

Университетский космический проект УНИВЕРСАТ – СОКРАТ (Система Оповещения Космической Радиационной, Астероидной и Техногенной опасности)



***Создание космической группировки малых спутников
для мониторинга, обнаружения и оперативного
прогноза природных и техногенных космических угроз***

МГУ им. М.В. Ломоносова, 2016



Цель проекта

Создание группировки спутников для мониторинга в реальном времени в околоземном космическом пространстве:

- **радиационной обстановки ;**
- **потенциально – опасных объектов естественного (астероиды, метеоры) и техногенного происхождения (космический мусор) ;**
- **электромагнитных транзиентов.**



Космические угрозы

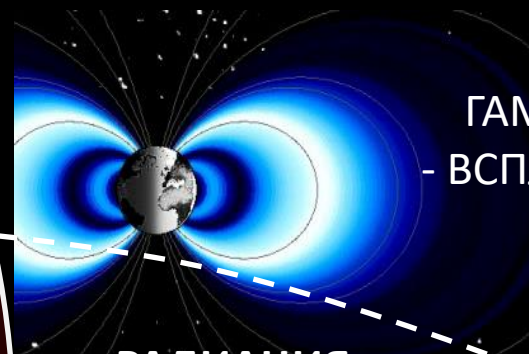
- Естественная и «техногенная» космическая среда создает серьезные риски для осуществления космических миссий как роботизированных, так и с участием человека.
- Риск определяется спецификой планируемых миссий – их продолжительностью, локализацией в космическом пространстве и параметрами орбит.
- Специфика природных условий в космическом пространстве (многообразие физических параметров радиационных полей, особенности баллистических траекторий природных космических объектов), а также последствия космической деятельности человека в космосе (загрязнение космического пространства техногенным мусором) создают, как правило, реальные трудности для их моделирования и расчетов рисков.
- Мониторинг в реальном времени космических природных и техногенных объектов - потенциальных угроз - представляет собой оптимальный и вследствие этого ***эффективный способ снижения рисков, и мониторинг потенциальных угроз в реальном времени становится жизненно необходимым.***

Космические угрозы

СОЛНЕЧНЫЕ
ВЫСОКОЭНЕРГИЧНЫЕ ЧАСТИЦЫ

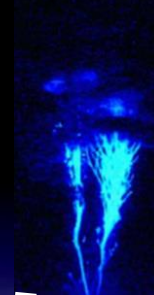


АСТЕРОИДЫ,
КОСМИЧЕСКИЙ
МУСОР

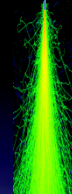


РАДИАЦИЯ

ГАММА
- ВСПЛЕСКИ



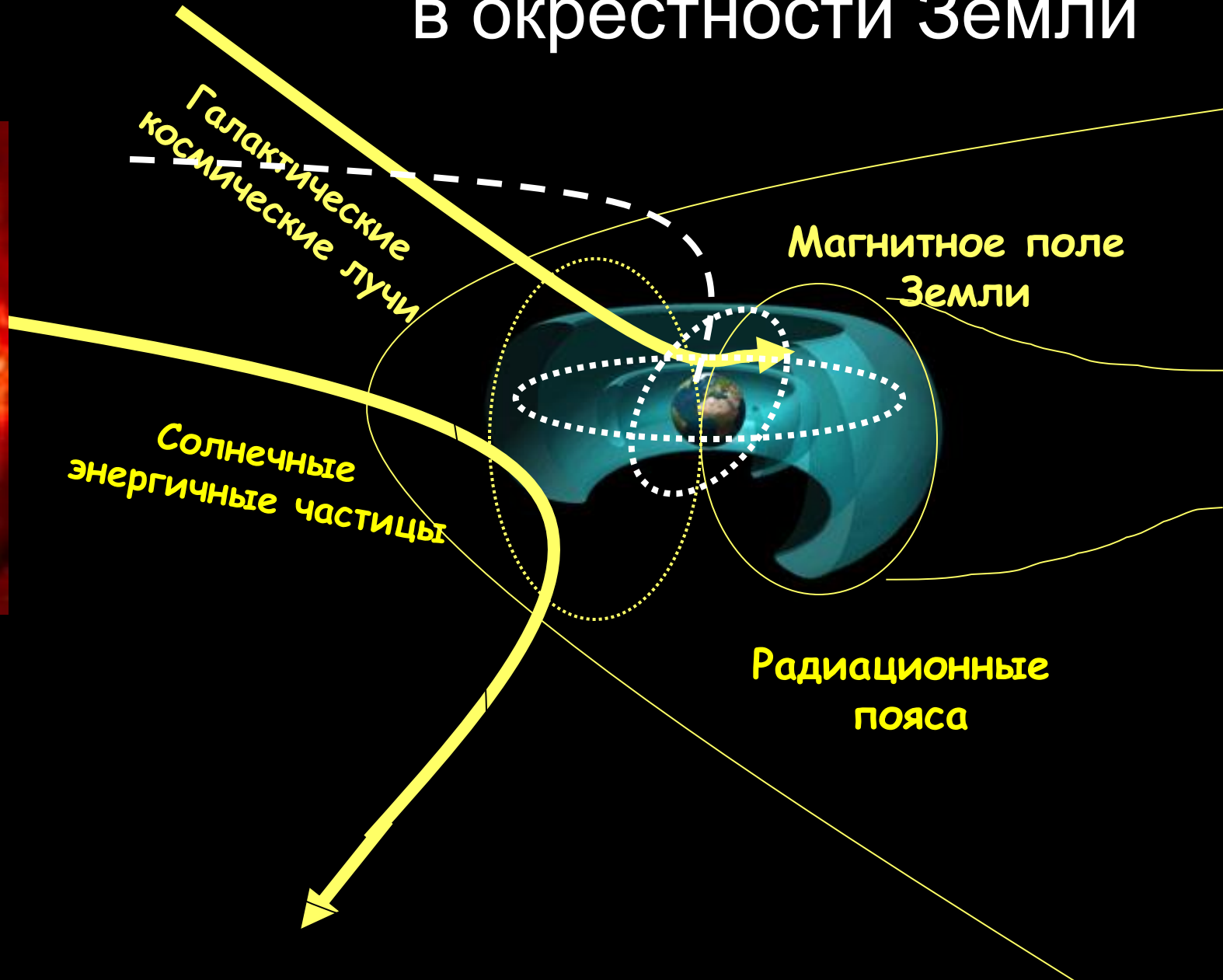
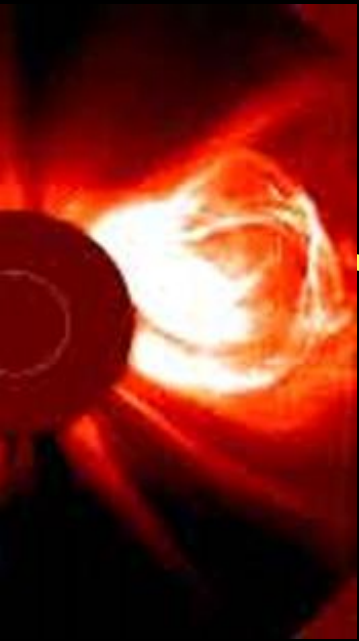
ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ
ТРАНЗИЕНТЫ





1. РАДИАЦИОННЫЙ МОНИТОРИНГ

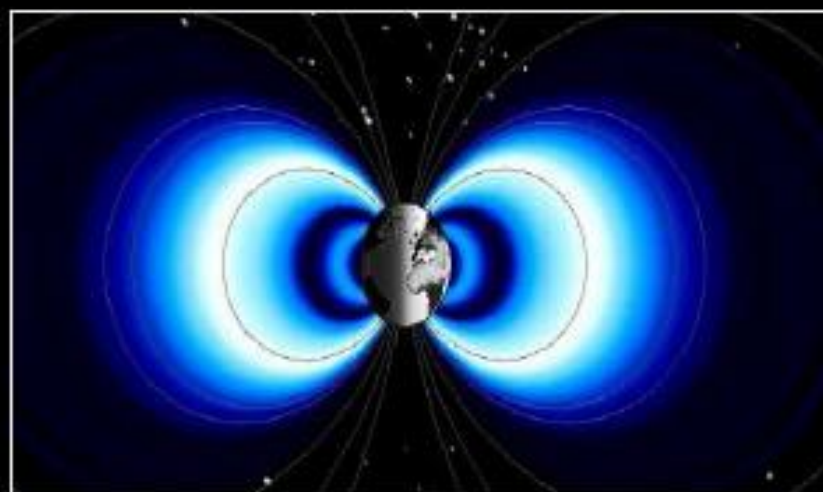
Космическая радиация в окрестности Земли



Динамика радиационных полей

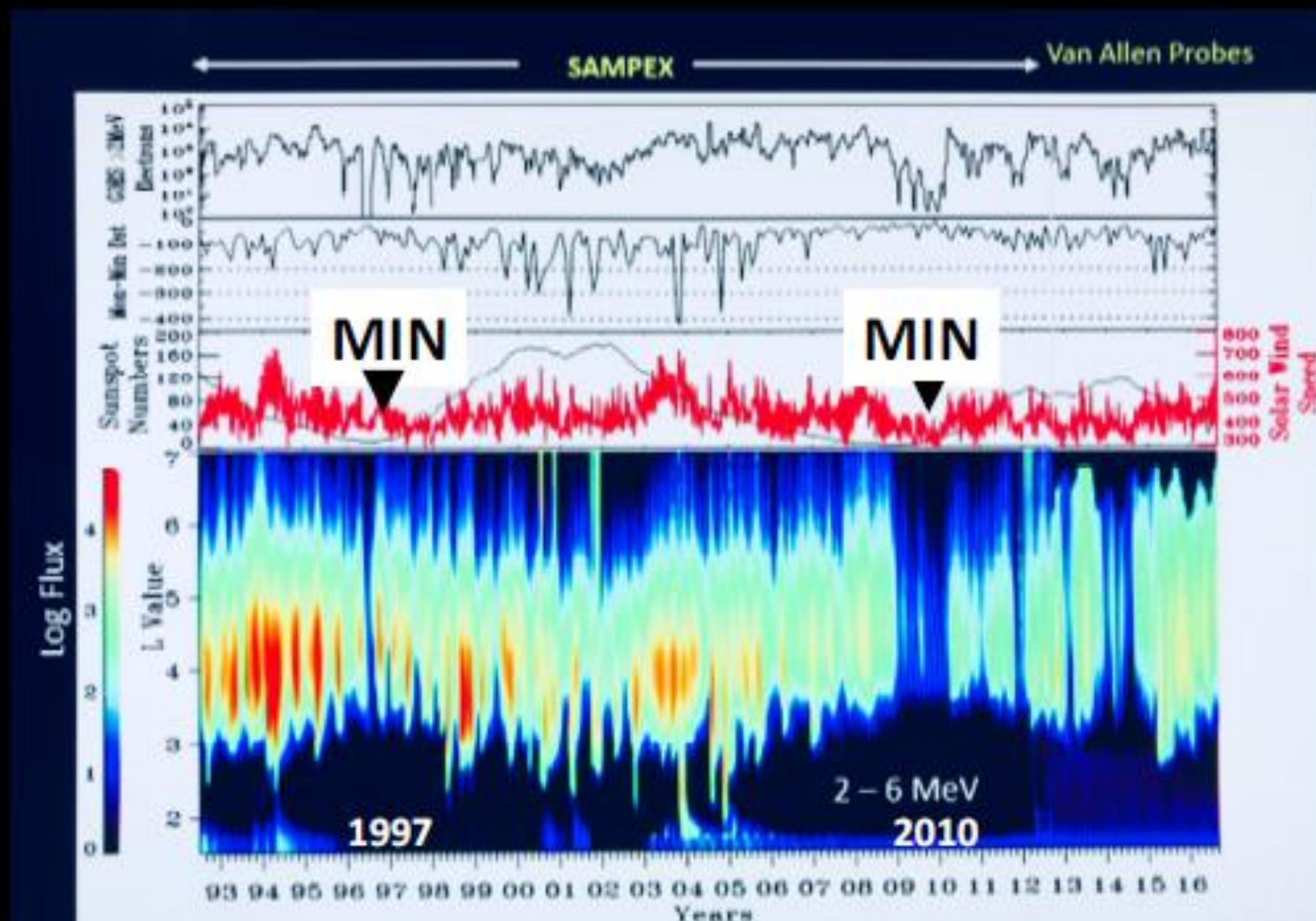
Ограниченность моделей радиационных полей и современный статус экспериментальных данных

Радиационная опасность вблизи Земли

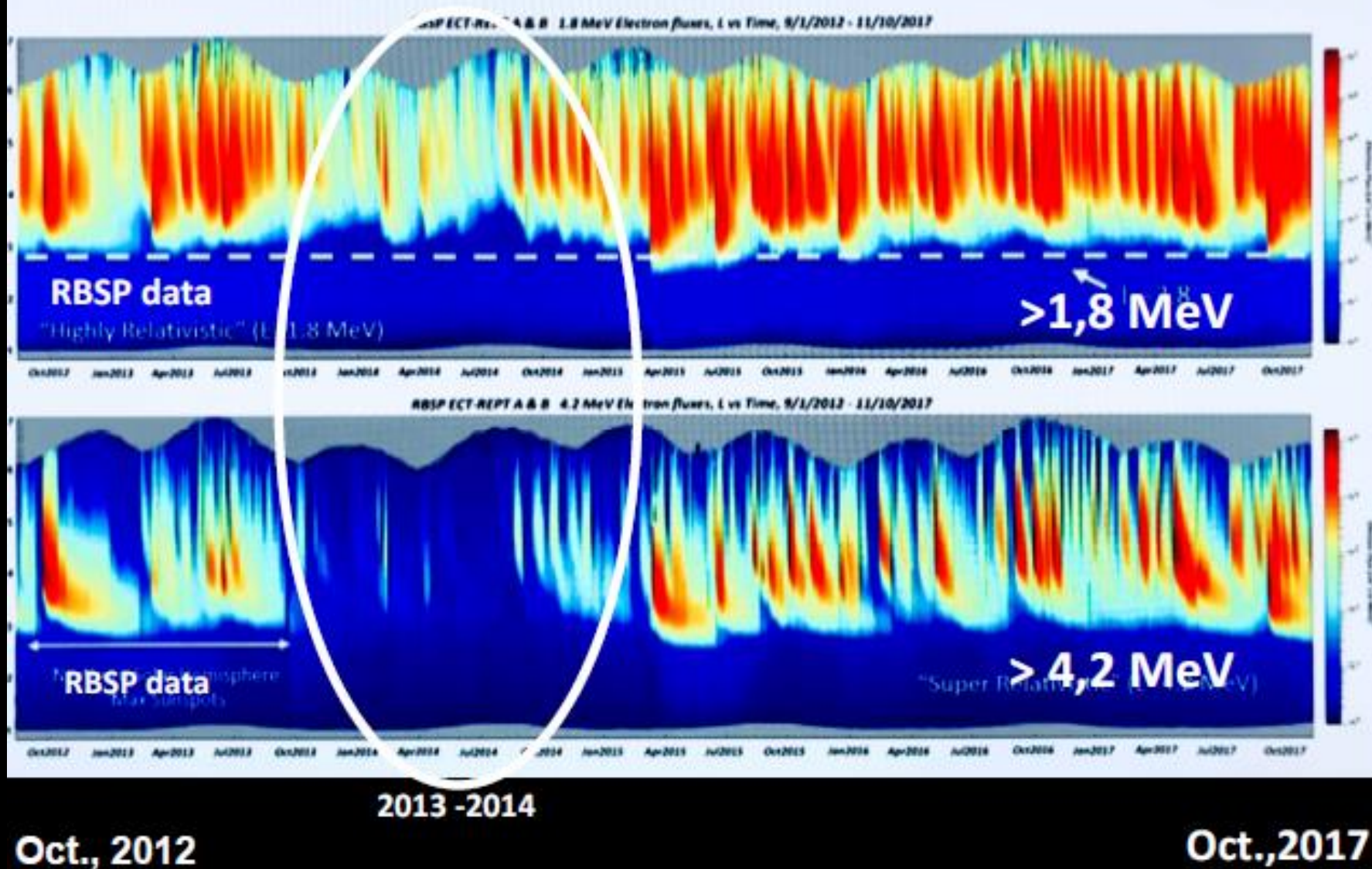


**Изменение потоков частиц РПЗ происходит
на шкале времени от миллисекунд до десятков лет**

Вариации электронных РП (2-6 MeV)

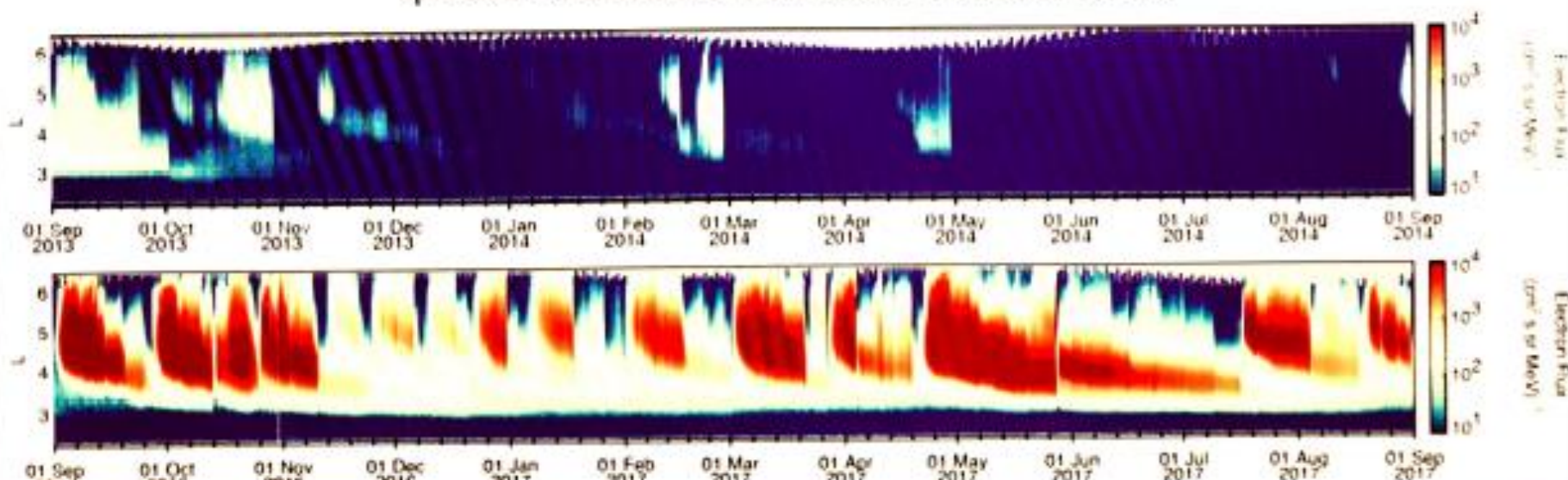


Вариации релятивистских электронов во внешнем РП



Вариации релятивистских электронов > 4,2 MeV во внешнем РП

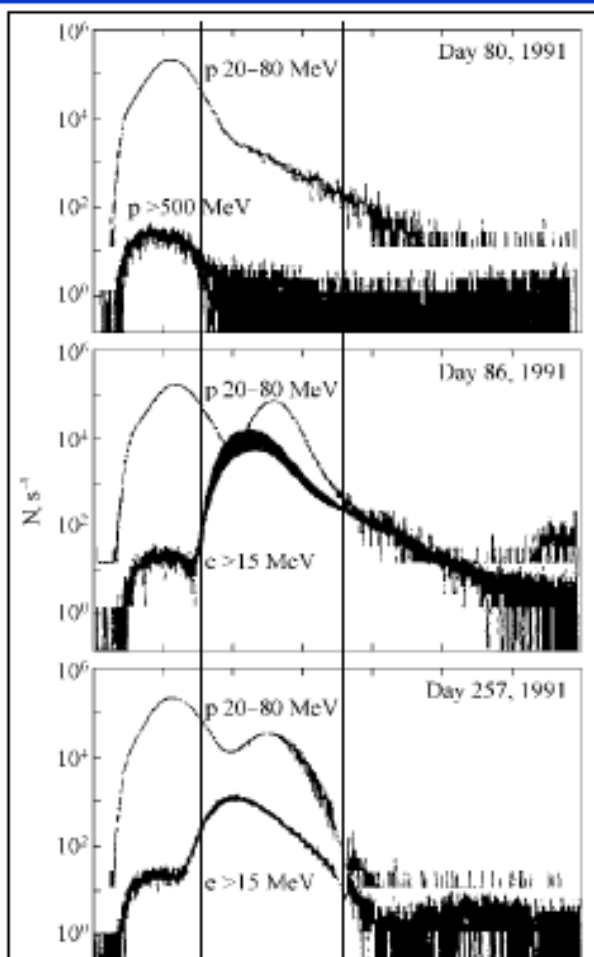
4.2 MeV electrons in the outer radiation belts



В течение 2-х лет (2013- 2014) во внешнем РП
не было электронов с $E > 4.2 \text{ MeV}$!

Опасность для GPS, GEO – спутников в 2016-2017 г.г.

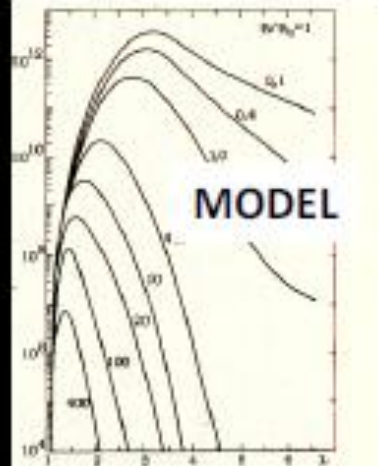
Быстрые вариации потоков релятивистских частиц в радиационных поясах Земли



«CRESS – эффект»

Данные 1991 г. : в течение нескольких минут потоки электронов с энергией >15 МэВ и протонов с энергией > 20 МэВ возросли более, чем на порядок величины во время магнитной бури. В результате, на расстоянии 2-3 радиусов Земли сформировался новый пояс частиц, представляющий реальную угрозу для космических аппаратов

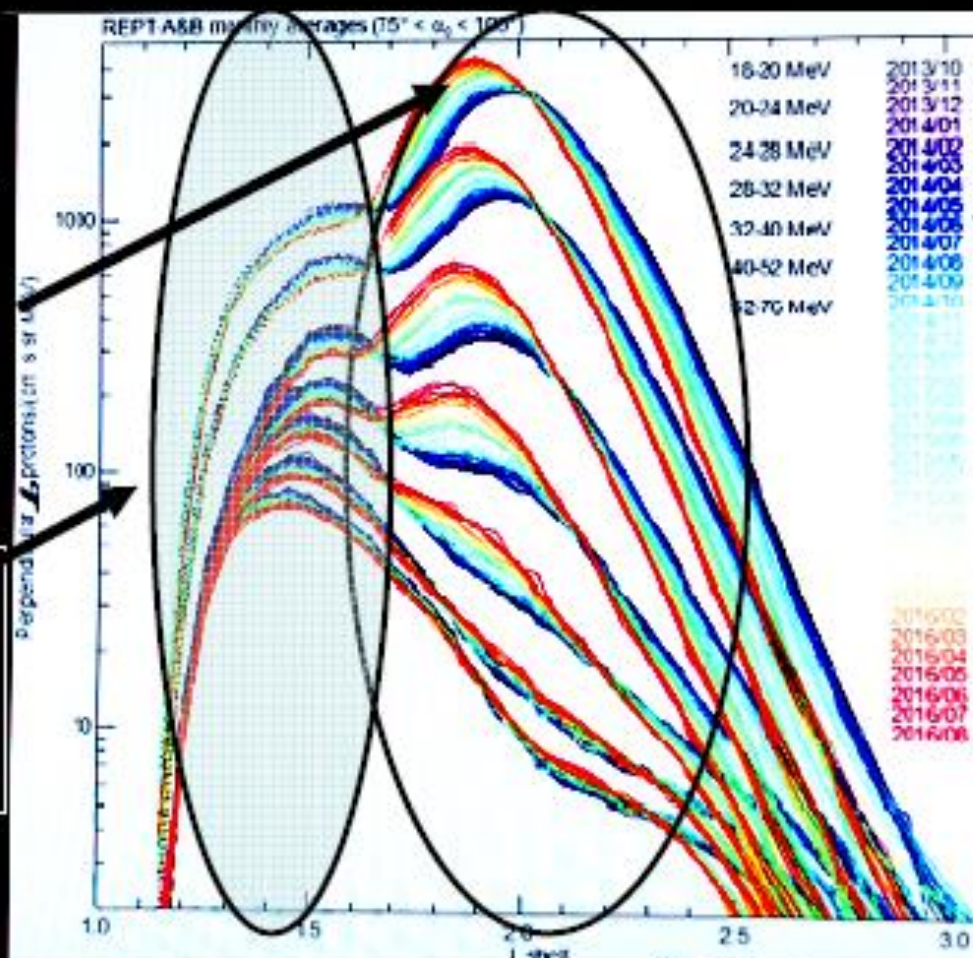
НЕОБХОДИМОСТЬ МОНИТОРИНГА В РЕАЛЬНОМ ВРЕМЕНИ



Вариации протонного пояса (>16 MeV)

Радиальная
диффузия
солнечных
протонов

CRAND
Распад
нейтронов
альbedo



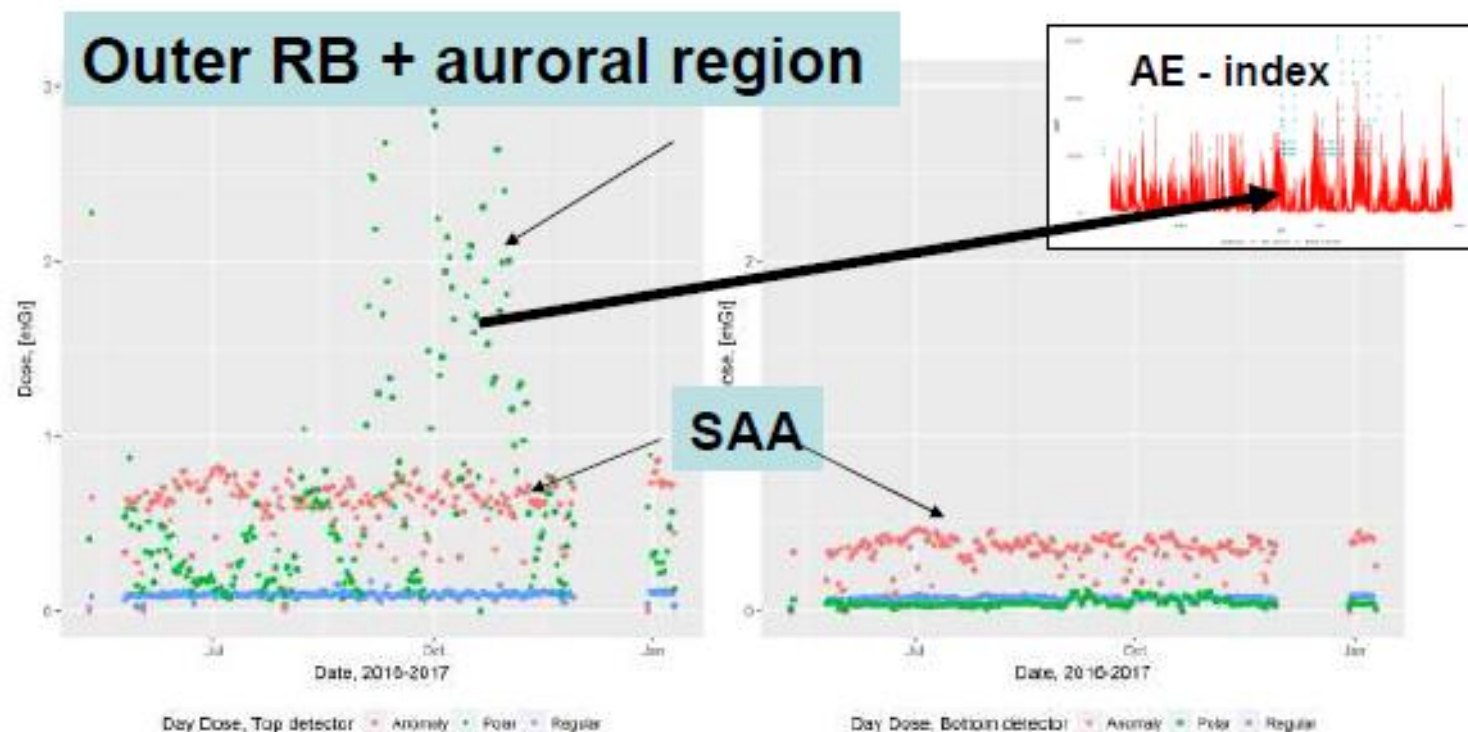
2014

RBSP

2016

Опасность для LEO- спутников в 2016

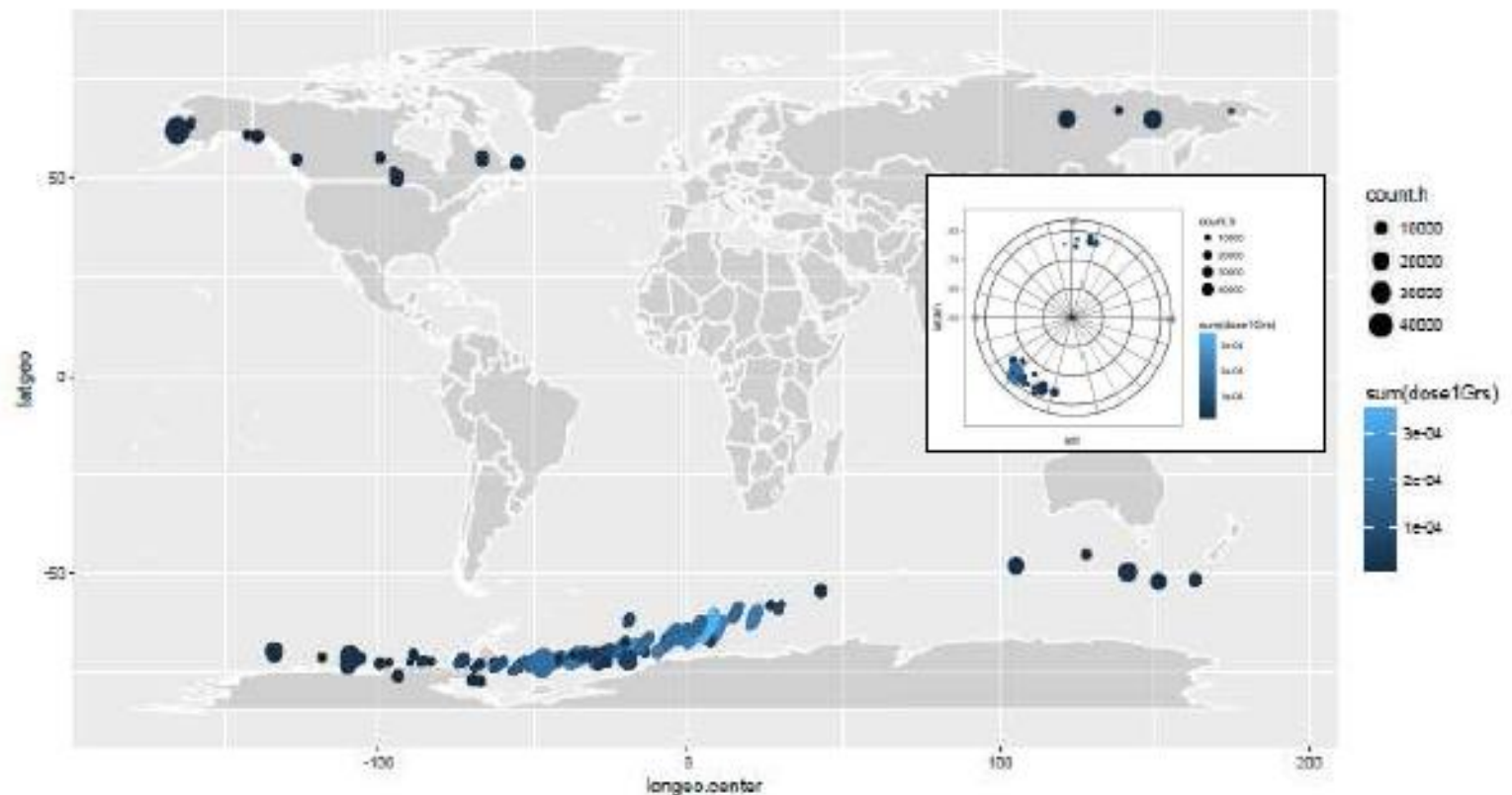
DEPRON/LOMONOSOV data



Integral daily dose for 2 different time periods

Phenomenology of TREPs: spatial characteristics

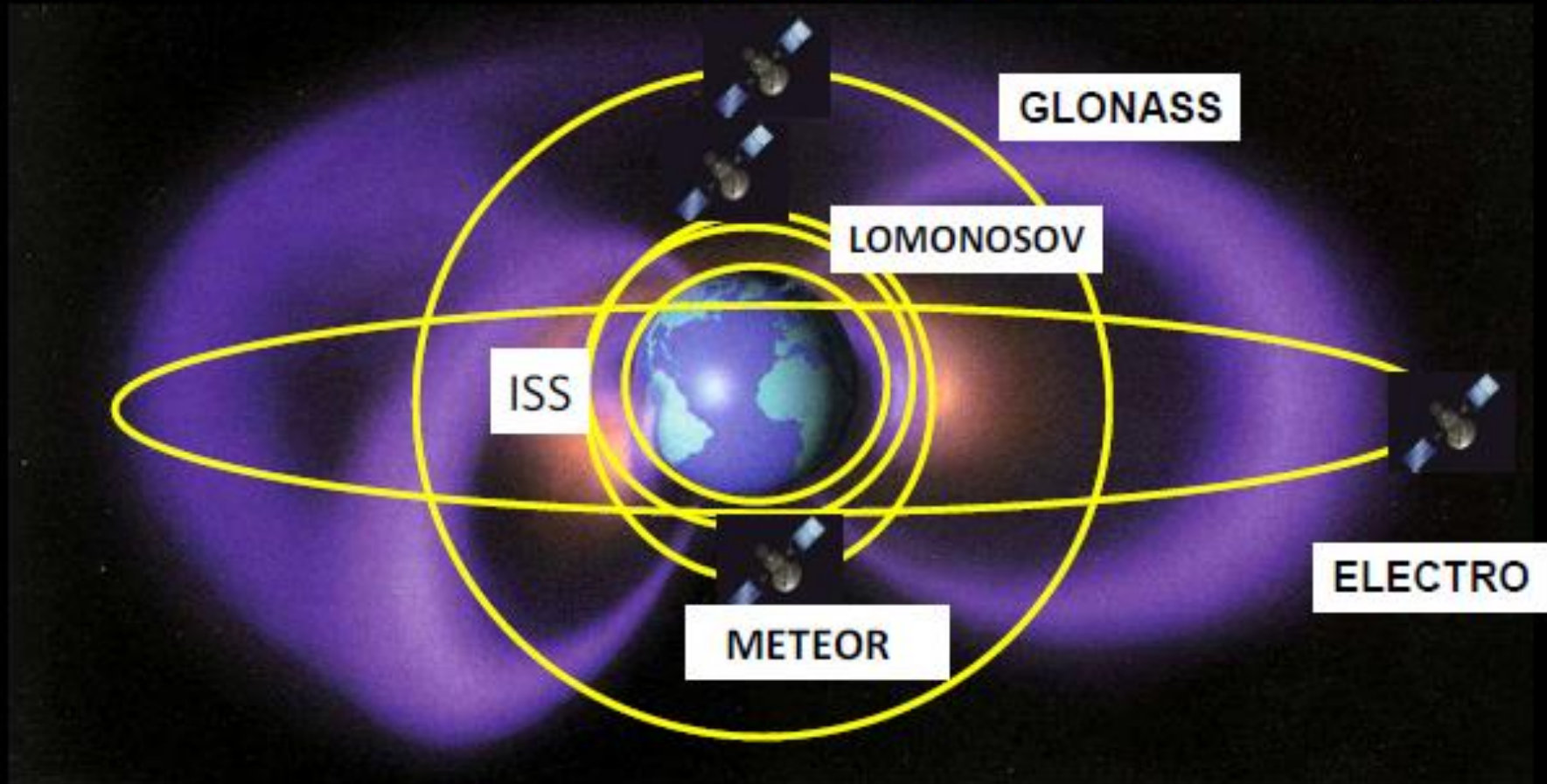
Observations in the evening and morning MLT sectors



Ограниченность локального радиационного мониторинга

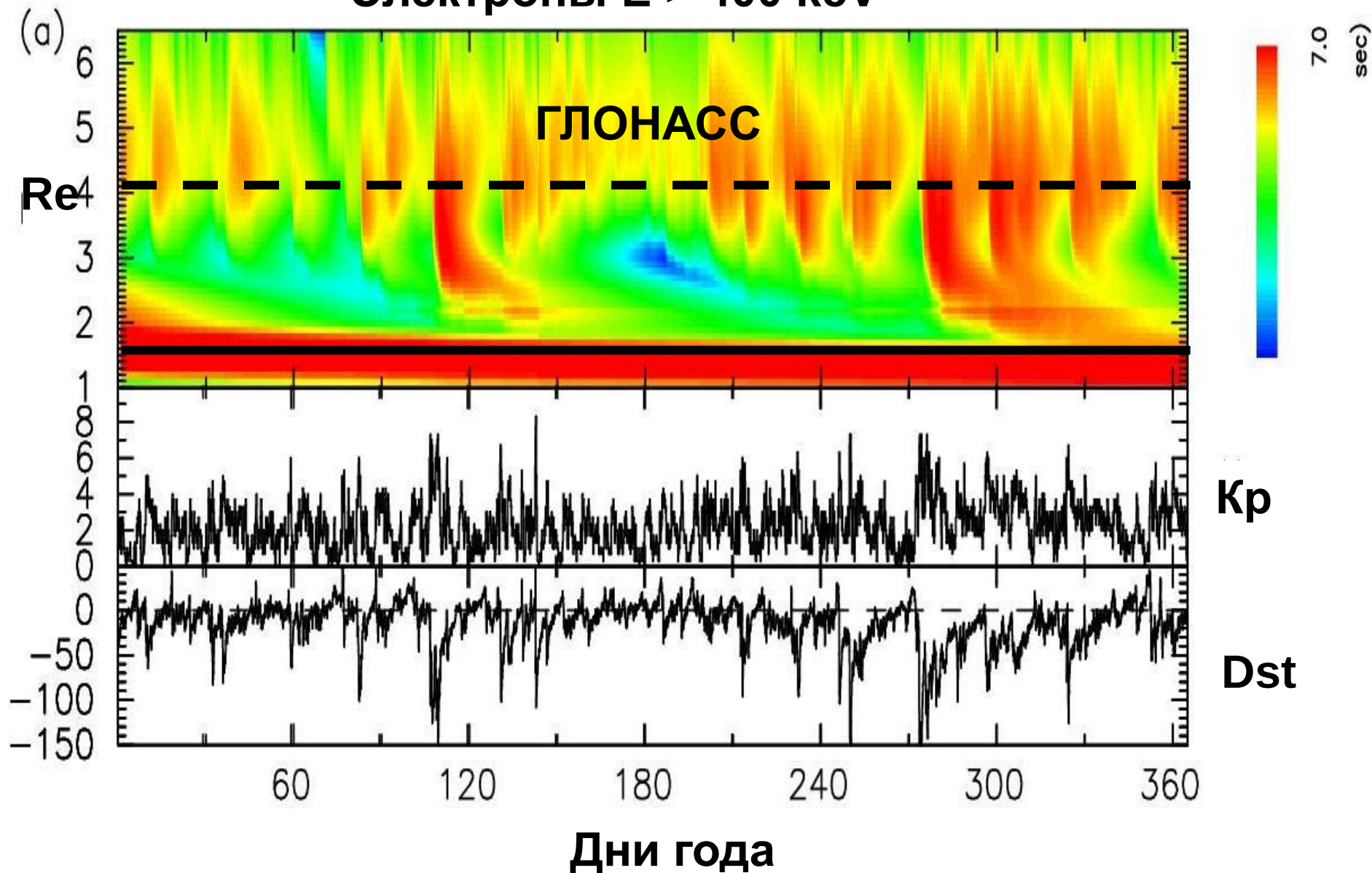


Moscow State University: space experiments directed for radiation monitoring

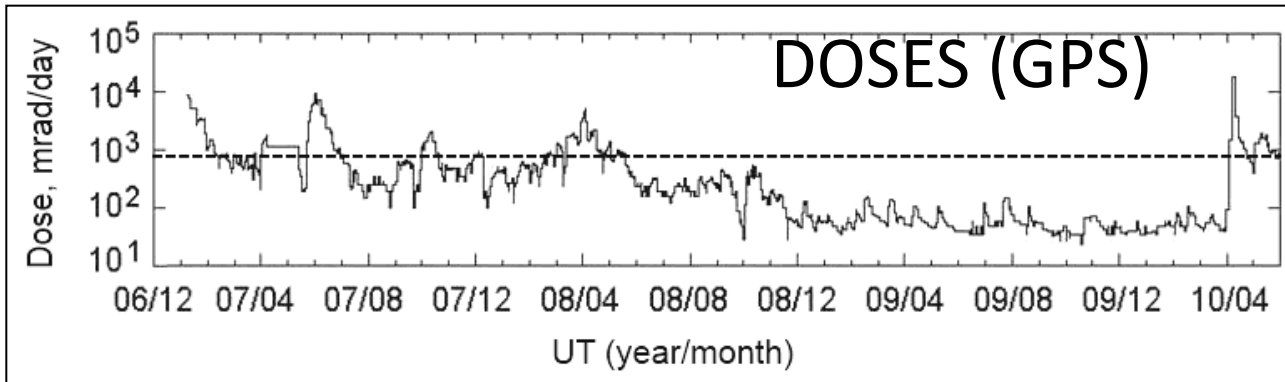
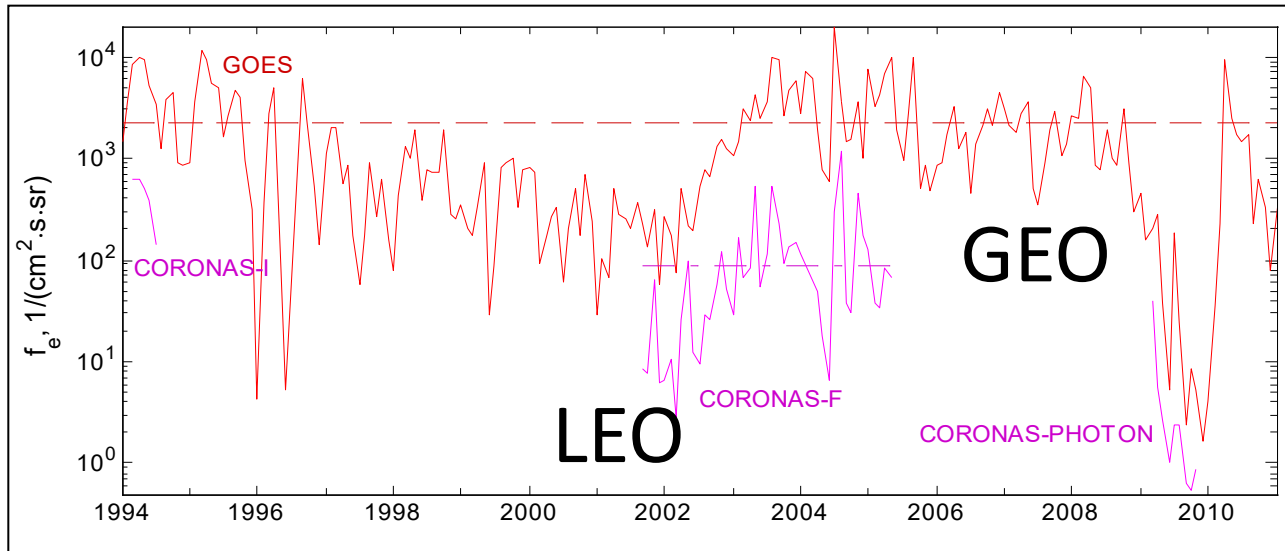


Динамика радиационного пояса

Электроны $E > 400$ keV



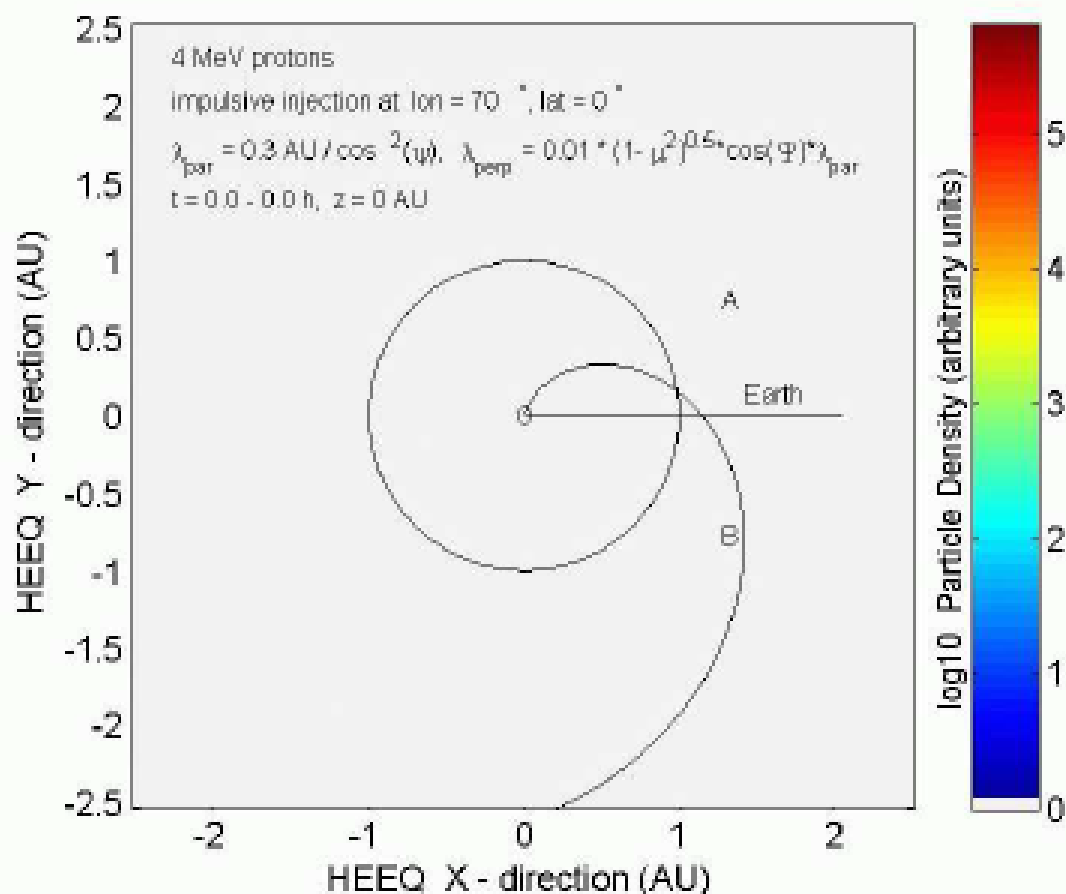
Long-term variations of Earth's radiation belts



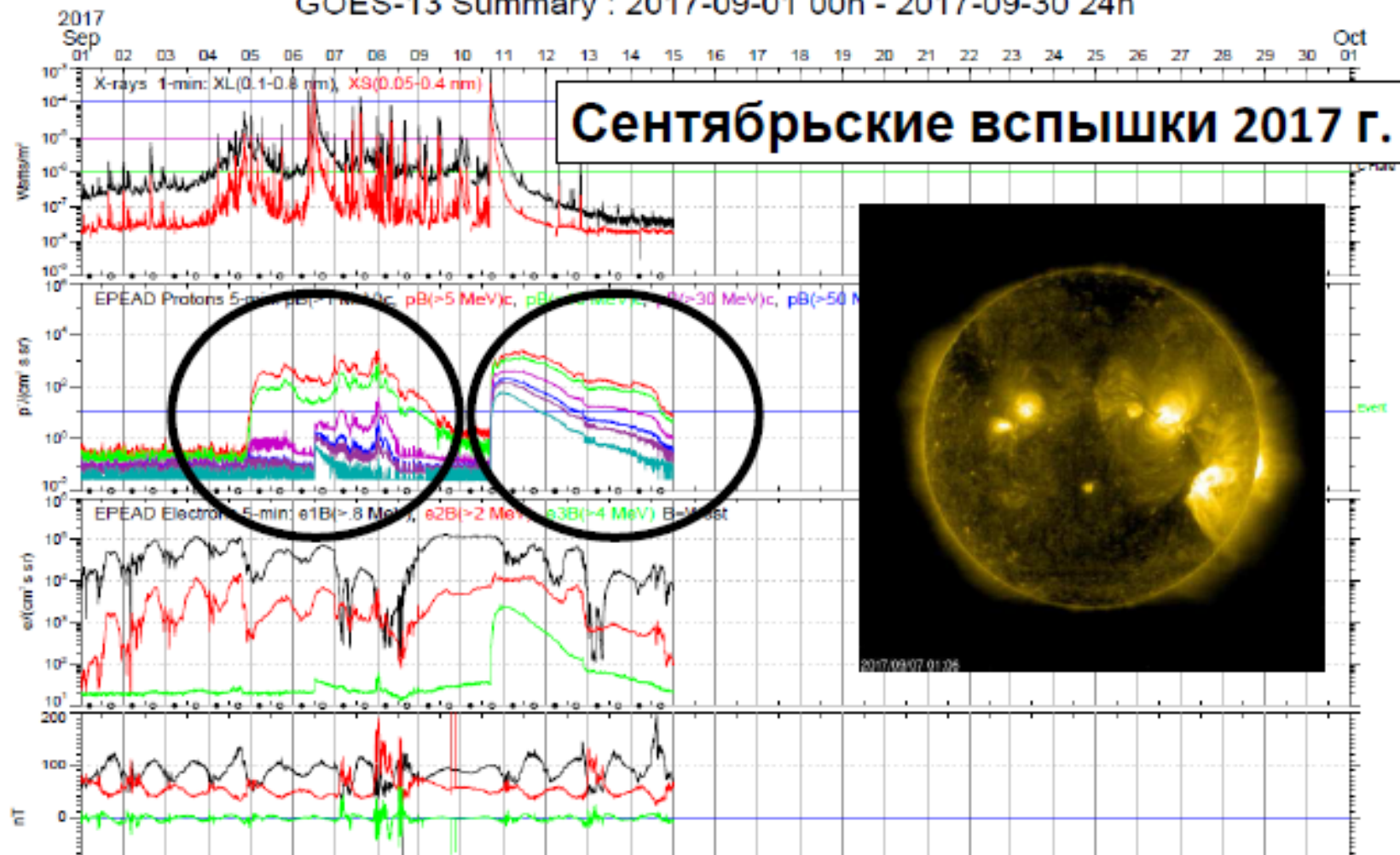
Вверху: вариации потоков релятивистских электронов на геостационарной орбите (GEO) и на малых высотах (LEO). Внизу: дозы радиации на орбите Глонасс (GPS). Пунктир – модельные расчеты.

Солнечные энергичные частицы

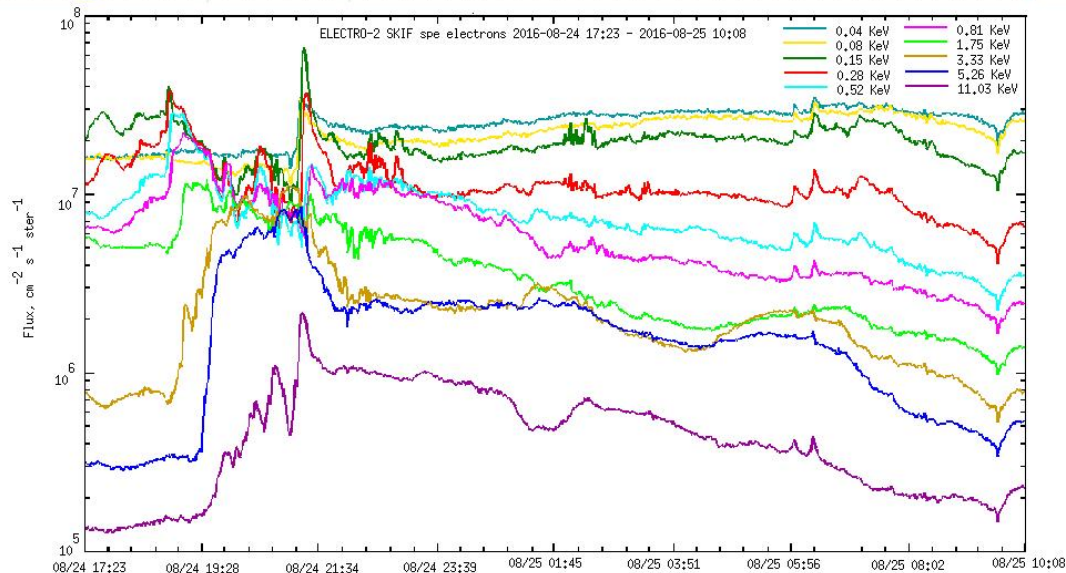
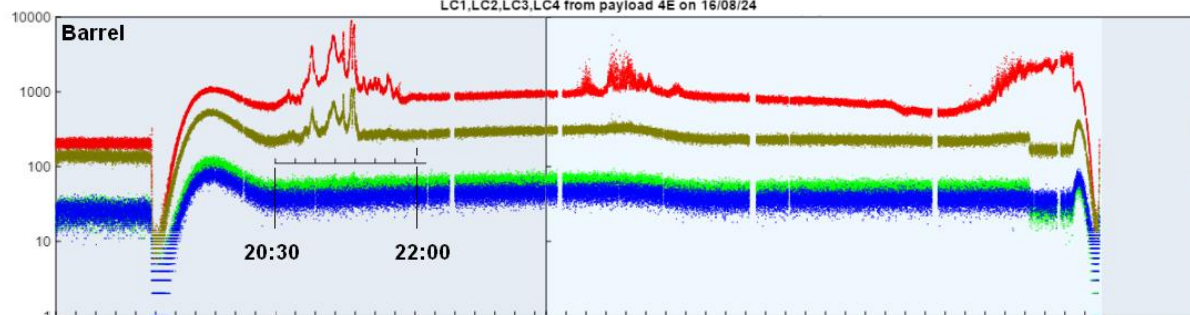
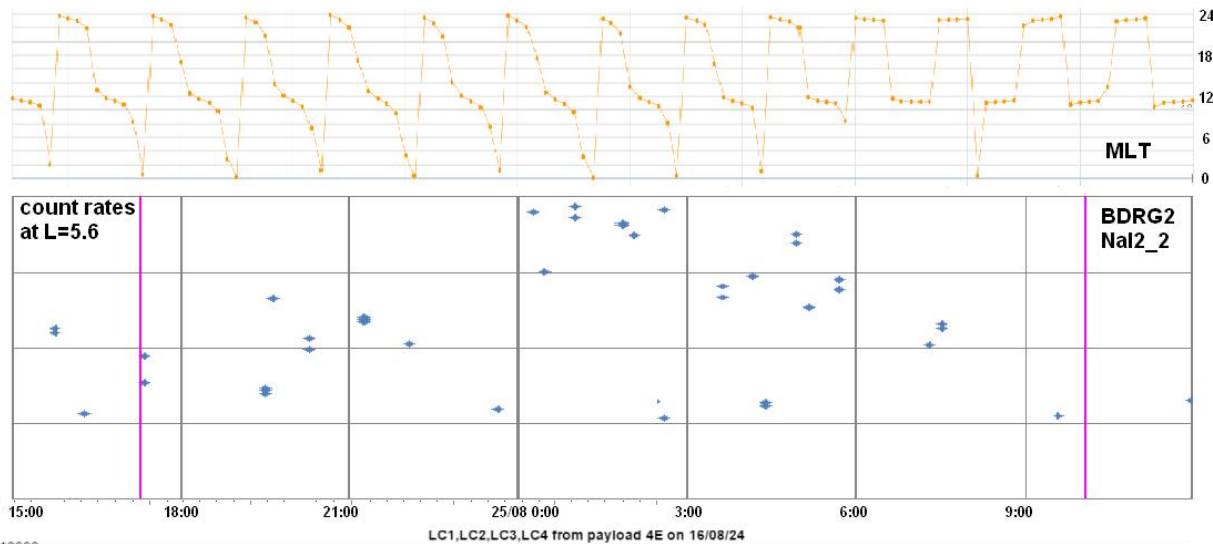
Прогноз СКЛ в настоящее время не обладает достаточной достоверностью и информативностью



GOES-13 Summary : 2017-09-01 00h - 2017-09-30 24h



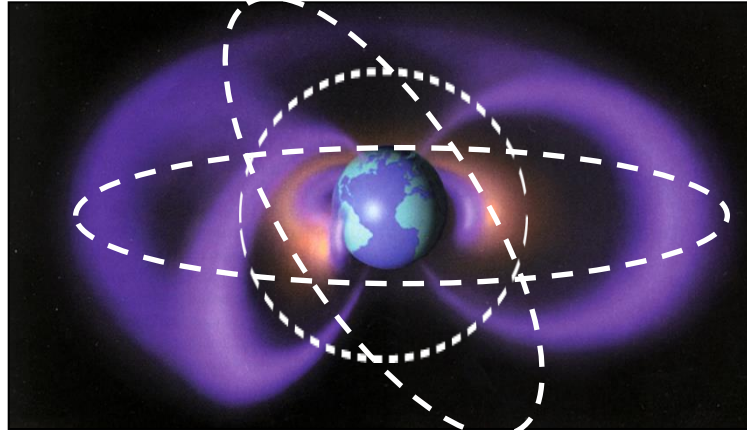
**НЕОБХОДИМОСТЬ многоспутникового МОНИТОРИНГА
В РЕАЛЬНОМ ВРЕМЕНИ**



**Пример совместных
наблюдений
высыпаний
энергичных
электронов на
спутниках «Метеор»
(совместно с ИПГ),
«Ломоносов» и в
баллонных
экспериментах
BARELL**

***Предлагаемая группировка орбитальных
КА и требования к параметрам орбит***

Концепция группировки малых космических аппаратов для мониторинга радиационного окружения Земли



Цели:

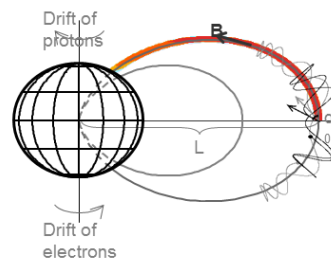
1. Оперативная (в реальном времени) оценка радиационных условий в околоземном космическом пространстве для оценки радиационных рисков выполнения космических миссий и выработки алертных сигналов для принятия решений по их управлению.
2. Верификация современных расчетных моделей полей радиации околоземного космического пространства.

Концепция группировки малых космических аппаратов для мониторинга радиационного окружения Земли



Проект МГУ группировки малых космических аппаратов для мониторинга радиационного окружения Земли предполагает:

- использование группировки низковысотных бюджетных космических аппаратов с параметрами орбит, охватывающих весь пространственный диапазон существования захваченной в магнитное поле радиации (радиационных поясов);
- Измерения всенаправленных потоков захваченных частиц с последующей модельной интерполяцией и экстраполяцией измеренных потоков на всю область радиационных поясов



2. Мониторинг космического мусора и крупных природных объектов



Успешный запуск первой в истории России широкопольной роботизированной оптической системы МАСТЕР-ШОК 28 апреля 2016 г. в составе космической обсерватории "ЛОМОНОСОВ" подтвердил правильность избранных принципов мониторинга космического пространства и автоматической обработки изображений.

**92% объектов
в околоземном
пространстве
- мусор**



Мониторинг природных и техногенных опасных объектов в околоземном космическом пространстве



ШОК

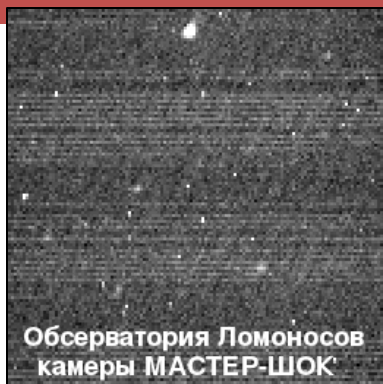
ЛОМОНОСОВ

МАСТЕР



**Широкопольные оптические камеры ШОК :
12 мегapixel ПЗС матрицы 24*36 мм – 2 шт**

Спутник ЛОМОНОСОВ: видеоклипы наблюдений объектов в околоземном космическом пространстве

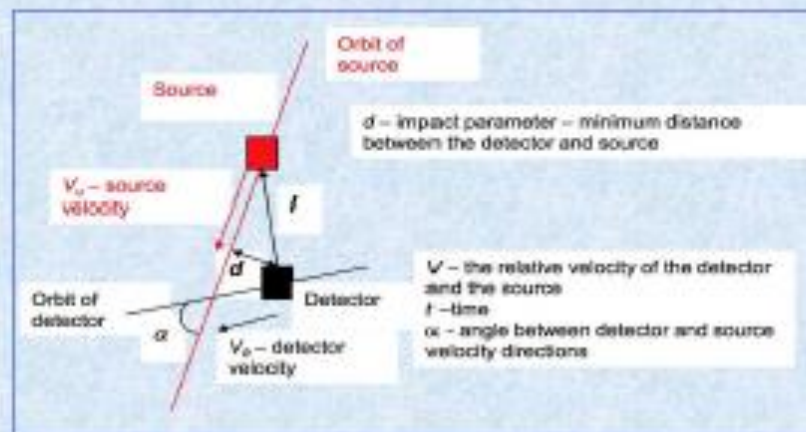


Техногенный радиоактивный мусор

АКТУАЛЬНОСТЬ ПРОБЛЕМЫ

- Десятки КА и их останки с ядерным веществом на борту еще летают в ближнем космосе
- Космические агентства планируют проводить в будущем эксперименты с источниками энергии или даже с ракетными двигателями тем или иным способом использующими ядерное топливо.

The detector and source are in crossing orbits

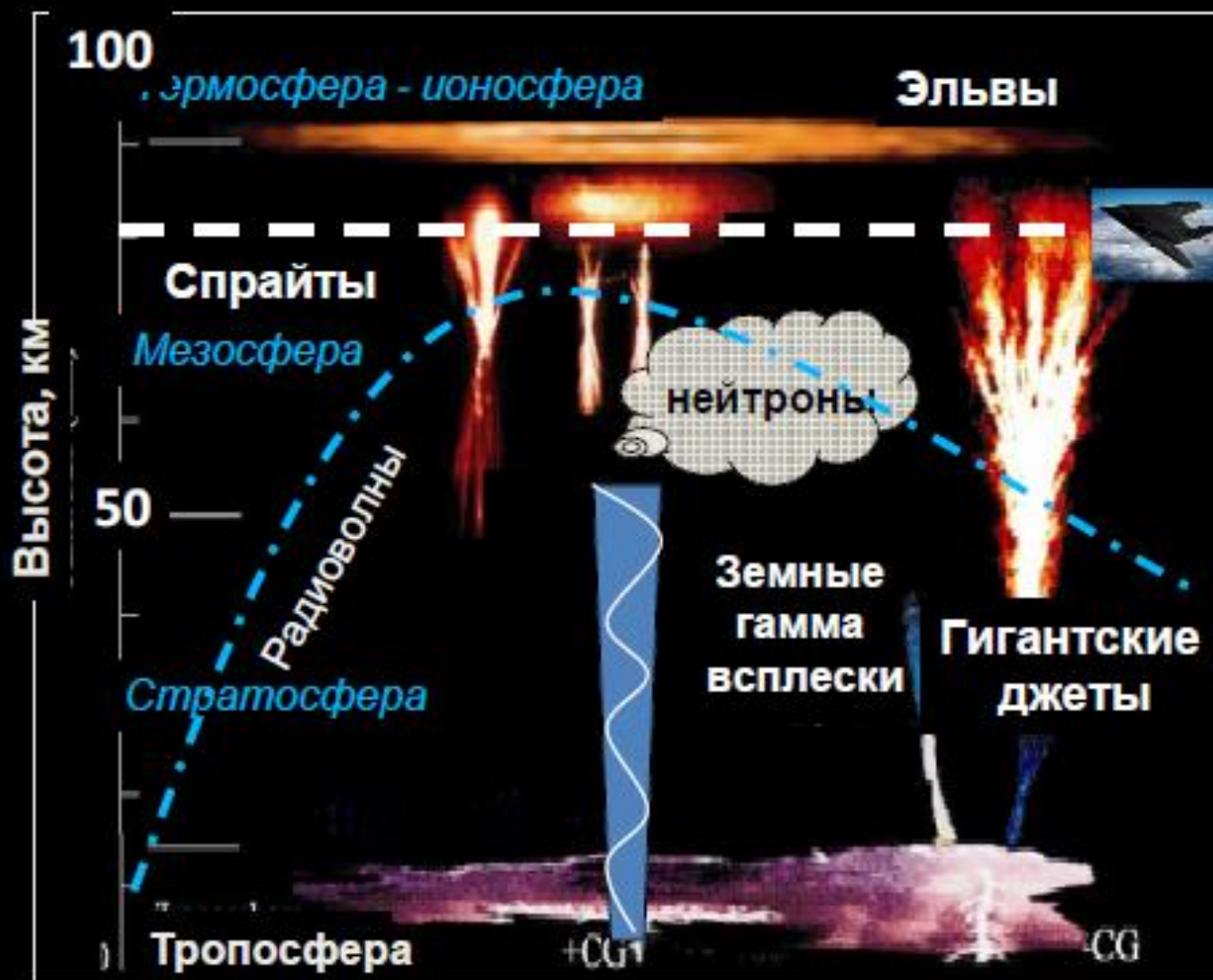


If the orbits are perpendicular in the detector coordinate system, the source velocity is equal to the orbital velocity (7.9 km/s).

3. Мониторинг электромагнитных транзиентов

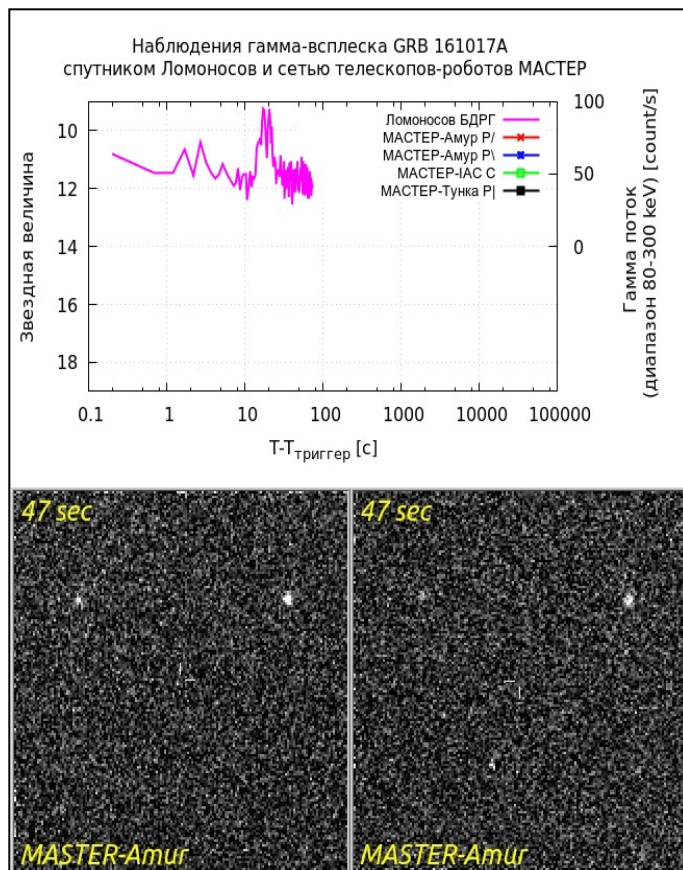


Транзиентные электромагнитные явления в верхней атмосфере (десятки км) наблюдаются в различных диапазонах длин волн – от гамма – диапазона до инфракрасного. Транзиентные световые явления (TLE) – проявляются везде – от авроральных широт до экваториальных.



Гамма-всплески –потенциальная опасность из космоса.

Эффект воздействия редких мощных гамма-всплесков на атмосферу Земли может привести к катастрофическим последствиям и мало изучен



**Одновременные наблюдения
гамма-всплеска GRB 161017A 17
сентября 2016 г.
в 17:52:17 UT на космической
обсерватории «Ломоносов»
в гамма-диапазоне и наземной
«Мастер» в видимом.**



Образовательная составляющая проекта

КОСМИЧЕСКИЕ НАУКИ:

ОБРАЗОВАТЕЛЬНАЯ И ПОПУЛЯРИЗАТОРСКАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ



Основные цели:

- Внедрение современных космических исследований в университетское и школьное образование;
- Популяризация основ космических наук;
- Привлечение студентов и школьников к современным космическим исследованиям



**Инфраструктура МГУ для
космических исследований**



Инфраструктура МГУ

**Организация приема и обработки
космической информации и принятие
решений об объявлении опасной ситуации**

Прием и анализ данных

- Разработка методики оперативного анализа и прогнозирования состояния космического пространства
- Разработка моделей факторов космического пространства
- Организация приема и автоматизированной обработки космической информации
- Разработка системы анализа и прогнозирования космической погоды на основе спутниковой информации: ассимиляция данных и моделирование
- Разработка системы отображения информации
- Разработка процедуры принятия решений об объявлении опасной ситуации (выработка алертов)





Инфраструктура МГУ



Научно-технический центр приборостроения



Производство электроники



Инфраструктура МГУ

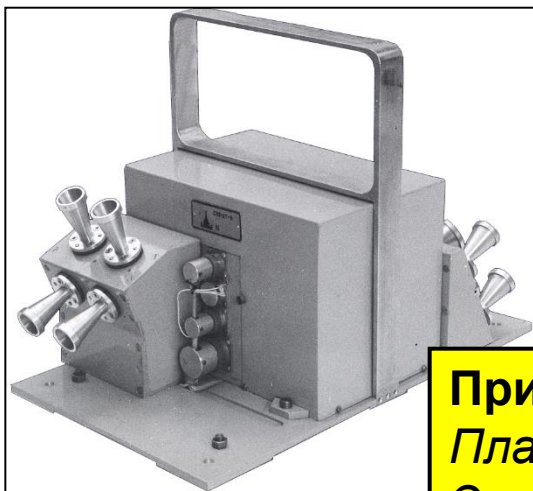
**Ядерно-физический комплекс для тестирования
космической электроники и калибровок**



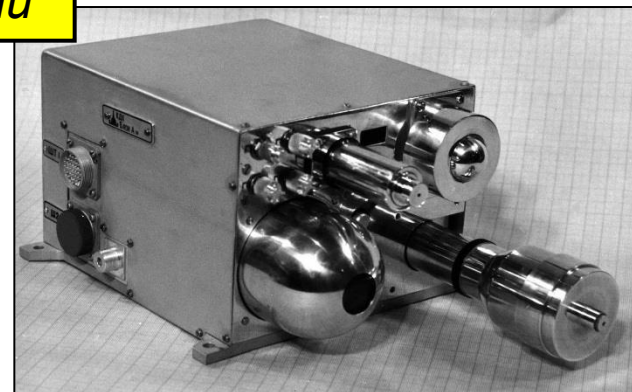
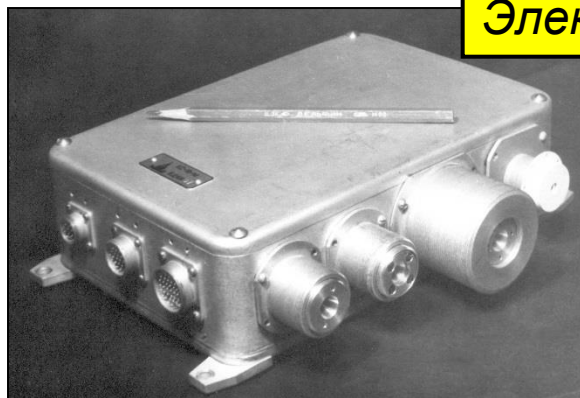


Инфраструктура МГУ

Разработка и производство приборов для космических экспериментов



Приборы для измерений:
*Плазмы
Энергичных частиц – радиации
Электромагнитных излучений*





Инфраструктура МГУ



Ядерно-физический комплекс для тестирования
космической электроники и калибровок



Коллаборация: российские партнеры

(в стадии становления)



Научно-исследовательская
лаборатория
аэрокосмической техники, г.
Калуга



Belgorod National Research University
Белгородский государственный
национальный исследовательский
университет



Коллаборация: зарубежные партнеры

(В стадии становления)



CENTRE SPATIAL UNIVERSITAIRE DE GRENOBLE
Voir le site principal de l'Université Grenoble Alpes
Suivez-nous



ISAE SUPAERO - Institut Supérieur de
l'Aéronautique et de l'Espace



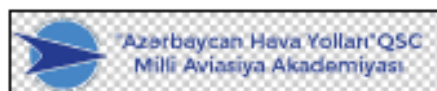
**Office National d'Etudes et Recherches
Aérospatiales**



Sunqyankwan University, South Korea



Азеркосмос



Национальная авиационная академия, Азербайджан

AMICal Sat and ATISE: two space missions for auroral monitoring

Mathieu Barthelemy^{1,3}, Vladimir Kalegaev⁴, Anne Vialatte¹, Etienne Le Coarer^{1,3}, Erik Kerstel^{2,3}, Alexander Basaev⁹, Fabien Apper¹⁰, Mikhail Stepanov¹⁰, Guillaume Bourdarot^{1,3}, Melanie Prugniaux³, Thierry Sequies^{5,3}, Etienne Rolland³, Emmanuelle Aubert³, Vincent Grennarat^{5,3}, Hacheme Ayasso^{6,3}, Arnau Bussom Vidal^{1,3}, and Konstantin Protassov⁸

¹ Univ. Grenoble Alpes, IPAG, F-38000 Grenoble, France CNRS, IPAG, F-38000 Grenoble, France

e-mail: mathieu.barthelemy@univ-grenoble-alpes.fr

² Univ. Grenoble Alpes, LiPhy, F-38000 Grenoble, France CNRS, LiPhy, F-38000 Grenoble, France

³ Univ. Grenoble Alpes, CSUG, F-38000 Grenoble, France

⁴ Skobeltsyn Institute of Nuclear Physics, Moscow State University; Moscow, Russia

⁵ Univ. Grenoble Alpes, IUT1, F-38000 Grenoble, France

⁶ Univ. Grenoble Alpes, Gipsa-Lab, F-38000 Grenoble, France CNRS, Gipsa-Lab, F-38000 Grenoble, France

⁷ Univ. Grenoble Alpes, TIMA, F-38000 Grenoble, France CNRS, TIMA, F-38000 Grenoble, France

⁸ Univ. Grenoble Alpes, LPSC, F-38000 Grenoble, France CNRS, LPSC, F-38000 Grenoble, France

⁹ SMC TC, MIET, Zelenograd, Russia

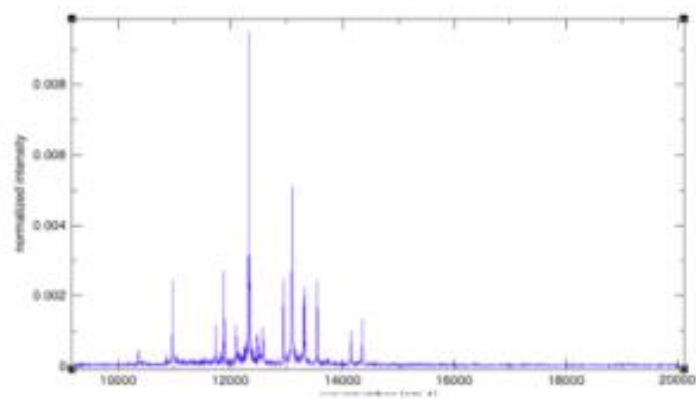
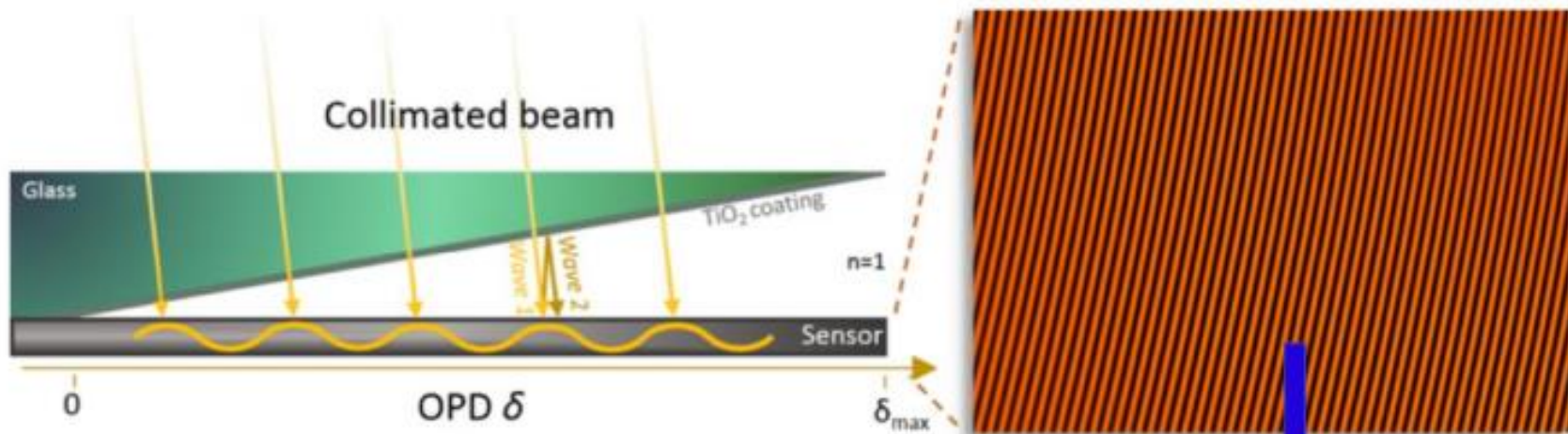
¹⁰ ISAE-Supaero, Toulouse, France

AMICal Sat Mission

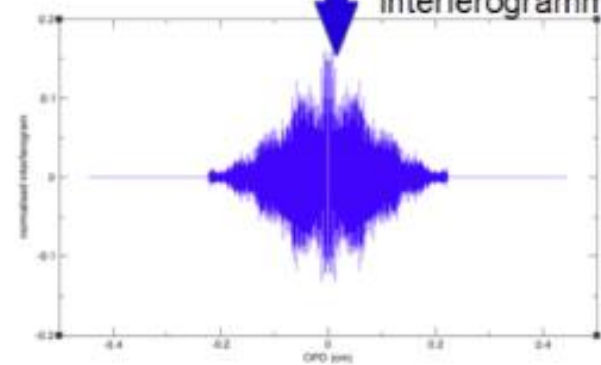
An imager is as described above by itself an interesting instrument to study auroral phenomena from a space weather point of view, especially if nadir observations are added. This consideration has led us to define a spin-off mission that will embark an auroral imager in a 2U cubesat. In addition to the limb observation foreseen for the ATISE mission, nadir observation will be performed. This will enable mapping the spatial extend of the oval and distinguishing its internal structure. With the

detector and objective as defined for the ATISE mission, a spatial resolution better than 5 km at an altitude of 110 km is achievable. The limb observation of the aurora will enable to construct vertical intensity profiles, comparable to those that will be obtained with the ATISE imager. However the ADCS system that will be used in the AMICal 2U CubeSat, is much more basic. This will necessarily lead to image degradation (blurring effect) due to both satellite speed and pointing errors. The first source of image blurring is well known, and can be corrected for, provided the signal-to-noise ratio (SNR) is sufficiently high.

AMICal Sat will also test the lunar the calibration procedure using the Moon as a reference source that should lead to absolute photometric data with 10% accuracy and 1% precision. AMICal Sat is expected to be launch during the first trimester of 2019 for a 1-year mission, extendable to 3 years. Despite the fact that the SSO is not totally satisfactory since there is no shift in local hours, this orbit is more easily accessible due to a larger number of launch opportunities. All SSO with a local hour equal to $12h \pm 4h$ will be acceptable, the final choice determined by the launch opportunities.



Inversion
(FT)





RESEARCH CENTRE OF COSMIC RAYS
AND RADIATION EVENTS IN THE ATMOSPHERE

crreat.eu

CRREAT



EUROPEAN UNION
European Structural and Investing Funds
Operational Programme Research,
Development and Education



INSTITUTE OF ATMOSPHERIC PHYSICS
CAS



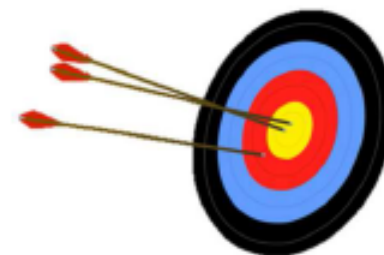
Nuclear Physics Institute of the CAS
public research institution

OBJECTIVES

- To deepen knowledge about the relation between the atmospheric phenomena and ionising radiation
 - Find suitable methods for detection and dosimetry of ionising radiation generated by atmospheric discharges.
 - Clarify the causes of lightning discharge initiation
- To clarify the phenomena causing variations of secondary cosmic particles (SCP) in the atmosphere
 - Clarify the influence of atmospheric state on the SCP detection
 - Understanding of quasi-periodic radiation phenomena in CR

Research activities: 21

Key methodical approach: 42



Radiation Events in the Atmosphere

- Terrestrial gamma-ray flashes
 - Intense (sub-) millisecond flash of MeV gamma rays from thunderstorms
 - Power in TGF is comparable to power in lightning bolt
 - few 10^{17} gammas with energies of several MeV or higher
 - Thunderstorms are most powerful natural accelerators on Earth - at 10-15km altitude accessible by aircraft

Dwyer, Smith & Cummer, Space Sci Rev 2012





Заключение

Успешная реализация проекта позволит:

- Впервые в мире создать прообраз космической системы мониторинга и предотвращения космических угроз как для осуществляемых, так и планируемых космических миссий, включая высотные атмосферные летательные аппараты.
- Создать новые инновационные технологии в области приборостроения и методы решения информационных задач в реальном масштабе времени.
- Разработать новые образовательные стандарты и методы подготовки специалистов в новой сфере прикладных космических исследований.
- Укрепить международное сотрудничество в космических исследованиях

Спасибо



Проект открыт для взаимного сотрудничества:

- по спутниковой платформе;
- отдельным спутниковым системам и экспериментальным приборам;
- запуску;
 - предоставление данных радиационного мониторинга;
- по науке и образовательным программам