

НЕСПОКОЙНАЯ ВСЕЛЕННАЯ

Михаил Панасюк

МГУ им. М.В. Ломоносова



The image is a vertical composition. The top half shows a dark, starry night sky with the Milky Way galaxy visible as a bright, horizontal band of light. The bottom half shows a view of Earth from space, with the blue oceans and white clouds of the planet curving away into the distance. The text is centered in the middle of the image, overlaid on a dark blue background.

Мирное звездное небо
Peaceful starry sky

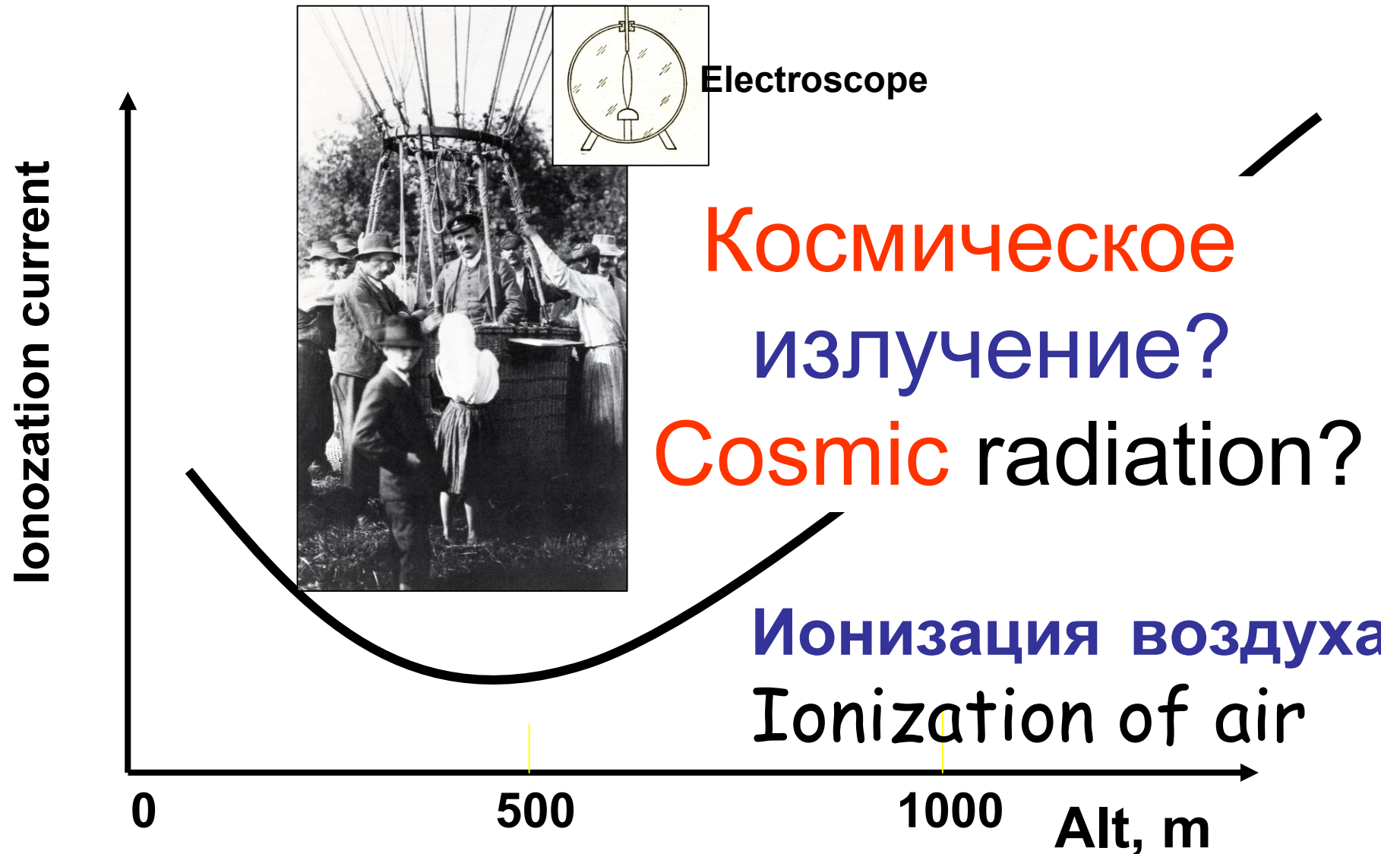


Мирное звездное небо
Peaceful starry sky



В 1912 г. Виктор Гесс достиг высоты ~5км

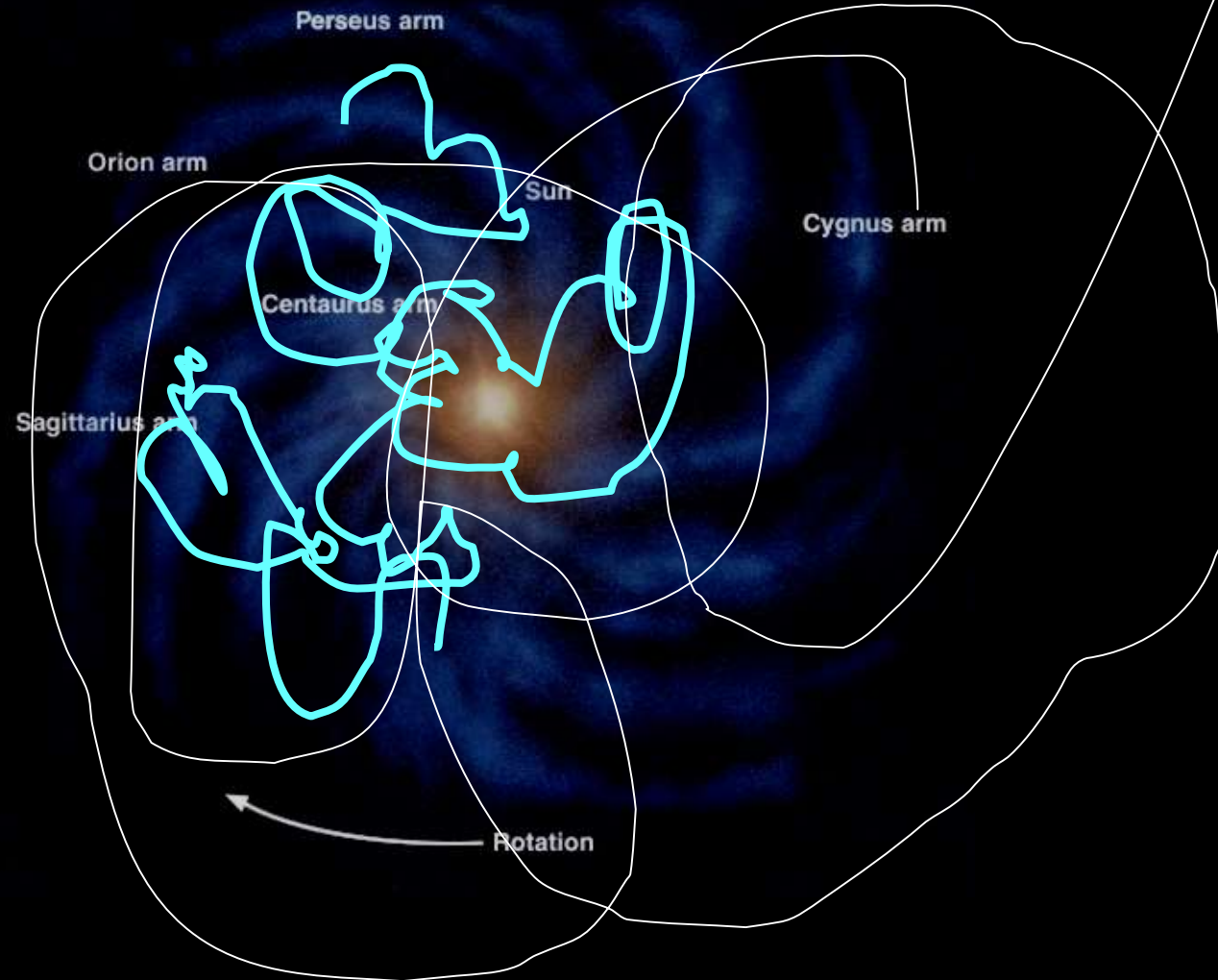
In 1912 Victor Hess reached ~5 km



Космические лучи

Галактические
космические лучи

Внегалактические
космические
лучи



Cosmic Rays

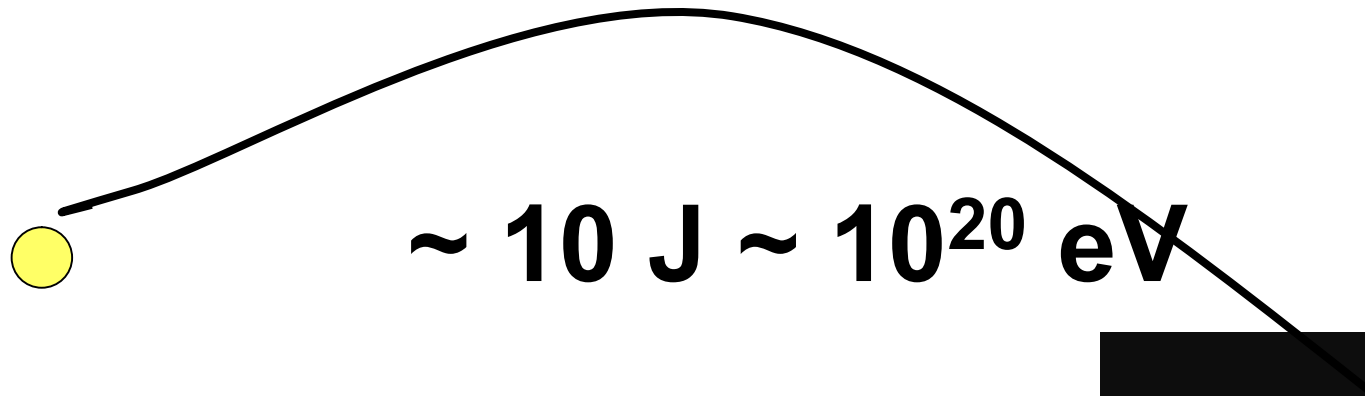
ЦЕРН : Большой адронный коллайдер



10^{17} эВ

CERN : Large Hadron Collider

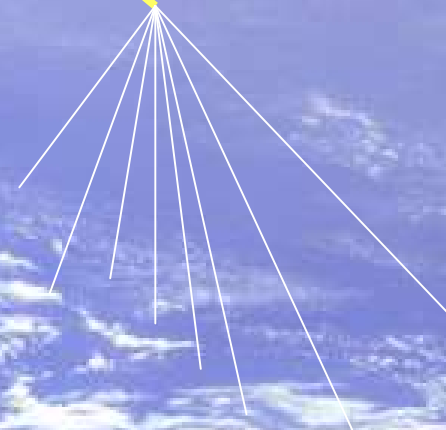
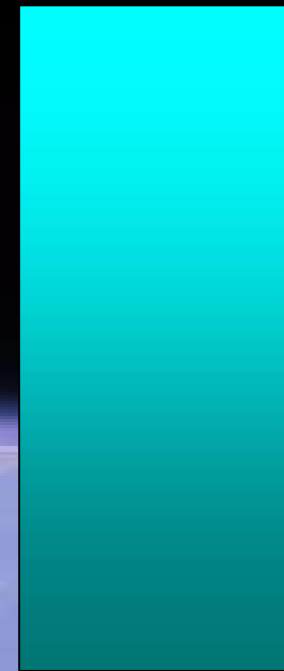
**Макроскопические энергии
космических лучей
Macroenergy of CR particles**



Mariya Sharapova's kick the ball



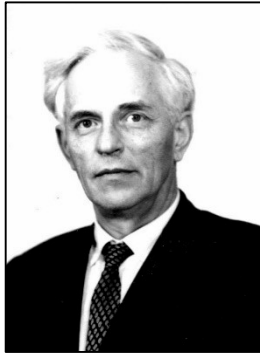
**Откуда прилетели
эти «странники Вселенной»???**
**Where are they from these
“Wanders of the Universe”**



После 2-й Мировой войны...

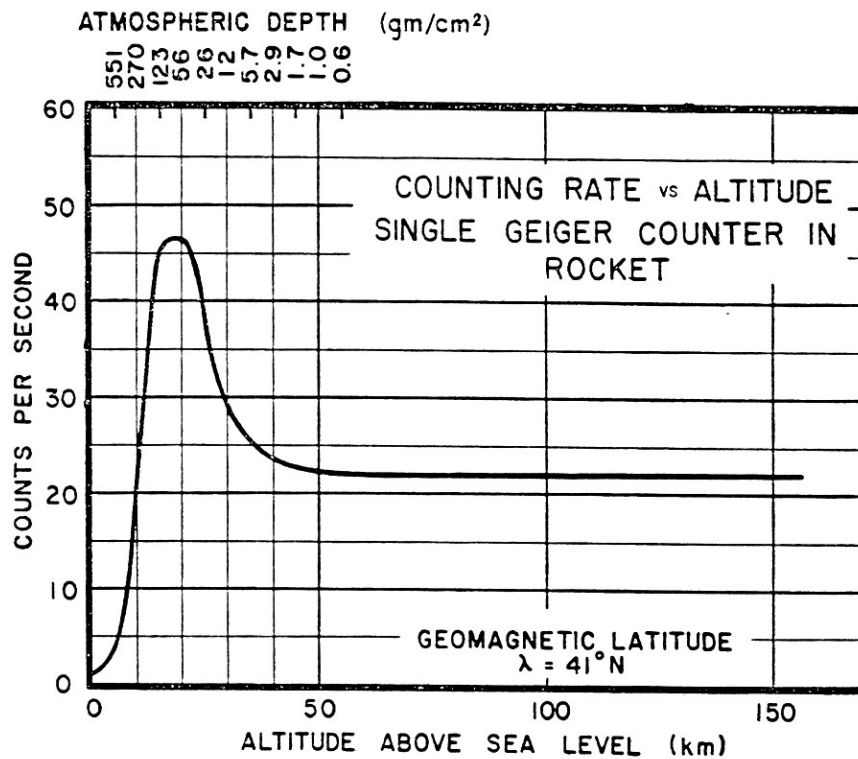


С.Н.Вернов



А.Е.Чудаков

Капустин Яр
Kapustin Yar experiments
onboard
R-1 (Fau -2) launcher,etc



Параметры кл в космосе?
CR parameters in space?

1957: начало космической эры



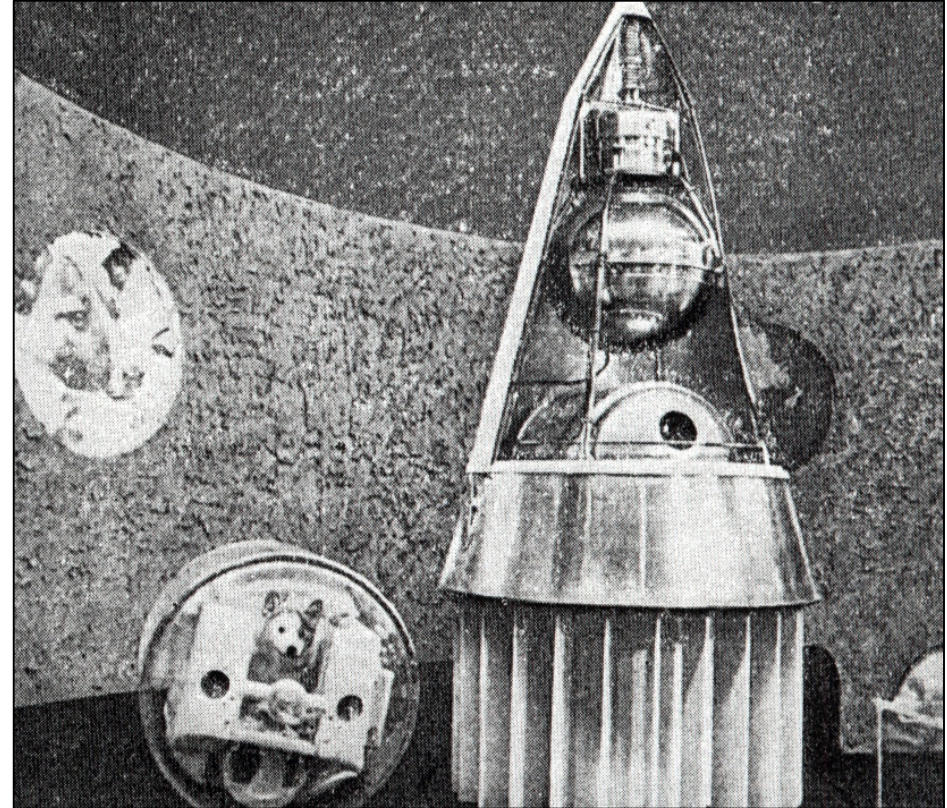
Space era, since 1957

С.Н.Вернов



Sergey Vernov

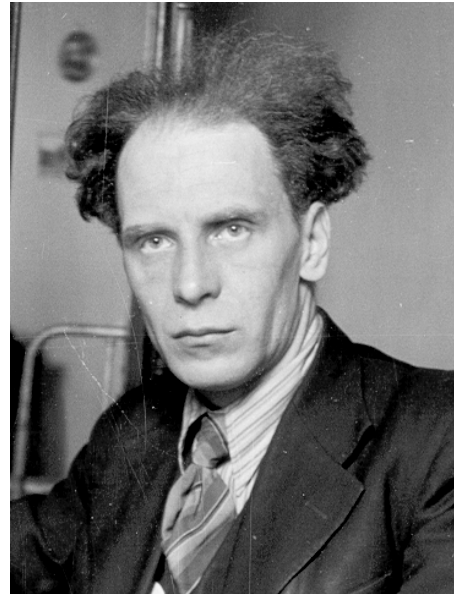
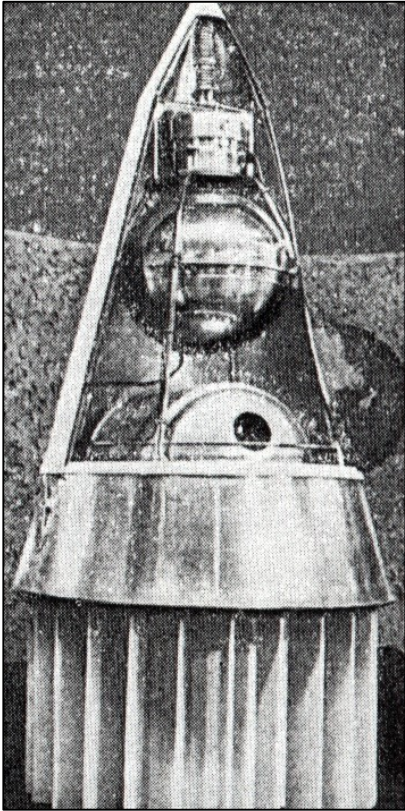
**СССР, ноябрь 1957
Запуск 2-го ИСЗ**



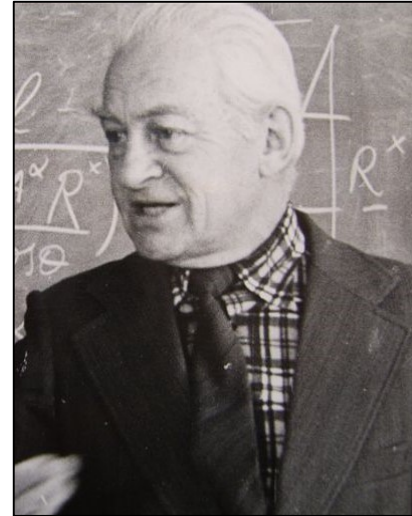
**USSR, November, 1957:
The 2nd soviet satellite**

Первый физический эксперимент в космосе (ноябрь, 1957)

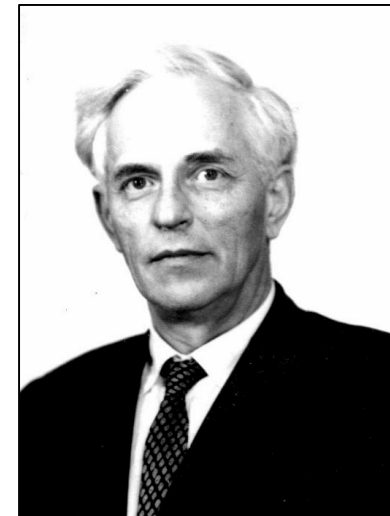
Scientists from Moscow State University
provided the first space physics experiment in space



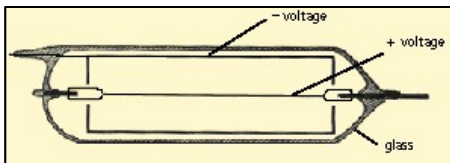
S. N. Vernov



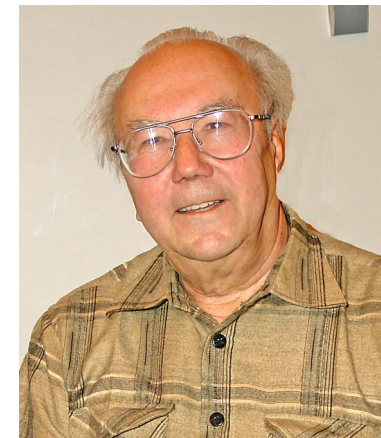
N.L. Grigorov



A.E. Chudakov



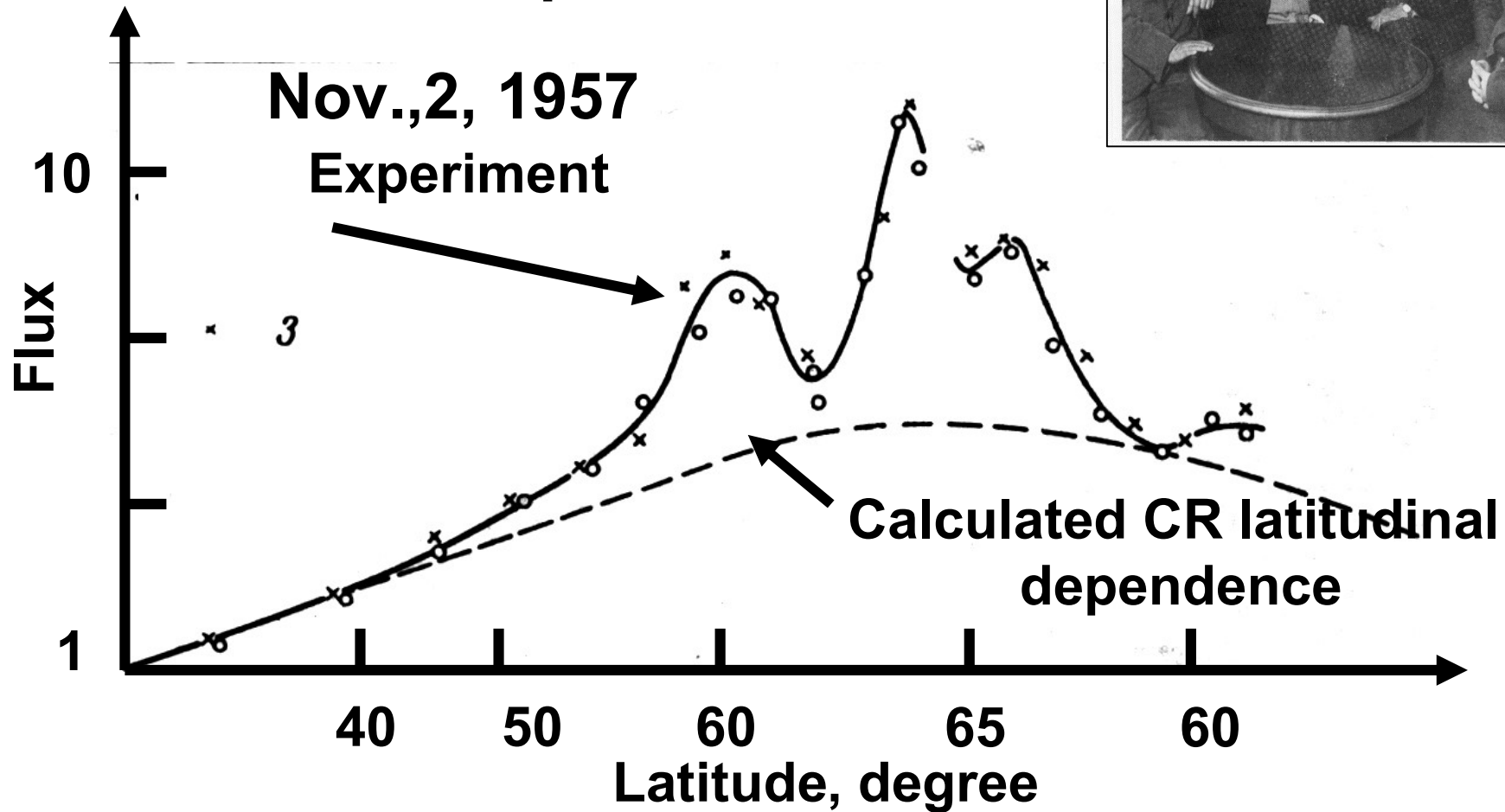
GM - tube



Yu. I. Logachev

Первые измерения КЛ в космосе

The first CR measurements
in space

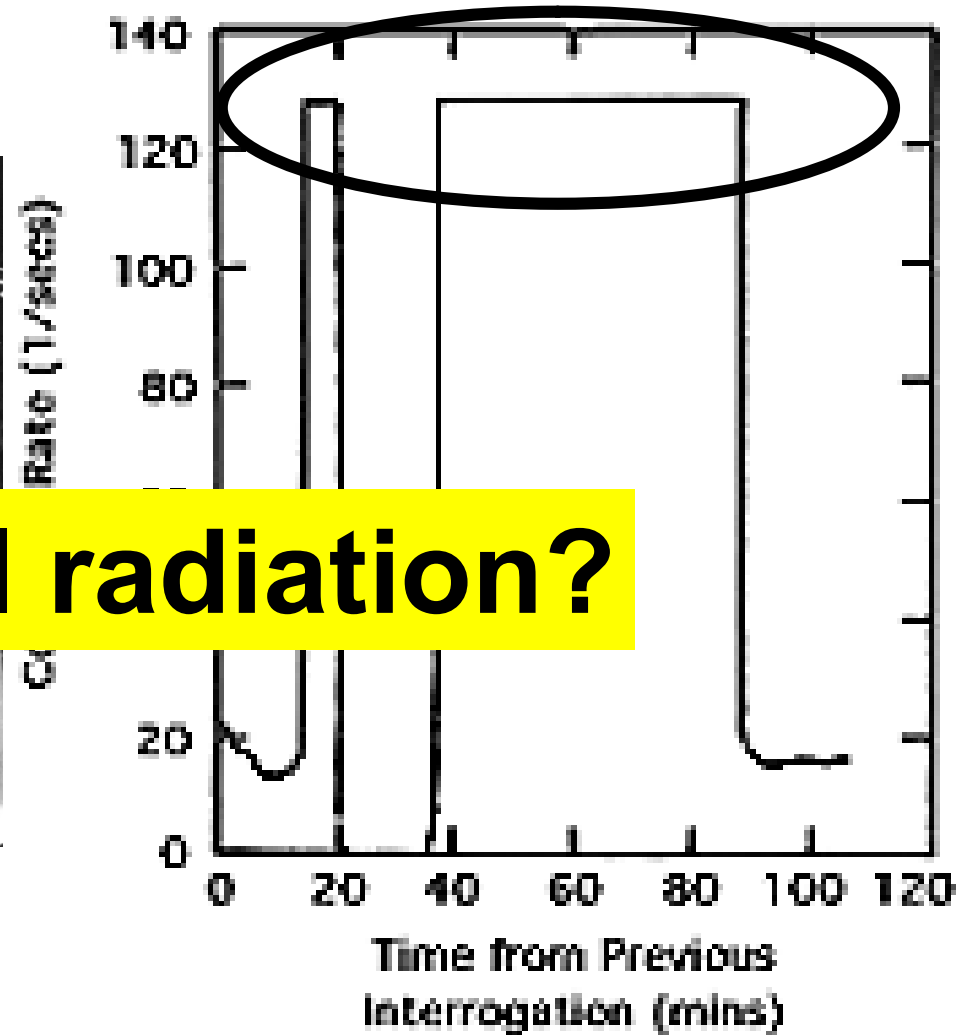


Solar flare particles?

“Эксплорер –1» - первые измерения

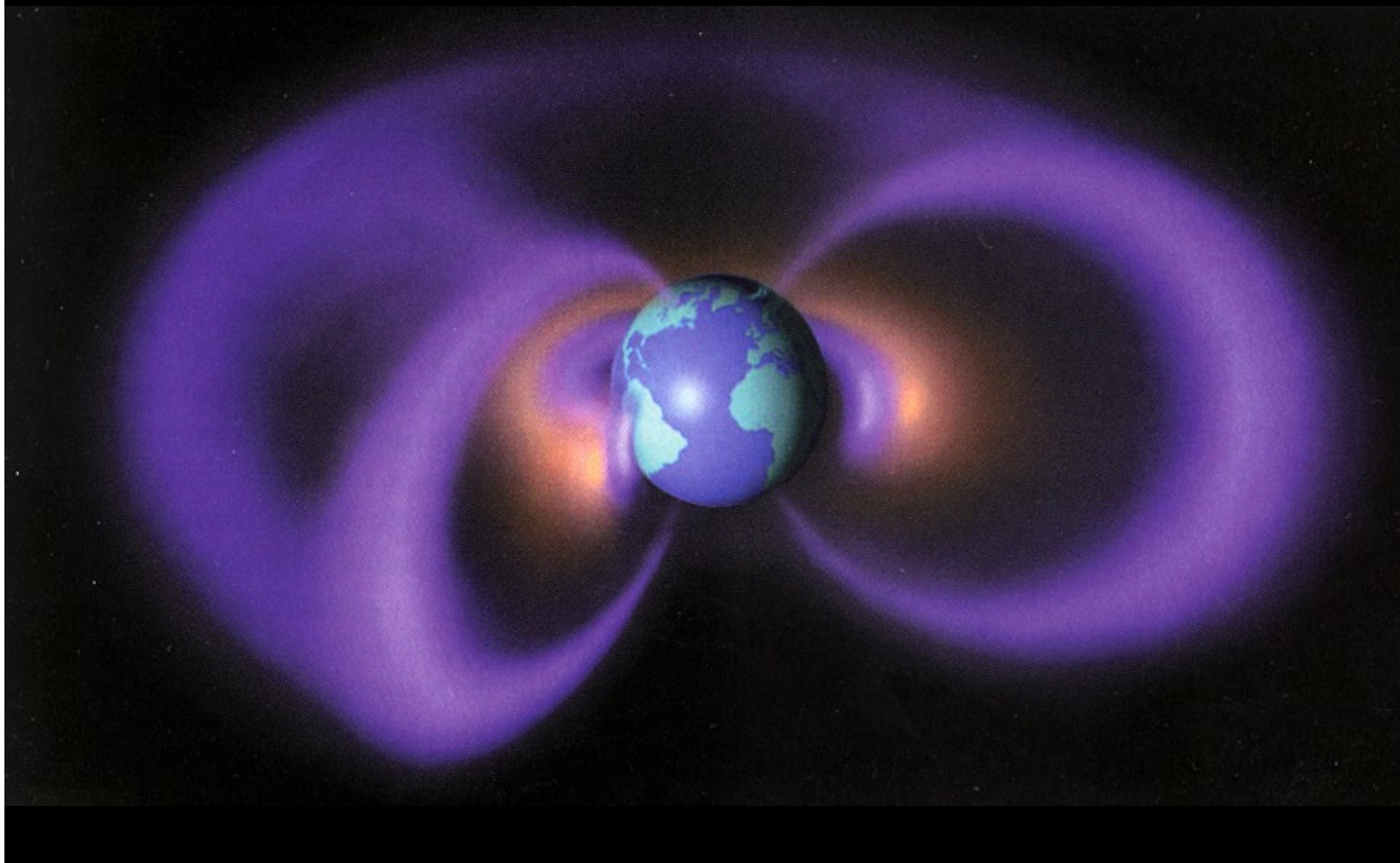


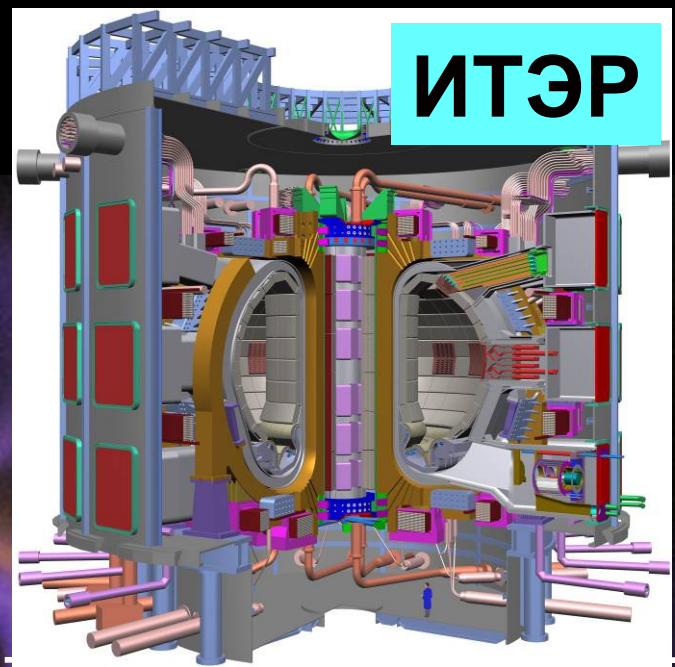
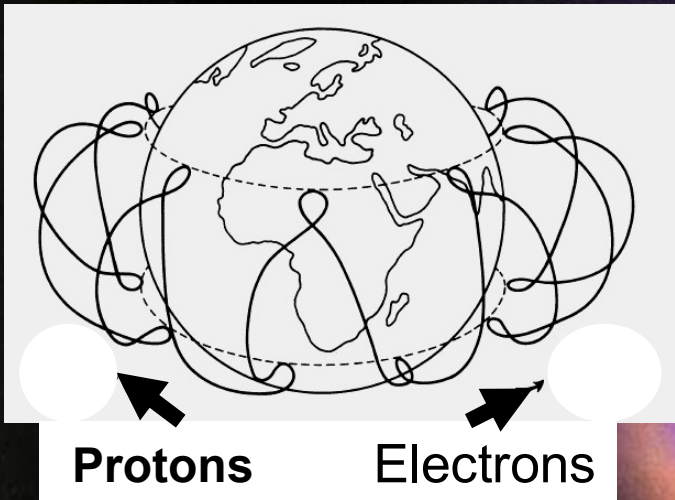
Auroral radiation?



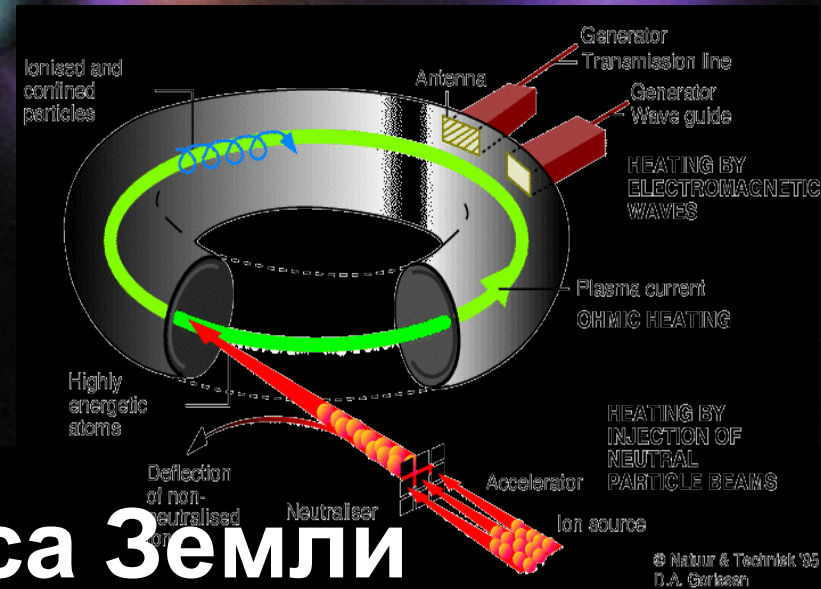
US «Explorer –1,2» - first measurements

Радиационные пояса Земли





~7R₃

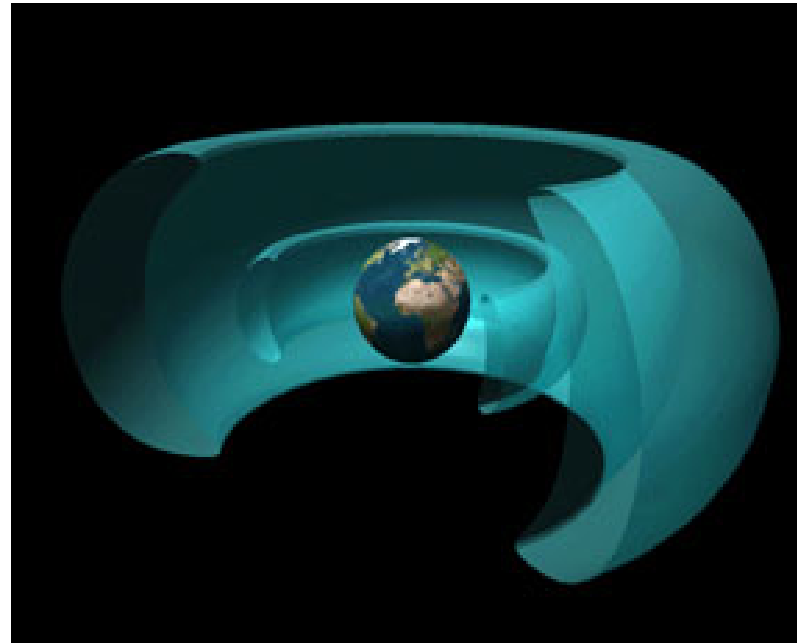
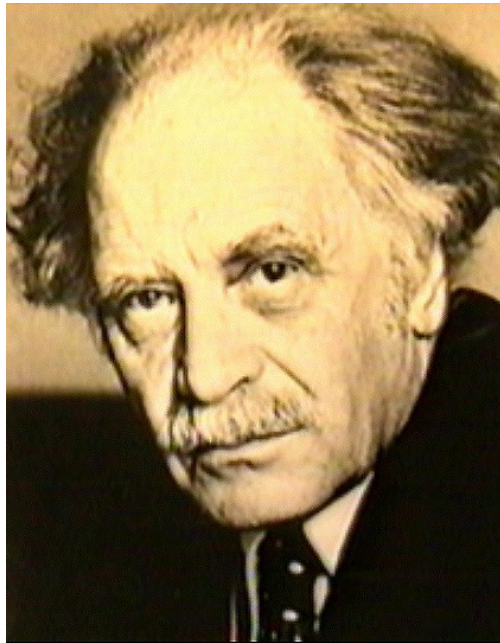


Радиационные пояса Земли

© Natur & Technik '95
D.A. Gorkaev

Первое открытие в космосе – энергичные частицы, захваченные в магнитное поле Земли

**The first discovery in space –
Energetic trapped radiation in the Earth's magnetic field**



Сергей Вернов

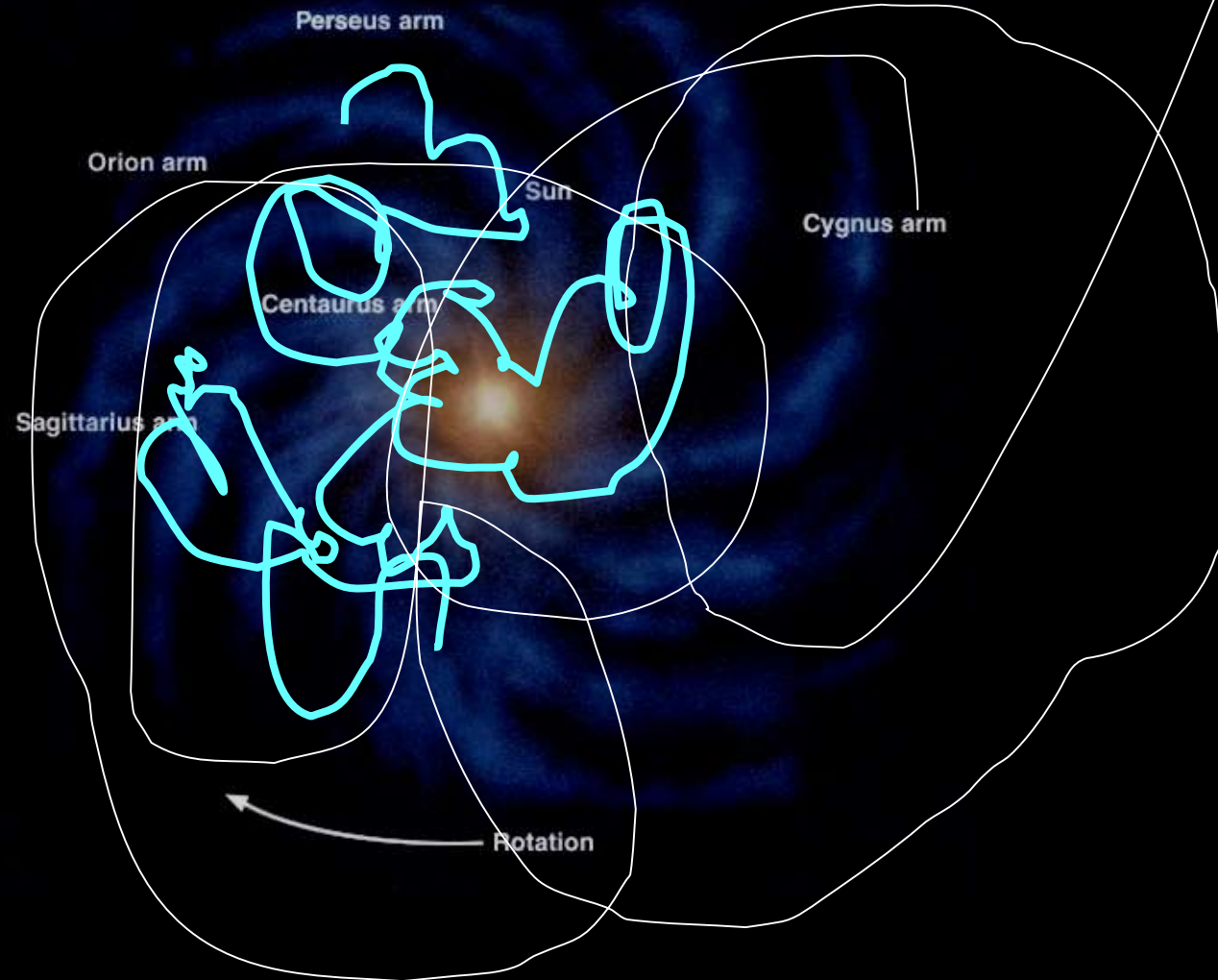
Джеймс Ван Аллен

**It is clear that the first space experiments
provided by Russians and Americans independently
brought us to the quite new step
of space environment understanding**

Космические лучи

Галактические
космические лучи

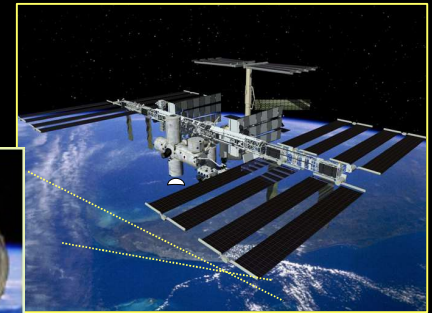
Внегалактические
космические
лучи



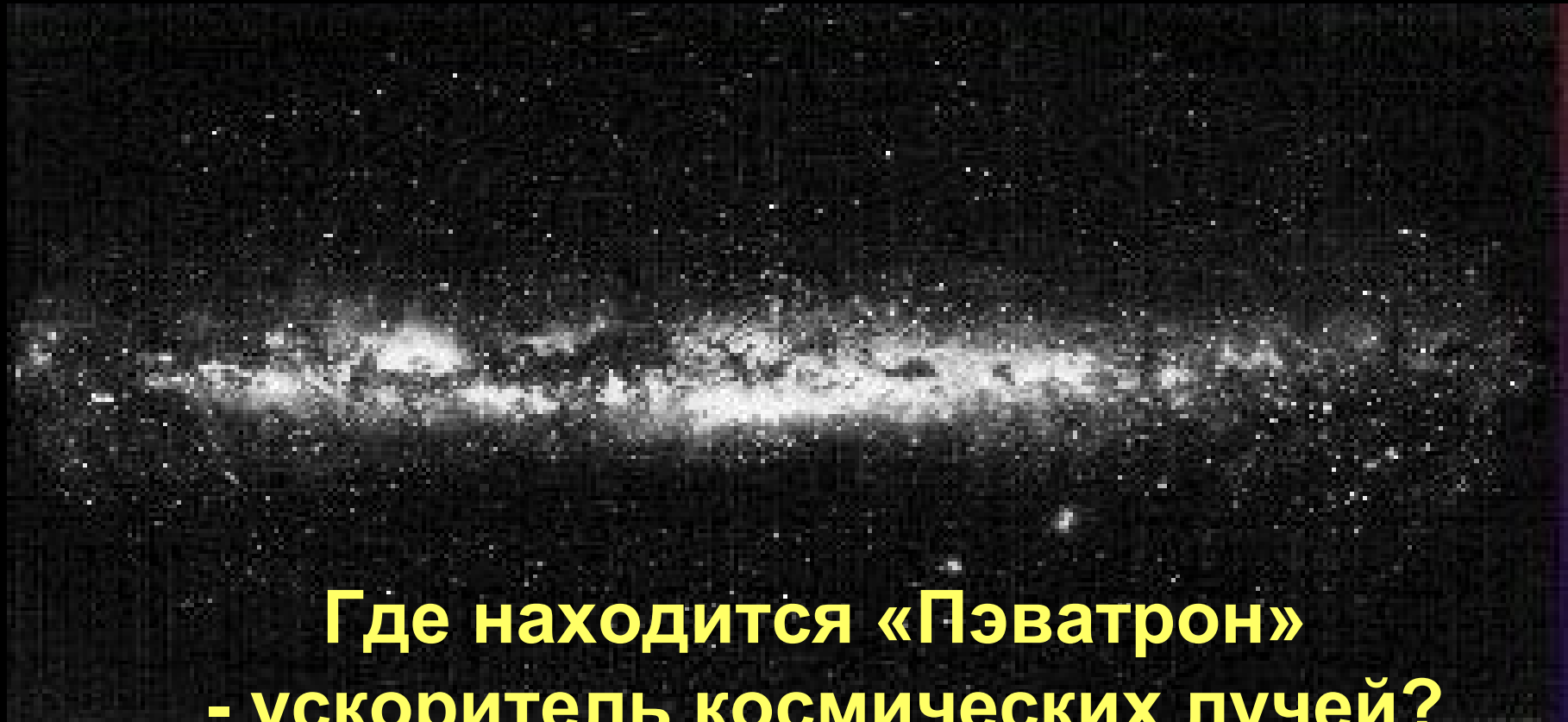
Cosmic Rays

COSMIC RAYS PUZZLES

beyond of 100 years of it's discovery



Мирное звездное небо
Peaceful starry sky



Где находится «Пэватрон»
- ускоритель космических лучей?

Взрыв Суперновой $\sim 10^{52}$ эрг



Supernovae explosion $\sim 10^{52}$ erg



Энрико Ферми

SN 1987

**Ускоренные
частицы**

Ударная волна

**Ускорение частиц на остатках
Сверхновых**

Fermi 1949, Krymsky 1977, Bell 1978,....

Сверхновые

10^{52} erg



Ginzburg



Syrovatskii

Energy balance
equation (Ginzburg &
Syrovatskii 1964)

~ 10% of SN kinetic energy
should go to cosmic rays
to maintain observed w_{cr}

at $W_{sn} = 10^{51}$ erg, $v_{sn} = 1/(30 \text{ yr})$



Первые измерения космических лучей высоких энергий в космосе

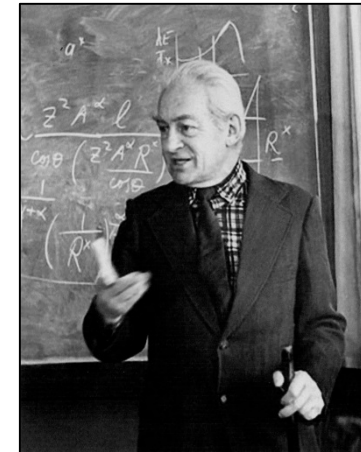
**The first HE CR measurements
in space**

Эксперименты «Протон»

«Proton» experiment : 1965 – 1968



S. Vernov

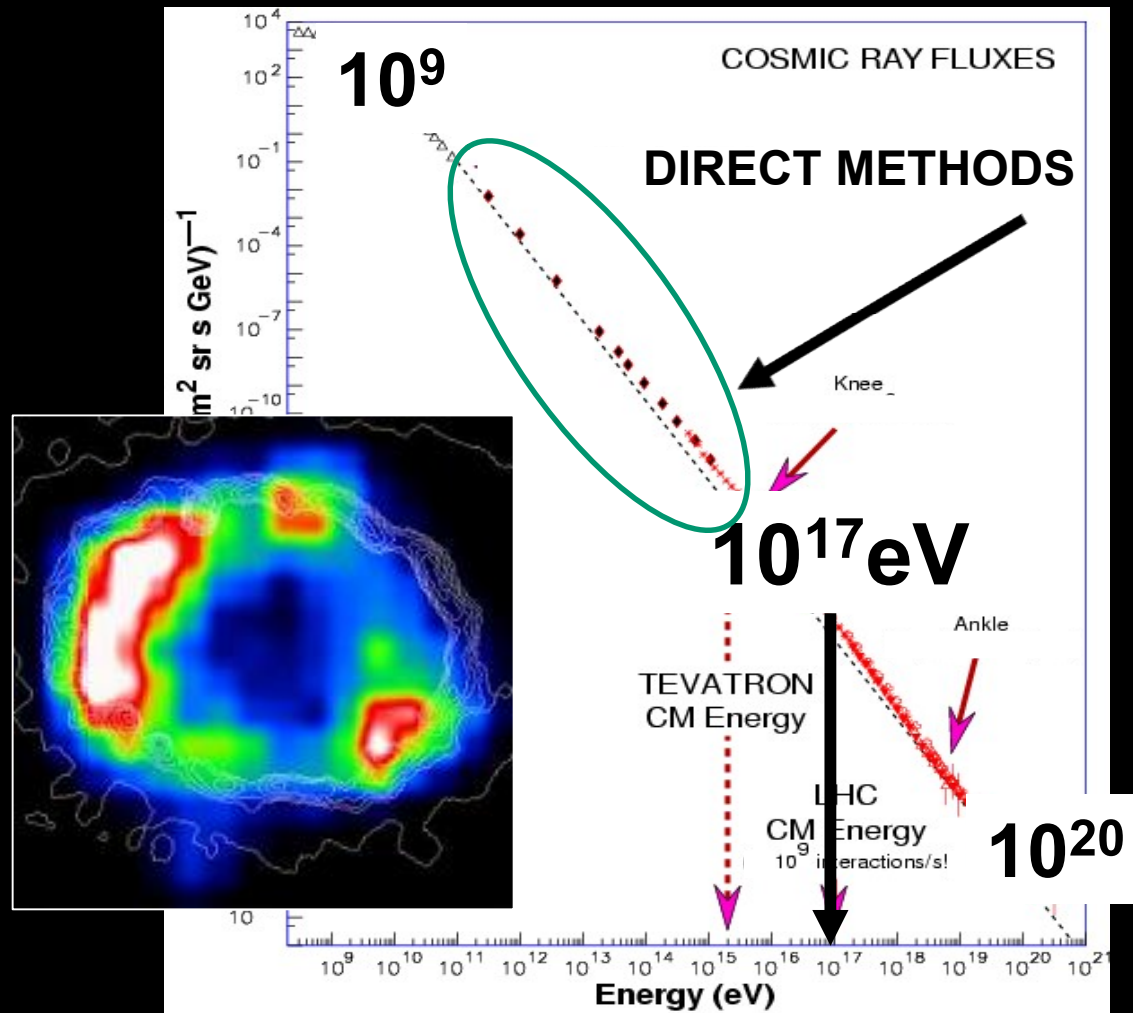


N. Grigorov

Payload mass : 20 ton

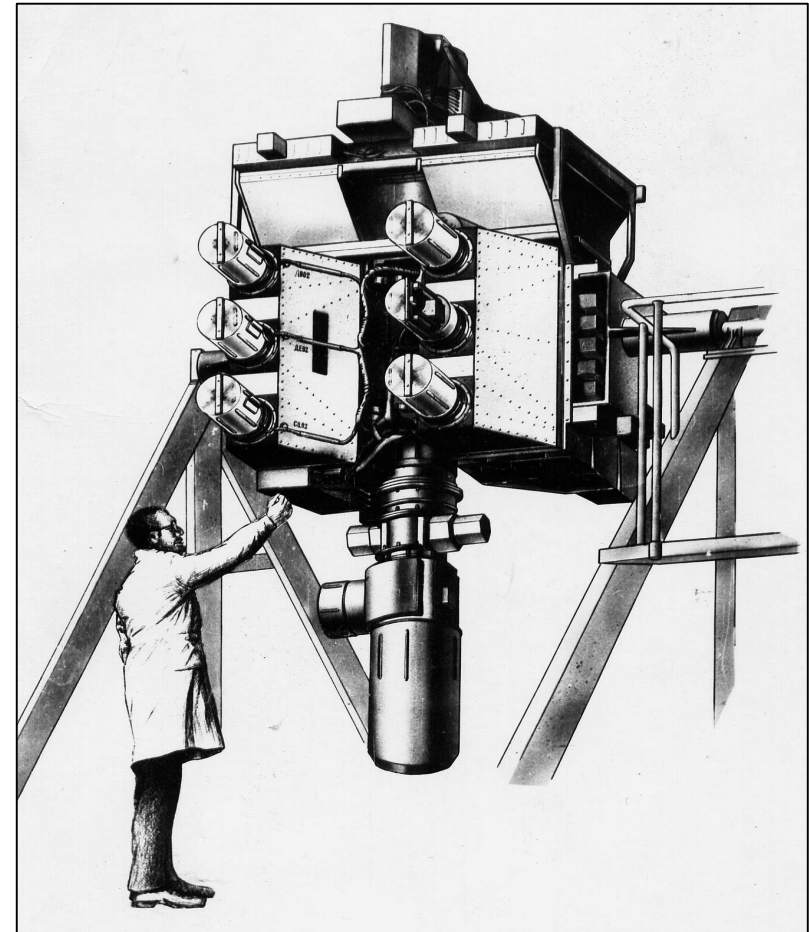
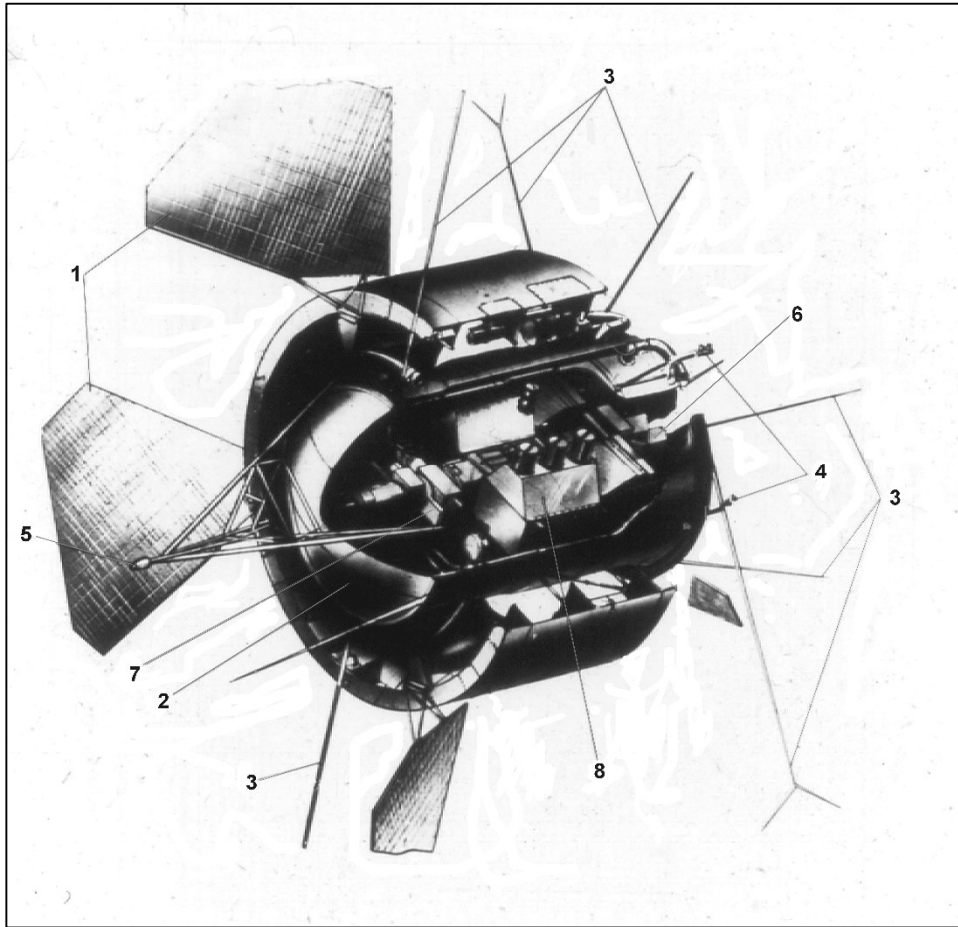
Chelomey's launcher (UR- 500,1965), named "Proton"

Астрофизика космических лучей



Cosmic Rays Astrophysics

Спутники «Протон» - 1,2,3



«Proton -1» - 16.07.1965 – 17.10.1965;

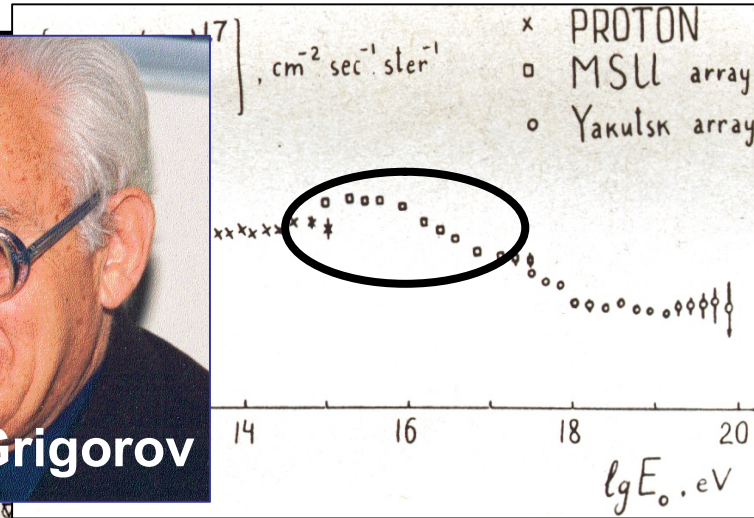
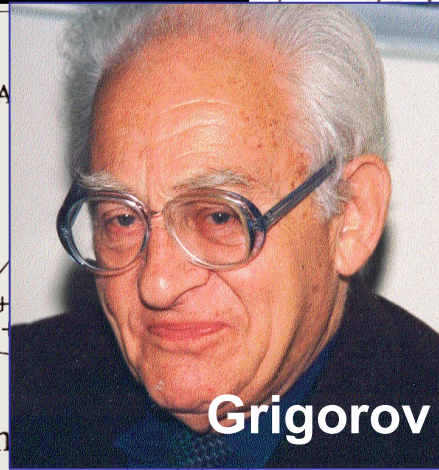
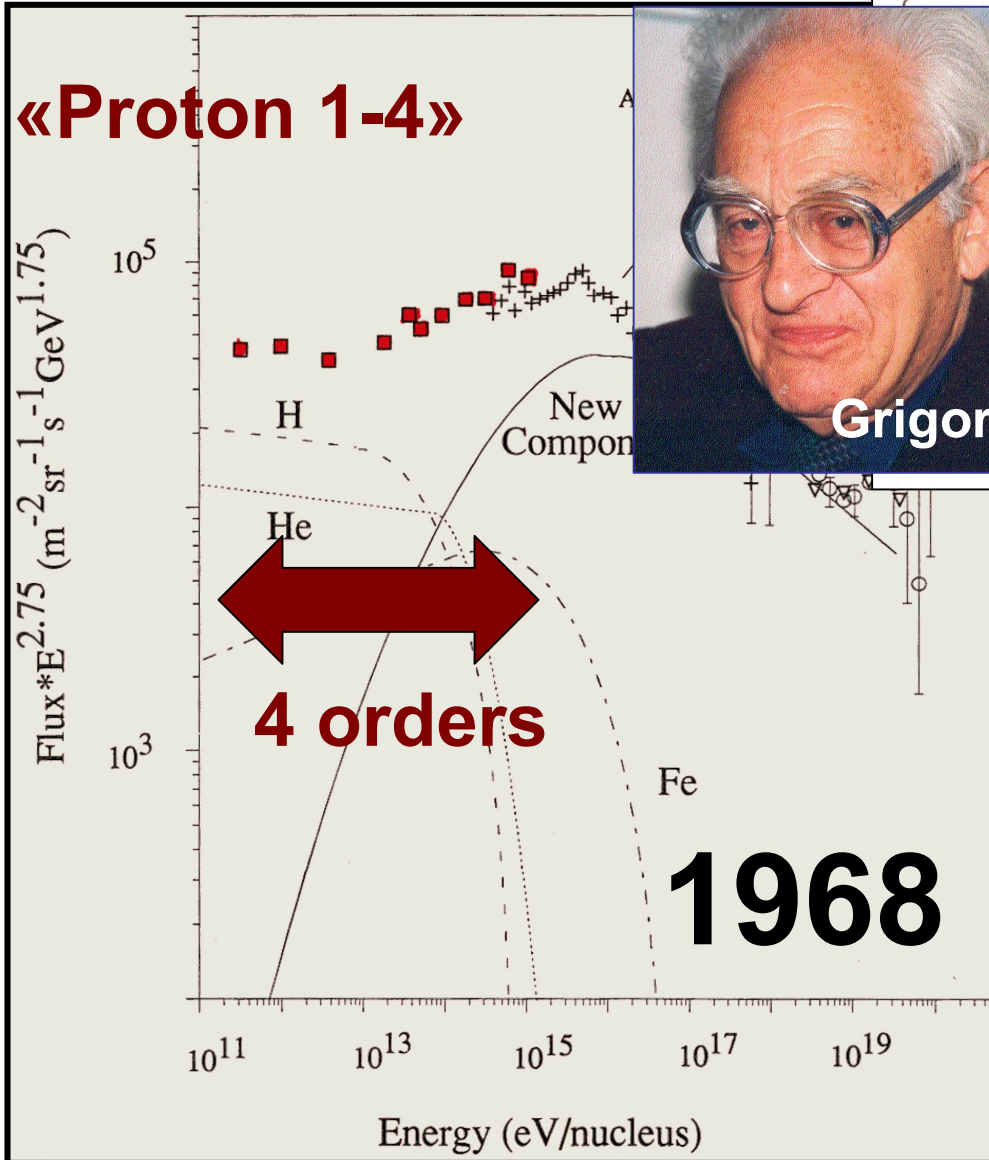
«Proton-2» - 02.11.1965 – 06.02.1966;

«Proton-3» - 06.07.1966 – 16.09.1966

SEZ-13 - 4,5 t.

«Результаты «Протонов»»

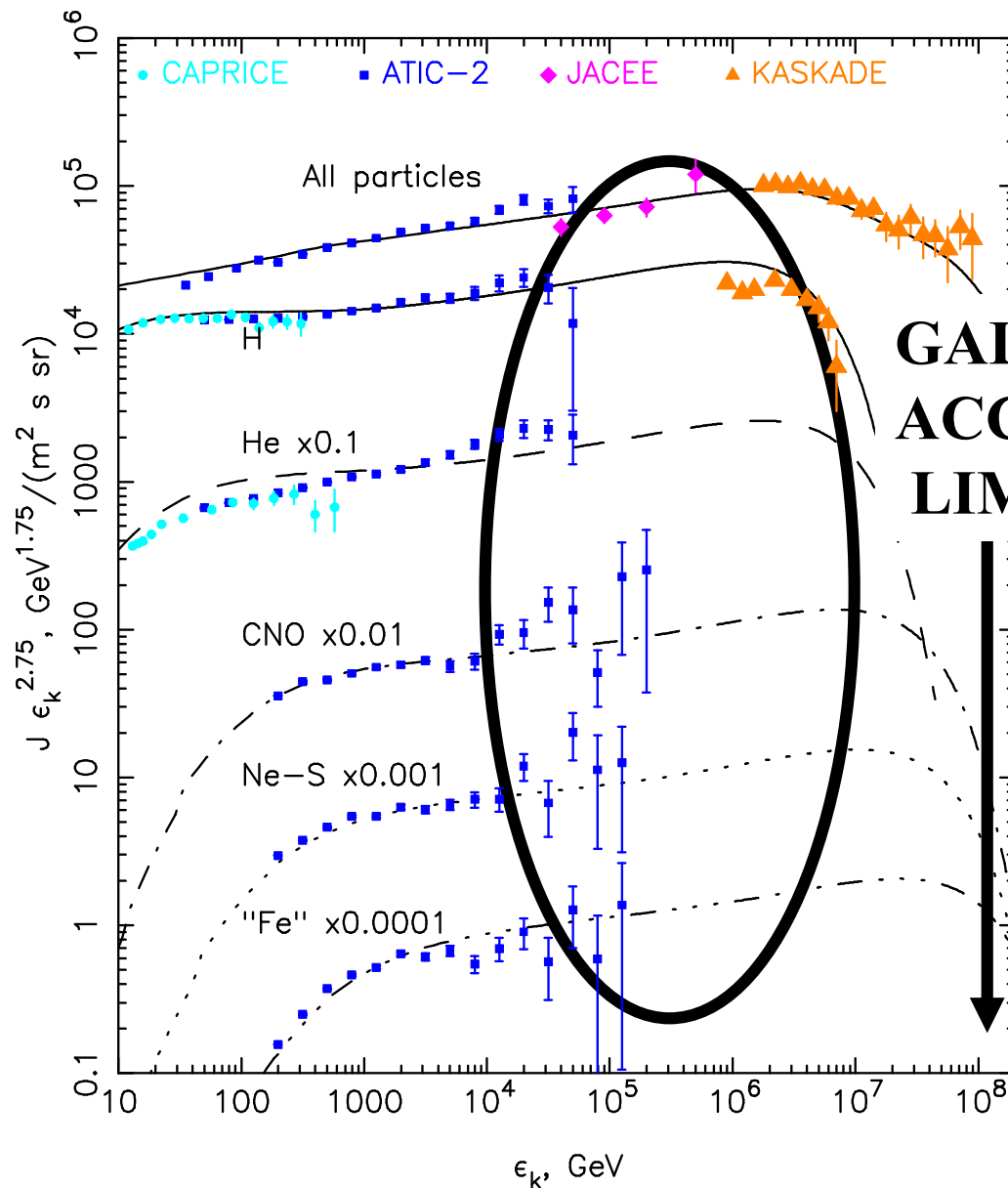
«Proton 1-4»



All particles spectrum

For the first time all particles spectra of the cosmic rays had been directly measured in the energy range 10^{11} - 10^{15} eV

«Белое пятно» наших знаний о космических лучах



**GALAXY
ACCELERATION
LIMIT**

Experiment:

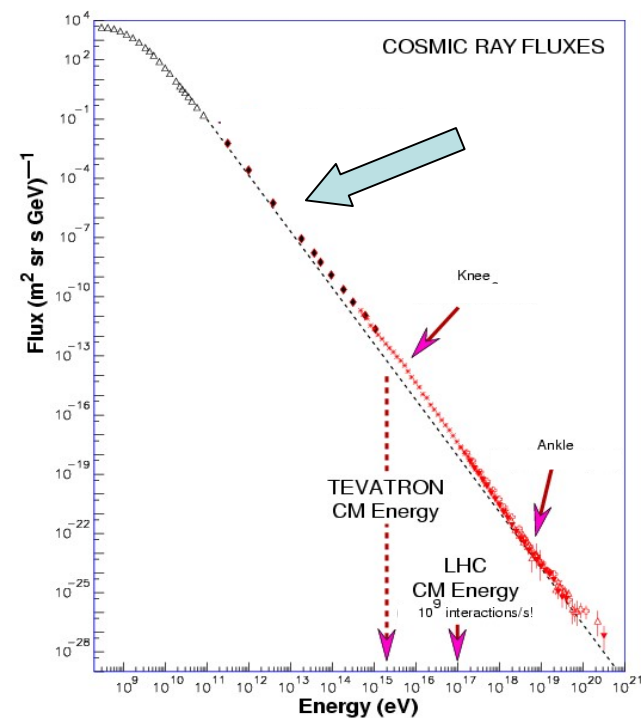
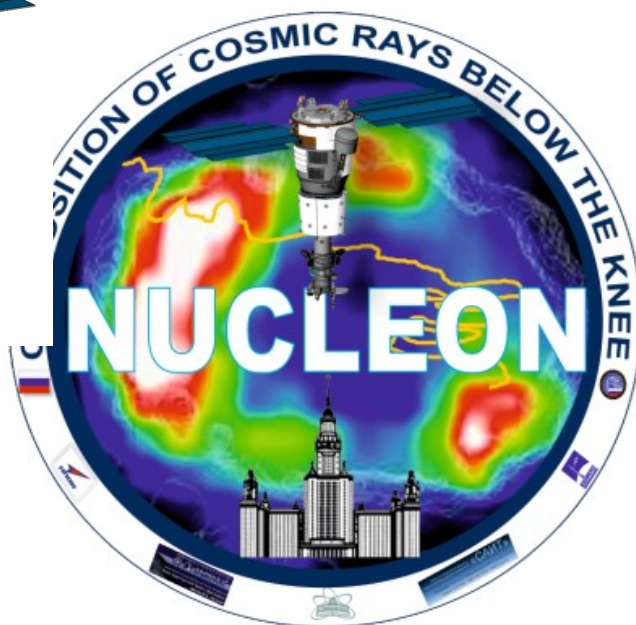
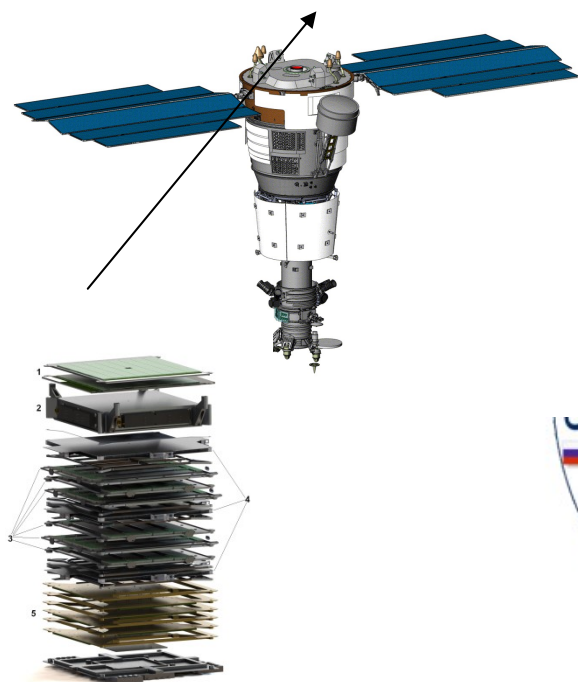
CAPRICE (*Boezio et al. 2003*)

ATIC-2 (*Panov et al. 2006*)

JACEE (*Asakimori et al. 1998*)

KASKADE (*Antoni et al. 2005*)

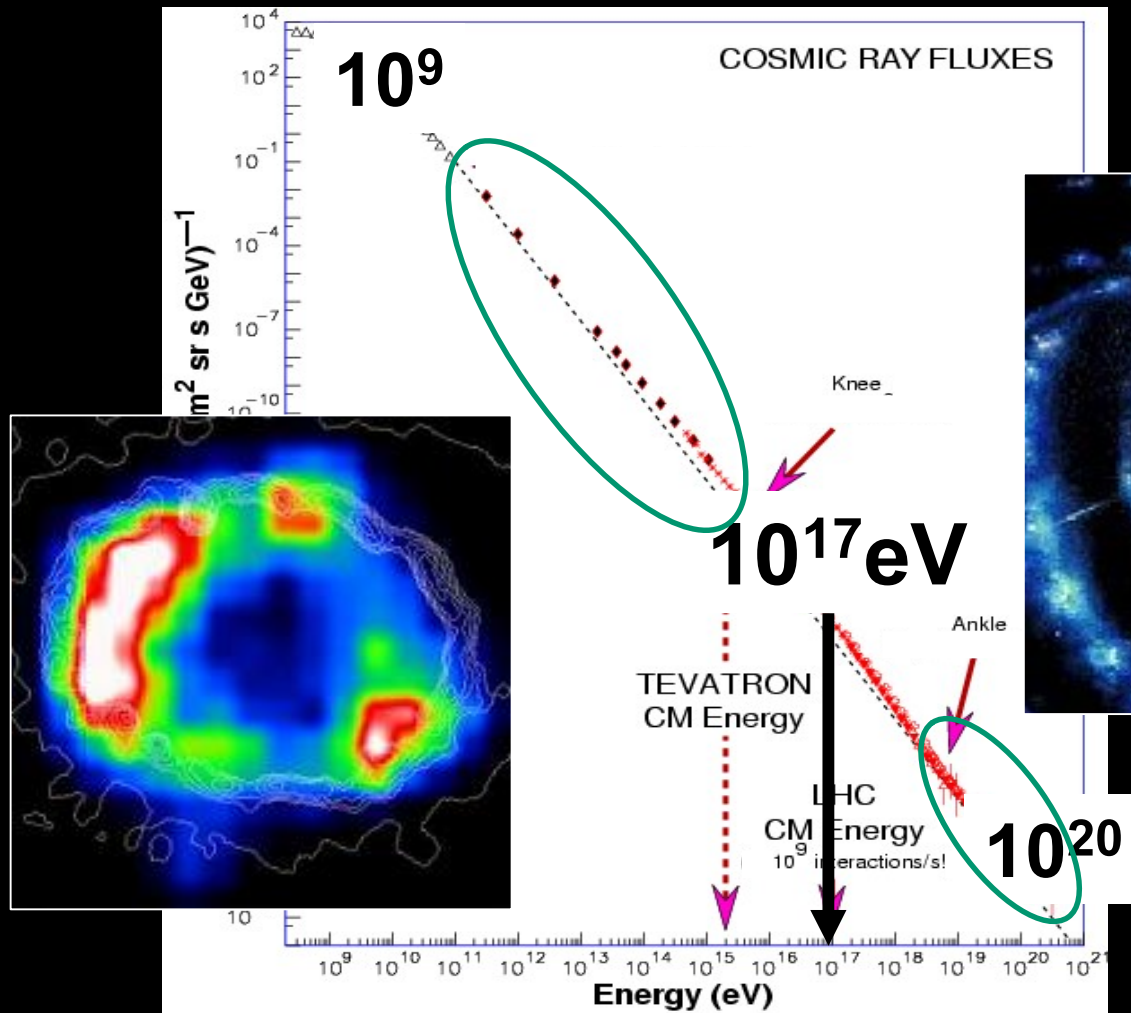
**«26 декабря 2014 г. был запущен «Нуклон»
на борту спутника «Ресурс –П №2»
On Dec., 26, 2014 satellite RESOURCE-P #2
was launched with NUCLEON instrument to study
chemical composition of high-energy galactic cosmic rays**



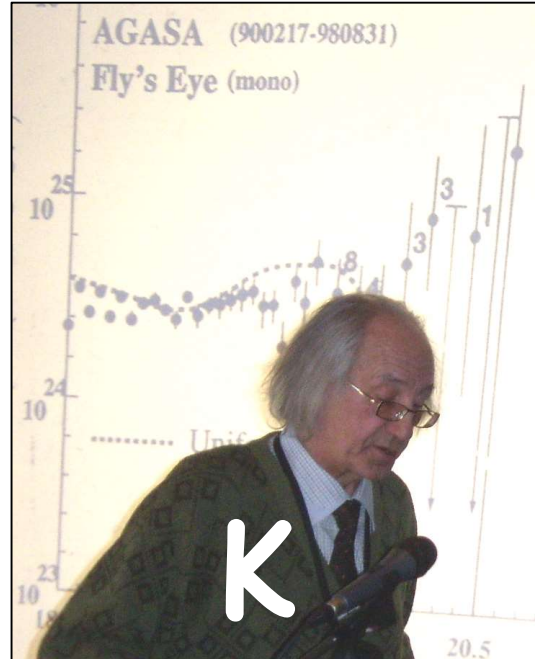
Космические лучи ультра- высоких энергий

**Где конец энергетического спектра
космических частиц?**

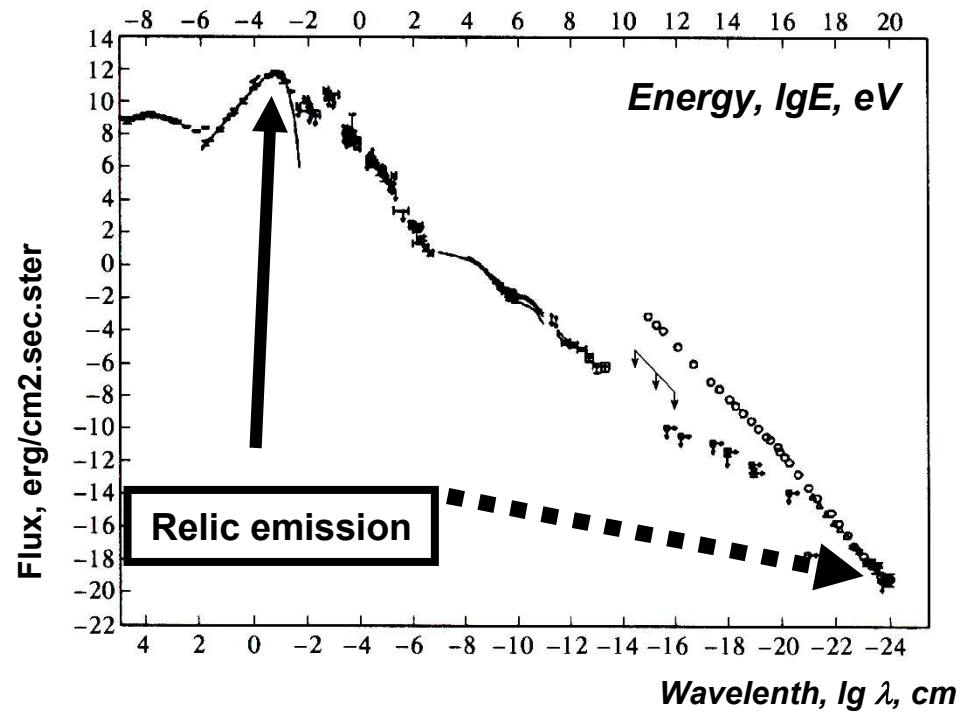
Астрофизика космических лучей



**Экстремальные ускорители
космических частиц –
космических лучей ультра - высоких энергий**

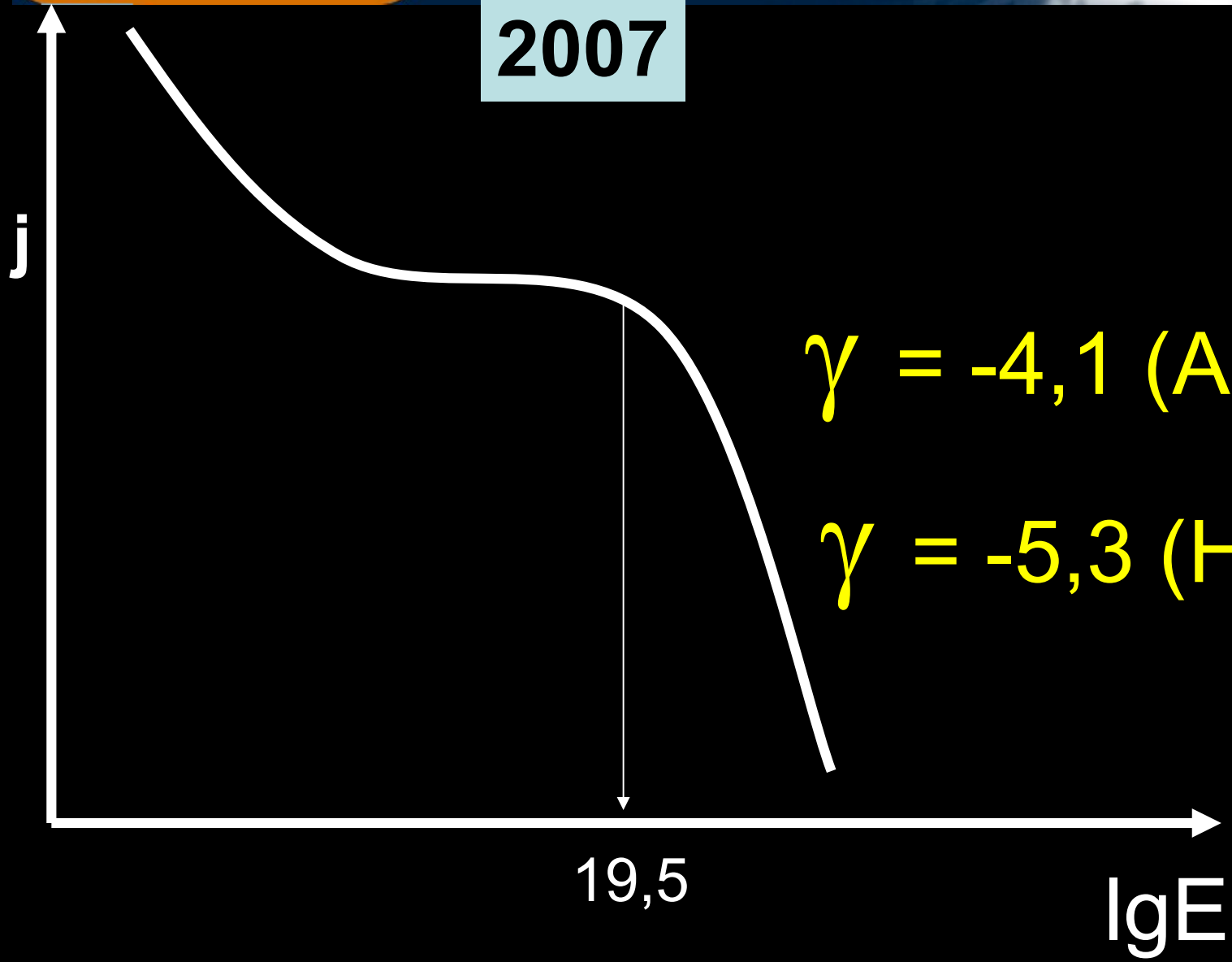


effect



1966

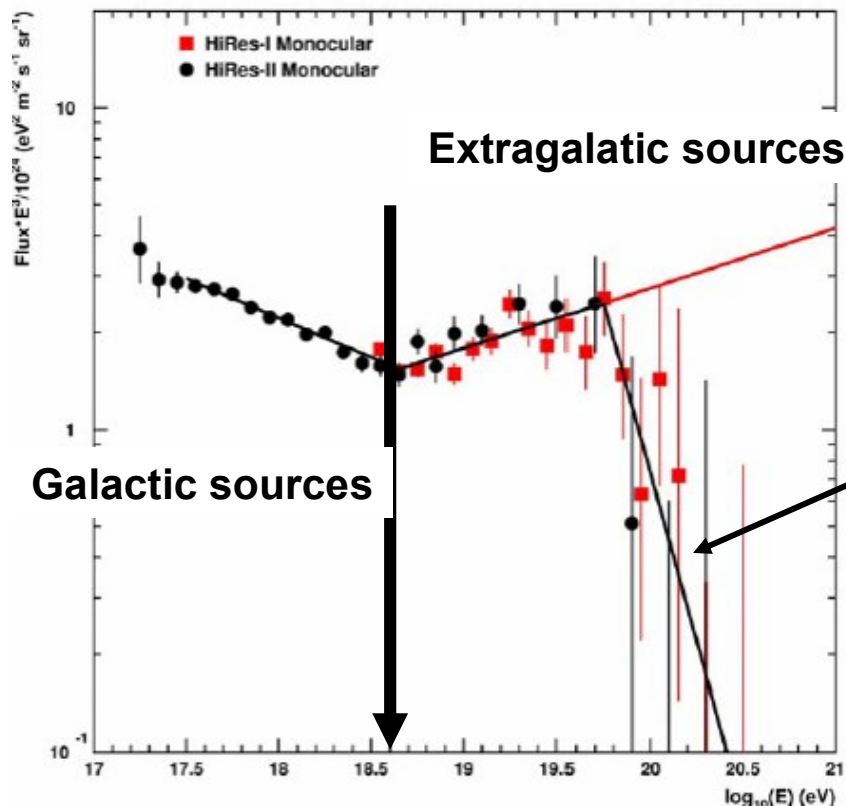
2007



$\gamma = -4,1$ (Auger)

$\gamma = -5,3$ (HiRes)

«ГЗК – обрезание» или предел ускорения???



Is it GZK?

**Instead of GZK:
Limit of acceleration ???
...sources *running out of
fuel*...
(Medino-Tanko)**

**Еще одна загадка самых
энергичных частиц материи**

**Another puzzle of the end of CR
spectrum**

known unknown”

Магнитные поля Вселенной

$$R_L = \text{kpc} Z^{-1} (E / \text{EeV}) (B / \mu\text{G})^{-1}$$

$$R_L = \text{Mpc} Z^{-1} (E / \text{EeV}) (B / \text{nG})^{-1}$$

$$1 \text{ EeV} = 10^{18} \text{ eV}$$

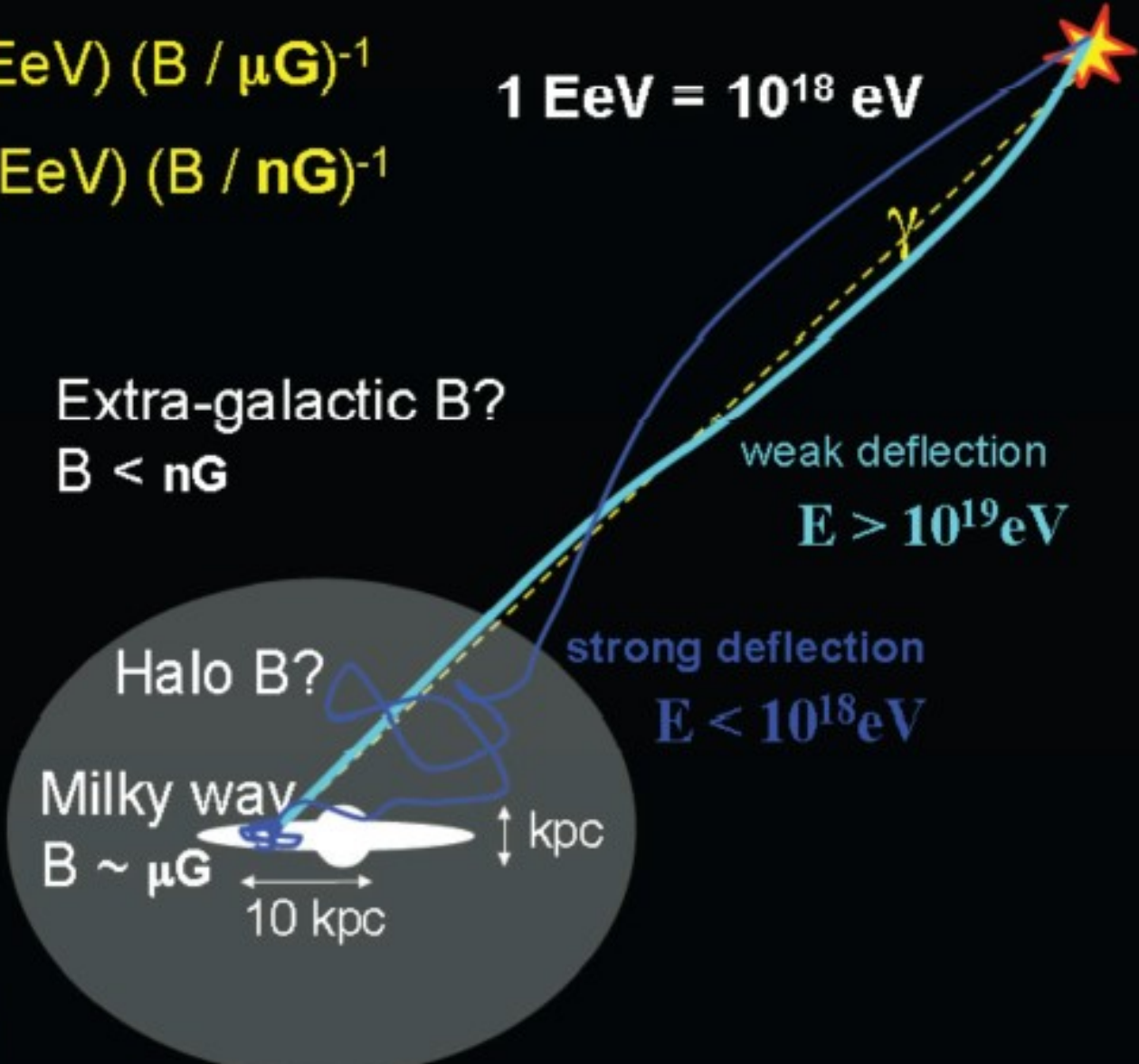
Galactic B deflection
 $< 10^\circ Z (40 \text{ EeV}/E)$
isotropic in sky

Extra-galactic B?
 $B < \text{nG}$

weak deflection
 $E > 10^{19} \text{ eV}$

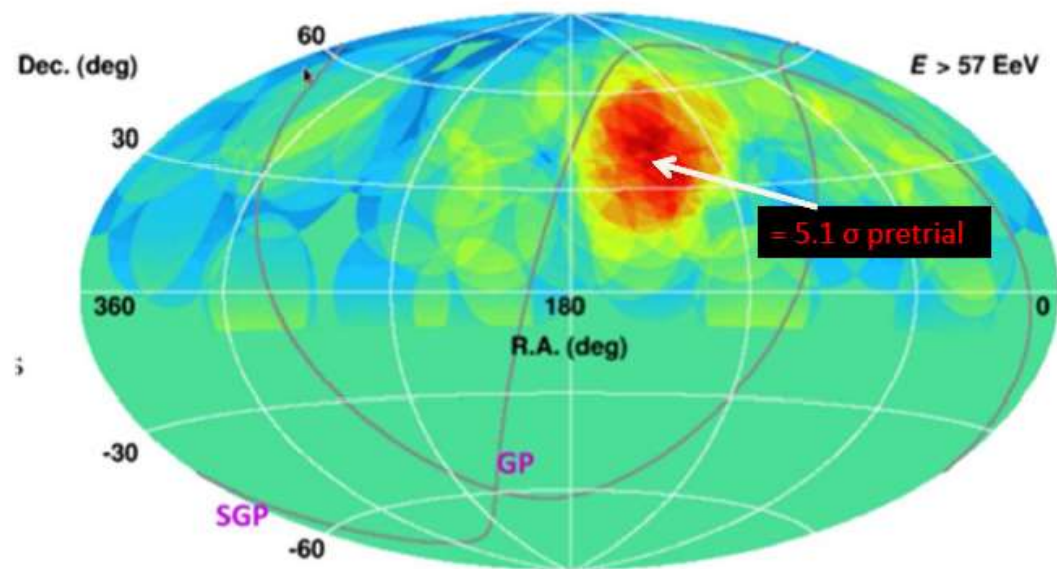
Halo B?

strong deflection
 $E < 10^{18} \text{ eV}$



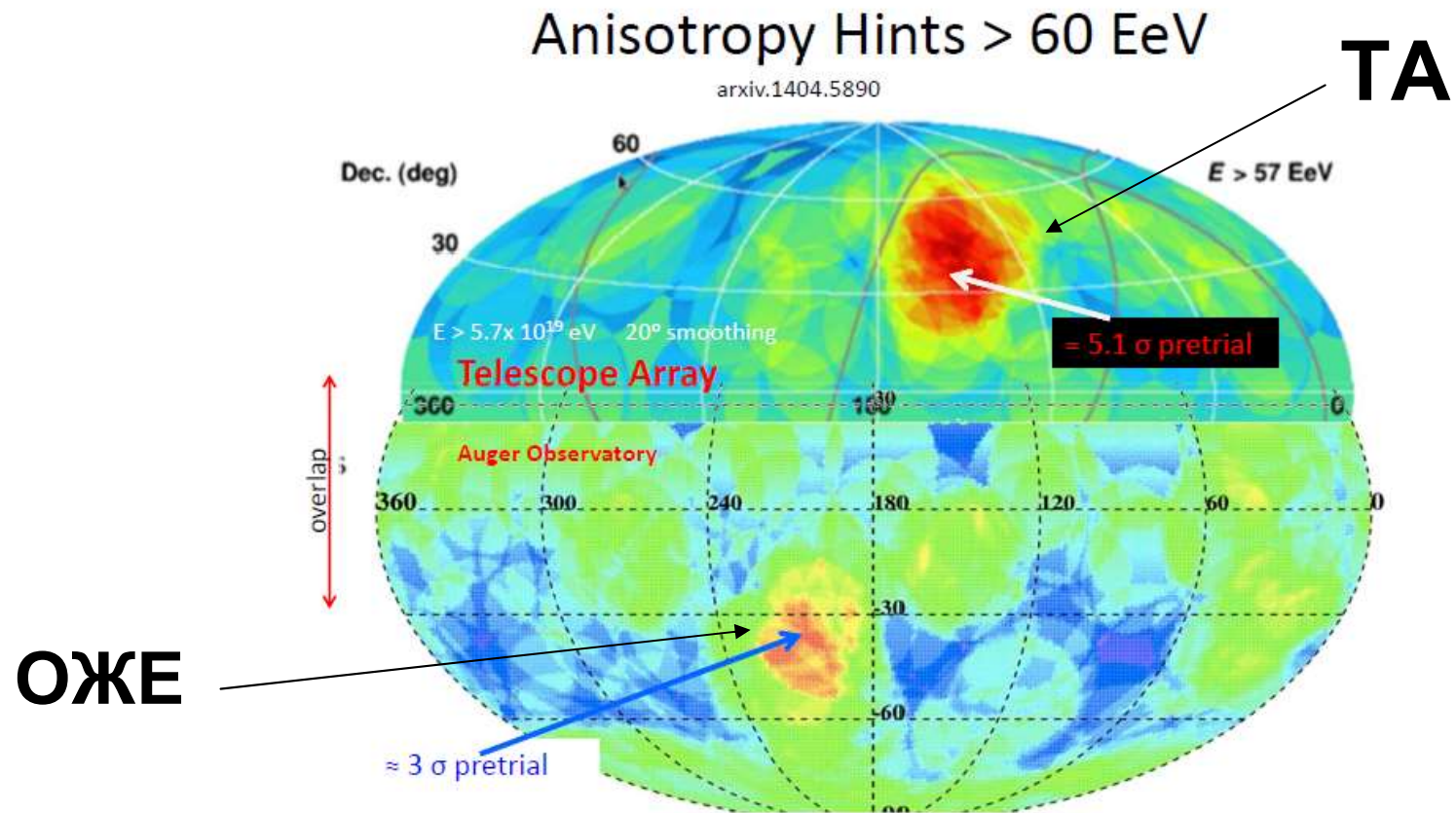
Необычный результат ТА (2014)

Telescope Array Hotspot > 60 EeV



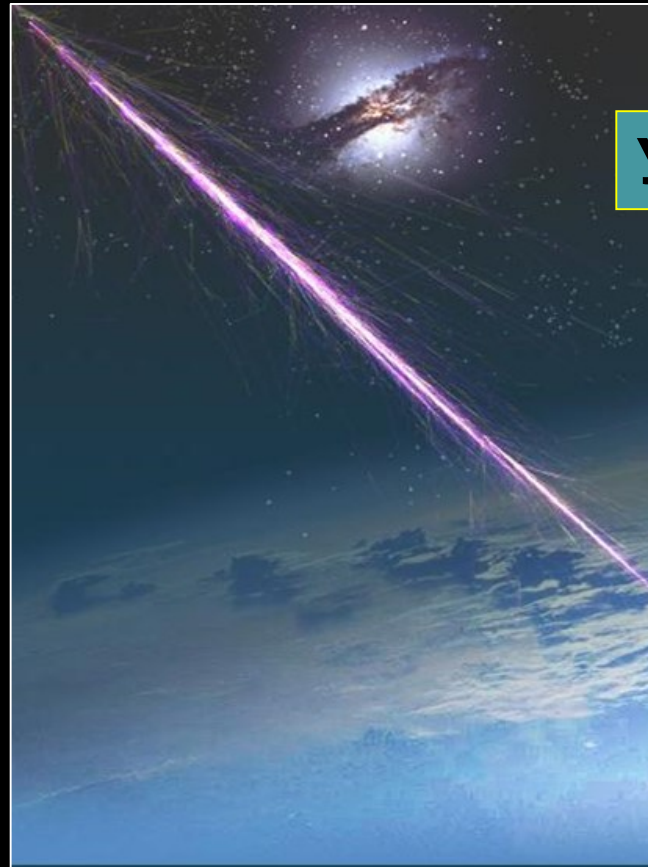
Abbasi et al. 2014

Разное небо?



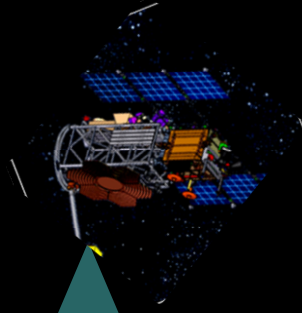
Therefore we need to go to space to catch UHECR !

Следы космических лучей в атмосфере

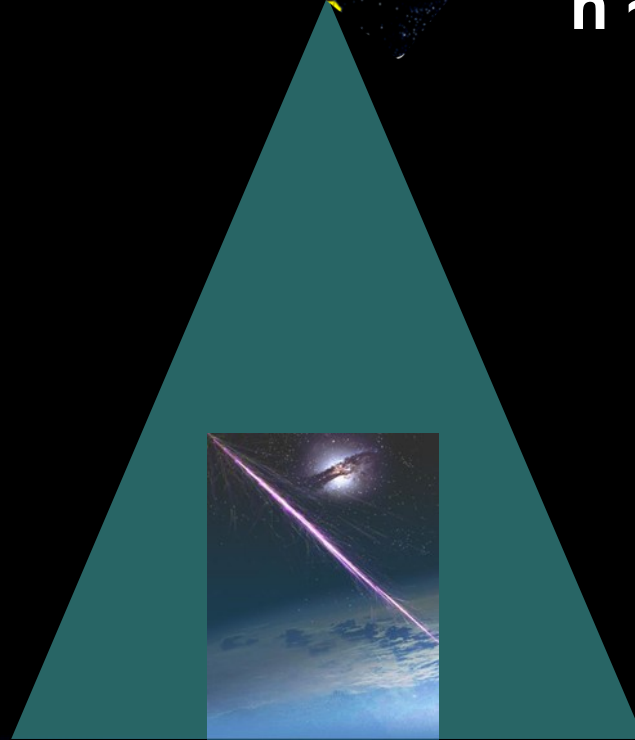


УФ - эмиссии

Atmosphere as a target for Cosmic Rays



$h \sim 500 \text{ km}$



$S \sim \text{kkm}^2$

TUS (Trek UV Setup) on board
“LOMONOSOV” satellite: *the first
attempt to catch UHECR from space*



NADIR

Moscow State University, Joint Institute of Nuclear Research,
Sungkyunkwan University (Korea), University of Puebla (Mexico)

Российский университетский спутник



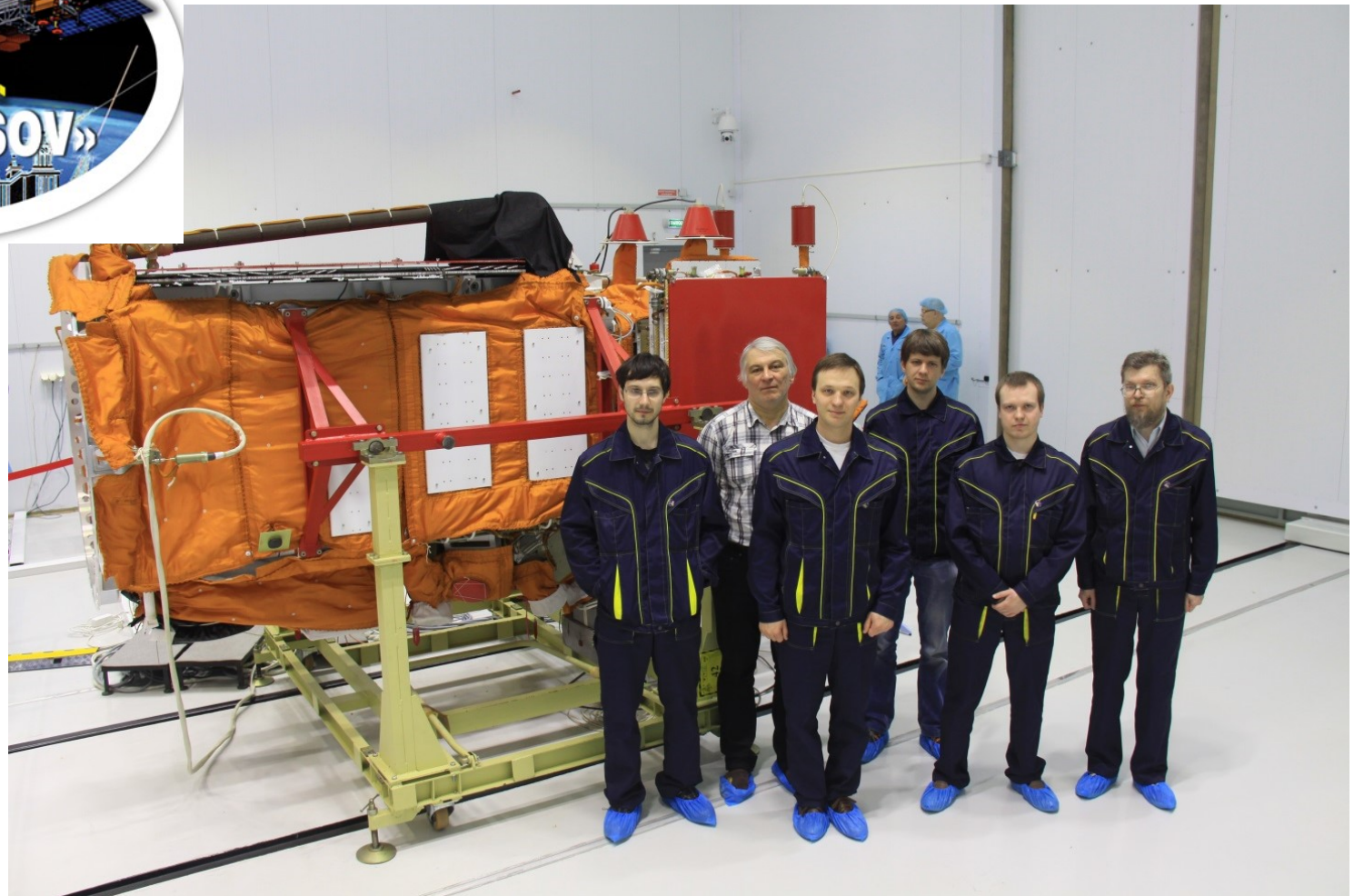
«КАНОПУС»

Проект реализуется в рамках программы развития МГУ

Проект поддержан Президентом РФ (№ Пр-1796 от 21.06.2010) и утвержден перечнем поручений Президента РФ (Пр-22, пункт 14).

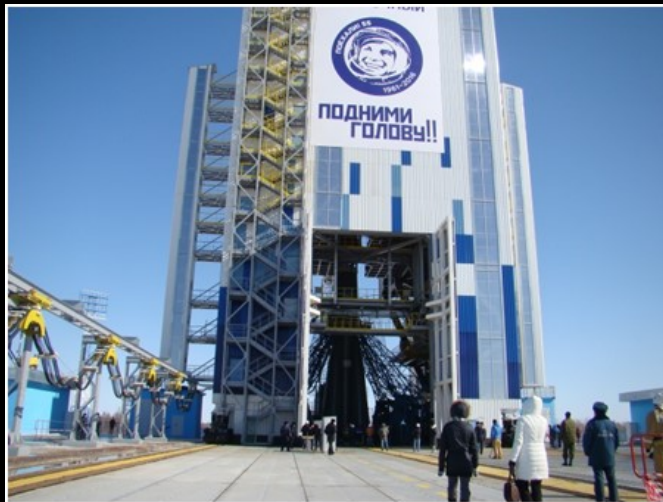
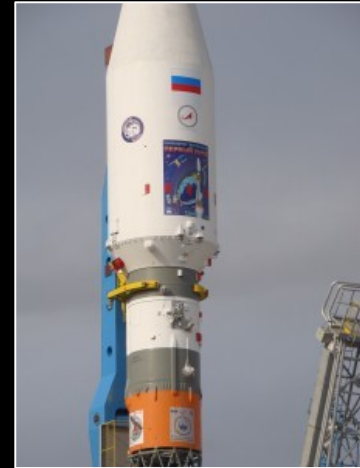
Проект в части эксперимента ТУС осуществляется в рамках ФКП России

VOSTOCHNYI, APRIL, 2016



Spaceport "Vostochny"

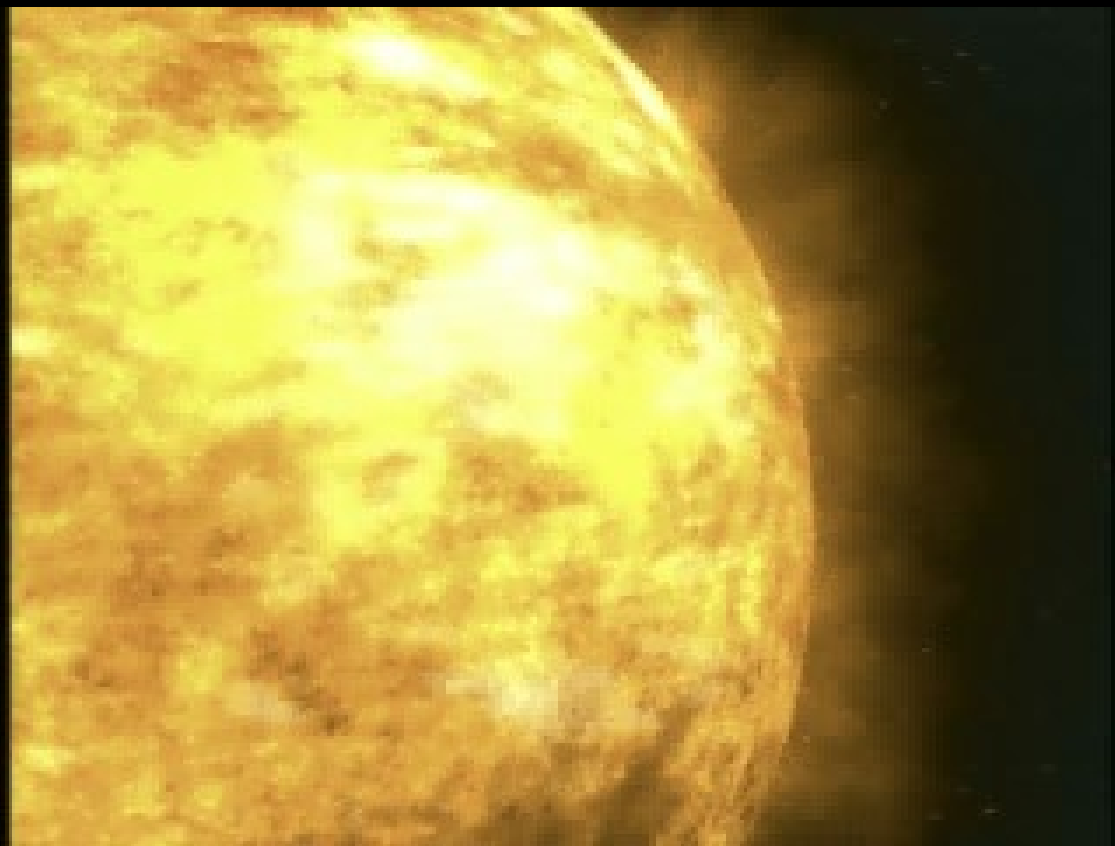
April, 28, 2016



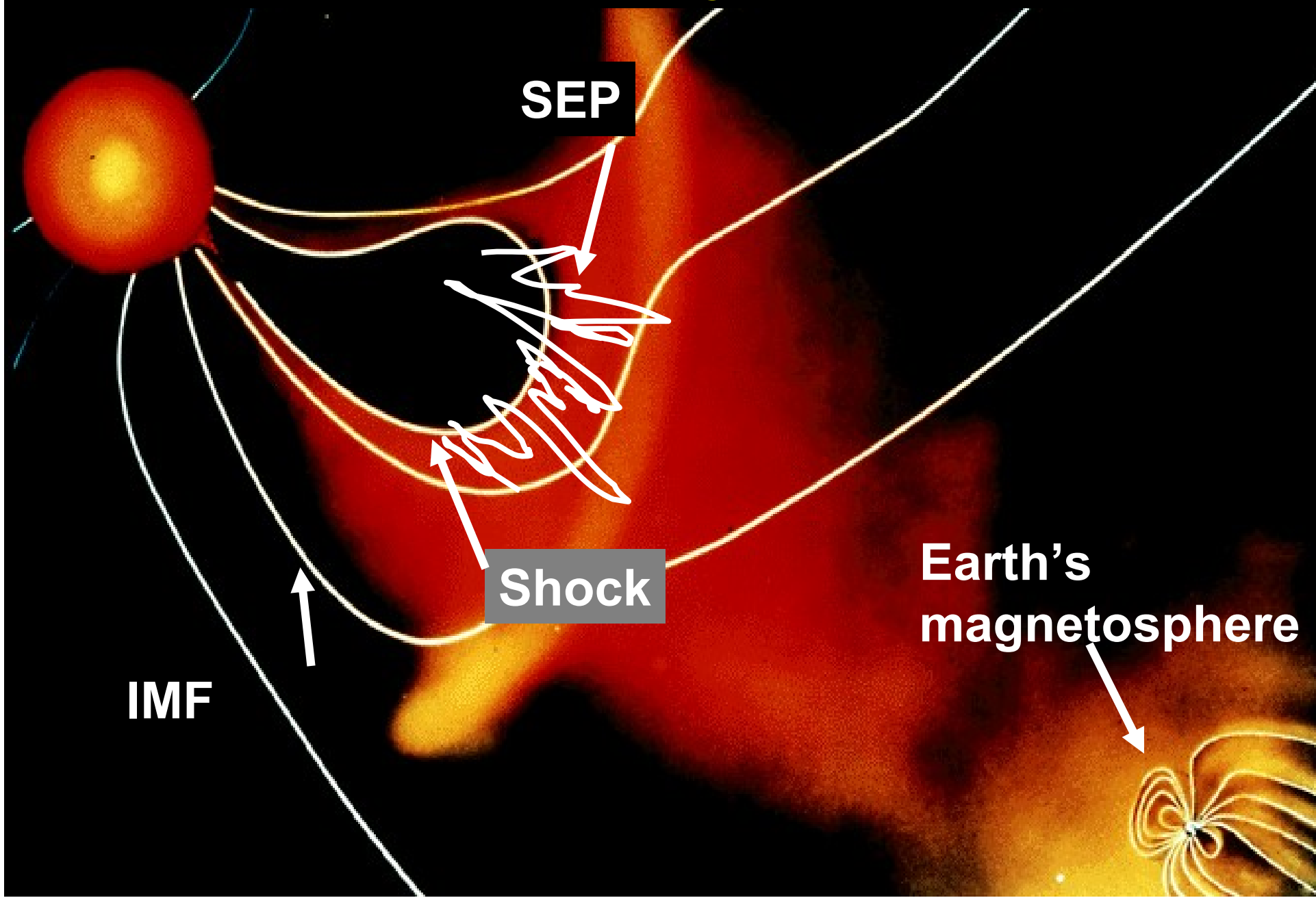
Солнце – наша звезда



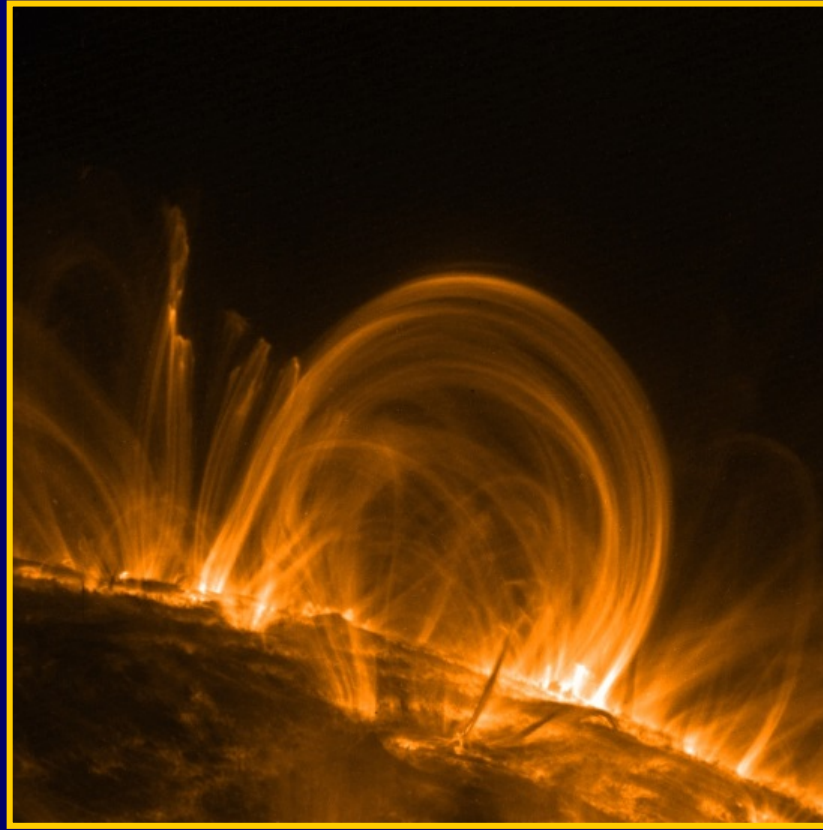
Солнечные частицы



Ускорение СКЛ на ударных волнах

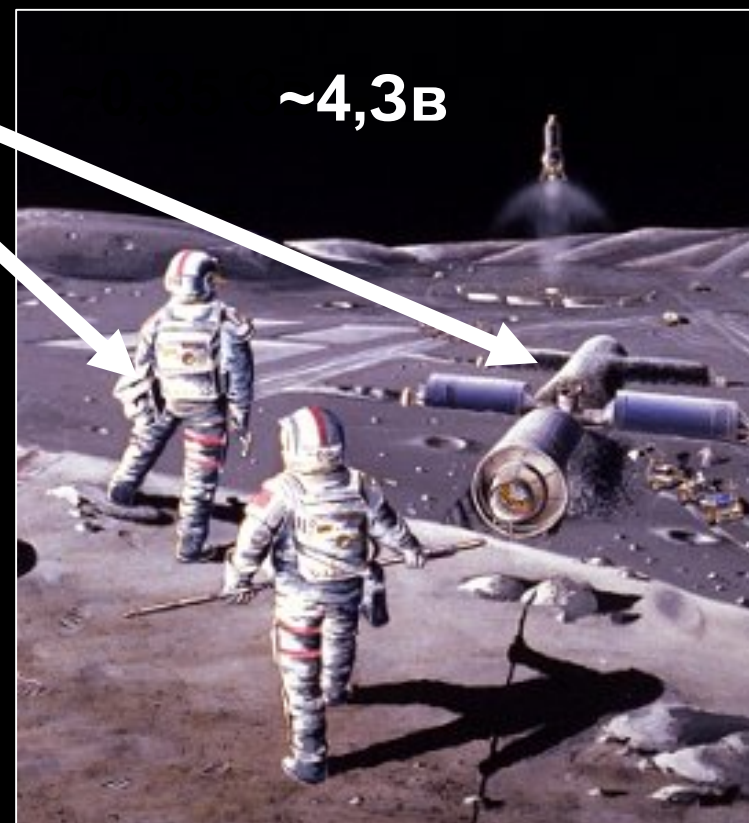


Или...

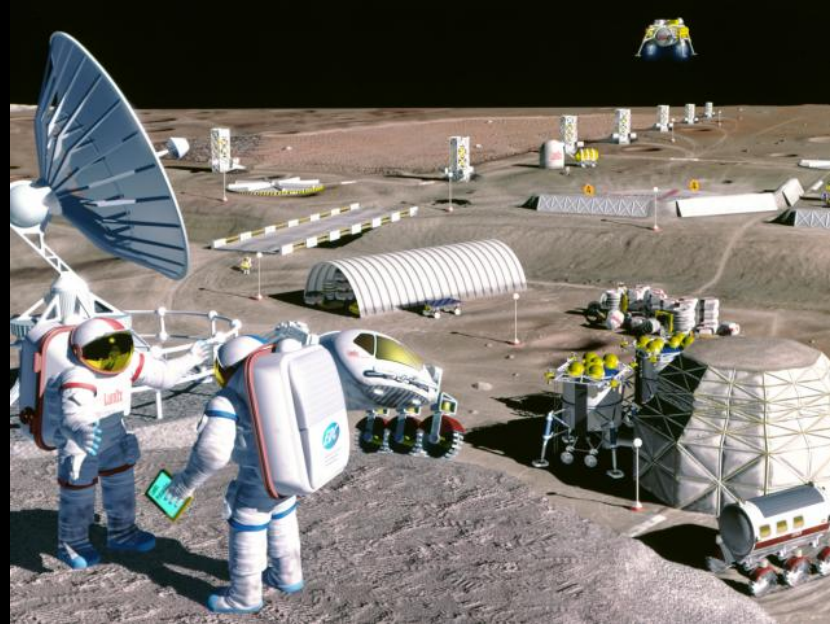


или ускорение частиц в солнечной
атмосфере?

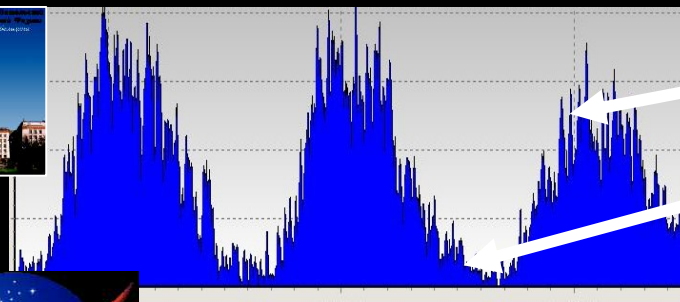
Радиационный эффект вспышки типа августа 1972



Лунная долговременная станция



Модели НИИЯФ МГУ для зашит 10 гсм-2

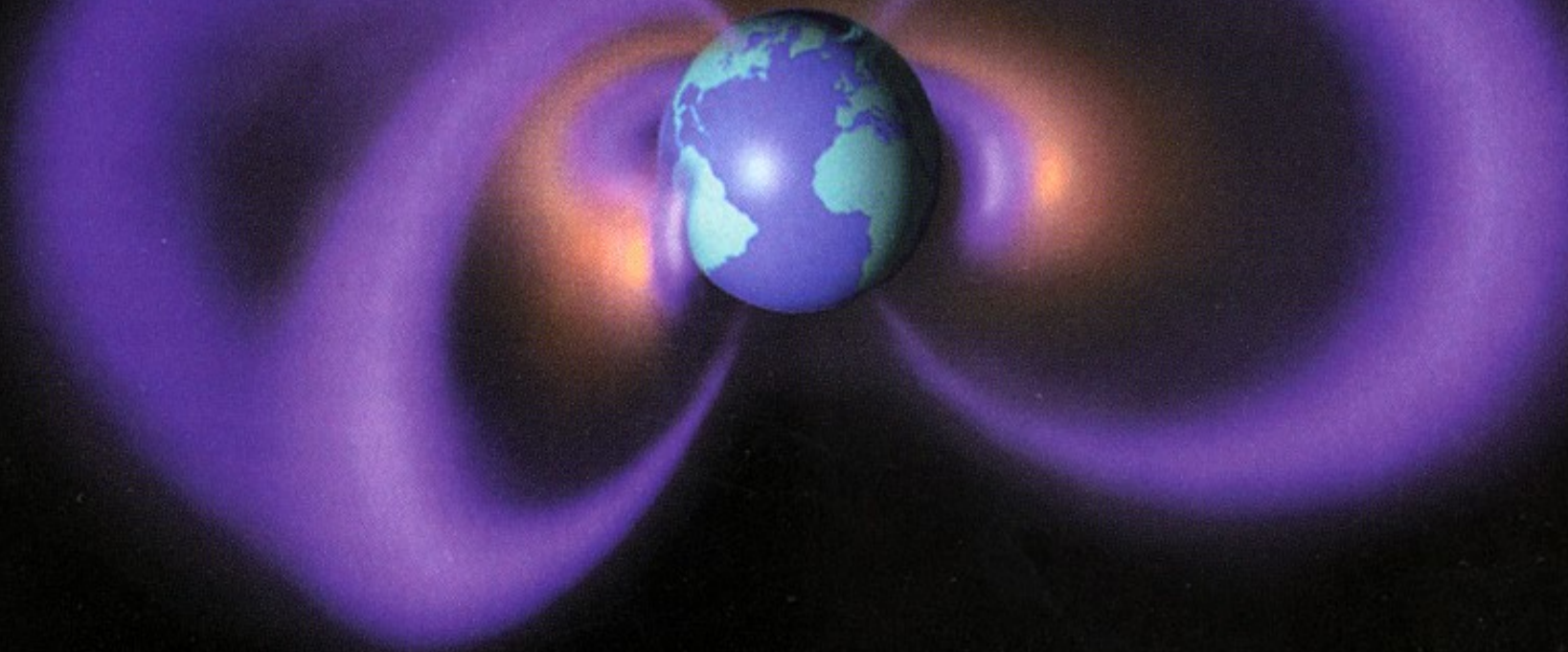


До 1,5 месяца

До 1 года

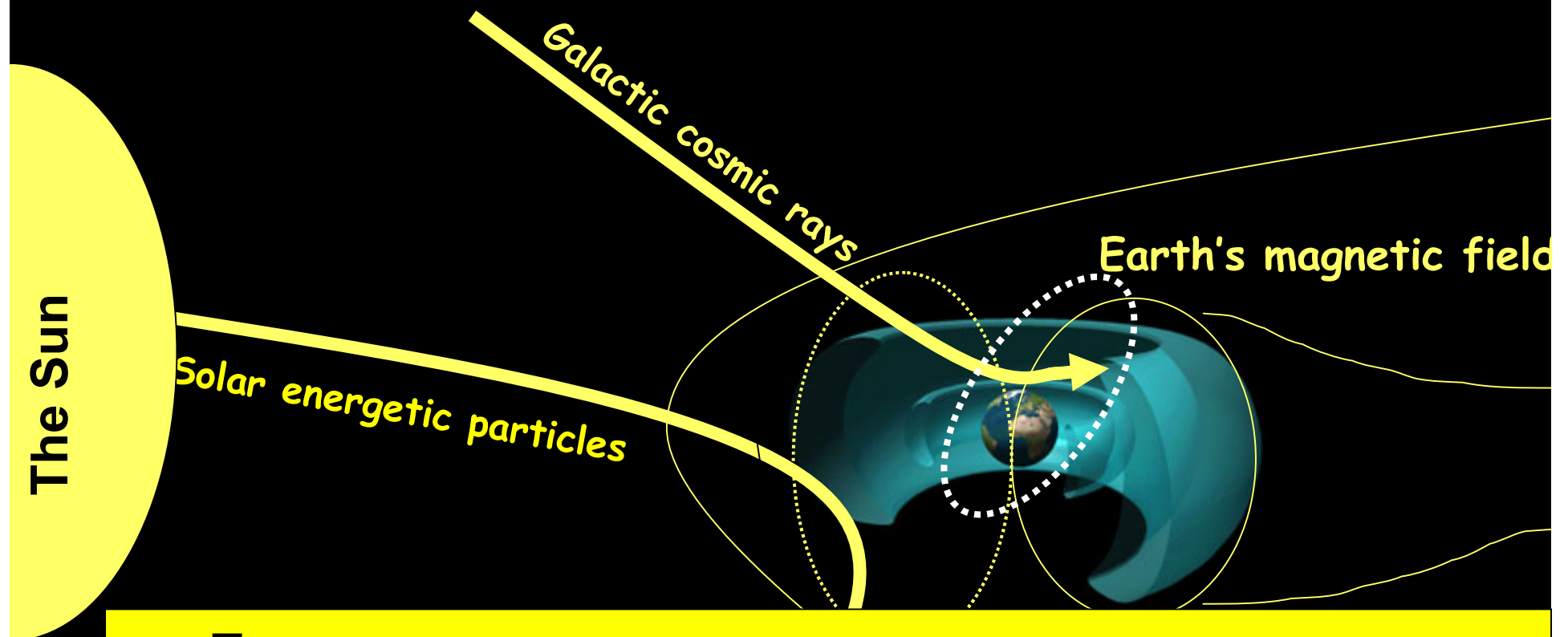


At solar minimum (Y2028-2030),
lunar missions to 90 days allowed.



**Радиационные пояса –
основной источник радиационной опасности
в околоземном космическом пространстве**

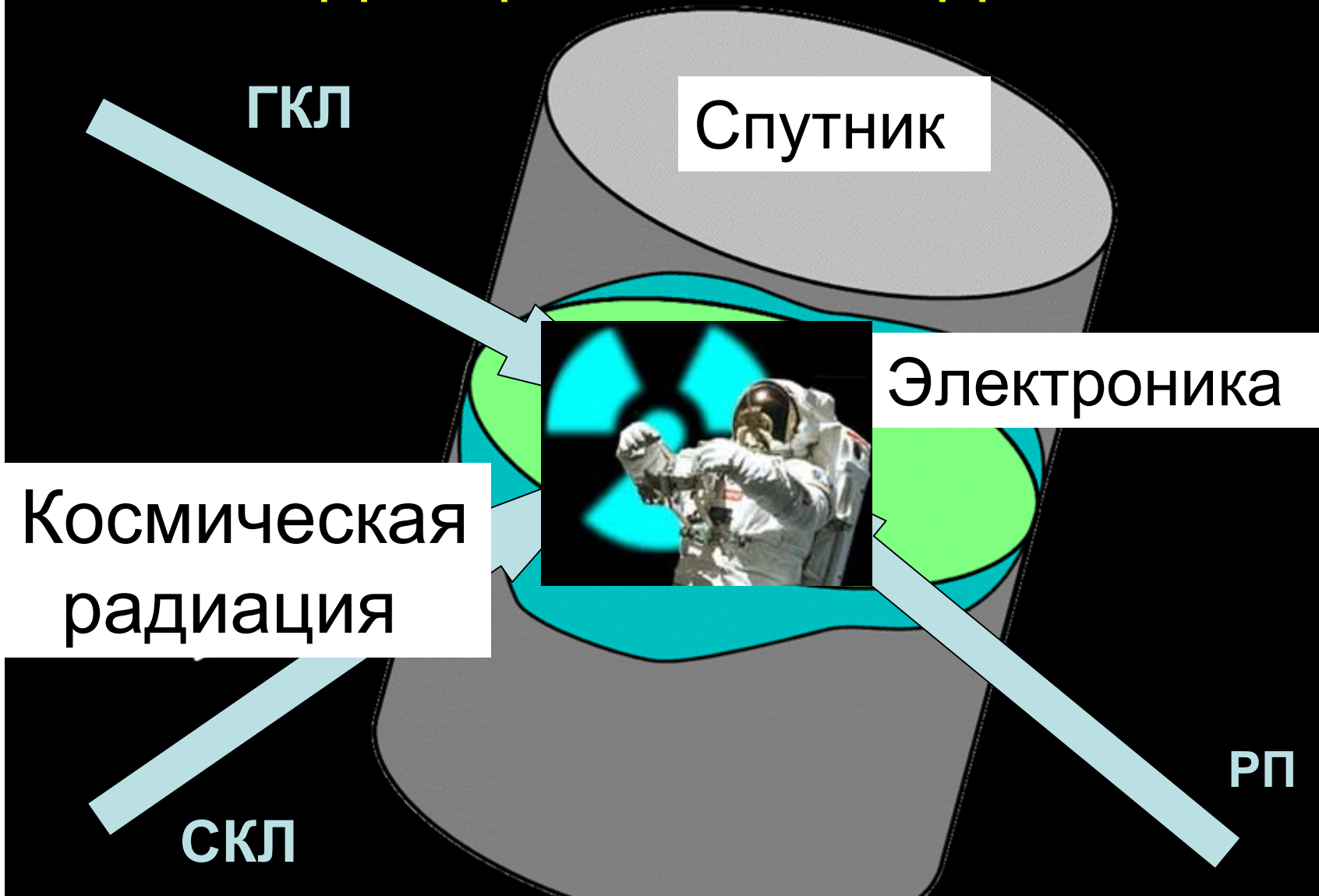
Космическая радиация вблизи Земли



Для решения многих практических задач
космические радиационные
условия невозможно смоделировать на Земле

Near-Earth Space Radiation Environment

Радиационное воздействие

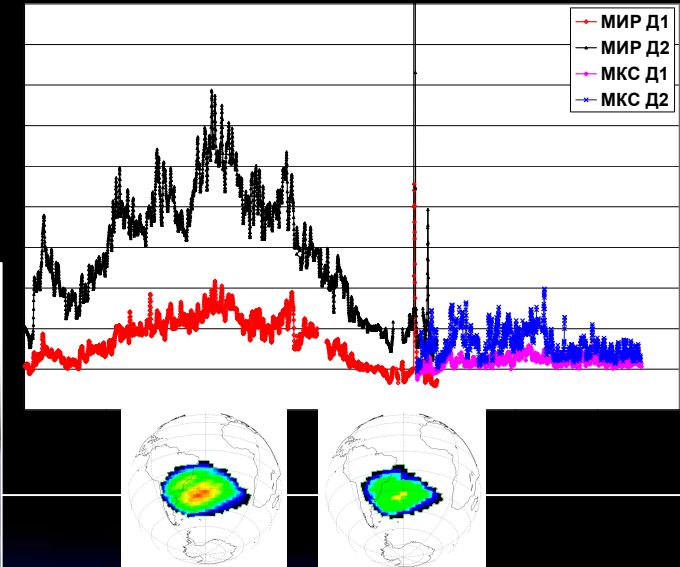
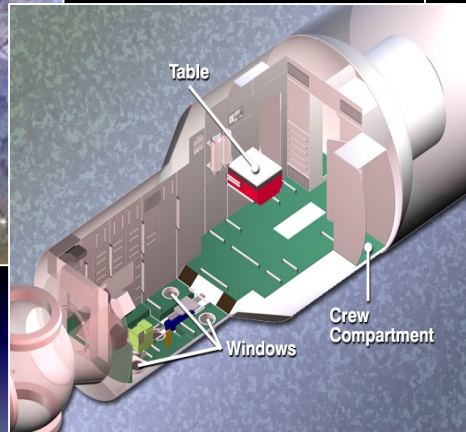


Воздействие многокомпонентной космической радиации не всегда можно воспроизвести на Земле



Нет орбит, областей пространства и интервалов времени, которые были бы полностью радиационно безопасны. Проблема лишь в том, насколько мощны эти эффекты...

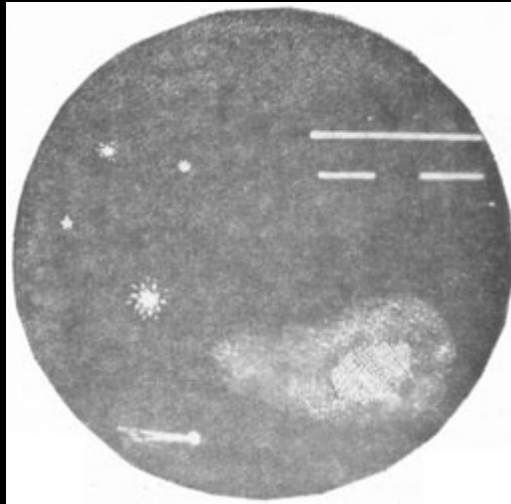
Космическая программа МГУ: Эксперименты на борту МКС



Начиная с 2001г. на борту МКС работает Система радиационного контроля, разработанная и изготовленная в НИИЯФ МГУ

The first “visualization” of HZE

GCR (Fe)

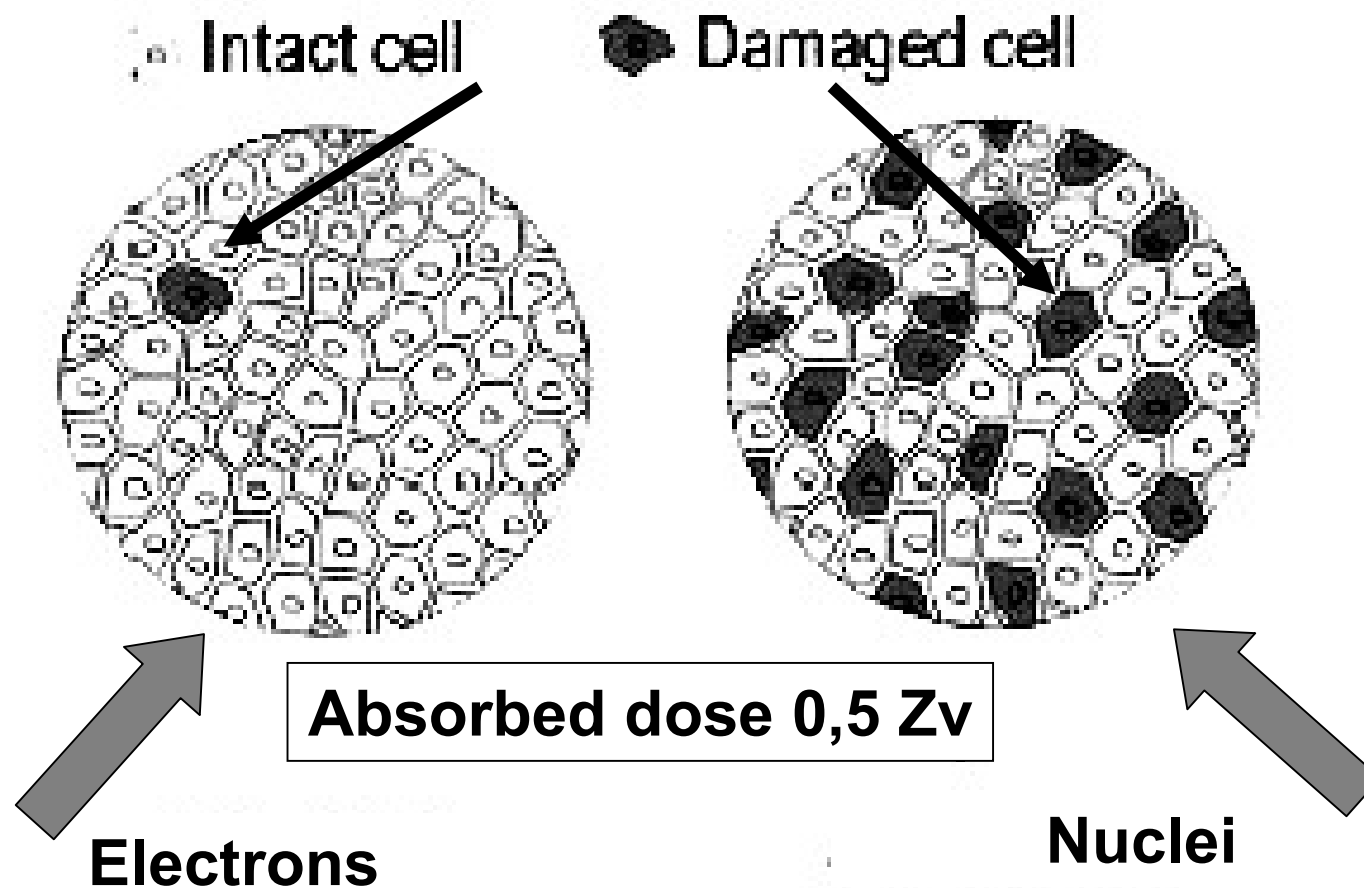


Apollo -11



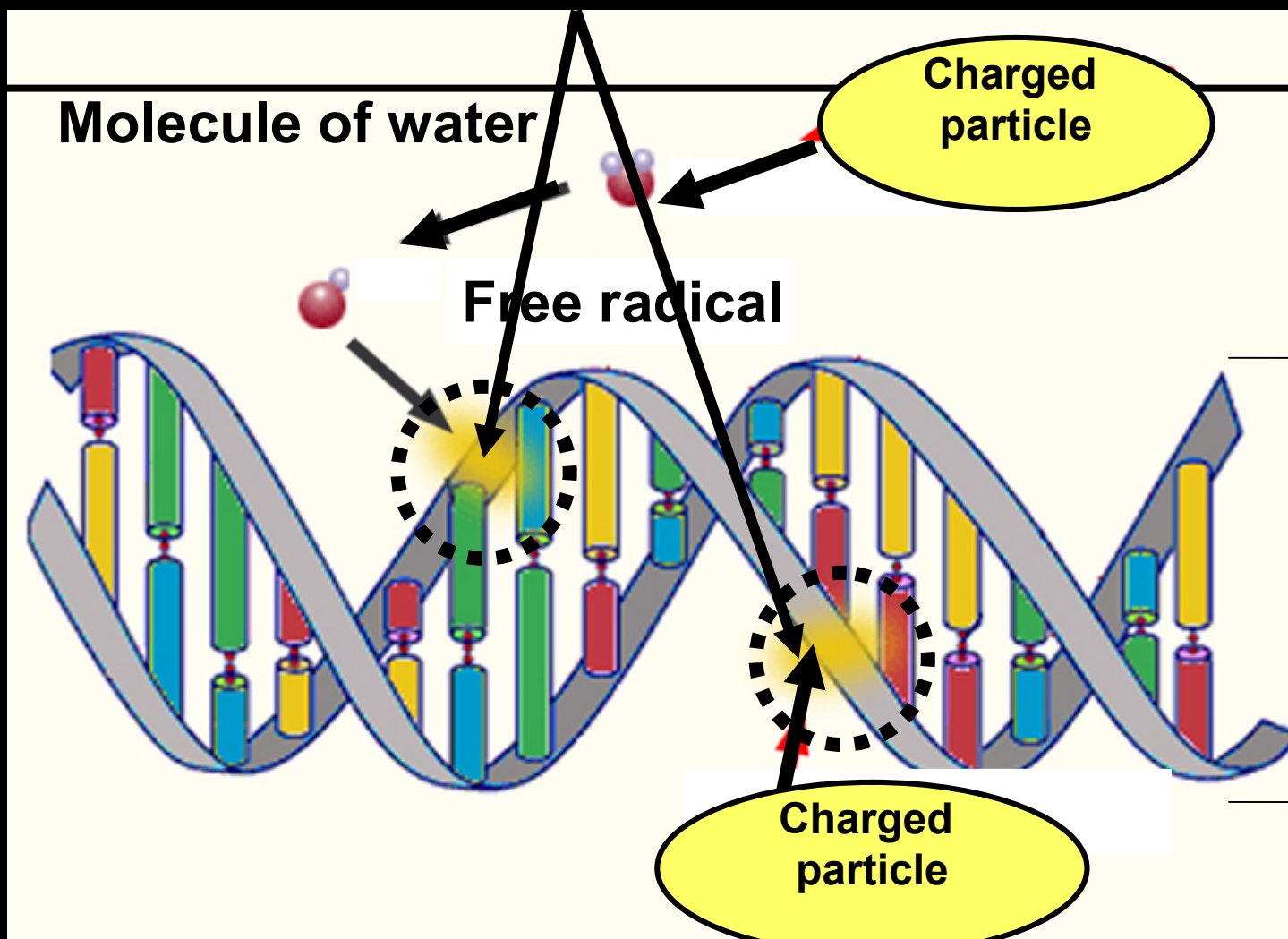
N. Armstrong
B. Aldrin
M. Collins

Радиационный эффект тяжелых заряженных частиц



DNA Failure

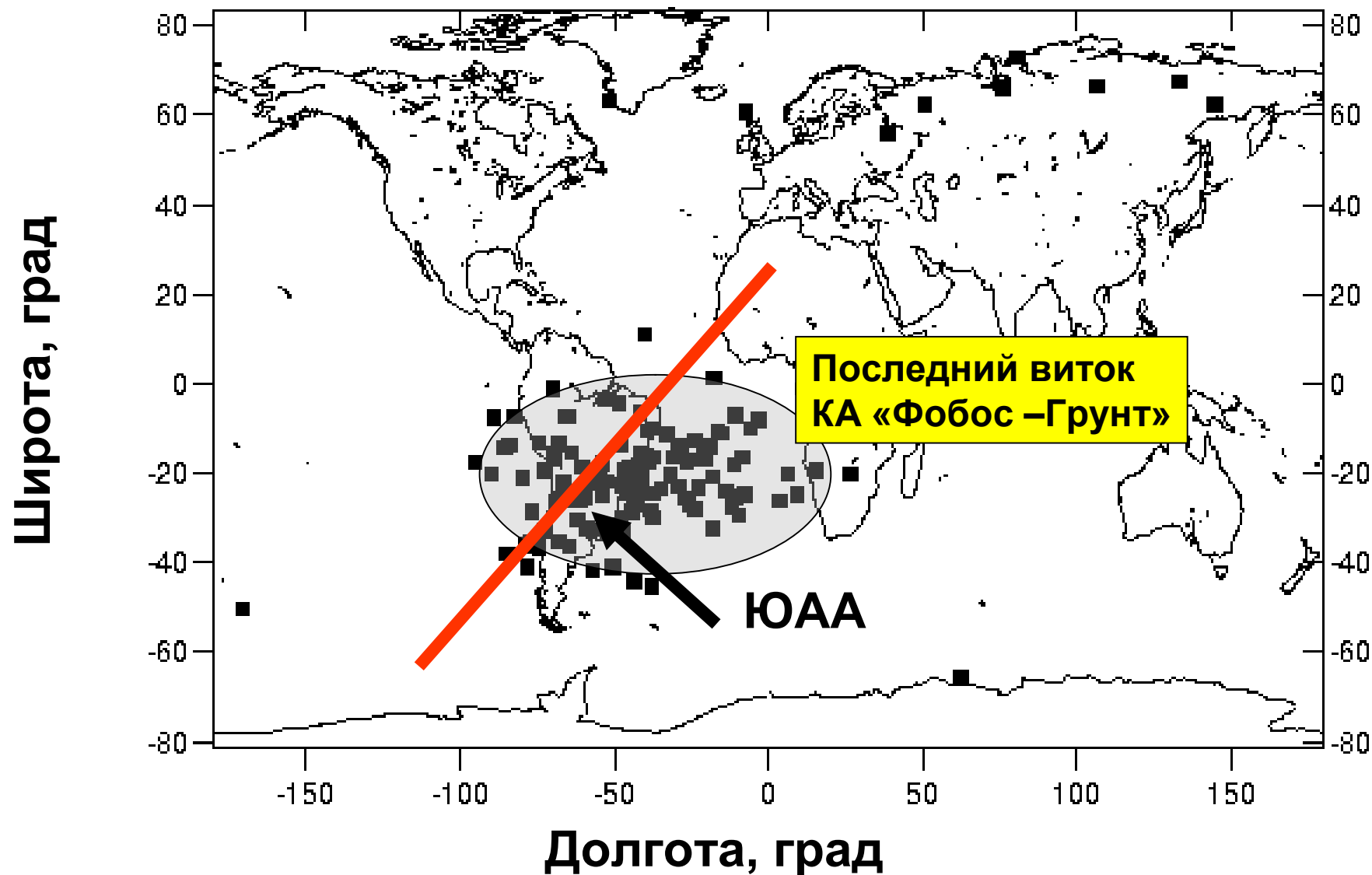
Нарушения ДНК



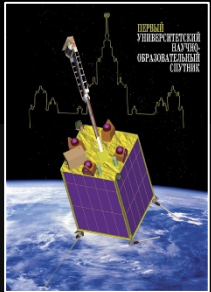
**+ НЕЙРОФИЗИОЛОГИЧЕСКИЙ АСПЕКТ
ВОЗДЕЙСТВИЯ ТЗЧ !**

Радиационная опасность и планирование космических миссий

Spacecraft is a robot, but with elements a manual management by man



Космическая программа МГУ: основные цели



Татьяна
2005

Космические лучи
галактического и
внегалактического
происхождения



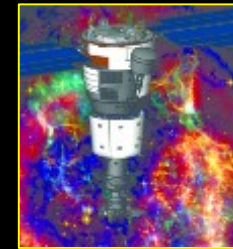
Татьяна-2
2009



Ютсат
2011



Рэле́к
2014



Нуклон
2014



Ломоносов
2016



Космические
гамма-всплески

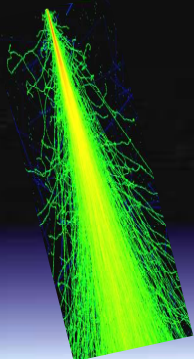


Околоземная
радиация

Атмосферные
световые транзиенты



Атмосферные свечения





Спасибо за внимание

