



Журавлев В.М

Ульяновский государственный университет,
Межвузовская кафедра космических исследований,
Лаборатория космических исследований,
www.spacephys.ru

О ФОРМИРОВАНИИ ПРОГРАММЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Ульяновская секция поволжского отделения
Российской Академии Космонавтики им. К.Э. Циолковского





I. Что имеется на данный момент. Ионосфера



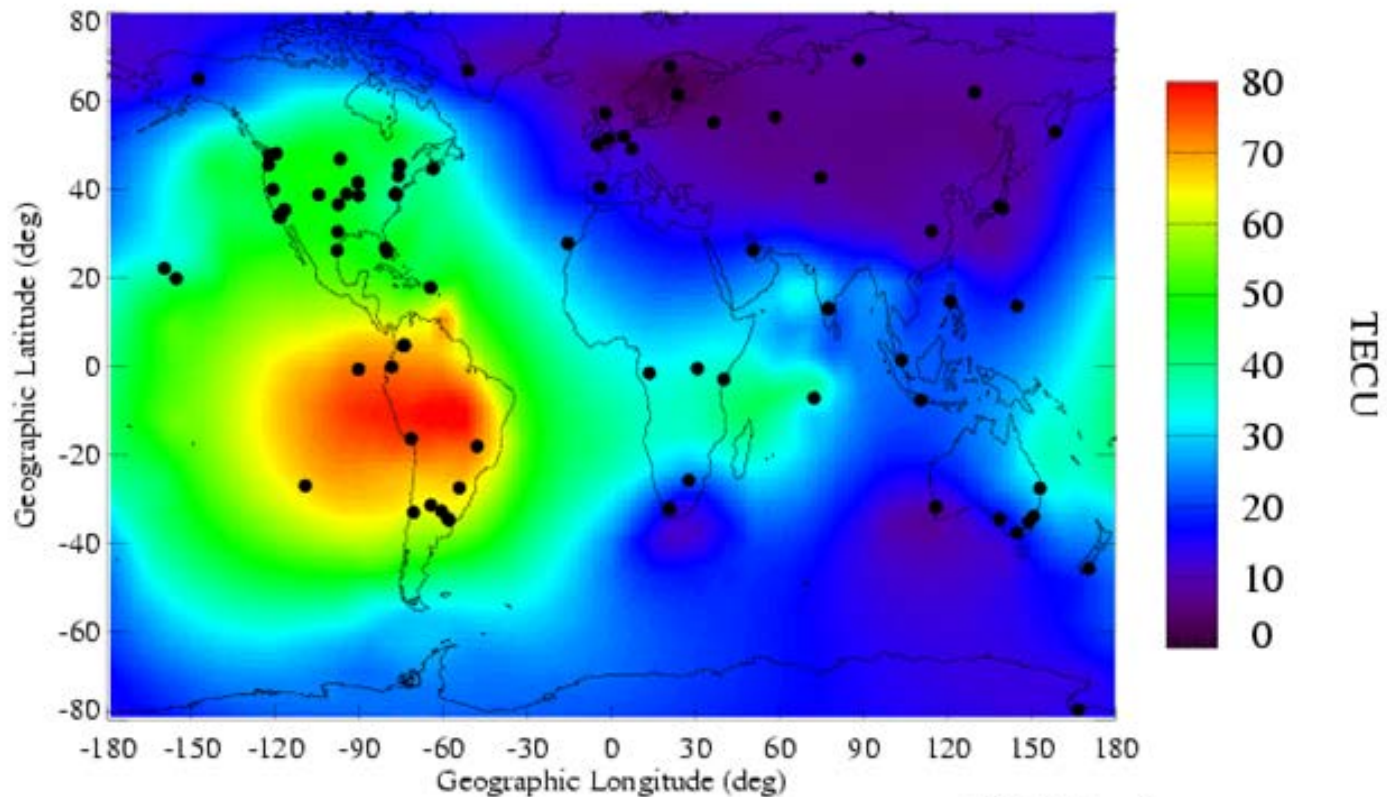


Современные достижения

I. Томография ионосферы

11/22/11
19:50 UT

Ionospheric TEC Map



• GPS Receiver





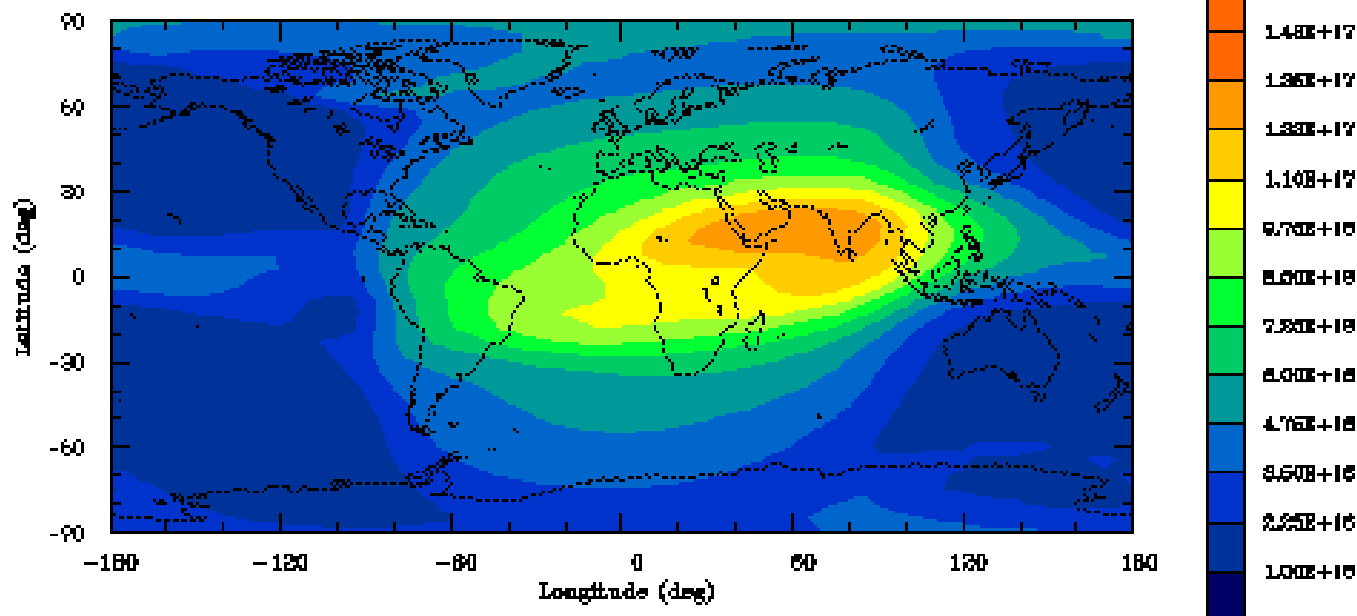
Современные достижения

I. Томография ионосферы

Ionospheric Storm UT = 12h 00m

Electron Column Density 100Km to 400Km (m^{-2})

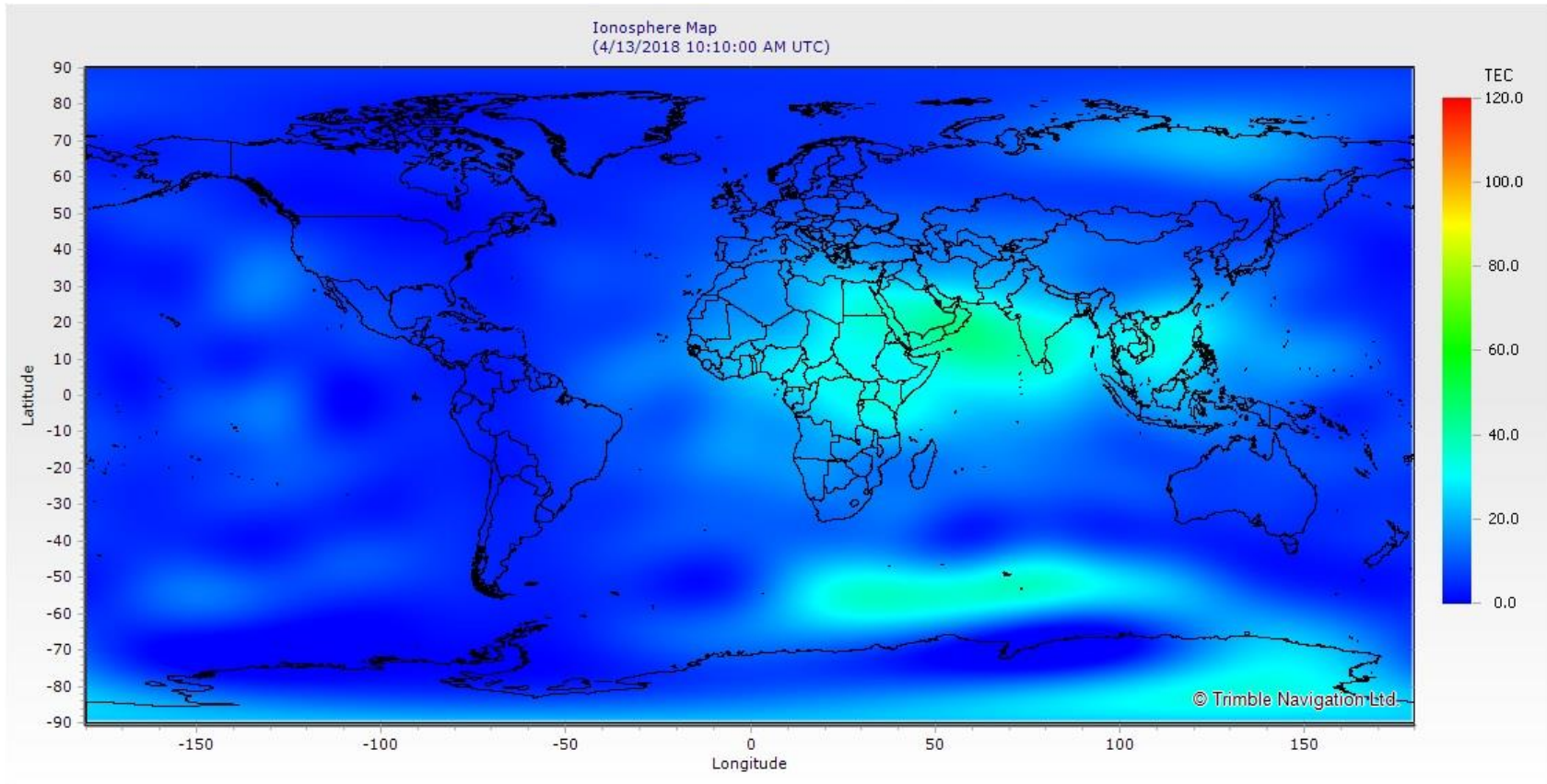
UT = 12h 00m





Ионосфера

http://www.trimble.com/positioning-services/ionosphere_map.aspx#menu-right



Ульяновская секция поволжского отделения
Российской Академии Космонавтики им. К.Э. Циолковского

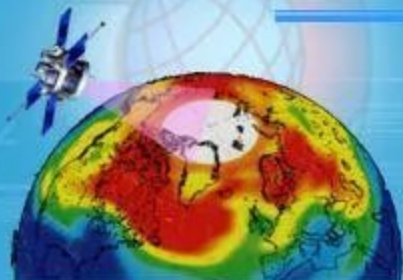




II. Что предполагается. Ионосфера



Космический сегмент «Геофизика»



Цель – создание космического комплекса «Ионозонд» (включающего две орбитальные группировки: «Ионосфера» - 4 КА и «Зонд» 1 КА) для контроля состояния верхней атмосферы, магнитосферы, озоносферы и получение регулярной и достоверной информации с помощью измерений космическими средствами характеристик и параметров процессов и явлений в ионосфере, верхней атмосфере и магнитосфере в спокойный период и в условиях активных воздействий природного и антропогенного характера.

Ионосфера



Зонд

Головной разработчик бортового комплекса научной аппаратуры – ИКИ РАН

МКА «Ионосфера»

Состав группировки – 4 МКА.

Орбита околополярная:

$H = 600$ км.

Масса КА – 200 кг.

Масса ПН – 80 кг.

Состав аппаратуры:

- радиофизический комплекс (ионозонд) для внешнего и трансionoсферного зондирования ионосферы.



Проект «Ионозонд»

Космические аппараты «Ионосфера» и «Зонд»

Заказчик:

Роскосмос

Главной исполнитель:

АО «Корпорация «ВНИИЭМ»



Ульяновская секция поволжского отделения
Российской Академии Космонавтики им. К.Э. Циолковского





Проект «Ионозонд»

Космические аппараты «Ионосфера» и «Зонд»

Орбита	солнечно-синхронная
Высота	820 км
Период обращения	~ 100 мин
Наклонение	~ 98 град
Масса КА	~ 370 кг
Масса полезной нагрузки	до 100 кг
Ориентация	трехосная
Точность ориентации	не хуже 0,5 град
Точность стабилизации	не хуже 0,01 град/сек
Точность определения орбитального положения центра масс КА	не хуже 10 м
Среднесуточная мощность системы электроснабжения	до 200 Вт
Энергопотребление КА в целом	до 350 Вт
Срок активного существования	8 лет





Проект «Ионозонд»

Космические аппараты «Ионосфера» и «Зонд»

В качестве полезной нагрузки на борту каждого КА установлена следующая целевая аппаратура:

- **Энергоспектрометр ионосферной плазмы (ЭСИП)** - для измерения локальных параметров ионосферной плазмы вдоль орбиты КА, изучения структуры и динамики ионосферы в целом, изучения отдельных физических процессов в ионосферной плазме, а также для глобального мониторинга ионосферы.
- **Озонометр-ТМ** - для спектроскопических измерений интенсивности отраженного атмосферой Земли УФ излучения Солнца в полосе 300-400 нм.
- **Низкочастотный волновой комплекс (НВК2)** - для измерения магнитных и электрических полей околоземного космического пространства в диапазоне частот от 0 до 20 кГц с целью определения состояния магнитосферно-ионосферной плазмы и выявления воздействий естественного и антропогенного происхождения.
- **GPS измеритель полного электронного содержания (ПЭС)** - для определения высотного распределения электронной концентрации ионосферы Земли по данным радиозатменных измерений сигналов космических аппаратов глобальных навигационных систем GPS/ГЛОНАСС.





Проект «Ионозонд»

Космические аппараты «Ионосфера» и «Зонд»

- Двухчастотный 150/400 МГц передатчик (МАЯК) - .
- Спектрометр плазмы и энергичной радиации (СПЭР/1)
- Спектрометр галактических космических лучей (ГАЛС/1)
- Гамма-спектрометр (СГ/1) .
- Бортовой ионозонд ЛАЭРТ - для комплексного глобального зондирования ионосферы Земли с борта КА на частотах от 0,1 МГц до 20 МГц.
- Бортовой комплекс управления и сбора научной информации (БКУСНИ)
- Источник: <http://mapgroup.com.ua/kosmicheskie-apparaty/27-rossiya/1586-ionosfera-ionosfera-1-2-3-4>





Космический аппарат «Ионосфера»

1) Наблюдение состояния ионосферы в части:

- **наблюдения пространственно-временной структуры и параметров ионосферы;**
- **наблюдения пространственного распределения электронной концентрации ионосферы;**
- **наблюдения естественных и искусственных неоднородностей и ионосферно-магнитных возмущений;**
- **наблюдения физических явлений в ионосфере, возникающих в результате активных воздействий природного и антропогенного происхождения;**
- **наблюдения пространственного распределения электромагнитных полей в околоземном космическом пространстве;**
- **наблюдения распределения озона в верхней атмосфере.**





Космический аппарат «Ионосфера»

2) Наблюдение Солнца в части:

- картирования Солнца и окосолнечного пространства в УФ и видимой областях спектра;
- измерения потоков солнечных космических лучей и жестких электромагнитных излучений;
- измерения солнечного рентгеновского и УФ излучения.

3) Наблюдение верхней атмосферы в части:

- наблюдения свечения верхней атмосферы (оптические характеристики);
- наблюдения состава нейтральной верхней атмосферы.

4) Контроль магнитосферы в части:

- контроля состояния радиационной обстановки;
- регистрации магнитосферных явлений.

5) Наблюдение волновой активности электромагнитных волн в ионосфере и верхней атмосфере.

6) Наблюдение корпускулярных ионизирующих излучений в части:

- измерения спектральных характеристик потоков протонов и электронов солнечного космического излучения;
- измерения потоков галактического космического излучения.





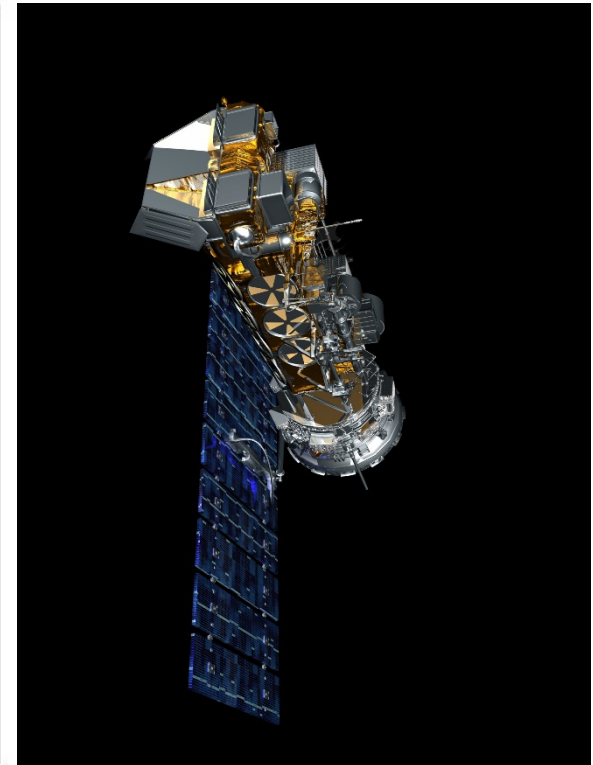
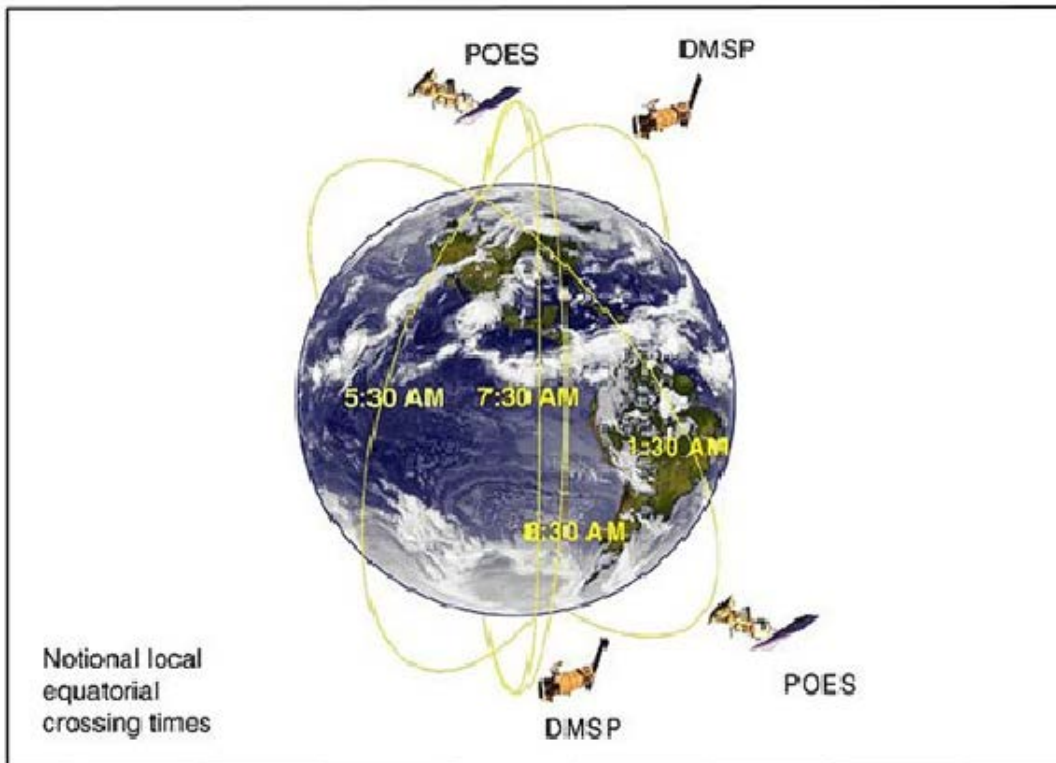
III. Что имеется на данный момент. Магнитосфера





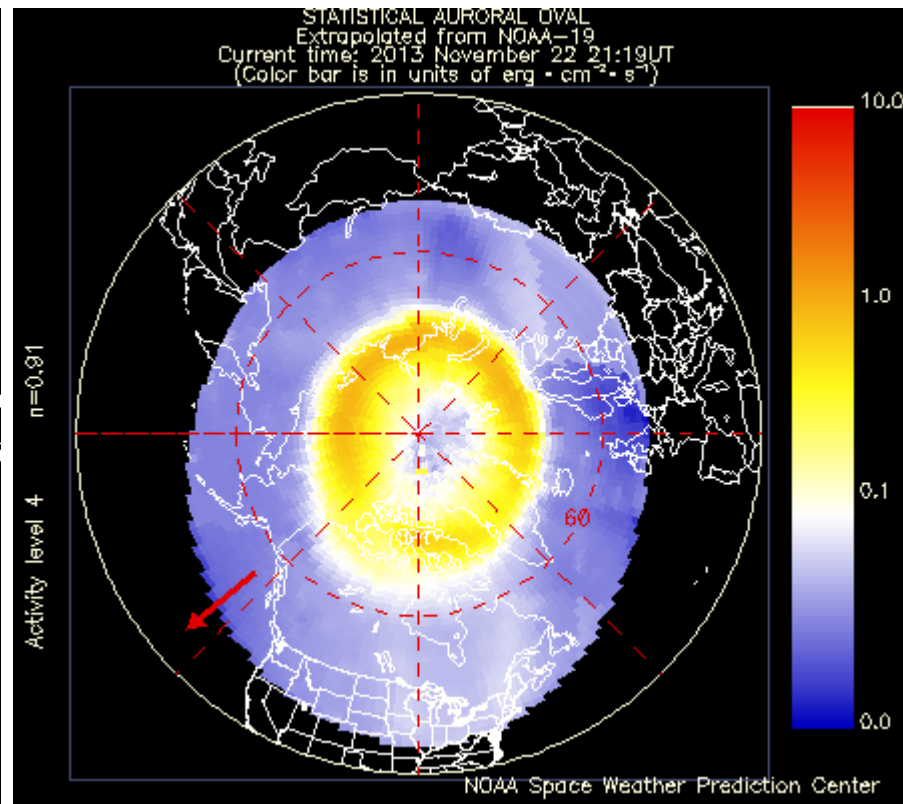
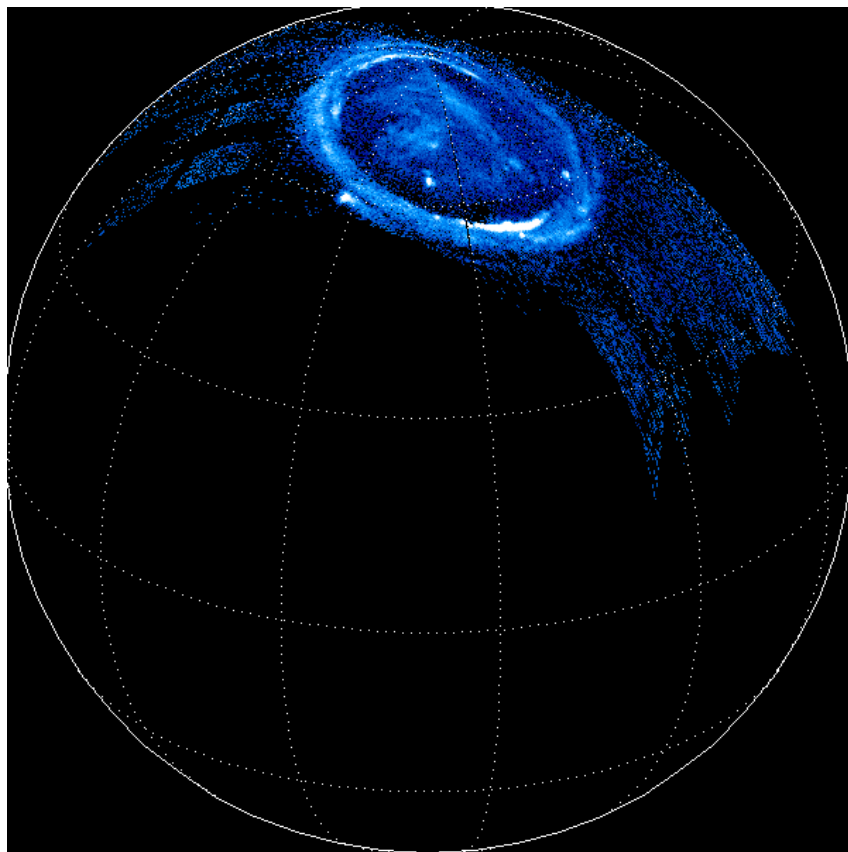
Современные достижения, магнитосфера

Кластеры POES, NASA



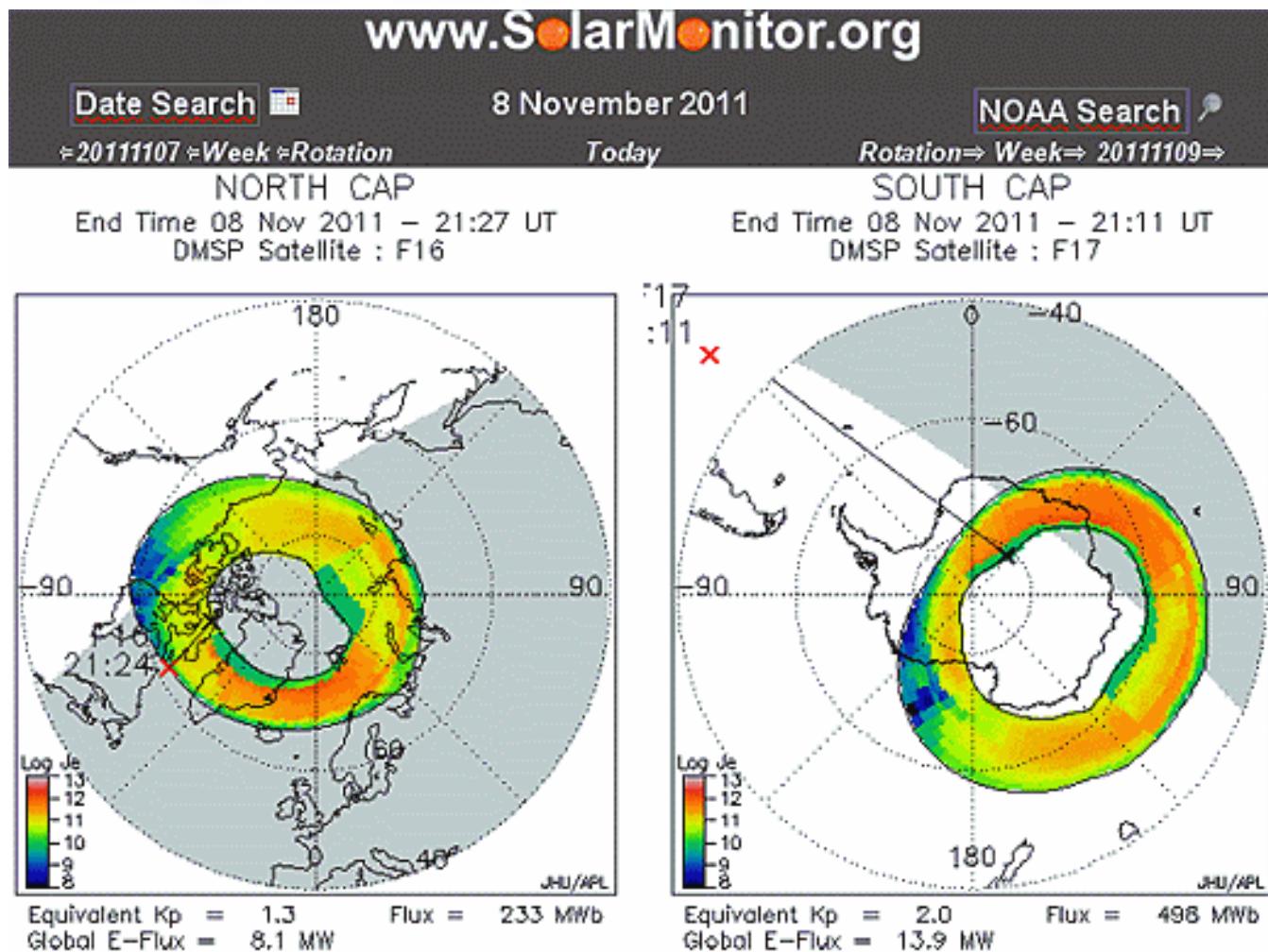


Цели и задачи





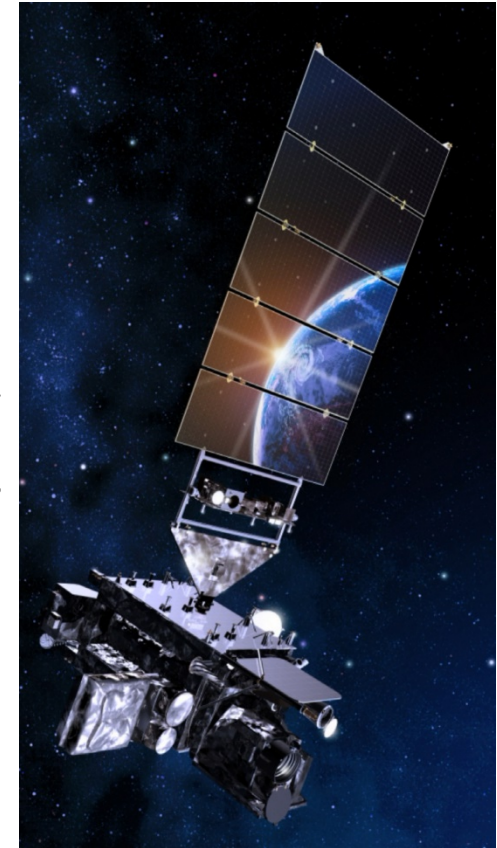
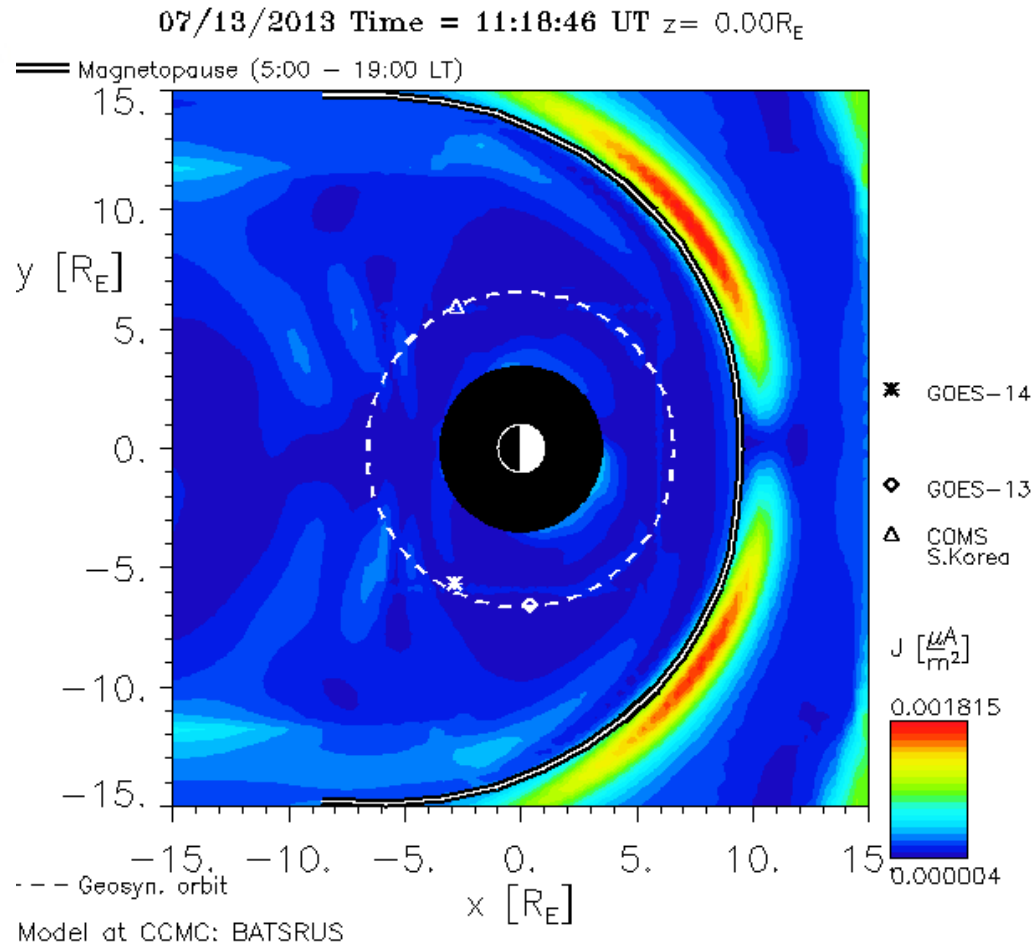
Полярные овалы





Современные достижения, магнитосфера

Кластеры GOES, NASA

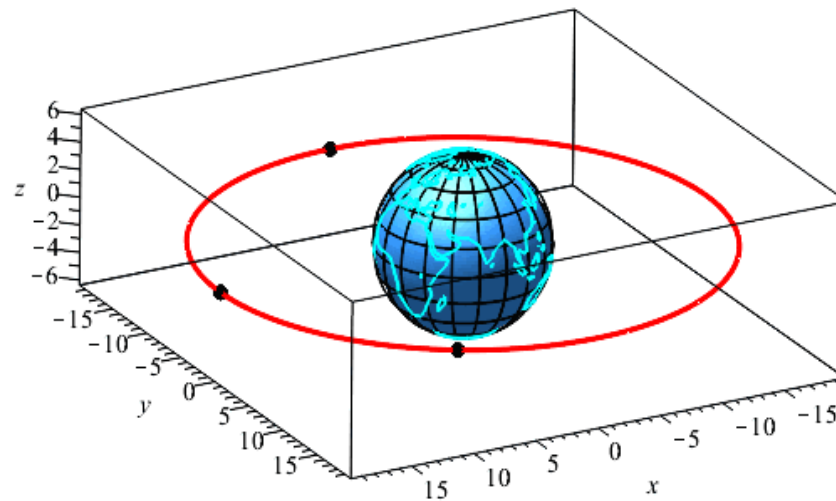




GOES (NASA)

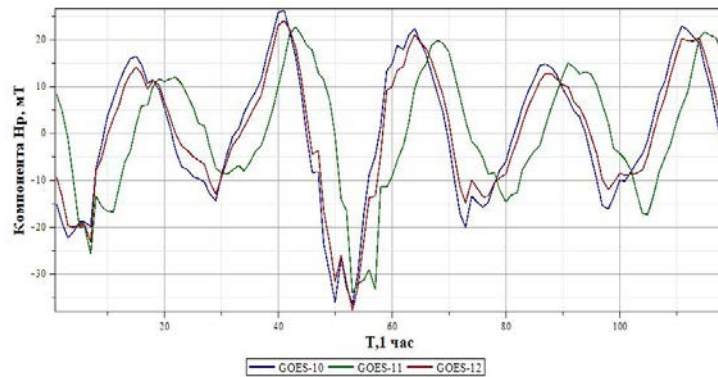
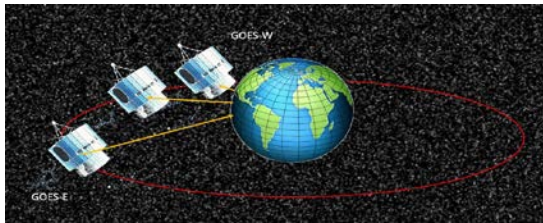
$t = 0.$

Вращающаяся решетка

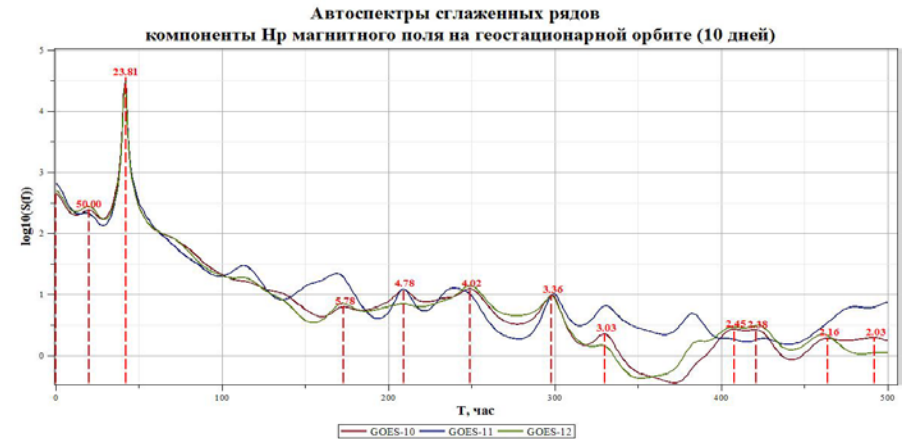




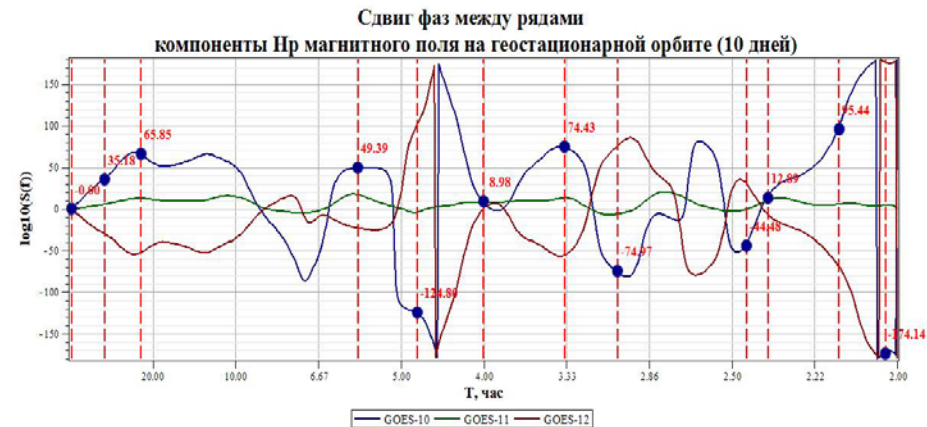
GOES (NASA)



Измерения фаз



Ранг модели 30 окно $P=60$ и прореживание $L=60$



Ранг модели 20 окно $P=60$ и прореживание $L=60$



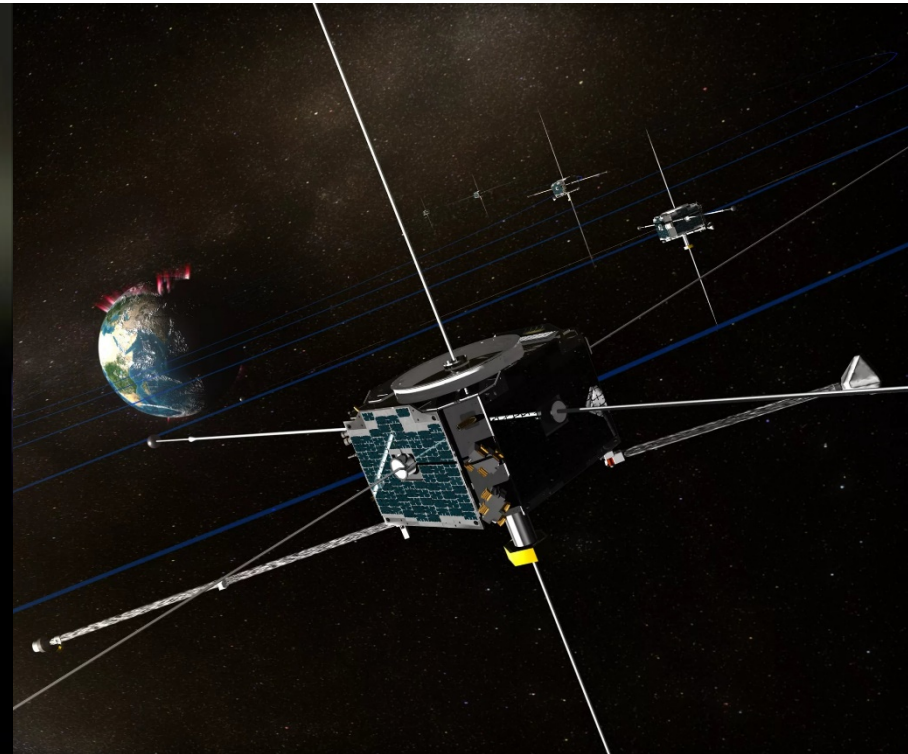
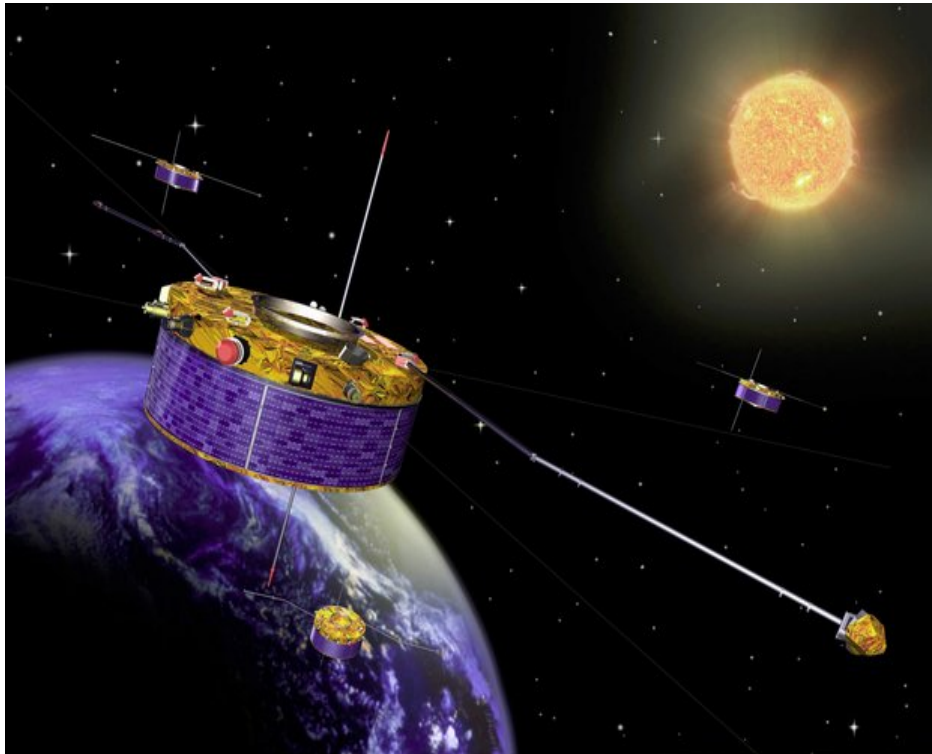


Современные достижения, магнитосфера

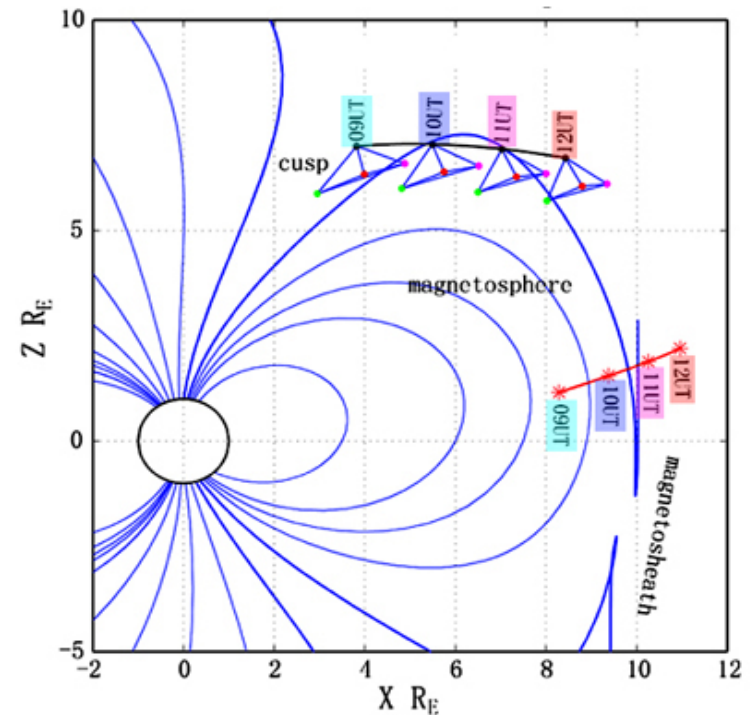
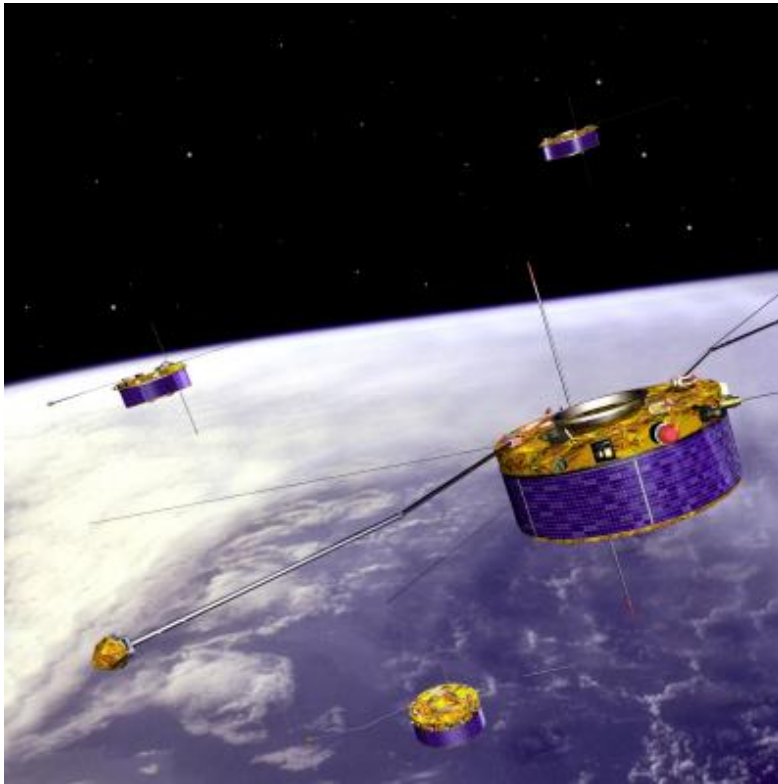
Кластеры

CLUSTER, ESA

THEMIS, NASA



Cluster II (ЕКА) (2000, Союз-Фрегат)



*Градиентные измерения магнитного поля.
Орбита: 20000-120000 км*

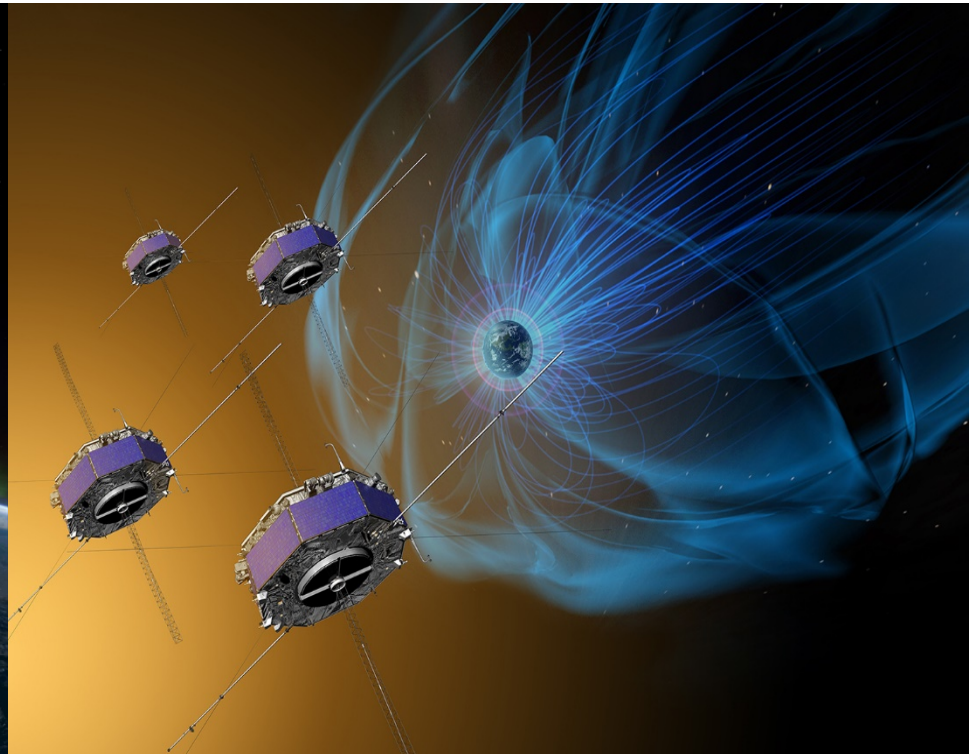
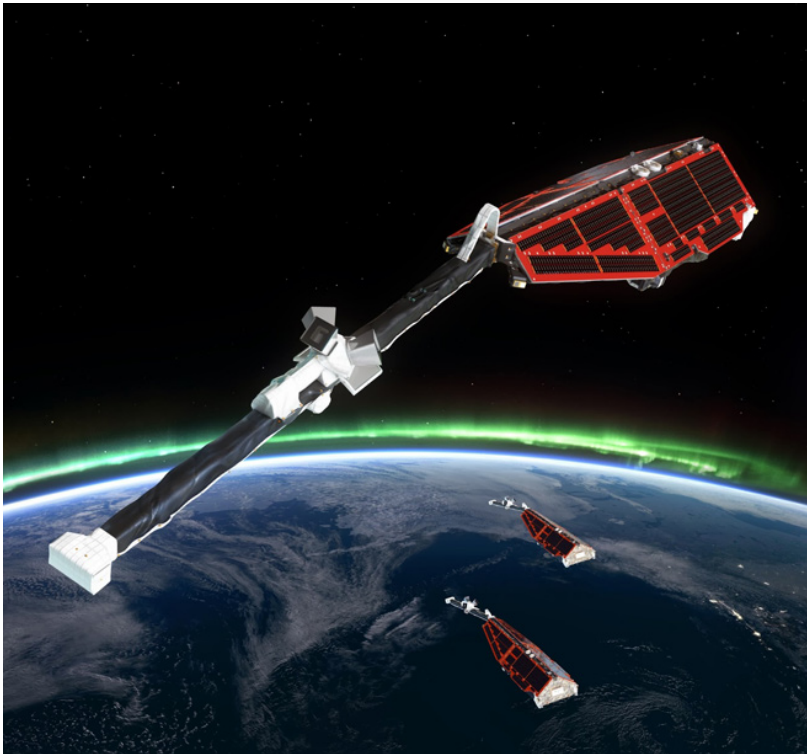


Современные достижения, магнитосфера

Кластеры

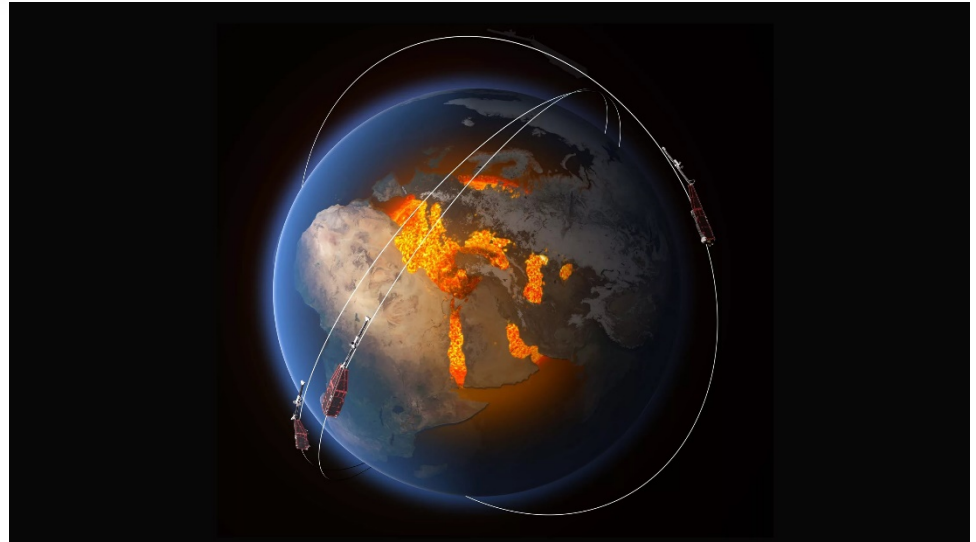
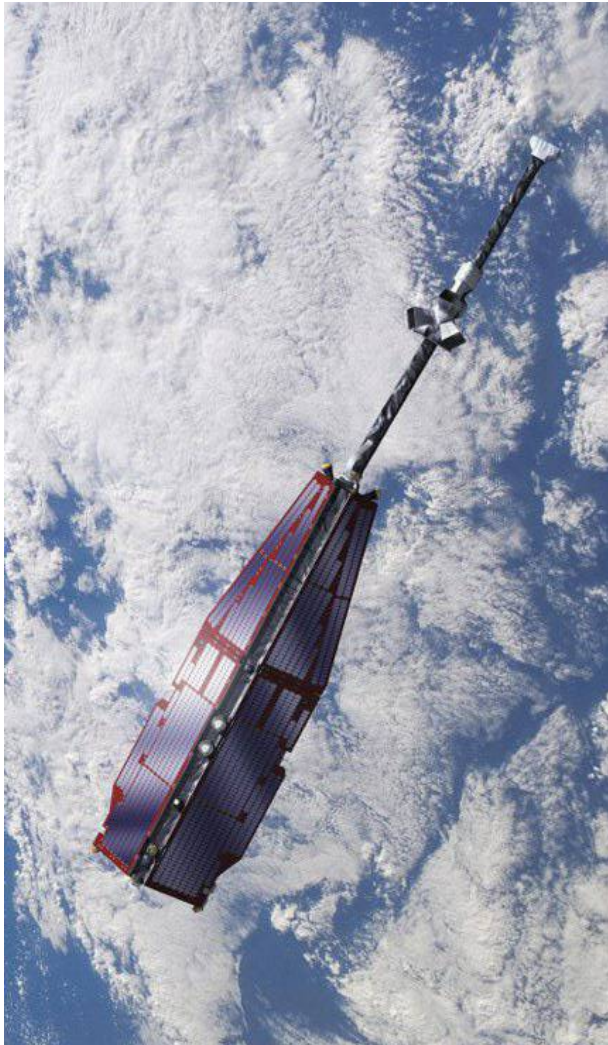
SWARM, ESA

MMS, NASA





SWARM (EKA) (2013, Рокот)

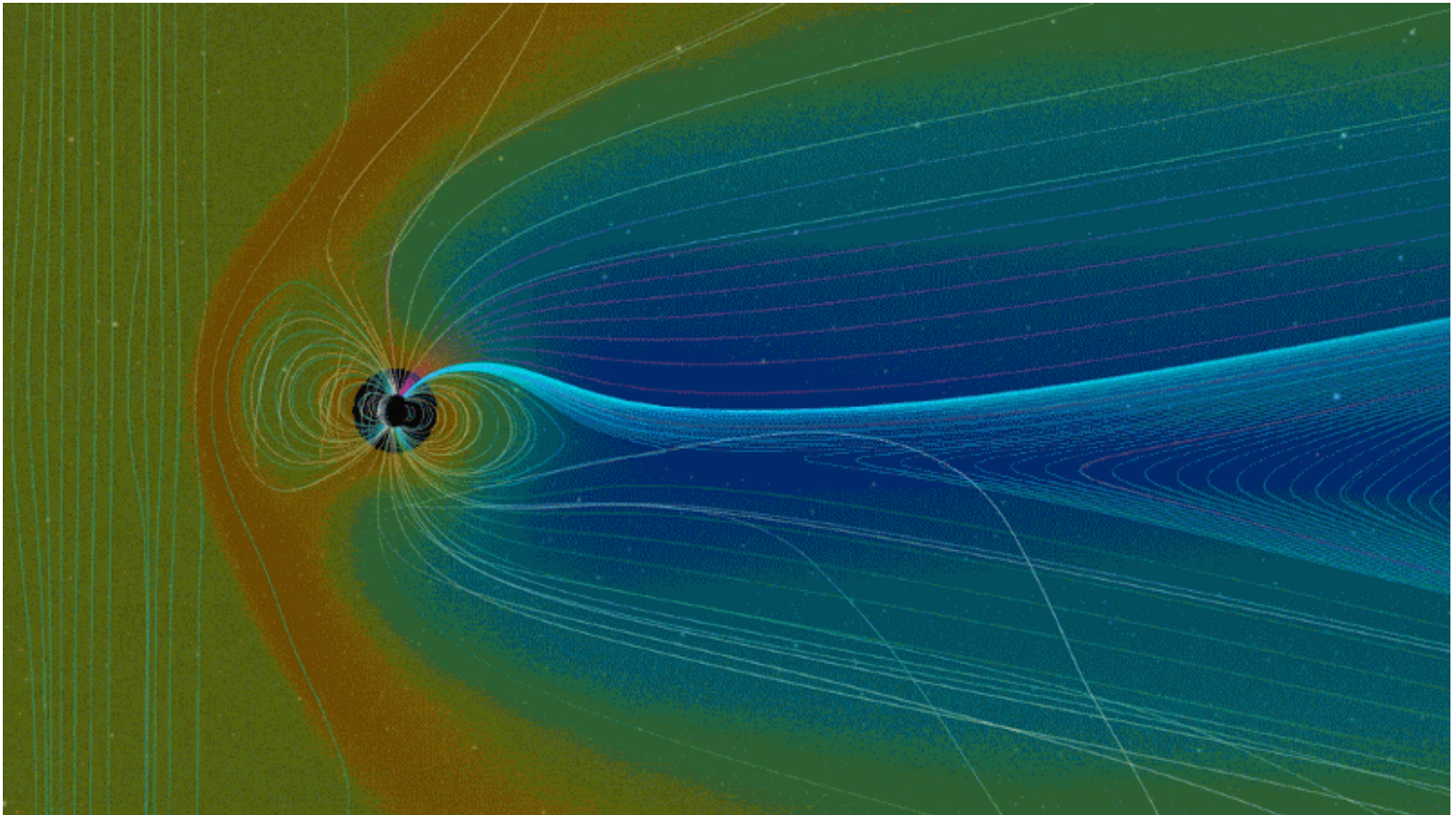


*Измерения магнитного поля.
Орбита : 300-500 км*





Современные достижения, магнитосфера



Ульяновская секция поволжского отделения
Российской Академии Космонавтики им. К.Э. Циолковского





IV. Методология



Рой из наноспутников



Жесткая решетка из наноспутников



*Разворачивающаяся решетка из
четырёх наноспутников*

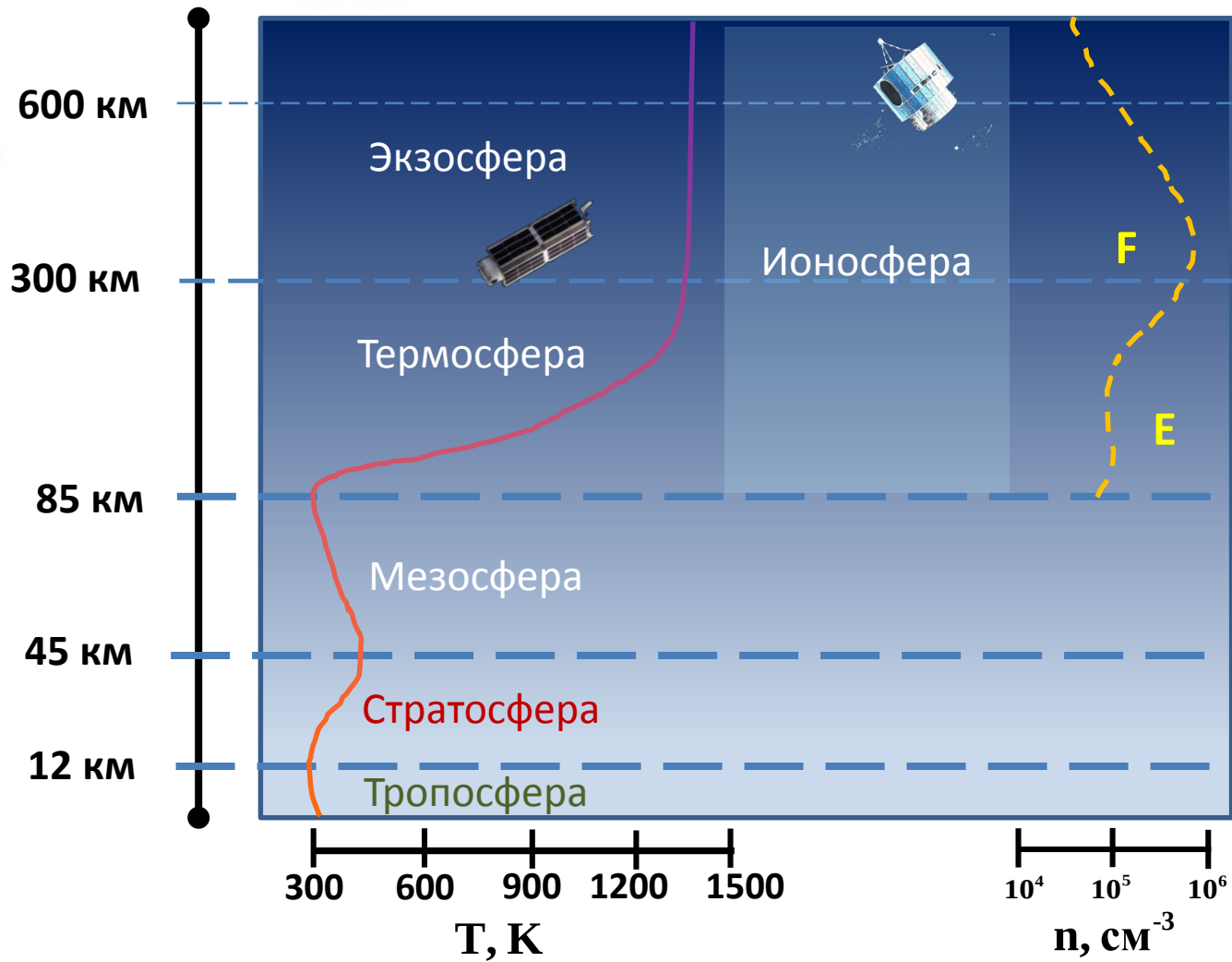


V. Научные задачи





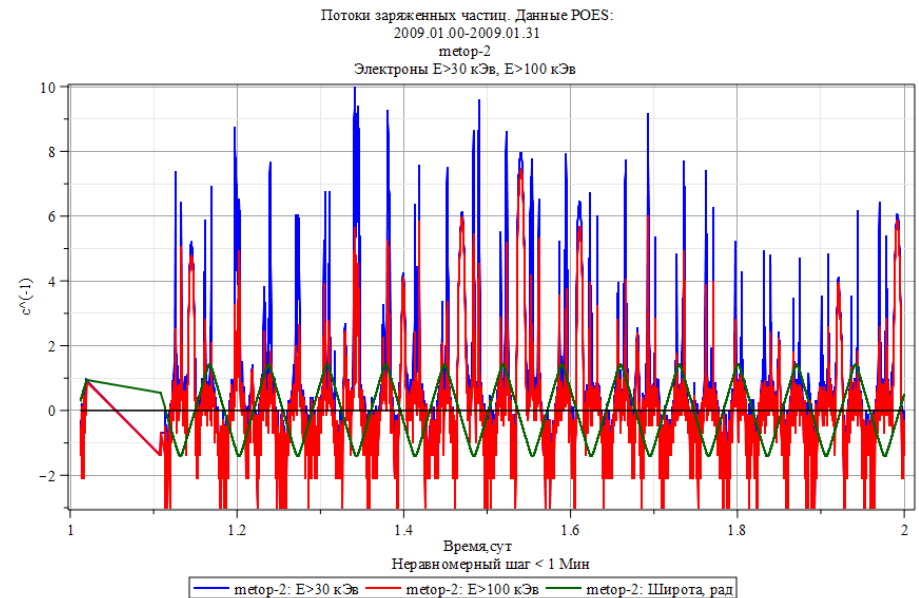
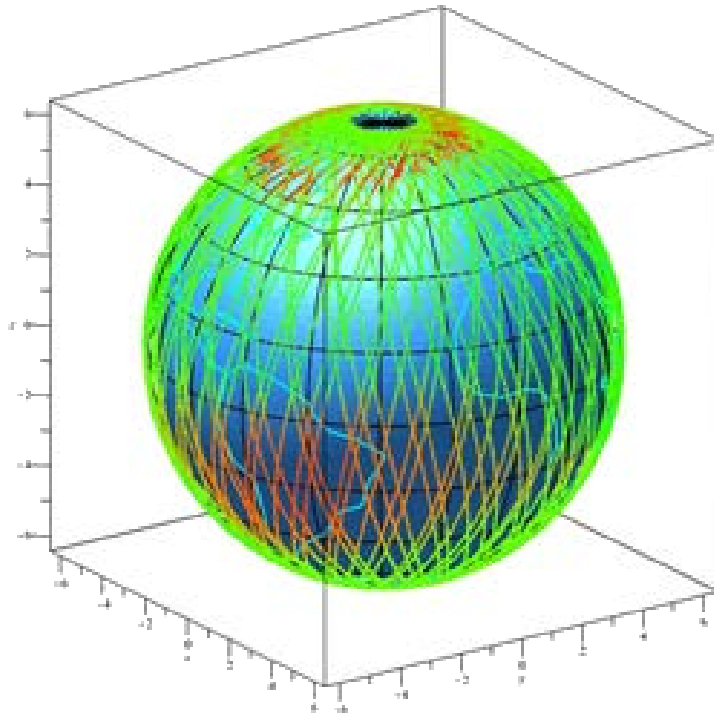
Ионосфера





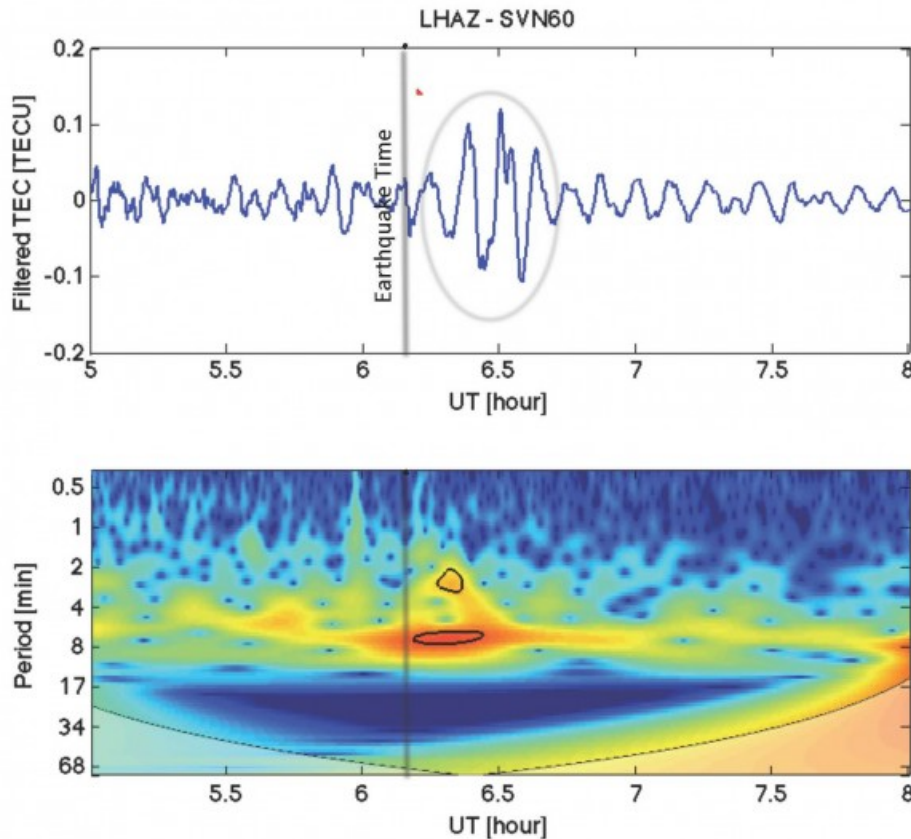
Ионосфера

Стандартные измерения
потоков заряженных частиц,
магнитного и электрического
полей





Ионосфера и землетрясения

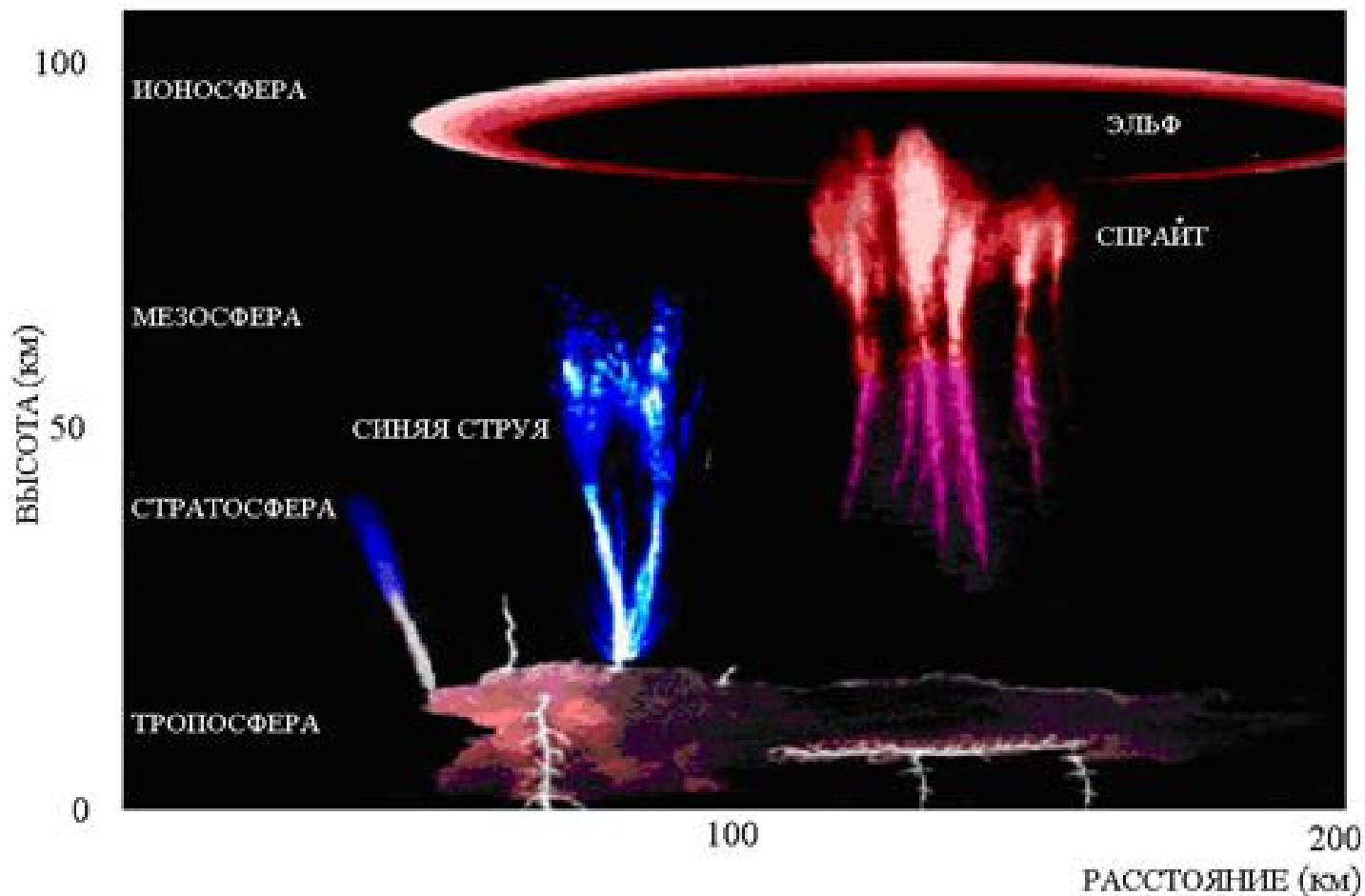


Непальское землетрясение 25 апреля 2015 г. создало волны энергии, которые проникли в ионосферу и нарушили распределение электронов



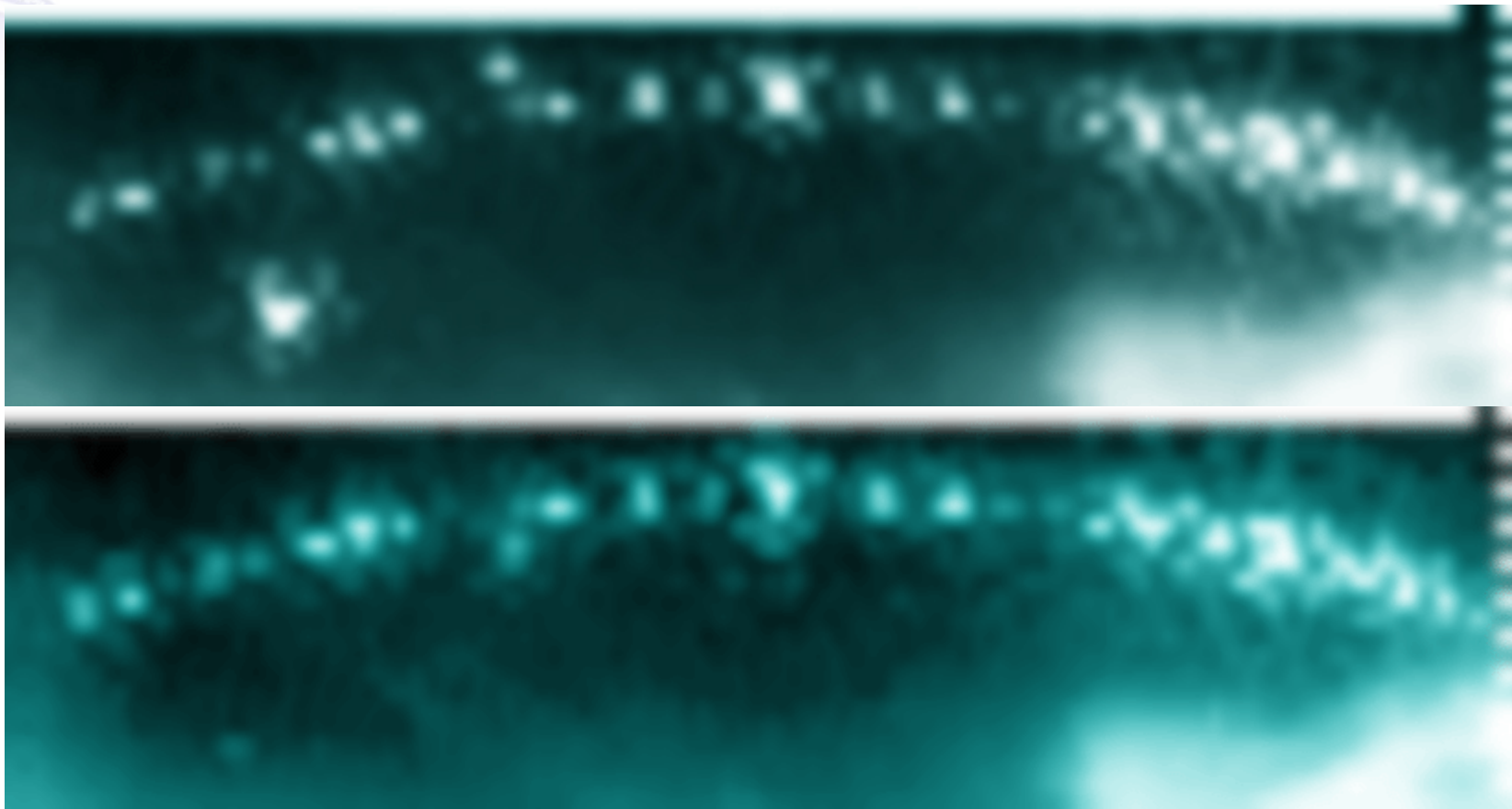


Спрайты, эльфы и голубые струи





Наземные измерения, связанные с прохождением гигагерцового излучения

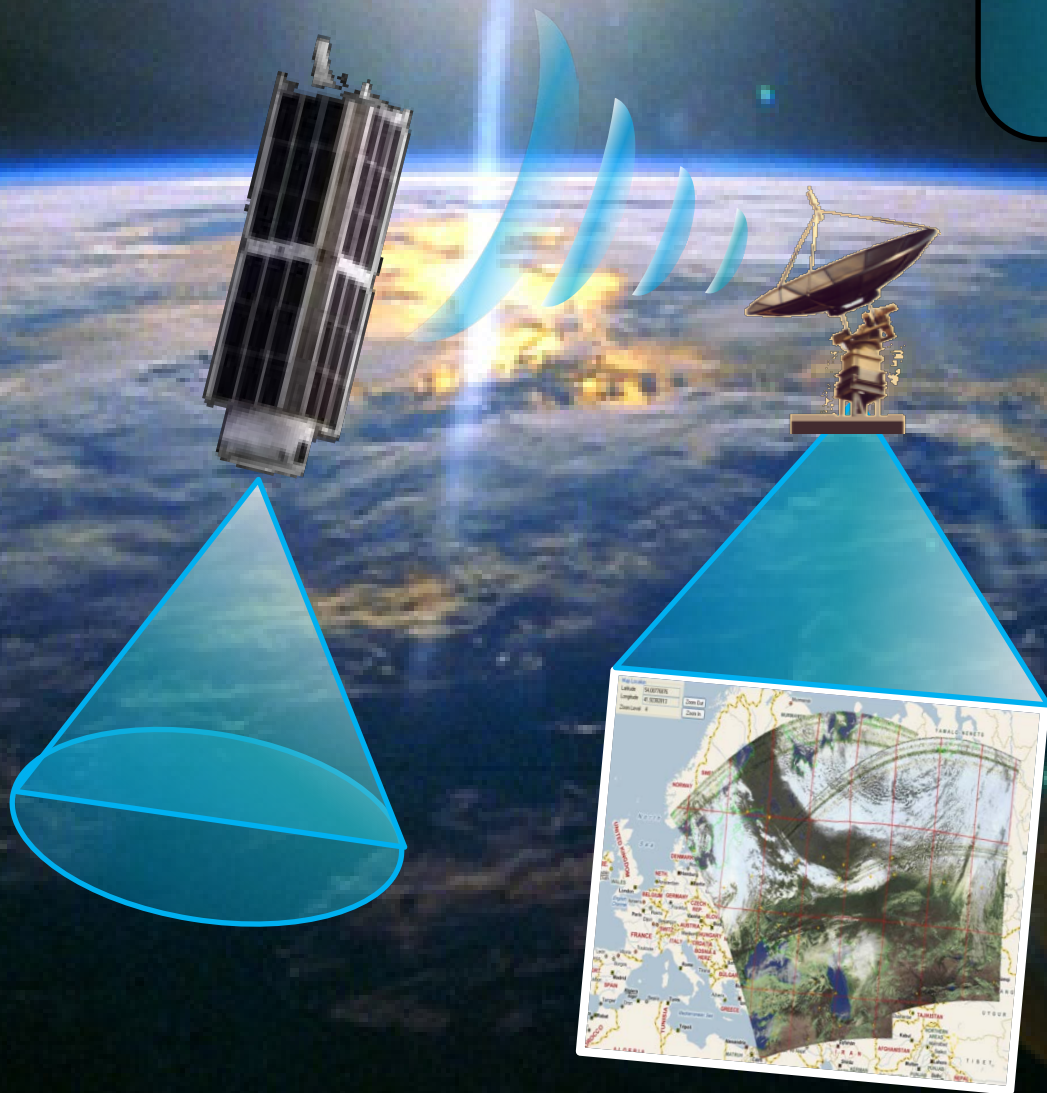


<http://meteosputnik.ru/radiotelescope> (Евгений Ронов)

Ульяновская секция поволжского отделения
Российской Академии Космонавтики им. К.Э. Циолковского



*Получение
снимков Земли из
космоса*





VII. Предложения





Предложения

$$F_i = F_i(a, b, c, \mathbf{x}, t)$$

$$\operatorname{div}(\mathbf{E}) = 4\pi\rho$$

1. Что изучаем?

Следует **выработать общую концепцию того, что изучается** с помощью разрабатываемой системы с точки зрения физики протекающих процессов. **Создать рабочую модель таких процессов и определить те параметры моделей, которые подлежат изучению и измерению.** Возможно следует создать группу по физическому моделированию процессов и планированию экспериментов.

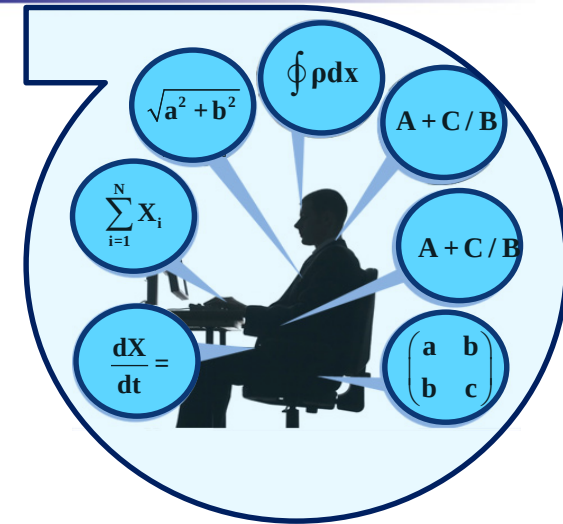




Предложения

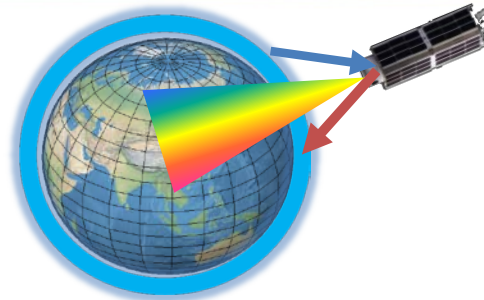
2. Как обрабатываем данные?

Следует провести **обсуждение принципов обработки получаемых данных**, что позволит определить основные принципы построения измерительной системы и требования к ней.





Предложения



3. Принципы измерений

- Следует разработать общую концепцию измерительной системы с использованием наноспутников. Такая концепция должна включать в себя:
- перечень измеряемых параметров **ионосферы и магнитосферы**;
 - стандарты представления данных, включая синхронизацию измерений по времени, например, с помощью привязке UT. Стандарт должен включать числовые форматы данных для всех измеряемых величин в стандартных единицах измерения. Стандарт должен включать точно документированный формат представления данных, который допускает стандартные процедуры обработки данных;
 - стандартный комплекс первичной обработки данных со всех спутников;
 - унифицированную платформу наноспутников .





Предложения

4. Банк данных



Создать единый сервер сбора данных со всех спутников, возможно, имеющий зеркала во включенных в работу организациях. Сервер должен приводить все поступающие данные к единому виду и осуществлять доступ всем зарегистрированным пользователям.

Создать интернет-портал проекта, отражающий результаты проведенных исследований. Сервер сбора данных должен по возможности быть подключен к portalу.





Предложения

5. Образовательная программа



Разработать образовательную программу для всех технических и классических вузов. Возможно, полезно даже разработать образовательный стандарт для магистратуры.





Спасибо за внимание!

Журавлев В.М

**Ульяновский государственный университет,
Межвузовская кафедра космических исследований,
Лаборатория космических исследований,**

www.spacephys.ru

