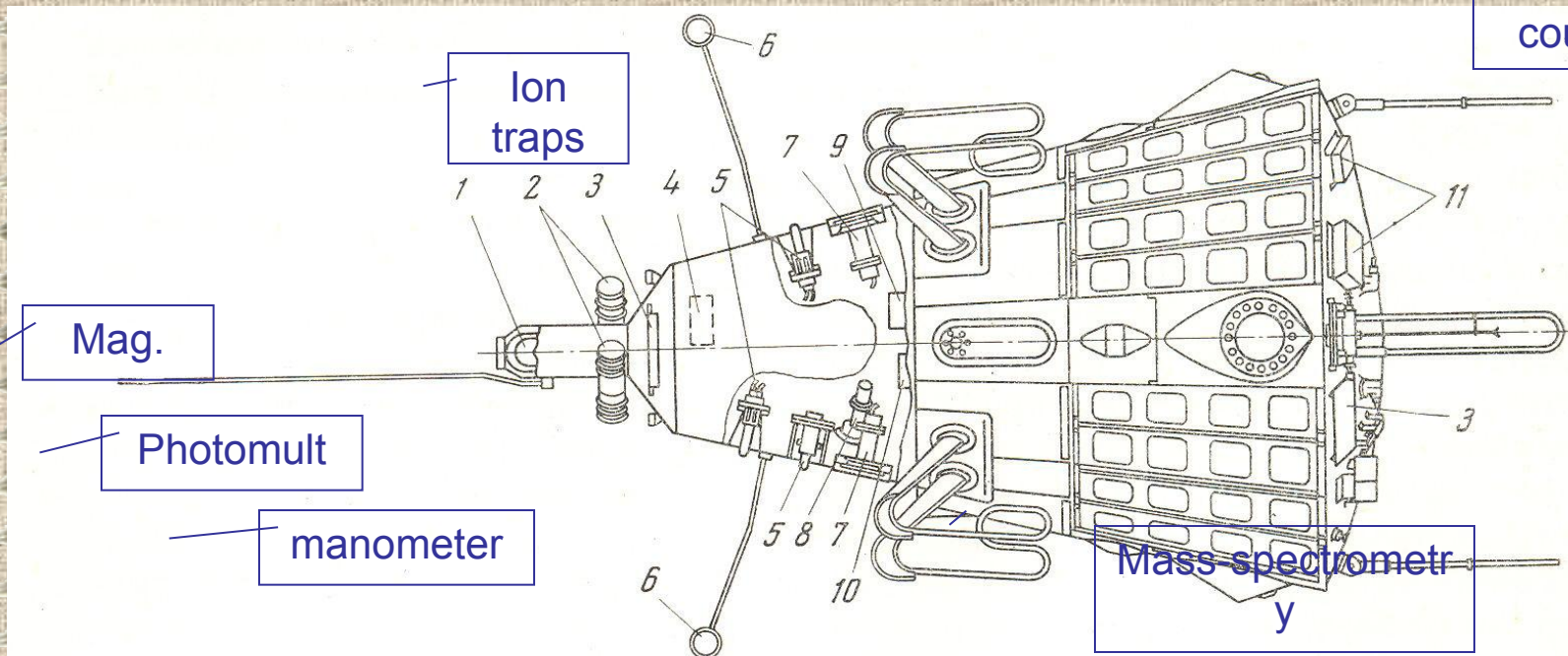
Орбита 217x1864 км

- космическая радиация
- солнечные космические лучи
- магнитные поля
- «холодная» плазма
- электрические поля
- микрометеориты



EI.
fluxmeter

CR
counters



Научные результаты Спутника-3

Состав ионосферы: NO^+ , O^+ , NO^+

Плазменные области (+ Луна-2) :

Ионосфера (100 – 1 000 km)

Плазмапауза (10 000 – 20 000 km)

Внешний радиационный пояс (~ 50 000 km)

Солнечный ветер (> 300 000 km)

Захваченная радиация

В ходе проведения фундаментальных космических исследований СССР и России (1957 – 2010 годы) были определены 6 основных научных направлений:

- **Внеатмосферная астрономия.**
- **Физика космических лучей.**
- **Изучение солнечной системы.**
- **Наблюдения Земли.**
- **Производство материалов в космосе.**
- **Космическая биология и физиология.**

2. Микроспутники для фундаментальных и прикладных космических исследований.

В последнее десятилетие из-за сокращения финансирования всей космической индустрии, наличия конверсионных систем запуска, качественно новых достижений микроэлектроники и микромеханики, доступности элементов космических систем много внимания стало уделяться использованию малых космических аппаратов:

микроспутников – МС (100-10 кг) и наноспутников – ПС (10-1 кг)]

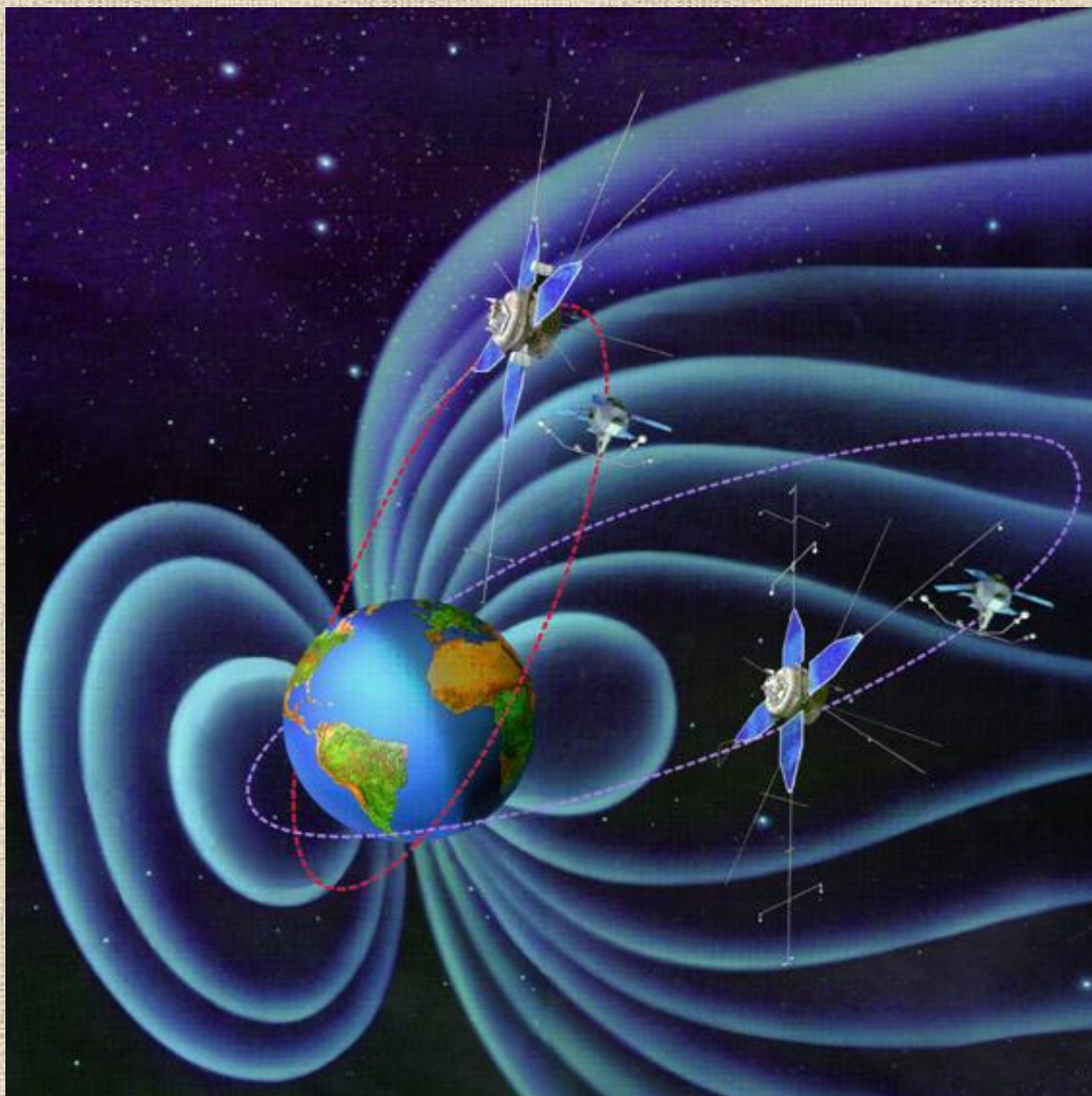
для проведения научных исследований.

Первый микроспутник Университета Суррейя (Англия) UoSAT-1 был запущен в 1981 с помощью США, имел большой успех и проработал 3 года.

Группа показала свою работоспособность!

UoSAT-2 был сделан в течение 6 месяцев и запущен в 1984.

В 1985 Университет образовал компанию SSTL (Surrey Satellite Technology Limited) для продвижения своих результатов. В период 1986-1996 г.г. SSTL запустила 8 спутников.



INTERBALL-1

Launch – 08.1995 год

- Perigee - 785 км
- Apogee - 200 000 км
- Period - 92 ч
- Inclination– 62,8
- Reentry 16.10. 2000г.

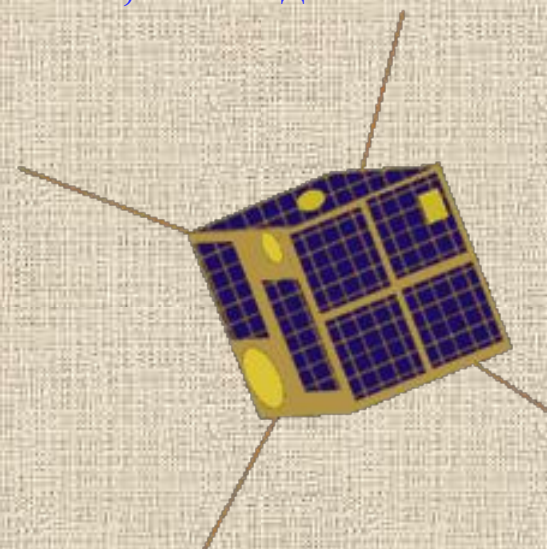
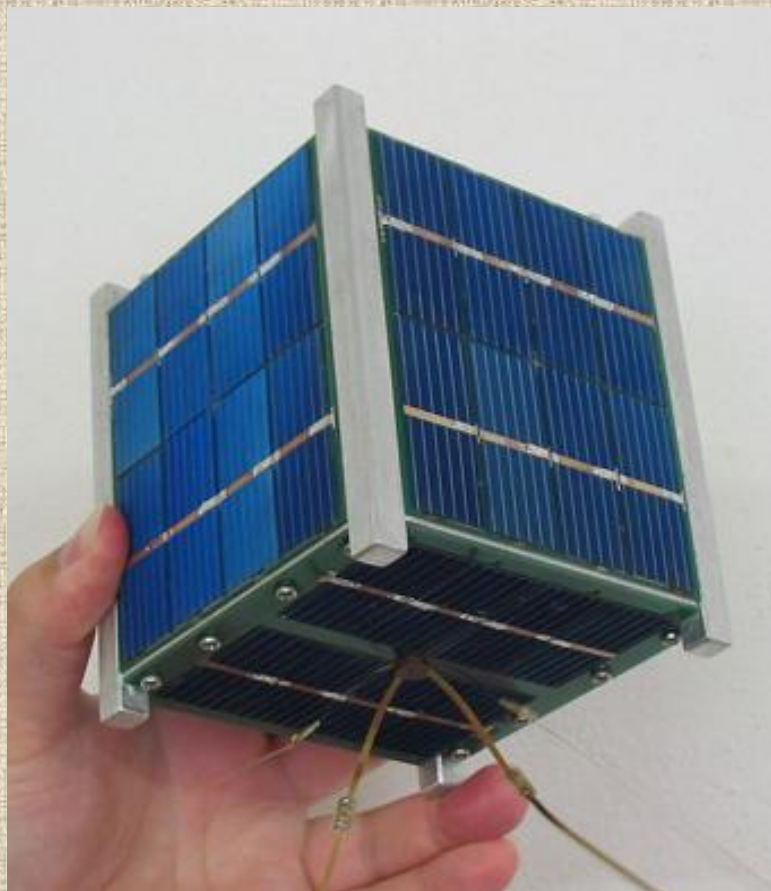
INTERBALL-2-

Launch – 08.1996 год

- Perigee - 770 км
- Apogee - 20 000 км
- Period - 6 ч
- Inclination– 62,8
- Lost 02. 99

Проект CubeSat

Проект CubeSat это международный проект по сотрудничеству более 40 университетов, колледжей и частных фирм. CubeSat используются, в основном, для отработки телекоммуникационных устройств и для дистанционного зондирования. Размер 10x10 см, масса до 1 кг.



Для разработки микроспутников необходимо осуществить комплексный подход к решению поставленных задач путем:

Для разработки микроспутников необходимо осуществить комплексный подход к решению поставленных задач путем:

- разработки новых методов экспериментальных исследований Земли и околоземного космического пространства с использованием достижений физического приборостроения, микроэлектроники и микромеханики для реализации их на микроспутниковых платформах (МП);

Для разработки микроспутников необходимо осуществить комплексный подход к решению поставленных задач путем:

- разработки новых методов экспериментальных исследований Земли и околоземного космического пространства с использованием достижений физического приборостроения, микроэлектроники и микромеханики для реализации их на микроспутниковых платформах (МП);
- разработки методов внедрения современных конструкторско-технологических решений в процесс создания конструкций и систем МП;

Для разработки микроспутников необходимо осуществить комплексный подход к решению поставленных задач путем:

- разработки новых методов экспериментальных исследований Земли и околоземного космического пространства с использованием достижений физического приборостроения, микроэлектроники и микромеханики для реализации их на микроспутниковых платформах (МП);
- разработки методов внедрения современных конструкторско-технологических решений в процесс создания конструкций и систем МП;
- теоретического анализа методов управления бортовыми системами микро- и нано- космических платформ в целях обеспечения высоких требований по их ориентации и стабилизации, предъявляемых экспериментами;

Для разработки микроспутников необходимо осуществить комплексный подход к решению поставленных задач путем:

- разработки новых методов экспериментальных исследований Земли и околоземного космического пространства с использованием достижений физического приборостроения, микроэлектроники и микромеханики для реализации их на микроспутниковых платформах (МП);
- разработки методов внедрения современных конструкторско-технологических решений в процесс создания конструкций и систем МП;
- теоретического анализа методов управления бортовыми системами микро- и нано- космических платформ в целях обеспечения высоких требований по их ориентации и стабилизации, предъявляемых экспериментами;
- проведения лабораторного и численного моделирования процессов управления бортовыми системами микроплатформ с целью определения критических элементов моделей.

3. Микроспутники ИКИ РАН.

**Разработка этих методов в ИКИ РАН,
в кооперации с российскими предприятиями
космической промышленности,
началась практически в 1999г.
с Российско-Австралийского микроспутника
«Колибри-2000»,
который был разработан в ИКИ РАН и
при поддержке РКК «ЭНЕРГИЯ» выведен на
орбиту в марте 2002 года.**



Масса 20.5 кг

Масса научной аппаратуры - 3,5 кг:

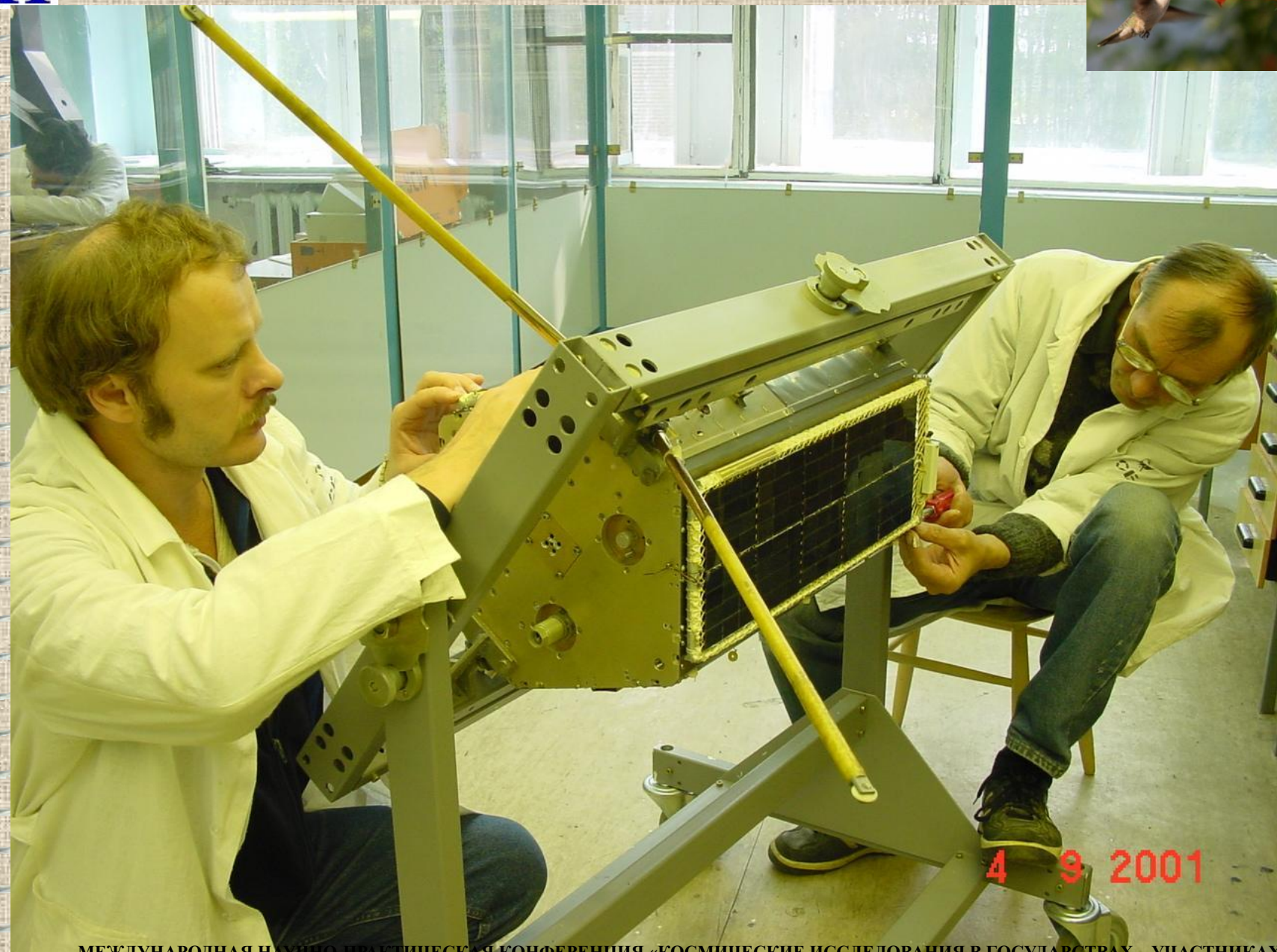
**- магнитометр;
-- анализатор энергичных частиц и электрического поля**

**Орбита – круговая
~380 км**

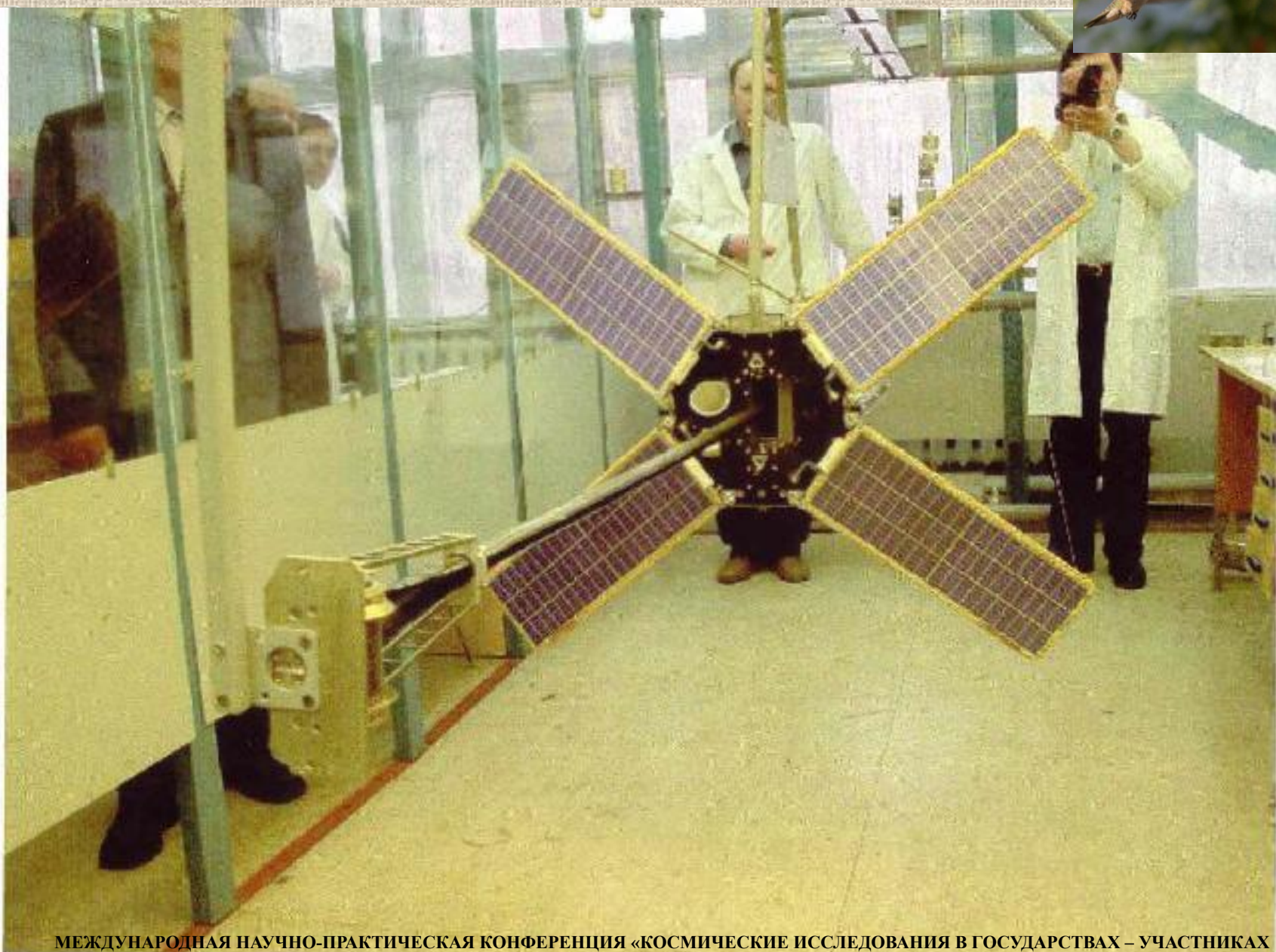
Точность определения ориентации – +/- 10 град.

Мощность – 30 Вт.

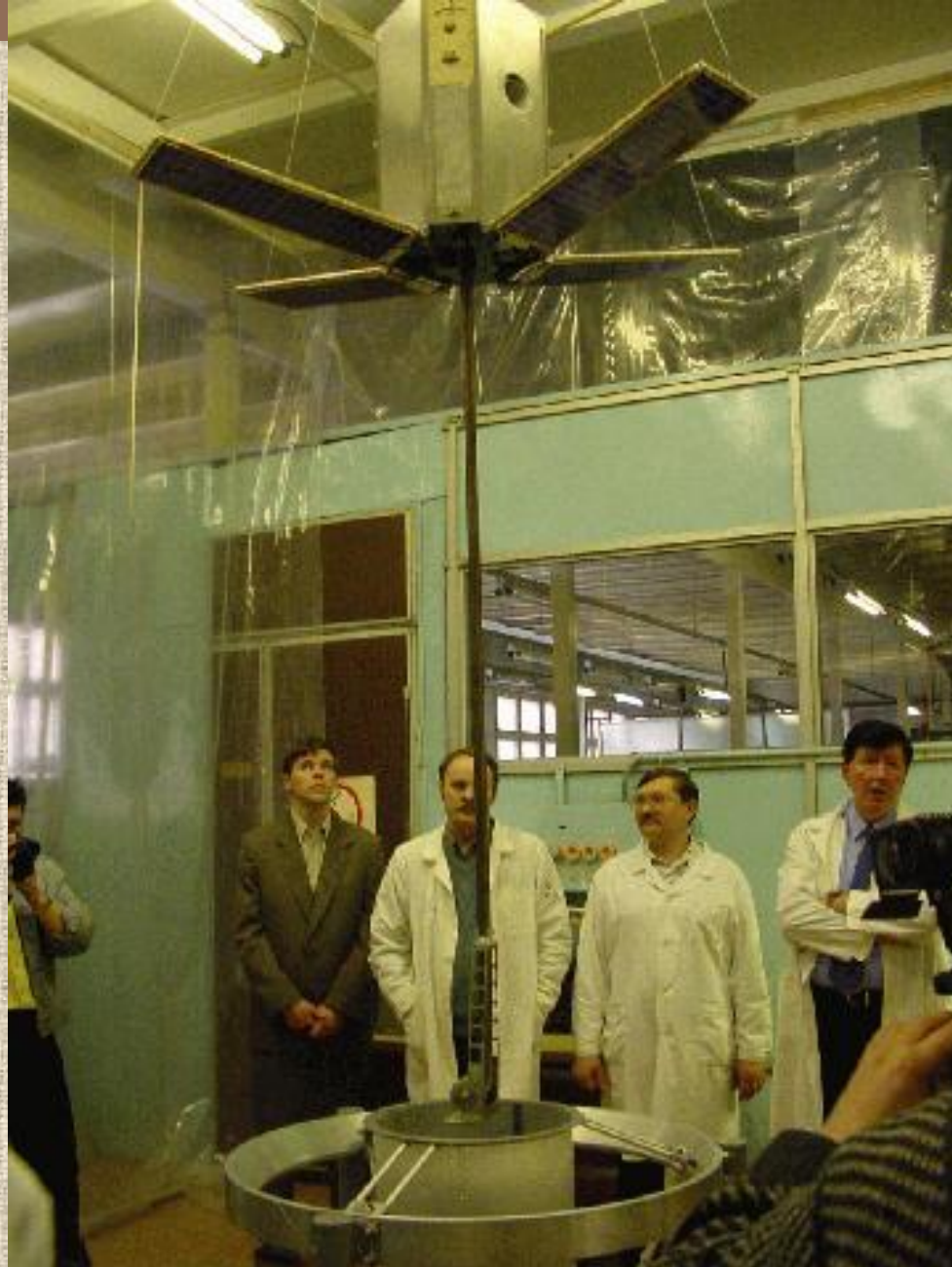


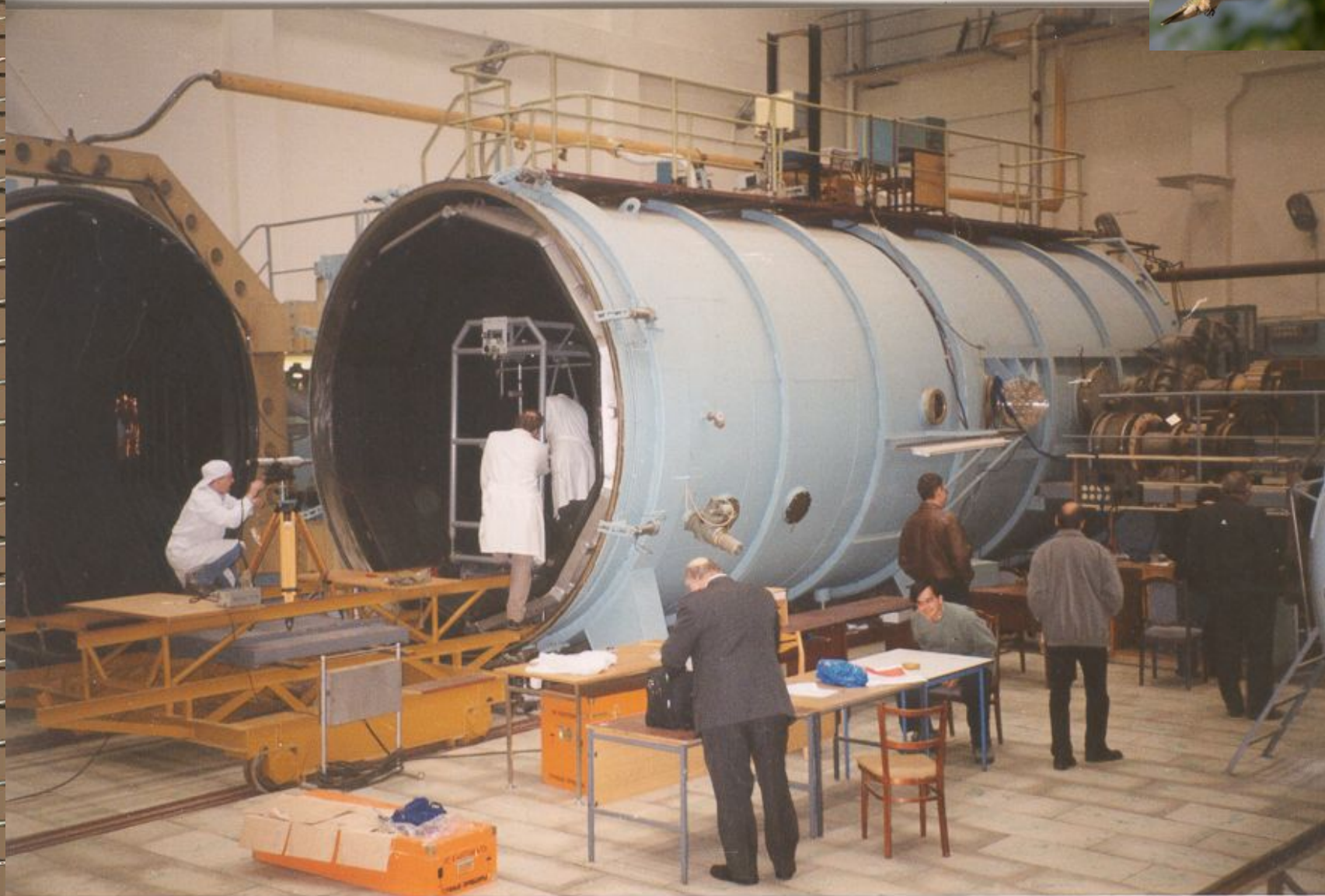


4 9 2001



МЕЖДУНАРОДНАЯ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ «КОСМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ В ГОСУДАРСТВАХ – УЧАСТНИКАХ СНГ: ИНТЕГРАЦИЯ, ПОТЕНЦИАЛ РАЗВИТИЯ И ПРАВОВОЙ АСПЕКТ» 4 ОКТЯБРЯ 2011 ГОДА, МОСКВА, ИКИ РАН









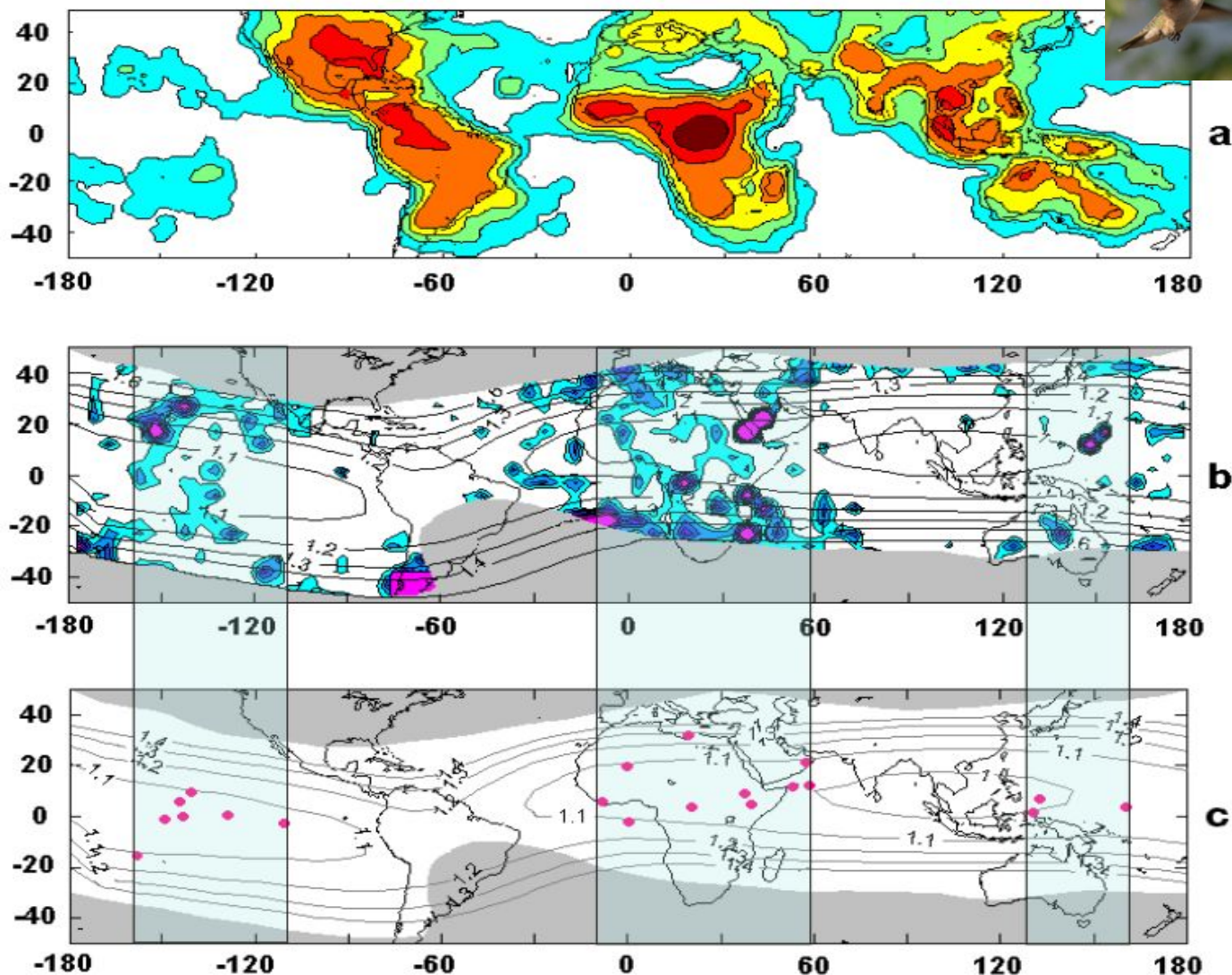




МЕЖДУНАРОДНАЯ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ «КОСМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ В ГОСУДАРСТВАХ – УЧАСТНИКАХ СНГ: ИНТЕГРАЦИЯ, ПОТЕНЦИАЛ РАЗВИТИЯ И ПРАВОВОЙ АСПЕКТ» 4 ОКТЯБРЯ 2011 ГОДА, МОСКВА, ИКИ РАН



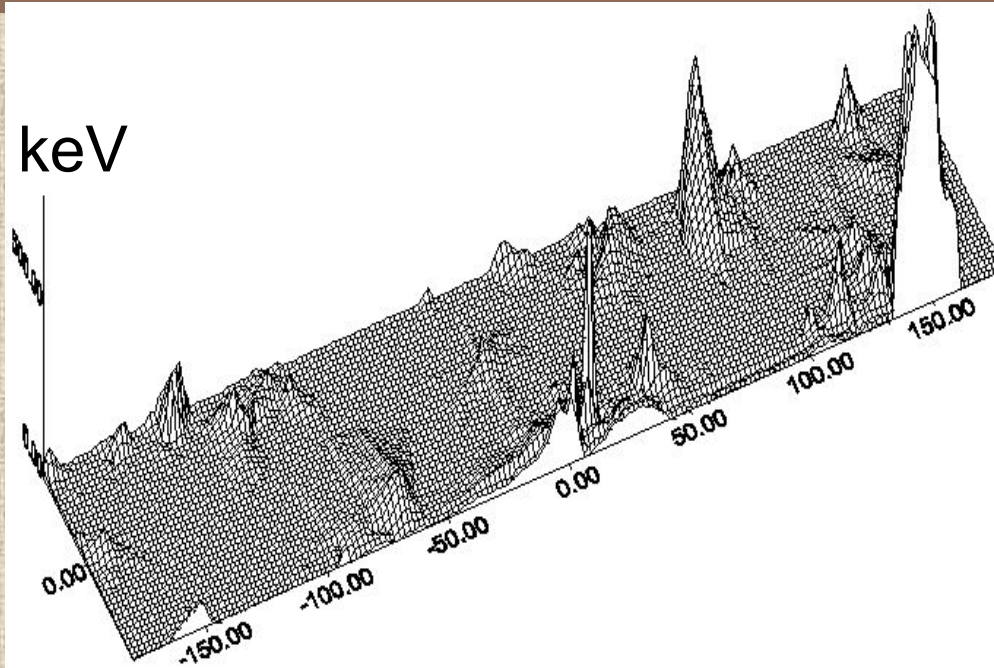
«Колибри-2000»
19 марта 2002 г. в 22:28 UT
начал автономную работу
на орбите вблизи
Международной космической
станции



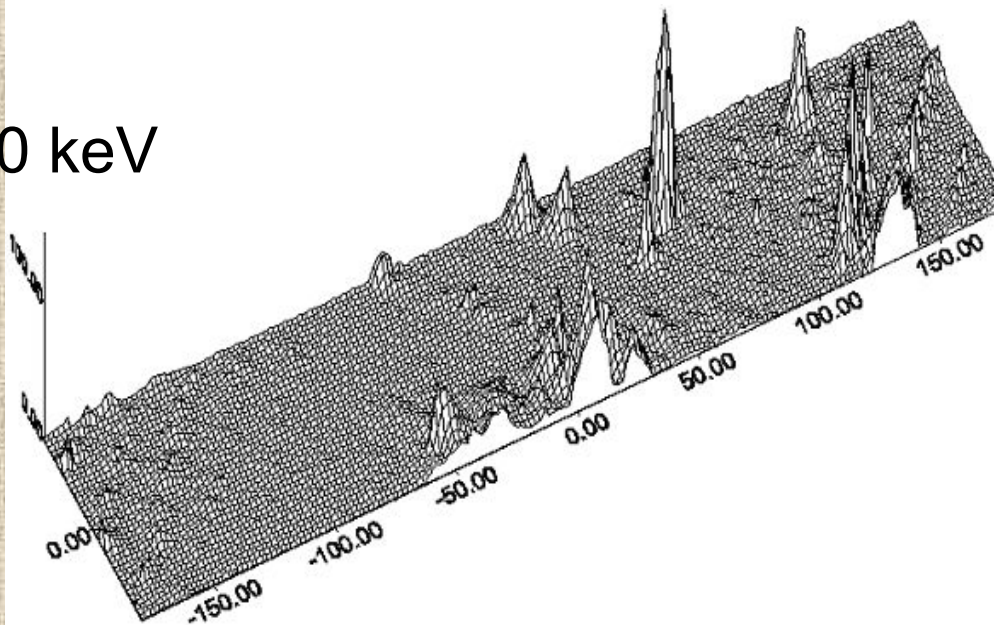
**Longitudinal distribution of background neutron fluxes according to MIR data (1991)
and neutron bursts according to KOLIBRI-2000**

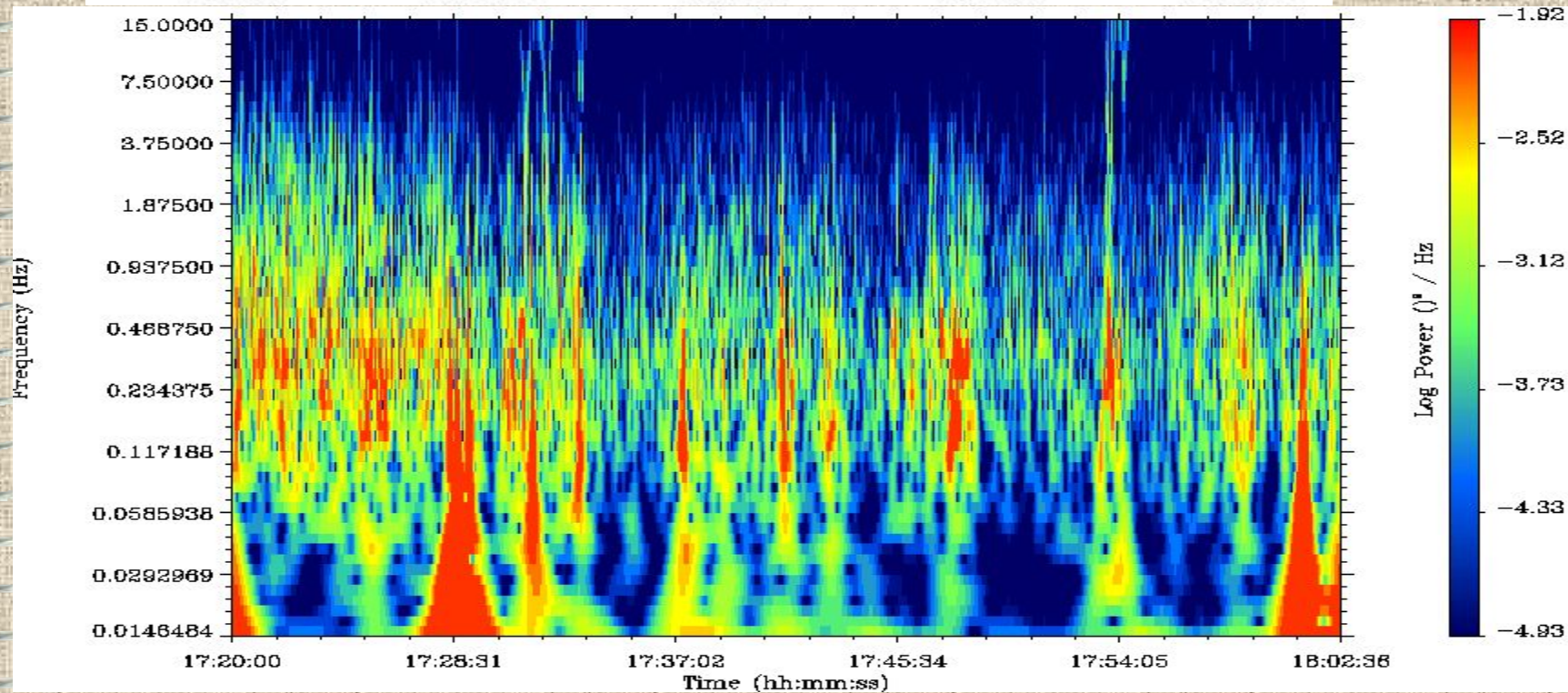
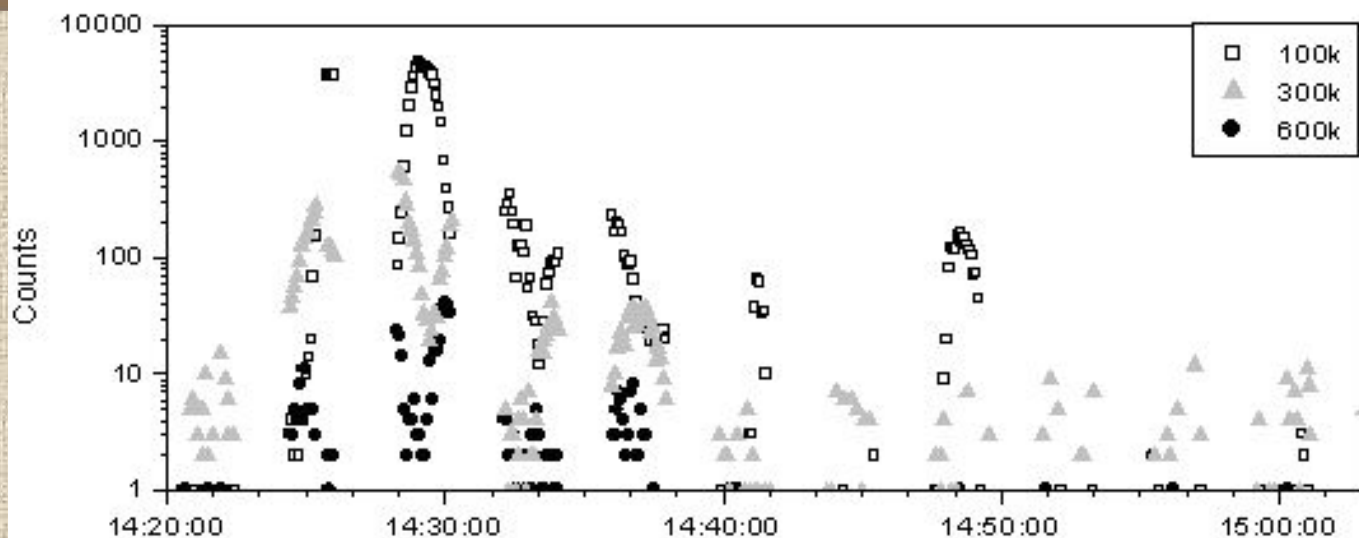
МЕЖДУНАРОДНАЯ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ «КОСМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ В ГОСУДАРСТВАХ – УЧАСТНИКАХ
СНГ: ИНТЕГРАЦИЯ, ПОТЕНЦИАЛ РАЗВИТИЯ И ПРАВОВОЙ АСПЕКТ» 4 ОКТЯБРЯ 2011 ГОДА, МОСКВА, ИКИ РАН

$E > 100 \text{ keV}$



$E > 300 \text{ keV}$





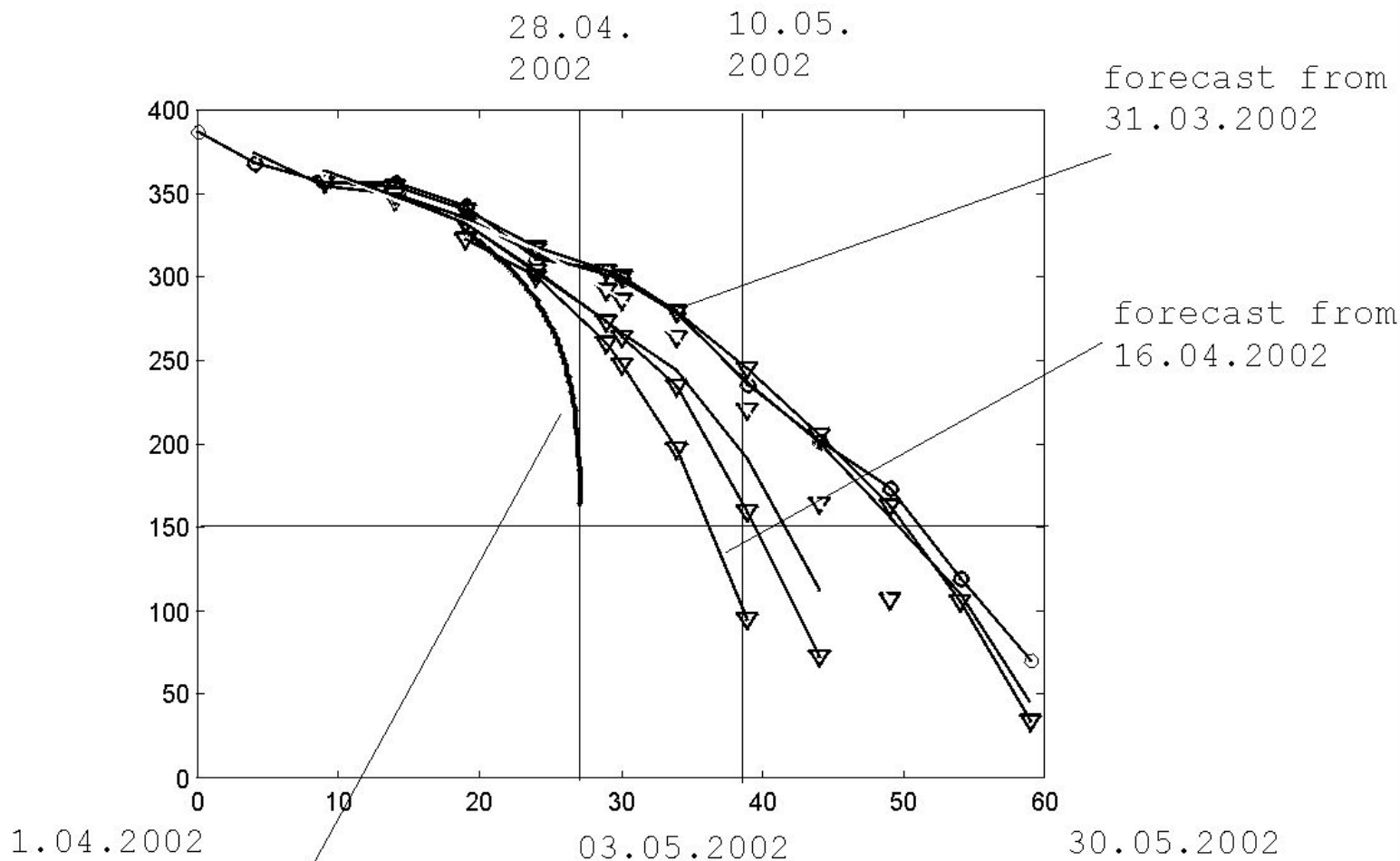


**17 – 24 апреля 2002 г. наблюдалась
сильная активность Солнца по
многим параметрам.**

**Этот период объявлен уникальным
и научная общественность была
признана к проведению
комплексного анализа событий по
данным измерений 8-ми
космических аппаратов и широкой
сети наземных наблюдений.**



Прогноз изменения высоты аппарата Колибр
по данным от 16.04.2002





3 мая 2002 в 20:19 UT

«Колибри-2000»

**вошел в атмосферу над Тихим океаном и
прекратил существование**

«Чибис-М».

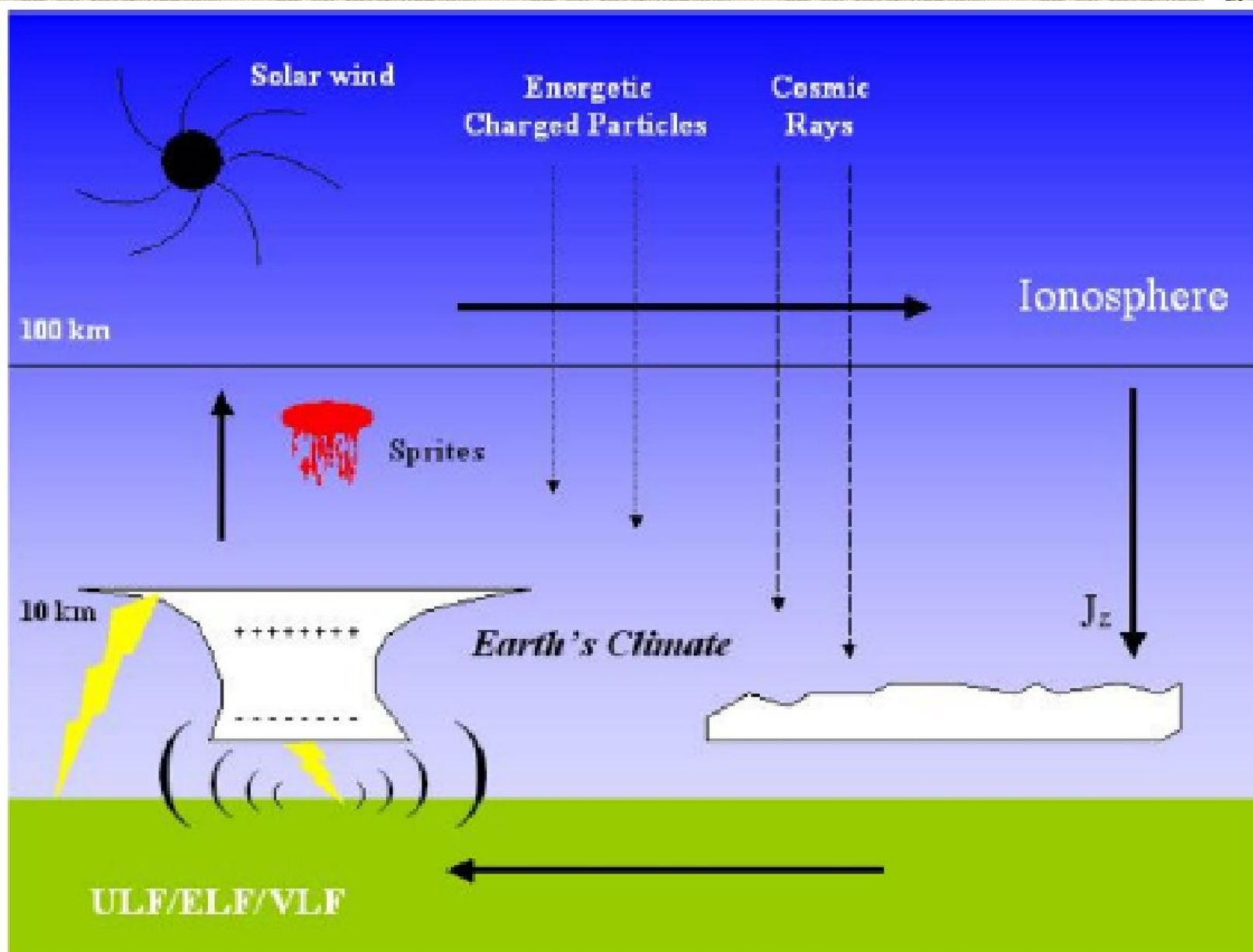


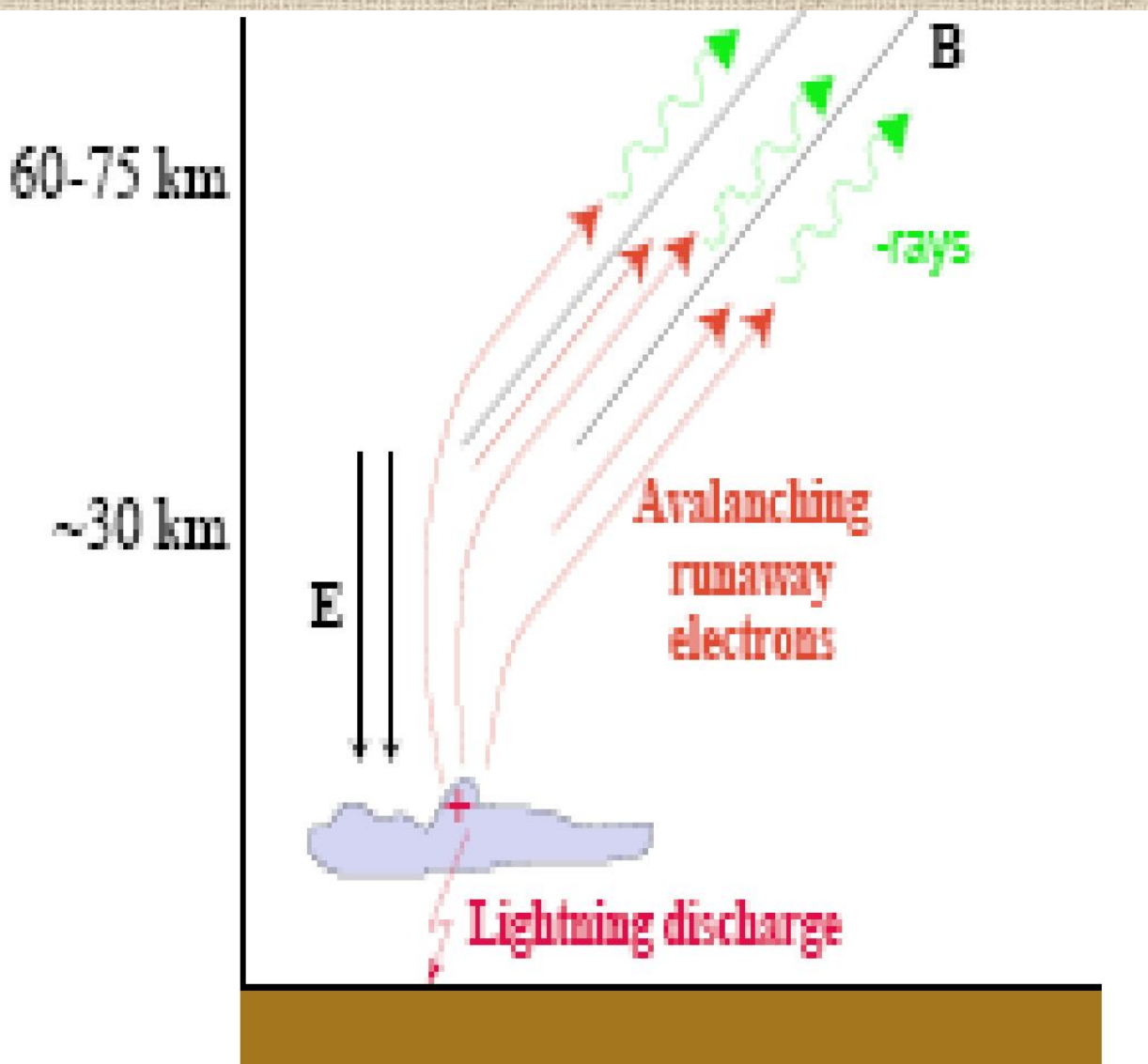
*У дороги чибис, У дороги чибис
Он кричит, волнуется, чудака:
«Ах, скажите, чьи вы?
Ах, скажите, чьи вы?
И зачем, зачем идёте вы сюда?»*



Союз охраны птиц России выбрал чибиса Птицей 2010 года

МЕЖДУНАРОДНАЯ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ «КОСМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ В ГОСУДАРСТВАХ – УЧАСТНИКАХ
СНГ: ИНТЕГРАЦИЯ, ПОТЕНЦИАЛ РАЗВИТИЯ И ПРАВОВОЙ АСПЕКТ» 4 ОКТЯБРЯ 2011 ГОДА, МОСКВА, ИКИ РАН





гамма

Ливень
убегающих
электронов

Молниевый
разряд

Схема формирования убегающих электронов и гамма излучения от молниевых разрядов.



В результате обычного пробоя в сильном электрическом поле происходит убежание рождающихся высокоэнергичных электронов. Часть этих электронов, энергия которых превышает критическое значение, являются затравкой для пробоя на быстрых электронах, в результате которого нарастает лавина электронов релятивистских энергий. Релятивистские электроны эффективно излучают тормозные гамма кванты.

[1] A.V. Gurevich, K.P. Zybin, Yu.V. Medvedev, Runaway breakdown in strong electric field as a source of terrestrial gamma flashes and gamma bursts in lightning leader steps, Phys. Lett. A 361, 119–125, 2007



На основе проделанных расчетов сформулированы требования к экспериментальному изучению высотных разрядов.

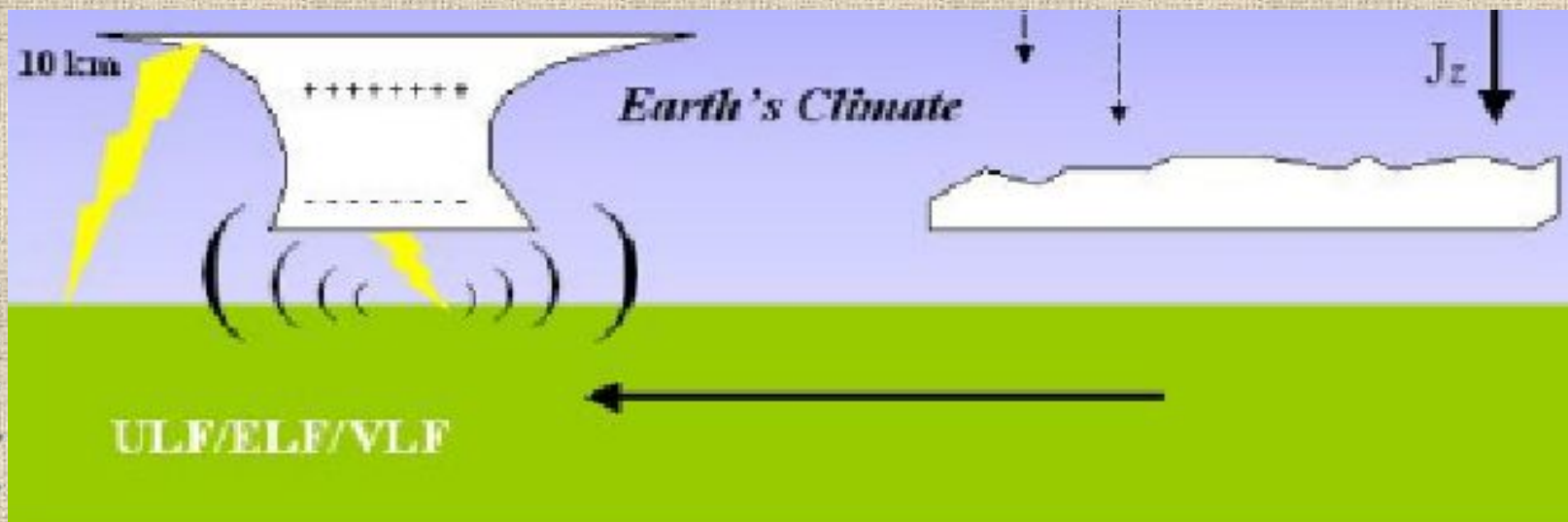
Основным требованием является одновременное измерение радио и гамма излучений в суб-микросекундном временном диапазоне.

Измерение ультрафиолетового и оптического излучений должно служить цели подтверждения факта, что наблюдались атмосферные грозовые разряды.

Проведена разработка экспериментального подхода к исследованию высотного разряда с использованием специализированной космической платформы нового поколения и созданию бортовой специальной аппаратуры для изучения атмосферных разрядов.



Мы ориентируемся на изучение процессов, происходящих на высотах до 20 км, с помощью микроспутника, находящегося на высоте 500 км,



и наземных обсерваториях.

[2] Klimov, S.I., V.G.Rodin, L.M.Zelenyi, V.N.Angarov. Development of the Method of the Creation of Micro-Satellite (~ 50 kg) Platforms for the Fundamental and Applied Research of the Earth and Near-Earth Outer Space. R Sandau, H-P. Roeser, A. Valenzuela (Eds.) *Small Satellites for Earth Observation. Springer Science+Business Media B.V. p. 333-343, 2008.*



Основные параметры НА «Чибис-М»

- Рентген-гамма детектор – РГД (RGD) НИИЯФ МГУ

- диапазон рентгеновского и гамма- излучения - 50-500 кэВ
- масса ~ 2 кг
- потребление ~ 5 Вт

- Детектор ультрафиолета – ДУФ (DUF) НИИЯФ МГУ

- спектра оптического излучения 180-400 и 650-800 нанометров
- масса – 0.7 кг
- потребление – 0,5 Вт

- Цифровая камера – ЦФК (DPC) ИКИ РАН

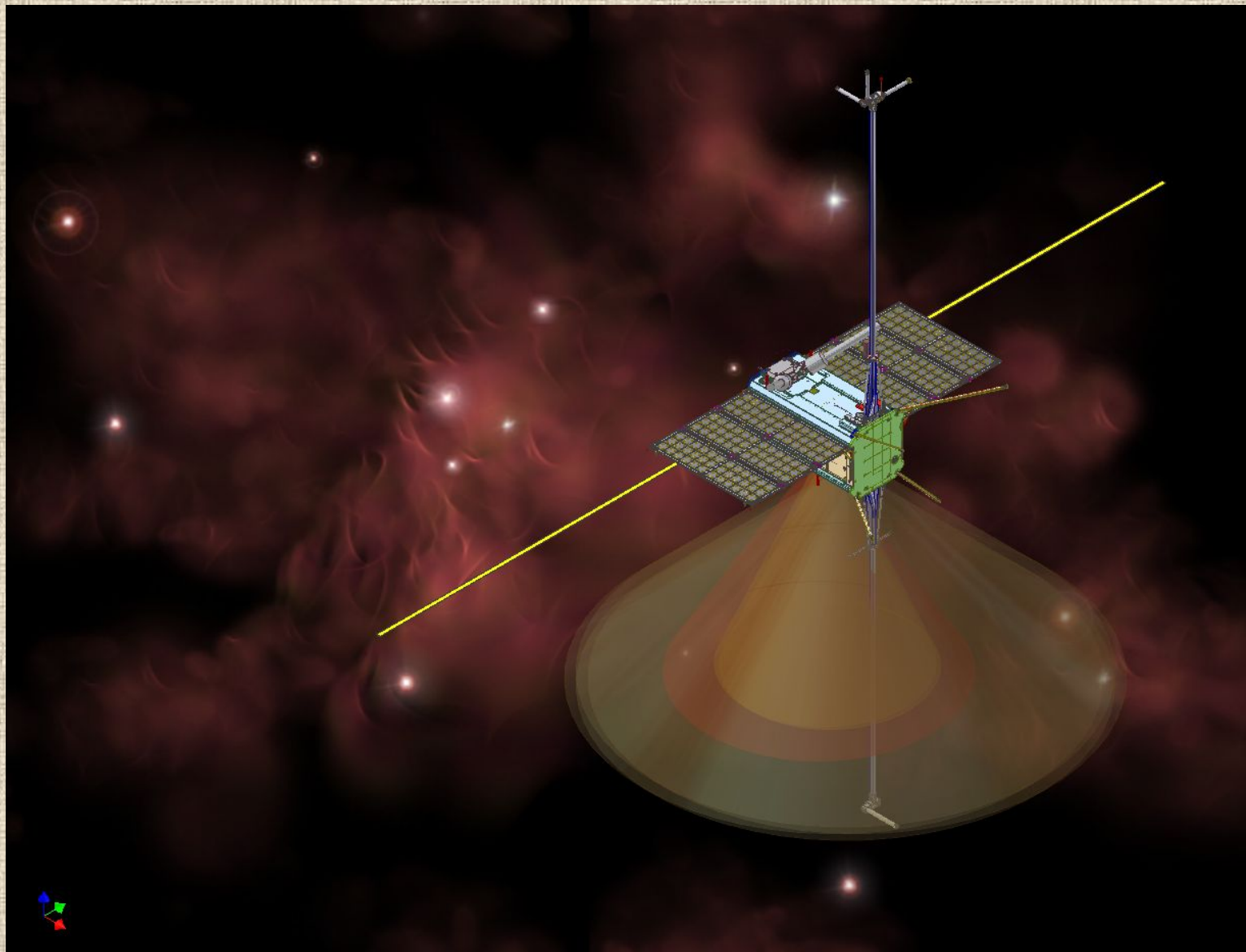
- информативность (матрица 500x500, разрешение ~ 250 м)
- масса – 1.5 кг
- потребление – 8 Вт

- Радиочастотный анализатор – РЧА (RFA) ИКИ РАН

- диапазон частот – 28 – 50 МГц
- масса РЧА – 3.55 кг
- потребление – 6 Вт

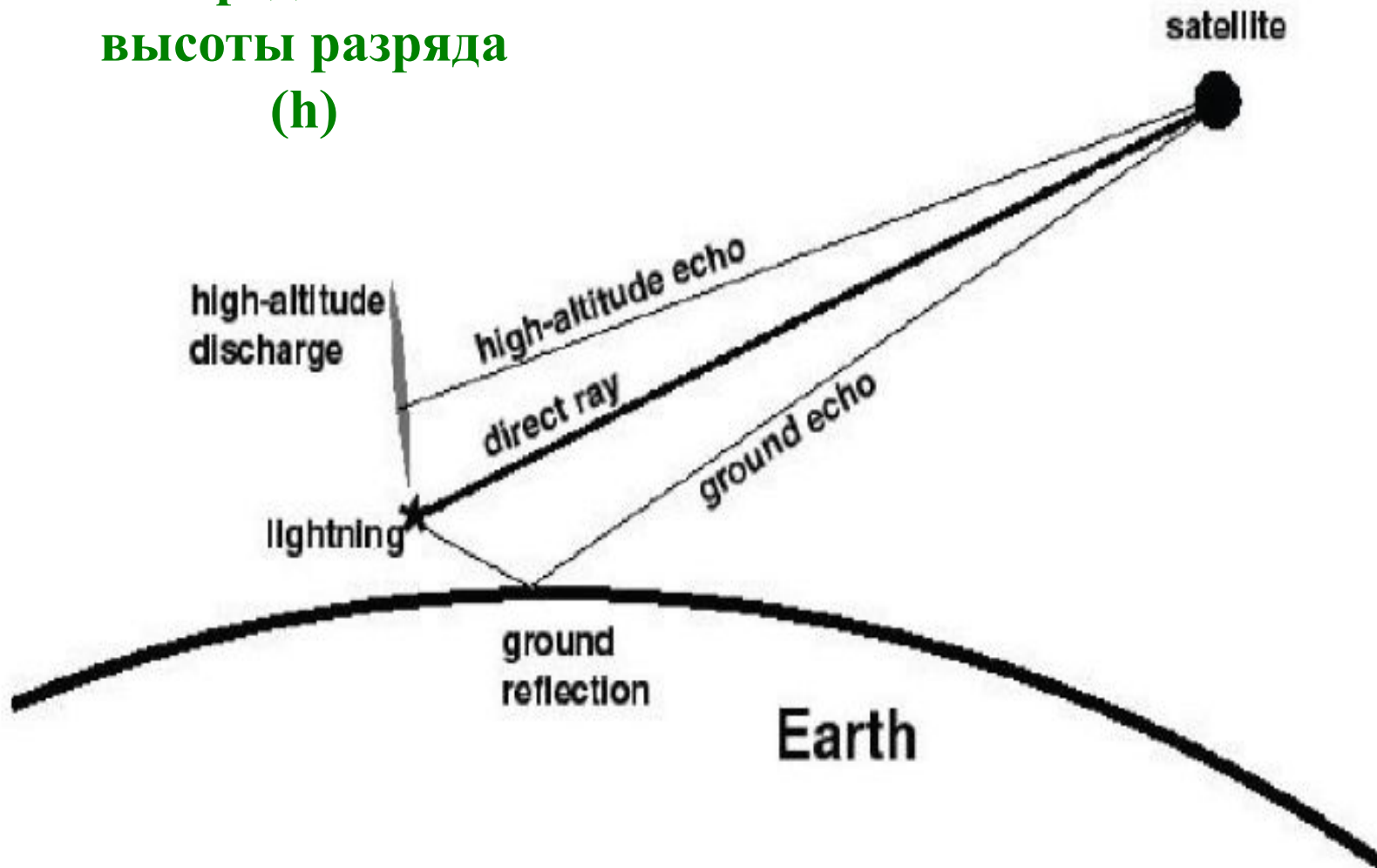
- Магнитно-волновой комплекс – МВК (MWC) Украина

- диапазон частот – 0 – 20 лГц **Венгрия**
- масса МВК – 2.35 кг
- потребление – 4 Вт





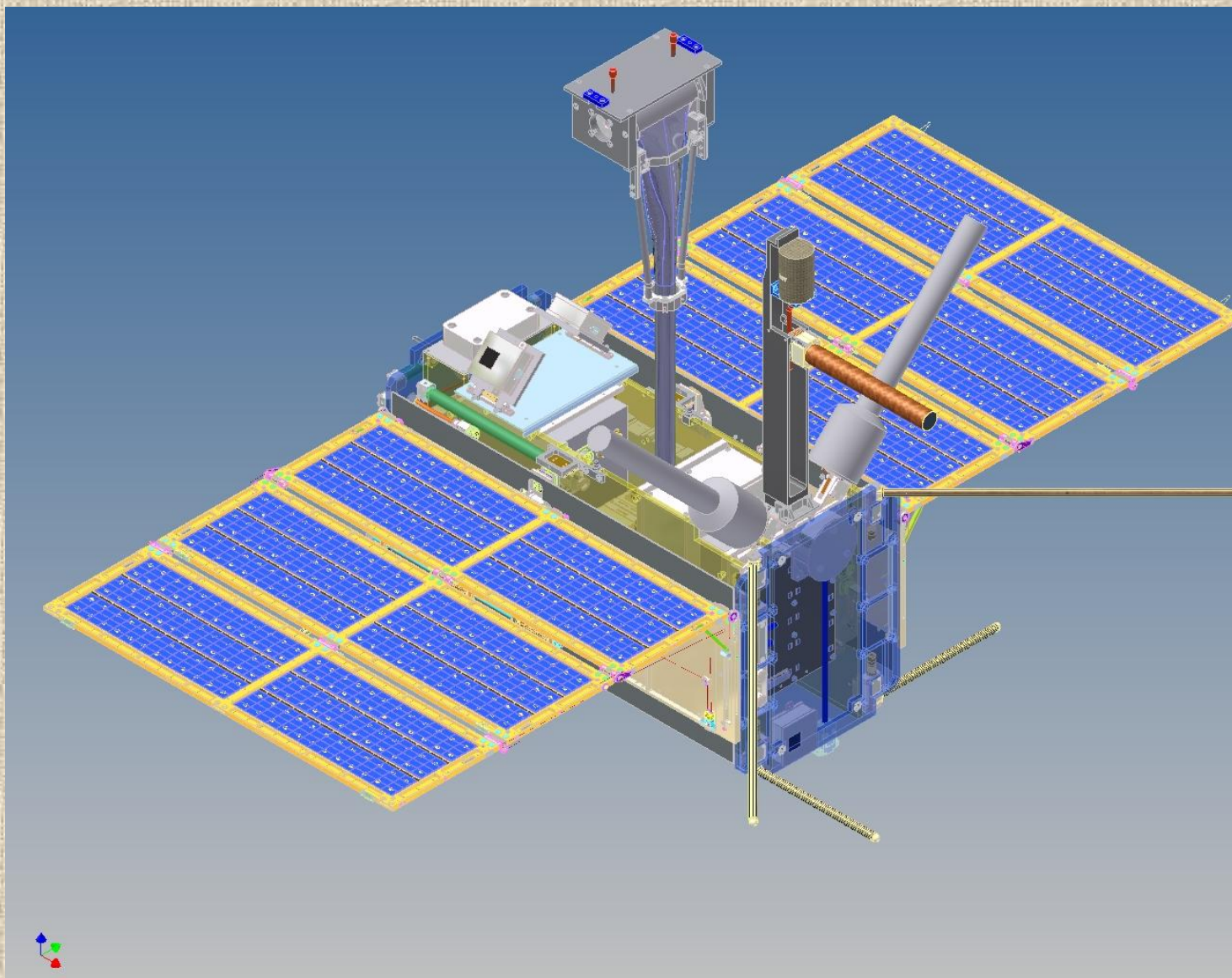
Определение высоты разряда (h)



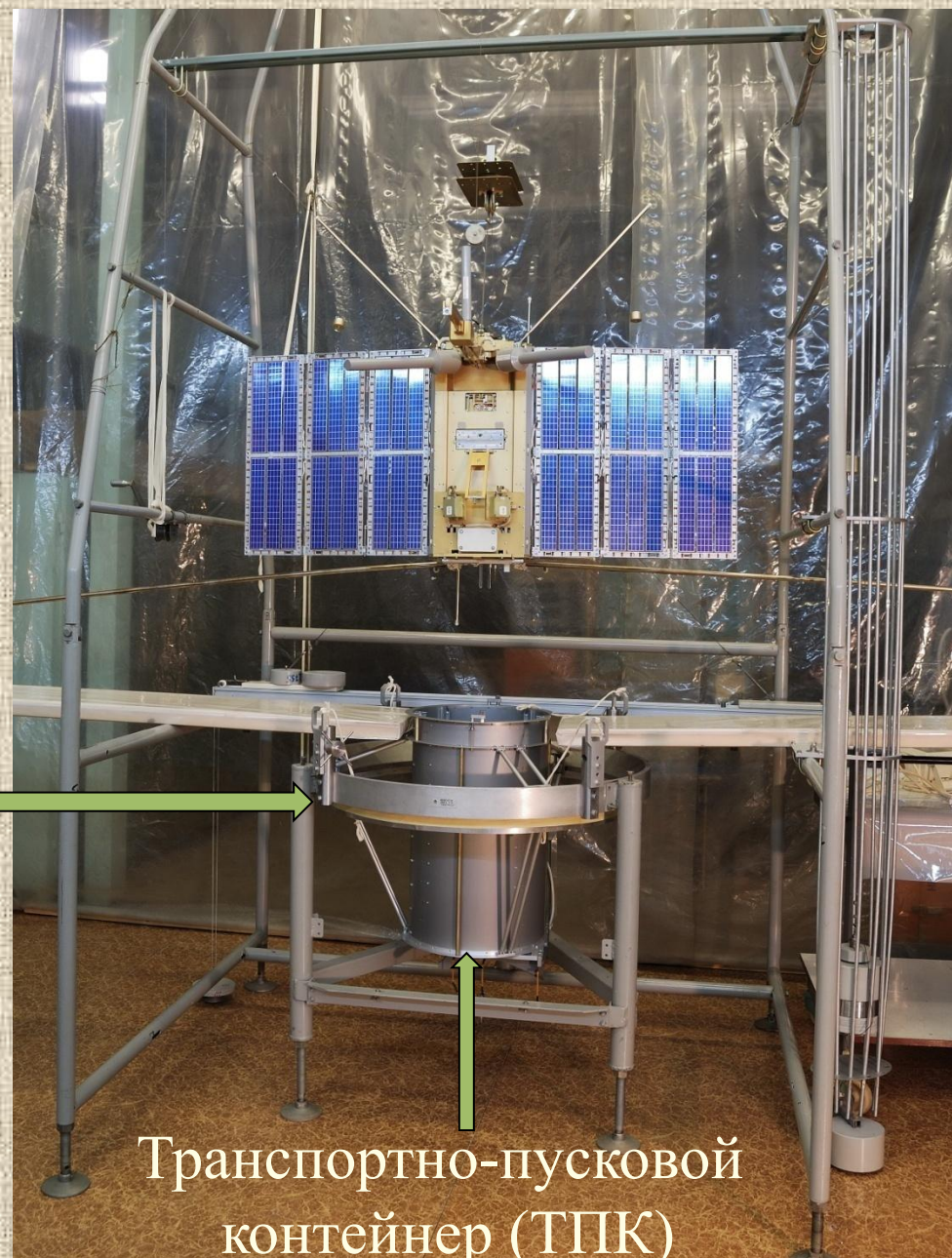


Основные технические характеристики микроспутника "Чибис".

Масса	40 кг.
научные приборы	10.8 кг.
служебная аппаратура	12.6 кг.
конструкция и система терморегулирования	16.6 кг.
Орбита	круговая высотой ~ 480 км.
Время активного существования	не менее 2-х лет.
<u>Система ориентации:</u> электромеханическая (электро-маховики)	
магнитодинамическая (электромагниты), гравитационная (штанга)	
точность определения ориентации по датчикам (звездный, солнечный, горизонта) и системе GPS - ГЛОНАСС	
до 2-х угл. мин.	
точность наведения (электромаховики и оптоволоконный ДУС) +/- 3 – 15 угл. мин.	
<u>Система передачи данных:</u>	
- борт-земля – 1Мбит/с;	
- объем накопительной памяти комплекса научной аппаратуры – 256 Мбайт;	
- минимальный суточный объем принимаемой от КНА информации – ~ 50 Мбайт;	
- радиочастоты командной и телеметрической линий	-145, 435 МГц;
- радиочастота передачи информации от КНА	- 2200 МГц
<u>Система бортового энергопитания</u>	
мощность	~ 50 Вт круглосуточно.
напряжение	12 +/- 3 В
ёмкость БХБ, суммарная	9.5 А/час
суммарная площадь солнечных батарей	0.95 м ²







Имитатор
верхней
крышки
ТГК «Прогресс»

Транспортно-пусковой
контейнер (ТПК)





Важно отметить, что в ИКИ РАН ведутся не только проектирование и изготовление микроспутника, но и полный цикл его электрических, командно-информационных, виброударных, термо-вакуумных испытаний.



Схема выведения на орбиту общая для МС «Колибри-2000» и «Чибис-М» .

Микроспутник «Чибис-М» будет доставлен на борт МКС грузовым кораблем «Прогресс» аналогично МС «Колибри».

После отделения от МКС орбита «Прогресс'а» будет поднята до высоты ~ 500 км и МС «Чибис-М» будет отделен и начнет функционировать на рабочей орбите.

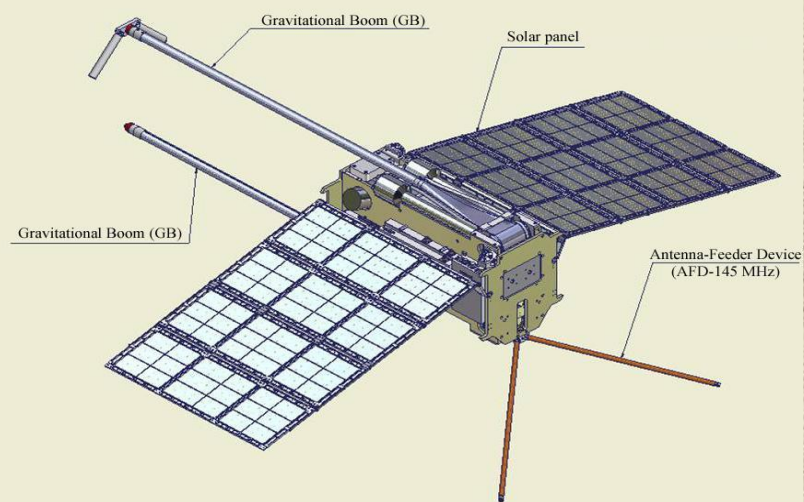
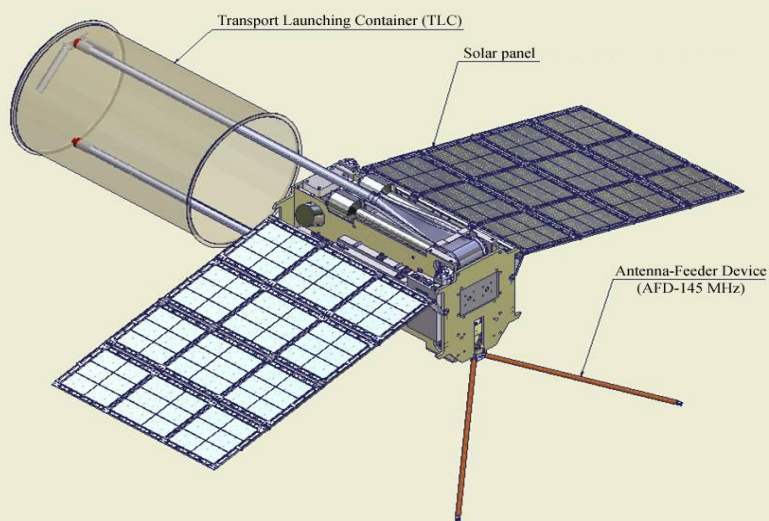
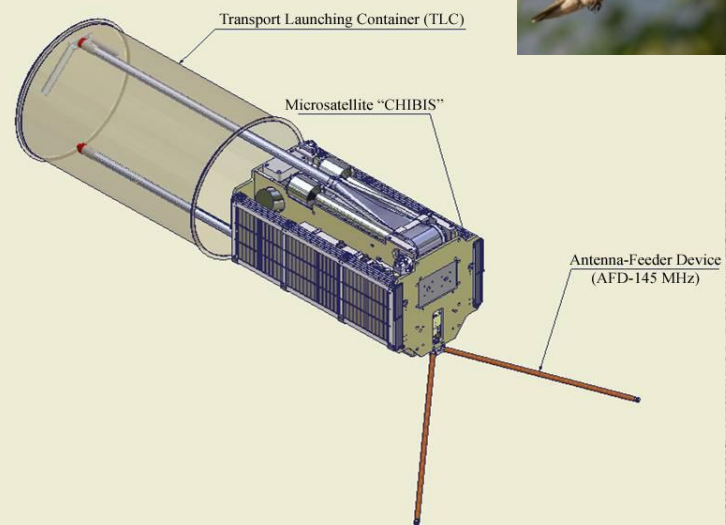
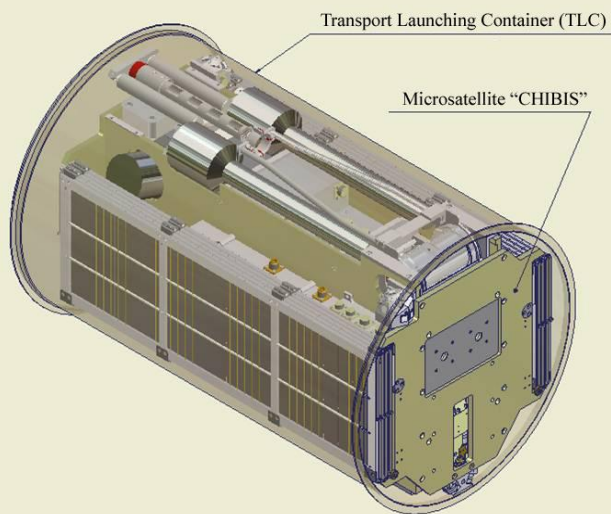


Схема «запуска».



МКС

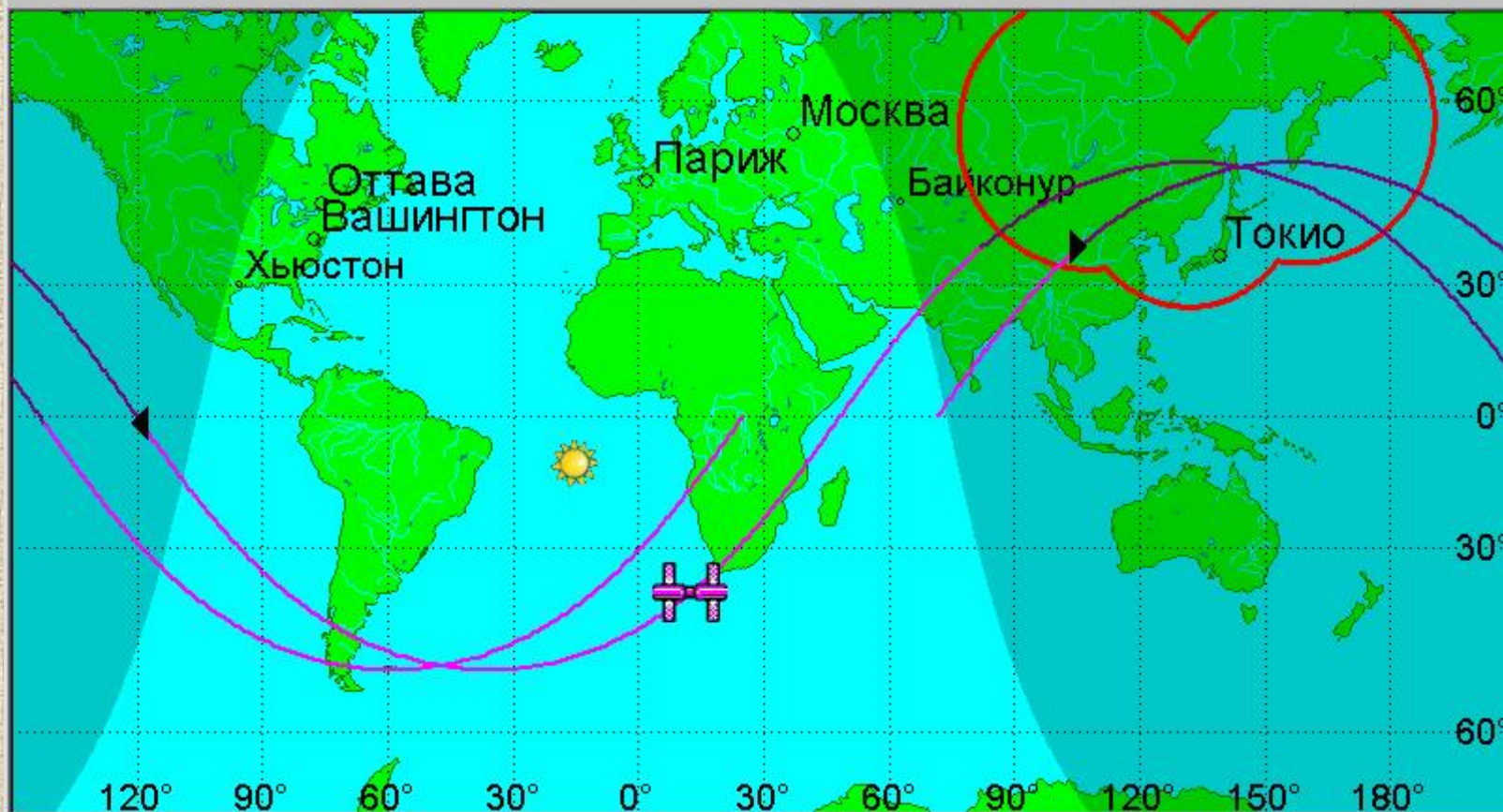
Виток

412 / 14

ДМВ

15:48:20

26.10.2010



Период

91.5 мин

H_{max}

375.9 км

$T_{нс}$

16:15:52

Наклонение

51.7 °

H_{min}

349.1 км

$T_{кс}$

16:33:28



МКС



Трасса МКС



Зоны НИП



~



Зоны TDRS



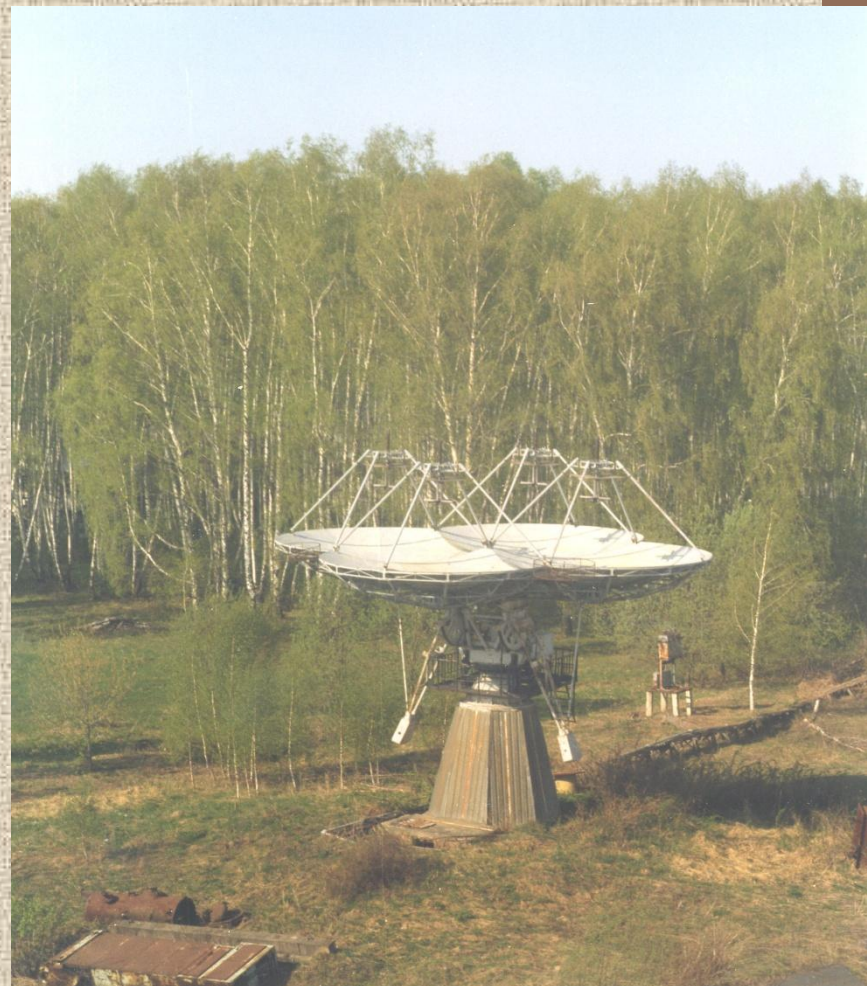
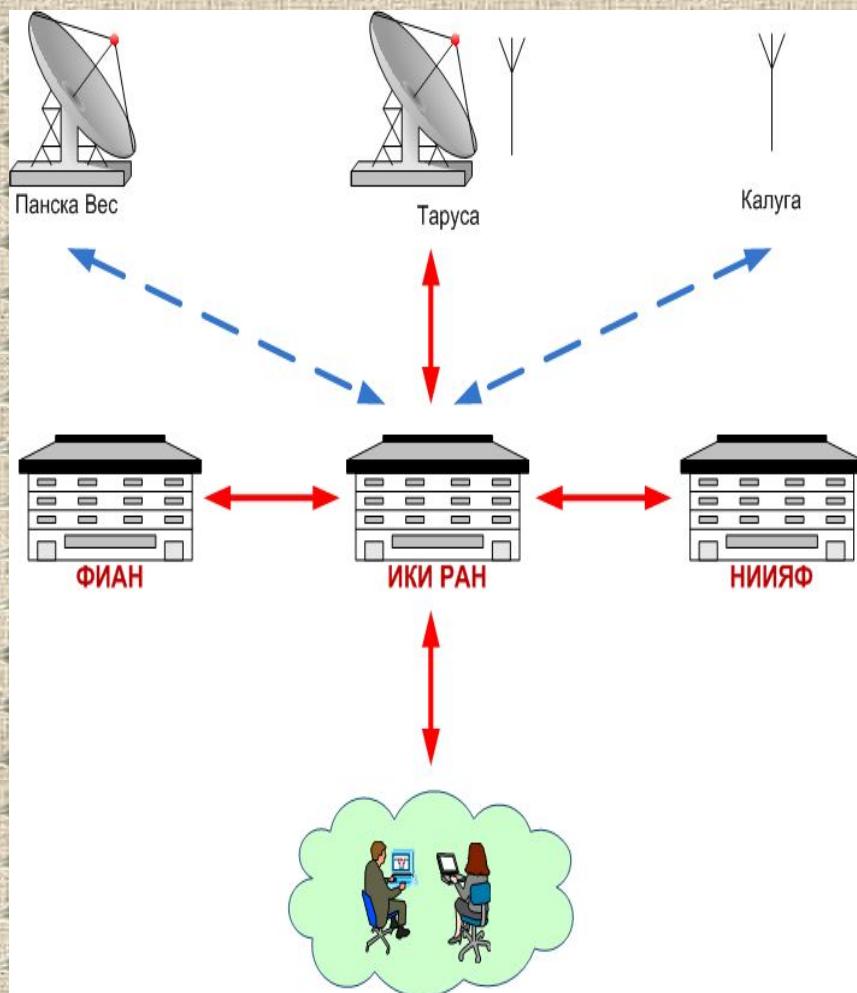
~



Тень на орбите



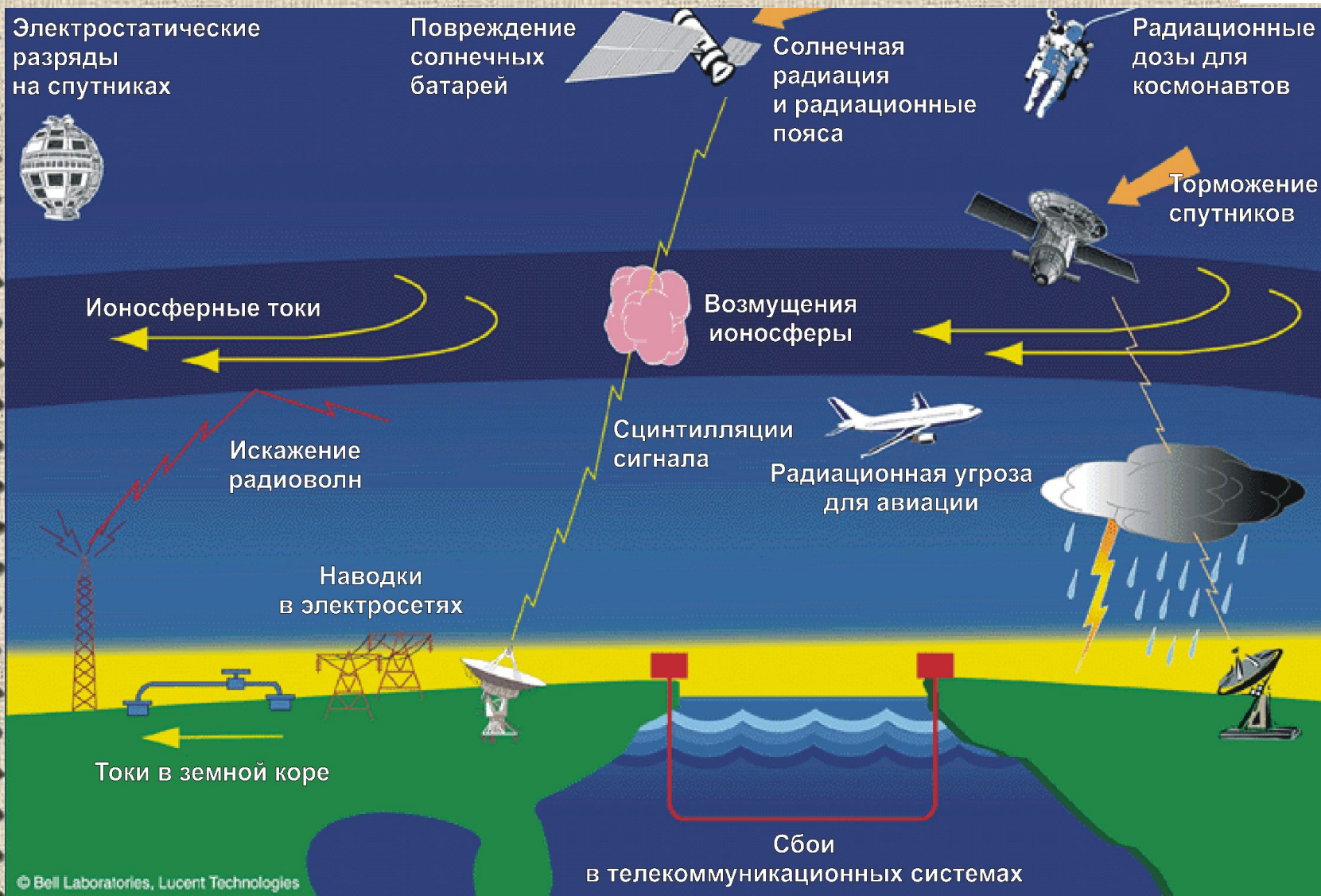
Командно-телеметрическое управление микроспутниками ведётся с использованием технических средств ИКИ РАН



СКБ КП ИКИ РАН (г. Таруса)



4. Космическая погода и образование.





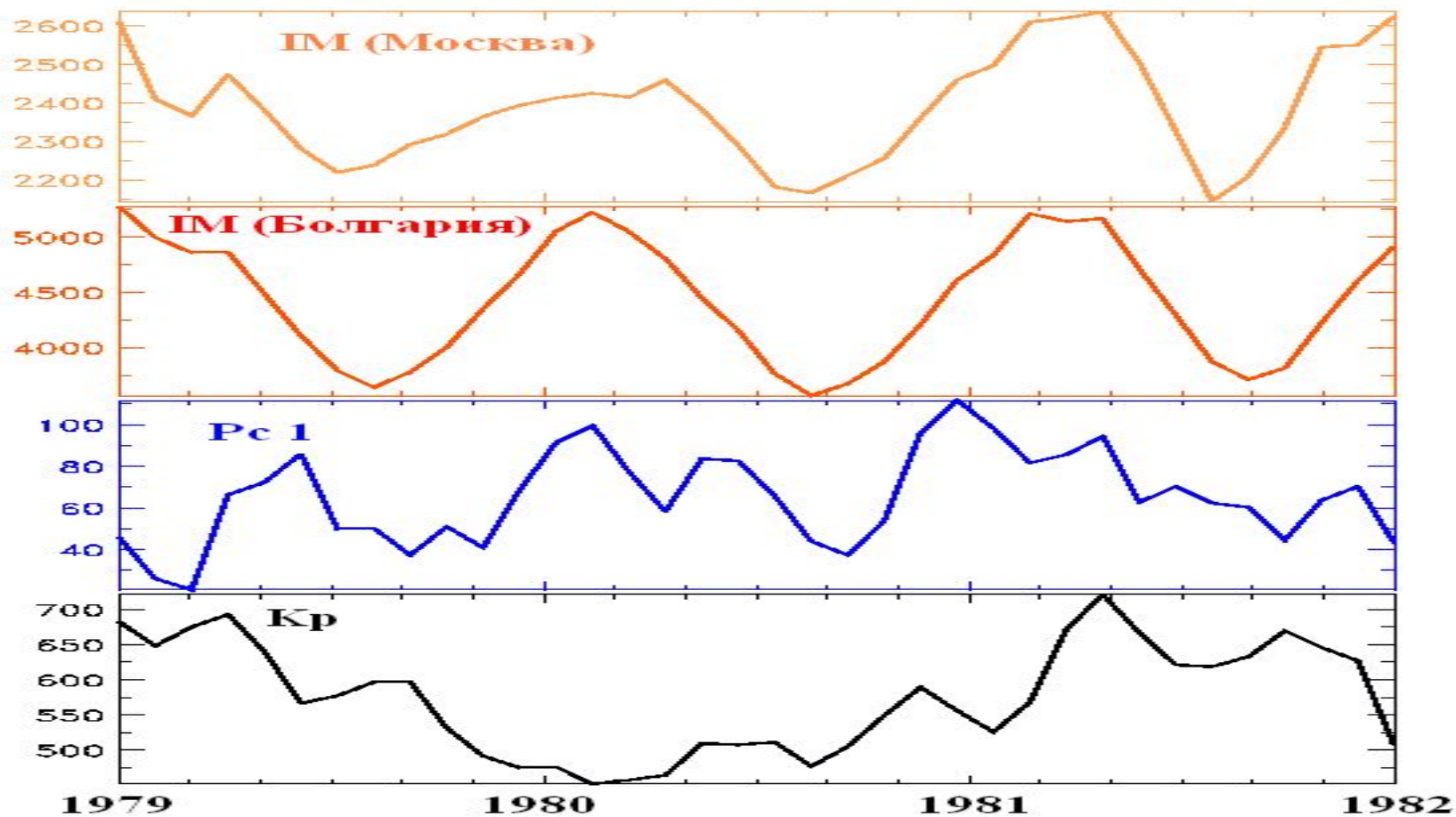
Для изучения и прогнозирования
"космической погоды" необходимы
постоянные глобальные наблюдения.

В частности, экологический плазменно-
волновой мониторинг околоземного
космоса поможет измерить некоторые
параметры "космической погоды".



**Антропогенные электромагнитные
воздействия
на ионосферу и магнитосферу
[Григорян, Климов и др., 1995];**

**Медико-биологические проблемы
воздействия естественных и
антропогенных
электромагнитных полей;**





Космическое образование

В создании академического микроспутника
«Чибис»

участвуют и приобретают
реальный опыт молодые специалисты.

В разработке «Чибис-М» использована
современная
концепция «летающего прибора»,
позволяющая проводить научные космические
исследования без привлечения дорогостоящих
космических аппаратов, разрабатываемых
предприятиями космической отрасли.



МЕЖДУНАРОДНАЯ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ «КОСМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ В ГОСУДАРСТВАХ – УЧАСТНИКАХ СНГ: ИНТЕГРАЦИЯ, ПОТЕНЦИАЛ РАЗВИТИЯ И ПРАВОВОЙ АСПЕКТ» 4 ОКТЯБРЯ 2011 ГОДА, МОСКВА, ИКИ РАН



МЕЖДУНАРОДНАЯ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ «КОСМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ В ГОСУДАРСТВАХ – УЧАСТНИКАХ СНГ: ИНТЕГРАЦИЯ, ПОТЕНЦИАЛ РАЗВИТИЯ И ПРАВОВОЙ АСПЕКТ» 4 ОКТЯБРЯ 2011 ГОДА, МОСКВА, ИКИ РАН



МЕЖДУНАРОДНАЯ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ «КОСМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ В ГОСУДАРСТВАХ – УЧАСТНИКАХ СНГ: ИНТЕГРАЦИЯ, ПОТЕНЦИАЛ РАЗВИТИЯ И ПРАВОВОЙ АСПЕКТ» 4 ОКТЯБРЯ 2011 ГОДА, МОСКВА, ИКИ РАН

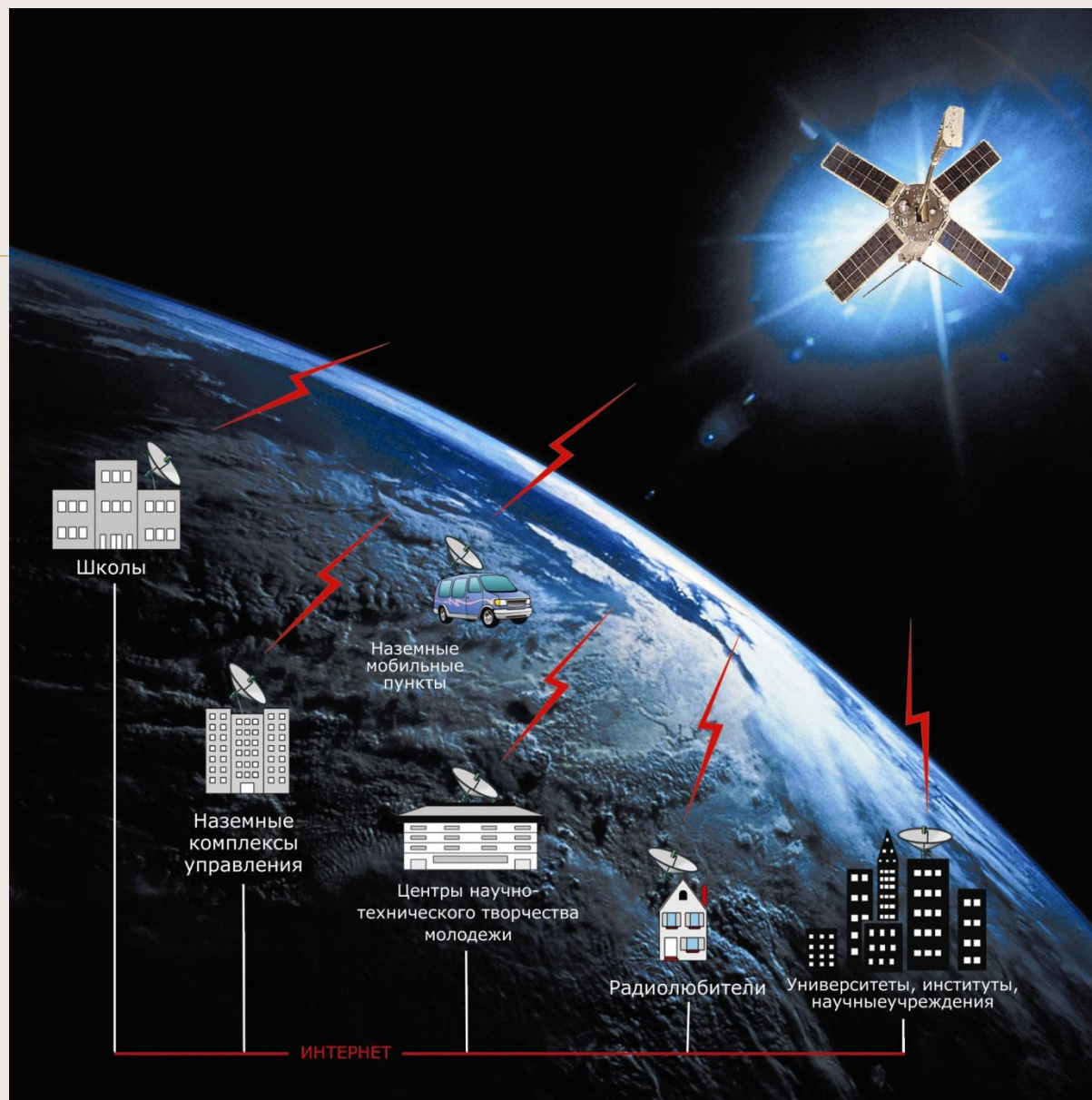


МЕЖДУНАРОДНАЯ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ «КОСМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ В ГОСУДАРСТВАХ – УЧАСТНИКАХ СНГ: ИНТЕГРАЦИЯ, ПОТЕНЦИАЛ РАЗВИТИЯ И ПРАВОВОЙ АСПЕКТ» 4 ОКТЯБРЯ 2011 ГОДА, МОСКВА, ИКИ РАН





В процессе полёта микроспутника «Чибис-М» с использованием КНА «Гроза» должна реализовываться научно-образовательная программа путем передачи научной информации (например, с магнитно-волновых приборов) непосредственно на школьные и университетские наземные приёмные пункты.

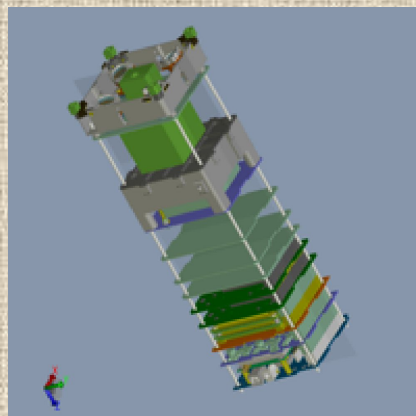


Заключение

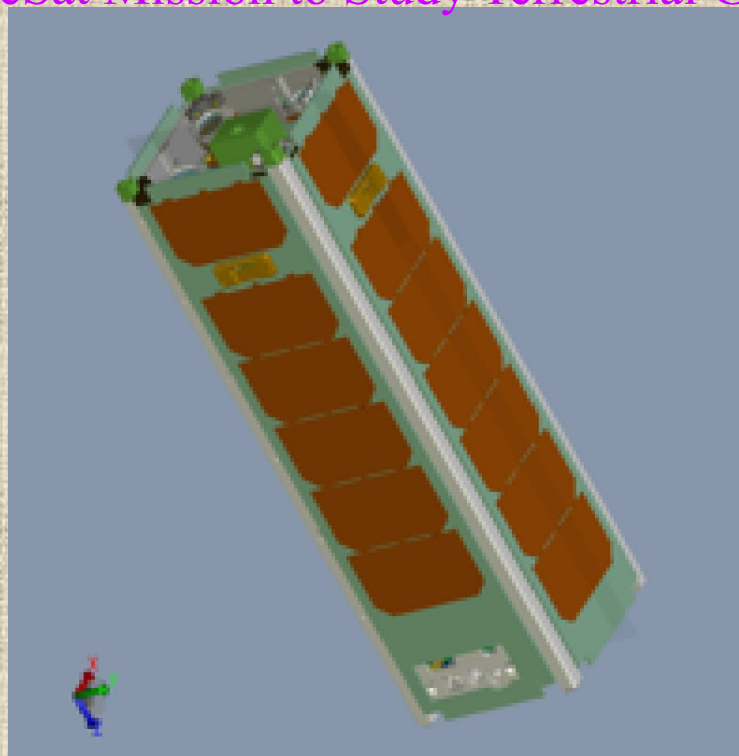


В настоящее время в ИКИ РАН прорабатываются три типа полезной нагрузки для решения задач:

- 1. Исследования новых физических механизмов электрических разрядов в атмосфере (Чибис-М).
- 2. Мониторинг парниковых газов (CO₂) и катастрофических явлений на поверхности, в атмосфере и ионосфере Земли (Чибис-К).
- 3. Региональные исследования.
Проект «БалканСат».



Firefly: A CubeSat Mission to Study Terrestrial Gamma-ray Flashes





На микроспутнике «Чибис-К» будет установлен комплекс научной аппаратуры, включающий:

-спектрометр для измерения полного содержания CO_2 , CH_4 , $\lambda/\Delta\lambda = 25 \cdot 10^3$,

-камеру оптического диапазона (1 Мпиксель),

-низкочастотный феррозондовый магнитометр,

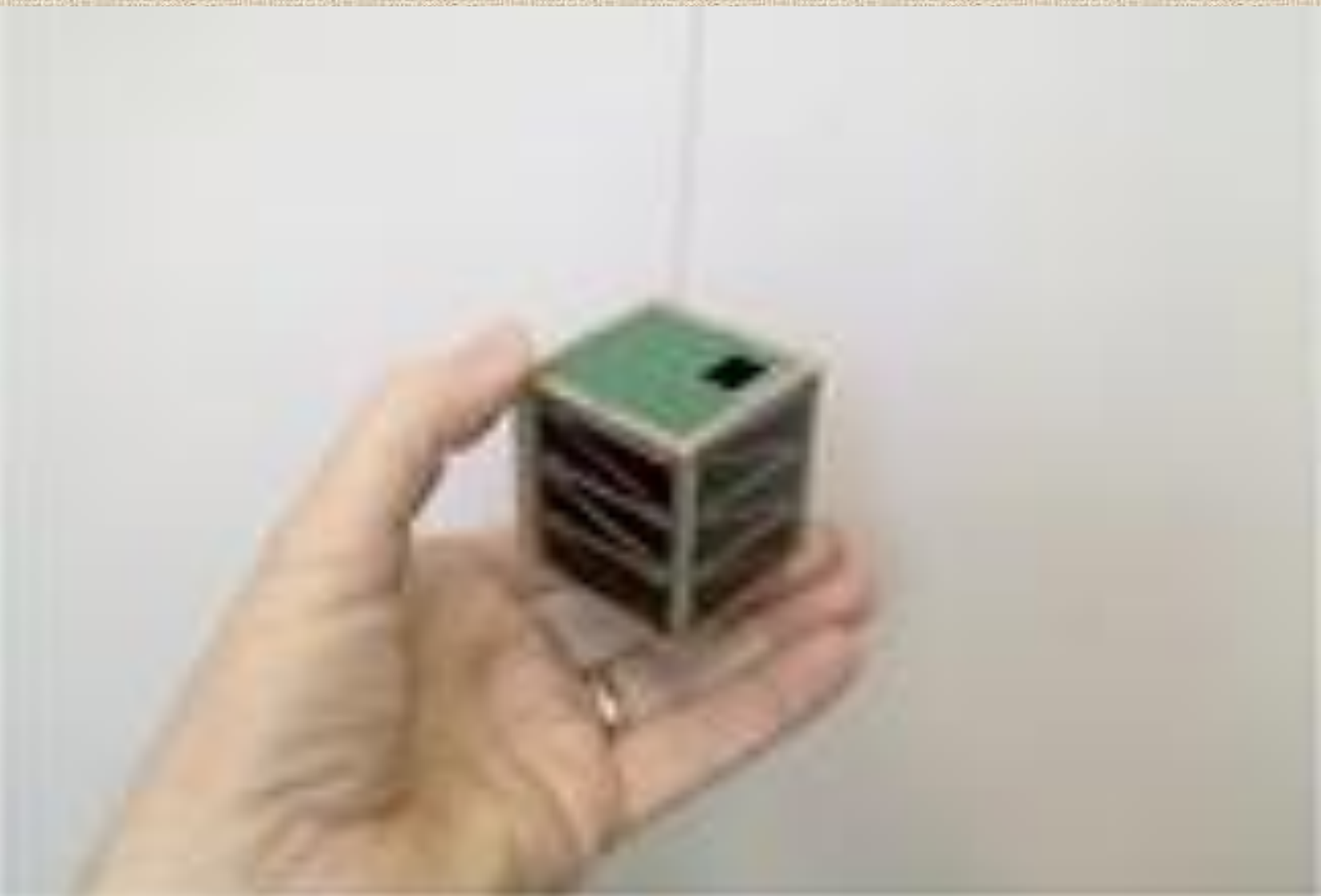
-высокочастотный феррозондовый магнитометр,

-анализатор электромагнитных излучений,

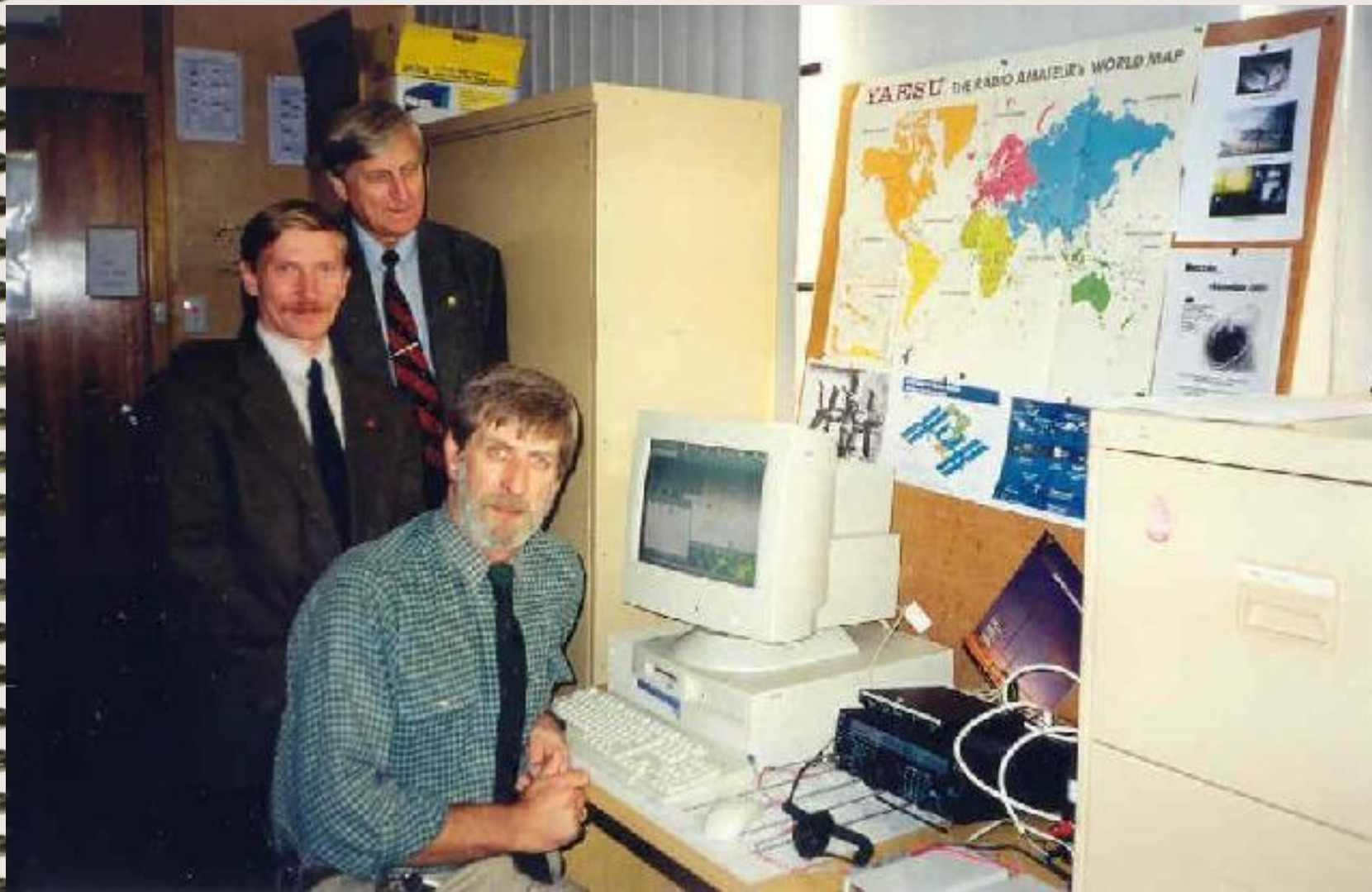
-детектор ионосферной плазмы.



**Как мы теперь понимаем,
задачи контроля содержания углекислого
газа, метана и других примесей в
атмосфере, мониторинг лесных пожаров
и состояния параметров ионосферы
становятся актуальными и
микроспутниковые платформы
могут способствовать решению этих
задач.**



***Спасибо за внимание
Уважаемые коллеги !!!***



МЕЖДУНАРОДНАЯ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ «КОСМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ В ГОСУДАРСТВАХ – УЧАСТНИКАХ СНГ: ИНТЕГРАЦИЯ, ПОТЕНЦИАЛ РАЗВИТИЯ И ПРАВОВОЙ АСПЕКТ» 4 ОКТЯБРЯ 2011 ГОДА, МОСКВА, ИКИ РАН



МЕЖДУНАРОДНАЯ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ «КОСМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ В ГОСУДАРСТВАХ – УЧАСТНИКАХ СНГ: ИНТЕГРАЦИЯ, ПОТЕНЦИАЛ РАЗВИТИЯ И ПРАВОВОЙ АСПЕКТ» 4 ОКТЯБРЯ 2011 ГОДА, МОСКВА, ИКИ РАН

