

Основы космосризи

Сергей Анатольевич Красоткин Физический факультет и НИИЯФ

SPACE TRAGEDIESApollo 1Challenger

Columbia



SCOBEE SMITH MCAULIFFE JARVIS



Jan 27, 1967

10

Jan 28, 1986

Feb 1, 2003

Loss Of Vehicle and Crew

R.P. Feynman NASA Challenger 6): (1986): 1 in in 200 100,000

January 28, 1986

«For a successful technology, reality must take precedence over public relations, for nature cannot be fooled.»

Richard P. Feynman

Ist ORDER

Pot

«For a successful technology, reality must take precedence over public relations, for

nature cannot be fooled.»

Richard P. Feynman

• Neg

LOCV Loss Of Vehicle and Crew

Today (2001, empirical):

in

57

In fact, today, the empirical LOCV rate is 1 in 57.

корпускулярное излучение.

тепловые потки;электромагнитное и

мусор;

• метеорные потоки, космический

• глубокий вакуум;

поля;

• невесомость, гравитационные

Физические условия в космосе

корпускупярное излучение.

• электромагнитное и

мусор; • тепловые потки;

• метеорные потоки, космический

• глубокий вакуум;

поля;

• невесомость, гравитационные

Физические условия в космосе



States .

Вернов





Сергей Королев

February, 1958 Explorer-I





"My God, space is radioactive!" Dr. Ernest C. Ray March 28, 1958

Ионизирующая радиация – из космоса ???

Victor Franz Hess balloon flight, 1912

Time of electroscope discharge







Millikan

Ионизационная камера на воздушных шарах (1925-27) Высота 15-20 км.

Внеземное происхождение, хим. состав (а-частицы, энергичные электроны, Robert Andrews протоны, нейтроны, үкванты).

Широкие атмосферные ливни (ШАЛ)



Вruno Benedetto Rossi, 1934: Два независимых счетчика Гейгера регистрировали заряженные частицы одновременно Pierre Victor Auger, 1937: тот же результат на расстоянии 100 м. Вывод: ливень частиц появляется от первичной частицы сверхвысокой энергии, входящей в атмосферу Земпи







TUNKA-133 (Baikal, Russia) 133 optic detectors, 1 sq. km

24

Pierre Auger (Argentina) 1600 detectors, 3 000 sq.km D

Va. Ver

A 21

Auger detector



100

Из презентации Г.А.Шелкова (ОИЯИ, г. Дубна)

TUNKA-133



Atmospheric measurements (Antarctida)





Траектория вокруг Атарктиды



конкретной области) на характерных временных масштабах от нескольких секунд до отд суток.

Характеризует состояние околоземного космического пространства (в целом или в

погода Погода

- Основные составляющие космической погоды • магнитосфера Земли;
- межпланетное магнитное поле и солнечный ветер;
- потоки заряженных частиц различных энергий:
 - в окрестностях Земли, но вне её магнитосферы,
 - в различных областях в пределах магнитосферы Земли

 \Box

Космическая погода включает Ионизирующая радиация • Галактические космические лучи (ГКЛ) до 10¹⁹ эВ • Солнечные космические лучи (СКЛ) до 10⁹ эВ Радиационные пояса Земли (РПЗ) электроны до 10⁷ эВ, протоны и ионы до 0.5*10⁹ эВ • Гамма и рентгеновское излучение • Гелиосферная плазма и магнитные поля (вкл. солнечный ветер)

Космическая погода влияет на Геомагнитные эффекты Магнитные бури • Суббури Геоиндуцированные электрические токи Электрические токи в магнитосфере и ионосфере; Вариации магнитного и электрического полей Земли

Космическая погода влияет на Состояние ионосферы и распространение радиоволн; Характеристики верхней атмосферы; Биологические эффекты; Софизические условия (включая теллурические токи), ПОГОДУ И климатические условия на Земле.



Салактические космические лучи (ГКЛ)

Энергия: до 10¹⁹ эВ (~10 Дж); Химический состав: все элементы, в основном водород; пространственное распределение изотропное

Солнечные космические лучи (СКЛ)

Энергия до 10⁹ эВ

Ускоренные частицы солнечного вещества появляются в результате локальных взрывных процессов в солнечных активных областях и ускоряются в процессе распространения в межпланетном пространстве.

Космические

поток

состав

энергия

Взрывы сверновых У/ЧИ

Ускоряются магнитными полями

Галлактическ

~ 1 cm⁻²·s⁻¹ Ие

Nuclei

~90% protons, ~10% He nuclei, ~1% hard nuclei **Electrons** (~1 % of nuclei) **Positrons** (~0.1 % of nuclei) Antihadrons < 1 %

10⁶ - 10¹⁹ eV up to10²¹ eV for HEGCR

Ядерные реакции в солнечном ядре

> Солнечная активности



98-99% protons, ~1.5% He nuclei

Up to-10⁶ cm⁻²·s⁻¹

10⁵ - 10¹¹ eV

Радиационные пояса Земли

7 R_{earth}

Внетренний РП (р)

эB

Внешний РП (е)

электроны до 10⁷ эВ, протоны о ионы до 0.5*10⁹

Earth Radiation Belts (Vernov - van Allen Belts)

- 1 Outer RB (up to 40 000 km).
- 2 Inner RB (up to 30 000 km).
- 3 Lines of magnetic force.
- 4- Third RB formed from ExtraGalactic CR.



(пояса Вернова – ван Аллена)



60 65 60 Широта: градусы Latitude, deg





Larmor magnetic precession of particles (e & p)



Earth Radiation Belts (Vernov - van Allen Belts)





10

0

0

-10

1keV/n

3

Solar energetic particles

1 MeVn

6

Radiation belts

1 GeVn

9

Galactic and extragalactic cosmic rays (H)

1 TeVn | Ig_| E (eV/nucl) 12



WALL

C RADIATION

/ver milions of years, distant, exploding tars eject matter at high speeds.

Some ions in this matter are accelerated to rearly the speed onlight, moving so fast hey are stripped of their electrons.

When these cosmic rays, mostly stotons, hit a standing nucleus, they stoduce a shower of fast aecondary saticies, which may in turn produce urther cascades of particles.

COSMIC RAY



LIGHTER IS BETTER

COSMIC -

Cosmic rays lose some energy when they collide with a proton of another atom. Because hydrogen has one proton in its nucleus, each proton has the potential to stop incoming radiation. In elements with a heavier nucleus, some protons are hidden behind others in clumps and cannot be hit by cosmic rays.



ЧТО защищает нас на Земле?
ЧТО защищает нас на Магнаятосерера

иатмосфера

Земли











Область ОКП, условия в которой определяются наличием геомагнитного поля: балансом динамического давления солнечного ветра и геомагнитного поля. Граница магнитосферы: 10-13 R_{_0} на дневной стороне и 10³ R_{_0}

на ночной (хвост магнитосферы), диаметр ≈40 R_⊕.

Каковы источники:

- солнечных космических

лучей; - изменений геомагнитного

поля;

- МОДУЛЯЦИИ ГАЛЛАКТИЧЕСКИХ КОСМИЧЕСКИХ ЛУЧЕЙ



Что вызывает изменения космической погоды?

Что вызывает изменения космической погоды?



СОЛНЕЧНАЯ АКТИВНОСТЬ





2000/06/06 15:42

Корональные выбросы массы (КВМ, СМЕ) – струи и облака солнечной плазмы, движущиеся со скоростью до 1000 км/с и обычно наблюдаемые плсде мощных солнечных вспышек

Forbush-effect



Уменьшение потока ГКЛ в результате увеличения рассеяния (отклонения) ГКЛ на неоднородностях ММП, уносимого солнечным

Forbush-effect



Solar plasma flow influences the Earth magnetosphere.

Simultaneously, the intensity of GCR decreases.

C3 2000/02/15 16:42

0

Solar constant: Radius of 1 a.u.:



Total solar energy emission: 3.84*10²⁶ Wt Solar radius: 6.96*10⁸ m Solar nucleus radius (0.2 solar radius): 1.39*10⁸ m Solar nucleus volume: 1.13*10²⁵ m³ Average energy emission

of 1 m³ of the solar nucleus matter: 34.10



Galileo Galilei (1564 – 1642)



ISTORIA E DIMOSTRAZIONI INTORNO ALLE MACCHIE SOLARI E LORO ACCIDENTI COMPRESE IN TRE LETTERE SCRITTE ALL'ILLYSTRISSIMO SIGNOR MARCO VELSERI LINCEO D V V M VIRO D'AVGVSTA CONSIGLIERO DI SVA MAUSTA CHEARAA D A L SIGNOR

GALILEO GALILEI LINCEO

Nebil Fiorentino, Filofofo, e Matematico Primaria del Serenifi, D. COSIMO II. GRAN DVCA DI TOSCANA. Si aggiungono nel fine le Lettere, e Difquifizioni del finto Apelle.



IN ROMA, Apprefio Giacomo Malcardi. MDCXIII, CON LICENZA DE SVPERIORI.

Sunspot group sketches by Galileo (Aug, 1611)





The relative number of sunspots – Wolf number is the main index of solar activity W = k(f + 10g)

f – number of individual sunspots observed by particular observer, g – number of sunspot groups in which the sunspots are grouped, **k** – the standardizing coefficient for unification of particular observers observations



The relative number of sunspots – **Wolf number** is the main index of solar activity W = k(f + 10g)

f – number of individual sunspots observed by particular observer, g – number of sunspot groups in which the sunspots are grouped, \mathbf{k} – the standardizing coefficient for unification of particular observers observations

Looks strange? But long!

(since 1749)

Solar activity cyclicity



Годы

Typical structure of solar cycle



59

Solar activity and Aurora borealis



Solar activity and traffic accidents



Wolf numbers for Solar activity.

Number of traffic accidents per 100 auto all around Japan.

Number of traffic accidents per 100 auto for Tokyo city only.

Solar activity and Earth temperature variations



Solar activity and fish catch



Left panel – comparison of annual herring catches in the Norwegian Sea (black dots, left scale) with *Kp* index of geomagnetic activity (open circles, right scale). Right panel – comparison of catches of crabs on USA west coast (dotted line, left scale) and Wolf numbers (W, solid line, right scale). Years are on the x-axis.

Magnetic field inhomogeneities are manifested in all levels of the atmosphere

Red of

photosphere

chromosphere

corona





Limb flares and CME





Solar system celestial bodies magnetic fields



© 2007 Thomson Higher Education

Mars magnetic field

No global magnetic field (dipole) that could protect the planet from the solar wind. However, there are localized areas with strong magnetic fields



Spacecraft effects of space radiation

One of the main cause of the spacecraft systems failures is the exposure to cosmic radiation. The radiation conditions in space are determined by a combination of charged particles and photons flows (energy range $\sim 10^3 - 10^{21}$ eV).

Reversible and irreversible effects appear as a result of radiation influence on materials and equipment :

- due to the total absorbed dose of cosmic radiation (in some cases, should be seen as effects related to the absorbed dose rate);
- caused by hitting the hardware elements of single charged particles.
- Dose effects are manifisted in a gradual degradation of materials.
 The effects caused by individualcharged particles are dangerous first of all for the elements of modern microelectronics, and occur immediately after exposure.

Spacecraft interaction with environment

Space factors effects on spacecraft

individual particle effects GCR



SCR, RB radiation danger an damage Local effects



Spacecraft own external atmosphere



Effects of spacecraft on Space debris



Effects of rocket engine on Earth upper atmosphere and ionosphere






Your mobile phone has more computing power than all of NASA in 1969.

NASA launched a man to the moon. We launch a bird into pigs.



«For a successful technology, reality must take precedence over public relations, for nature cannot be fooled.»

Richard P. Feynman

Ist ORDER

Pot

Outer space factors





Структура материалов до и после воздействия атомарного









Плазменная струя и исследуемый образец в вакуумной камере





Струя плазмы, выходящая из ускорителя, фокусируется на поверхность исследуемого образца. Свечение струи зависит от состава и степени ионизации плазмы

Исследуемый образец крепится на специальном держателе, обеспечивающем возможность его вращения в разных плоскостях и термостатирование 80

Характер повреждений тонкопленочного покрытия под действием атомарн

The oxygen plasma processing causes the substrate film etching under defect of protection and microcracks formation in silica layer. 200 micron field of vision







Образование кратеров в пластичных мишенях $H = k \rho_{\mu}^{\alpha} \nu^{\beta}$



Формирование кратера, выброс плазмы и электромагнитное излучение из зоны удара

Глубина кратера – *Н* Диаметр частицы – *d* Плотность материала частицы - *r_ч* k = 0, 3 - 0, 6; $\alpha = 1/3 - 1/2;$ $\beta \approx 2/3.$



Кратер в металлическом образце от удара космической частицы 82

Кратеры в элементах солнечной батареи, возвращенной из



Кратеры в хрупких материалах





Удары частиц Ті (d~0,5-1,5 мкм; v~4-6 км/с) по пластинам Ge



Кратер в стекле от удара частицы Al с v~8 км/с

 $D_{\mu} = 0_{M} d\rho^{-2/3} \rho^{-1/2} v^{2/3}$ $D_{e} = (2-5)D_{p}, d$ -диаметр частицы,

Глубина кратера

$$H = 0.6 d \left(\frac{\rho_{y}}{\rho_{M}}\right)$$

Результат лабораторных испытаний трехслойного экрана



Разрушение мишеней при ударах массивных частиц





Кратеры в толстой мишени из полиметилметакрилата



Схема и результат испытаний многослойного защитного экрана

Локализация сбоев в работе электронного оборудования низкоорбитального КА



Локализация сбоев в области Южно-Атлантической магнитной аномалии и высокоширотных зонах проникновения частиц РПЗ

Пространственное распределение потока частиц РПЗ на высоте орбиты КА (700 км) 135

180



Фигуры разрядных каналов в стеклянных образцах, облученных электронами высокой энергии: а – при самопроизвольном возникновении разряда; б – при инициировании локальных разрядов ударами высокоскоростных твердых частиц



Структура разрядного канала в стекле, облученном протонами с энергией 100 МэВ: канал выходит на нижнюю облучавшуюся плоскость образца; в верхней части рисунка видна воронкообразная область, через которую заряд при пробое стекает в канал Излучения: гамма $\lambda < 0.01$ нм $\lambda < 0.01 - 10$ нм $\lambda < 10 - 300$ нм видимое радио ЭНЕРГИЯ В ЭРГАХ 10²⁵ 10²⁴ – 10²⁶ 10²⁹ – 10³¹ 10²⁶ – 10³¹ 10²² – 10²⁴

Быстрые частицы:

электроны (> 20 кэВ)
 $10^{27} - 10^{31}$

протоны (> 20 МэВ)
 10^{31}

движения и выбросы СМЕ
 $10^{29} - 10^{32}$