

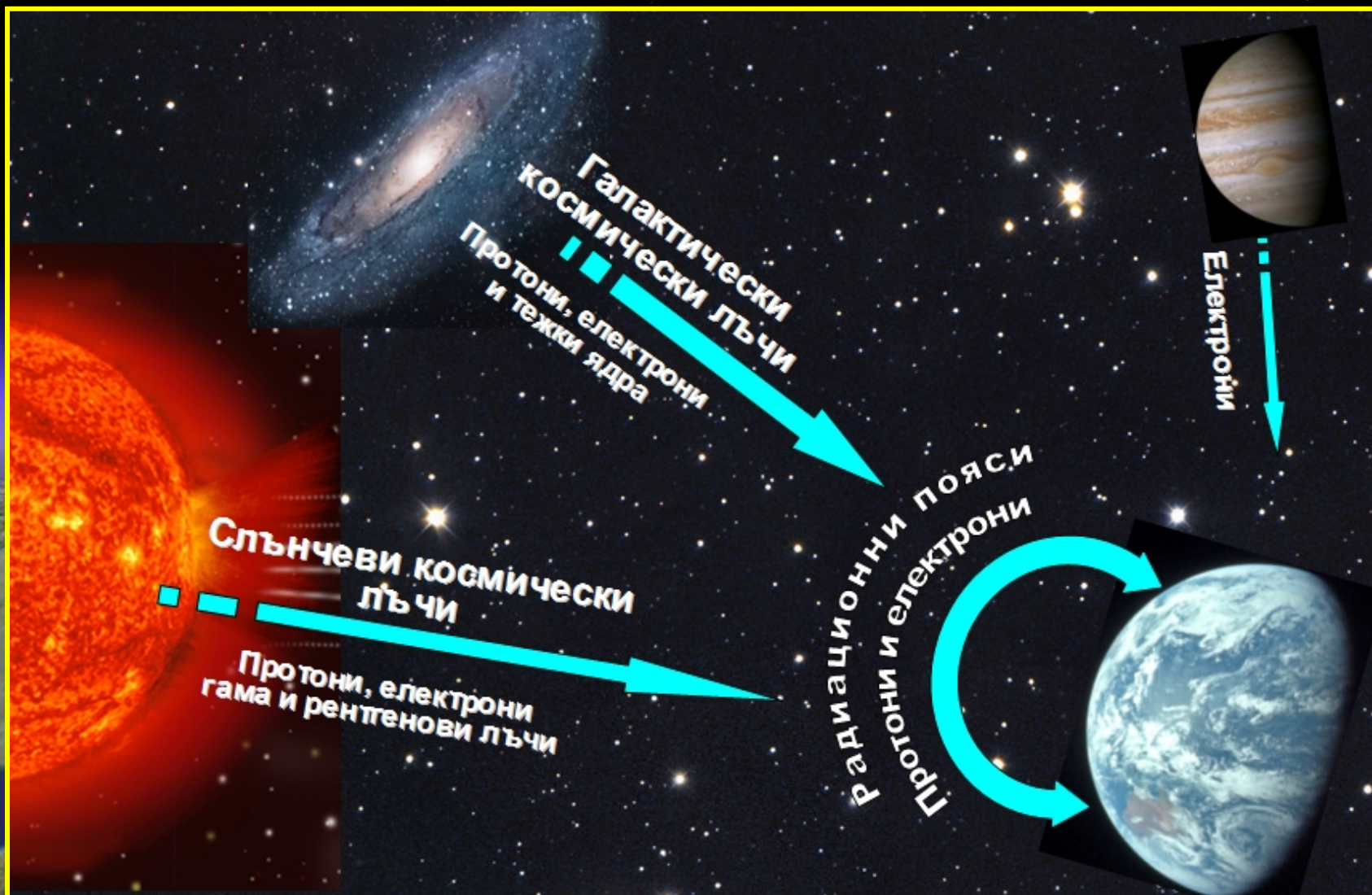
**Българска академия на науките**  
**Институт за космически изследвания и технологии**  
**(ИКИТ-БАН)**

# Приложна наука в космоса

Цветан Дачев

ИКИТ-БАН, [tdachev@bas.bg](mailto:tdachev@bas.bg)

# Източници на радиация в околоземното космическо пространство

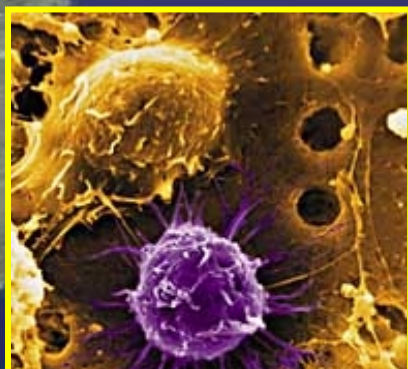




Йонизиращата радиация с космически произход е опасна за здравето на космонавтите и екипажите на самолети. Обект на ИКИТ-БАН е нейното измерване и изучаване

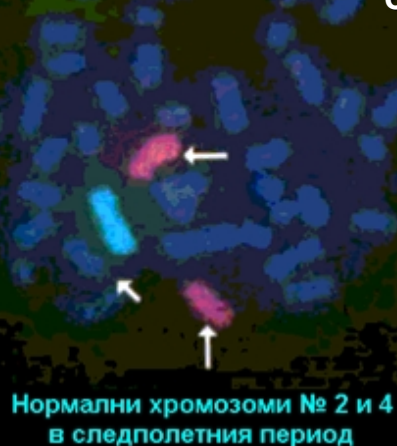


Увеличеният радиационен риск за космонавтите, екипажите и пътниците на граждански самолети води до опасни за здравето им събития в краткосрочен и дългосрочен план. В краткосрочен план при надвишаване на допустимата доза е възможно те да развият лъчева болест, която може да има летален край, а в дългосрочен план да развият т.н. късен рак, който също може да доведе до смърт. Радиационния риск е един от лимитиращите фактори за бъдещи космически полети до планетите в слънчевата система и извън нея.



Уврежданията на клетките на костния мозък водят до лъчева болест

Изменения на хромозомите в кръвта на човека в резултат от облъчване



# Ефекти върху централната нервна система (ЦНС)



Резултатите от изследванията досега показват, че острите ефекти са:

1. Неврокогнитивни дефицити в поведението, способностите да се учи и операторските функции, дори при дози под 0.5 Sv;
2. Спира процеса на регенерация на невроните;
3. Наблюдават се уникални изменения на ЦНС, които напомнят тези свързани с остаряването;

Хроничните ефекти са свързани с **увеличен риск за болест на Алцхаймер, деменция и ранно остаряване.**

<http://spaceradiation.usra.edu/references/Ch6CNS.pdf>

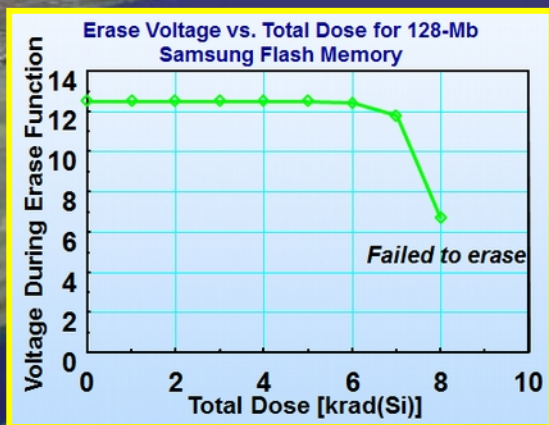


# Ефекти от йонизиращата радиация върху електрониката\*

**Дълговременни ефекти,**  
предизвикани от натрупаната  
тотална доза радиация.

Ефекти:

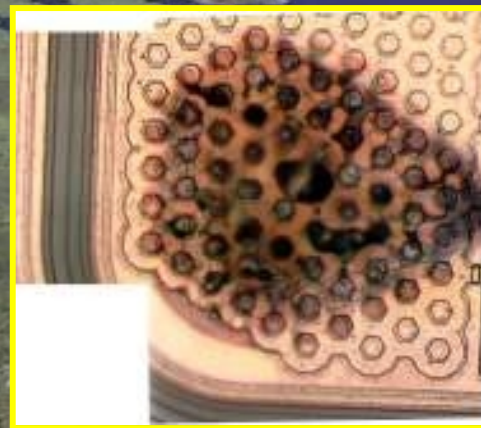
- Промяна на нивата;
- Повишаване на тока на шума; -
- Промени в тайминга;
- Функционални повреди.



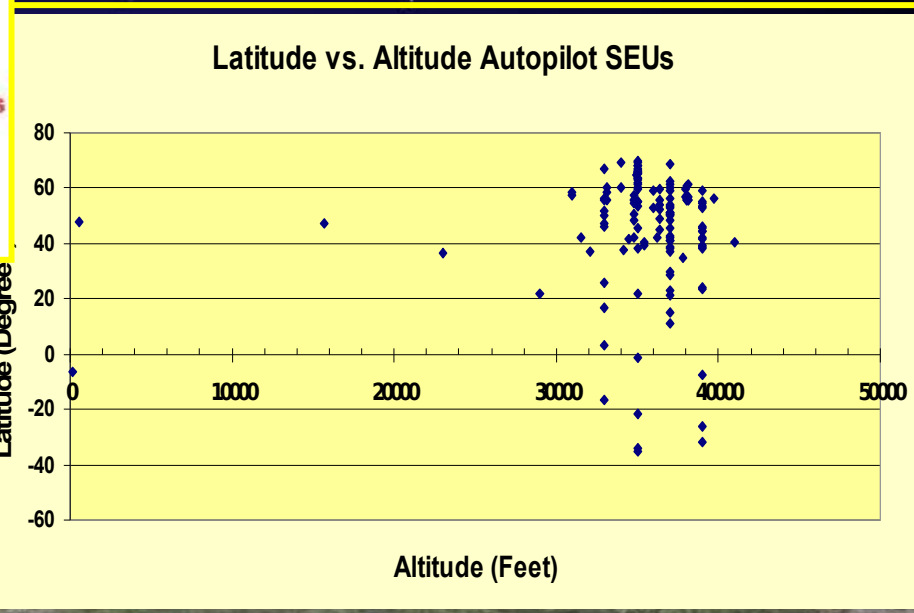
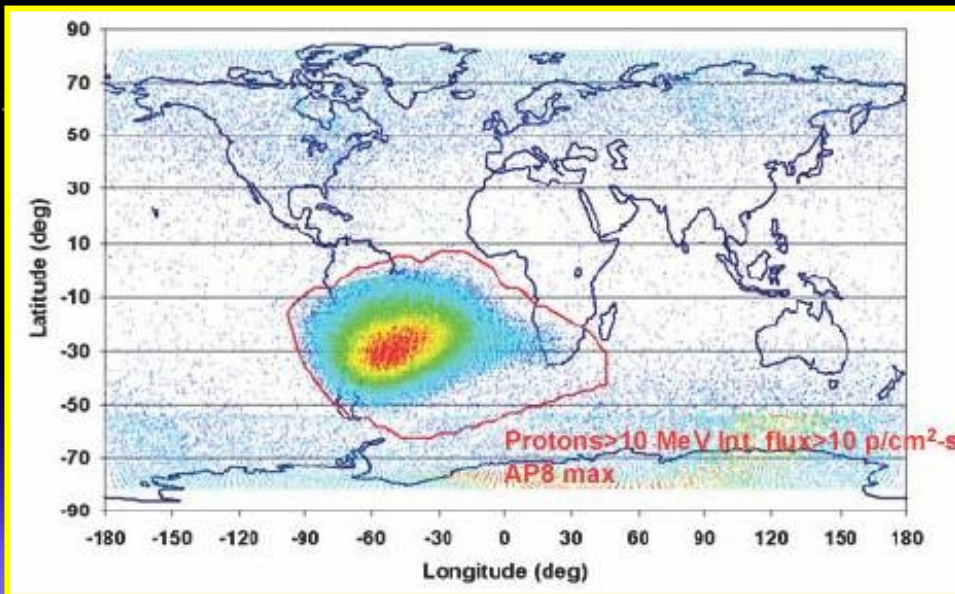
**Преходни ефекти,**  
предизвикани от преминаването  
на отделна частица.

Ефекти:

- Меки: Промяна на статуса на памети и процесори;
- Твърди: Изгаряне на елемента.



Изгаряне в 120 V  
DC-DC конвертор



Увеличената честота на поява на прекъсвания в работата на магнетофона за данни на спътника SEASTAR на височина 705 km е свързана с максимума на потока протони в областта на Южно-атлантическата аномалия.

Увеличената честота на поява на прекъсвания в работата на автопилотите на пътнически самолети Боинг е на големи височини и географски ширини, където радиацията от космически произход е повишена.



**Най значими резултати и приноси  
от участието на ИСЗВ и ИКИТ-БАН в  
космически експерименти за измерване на  
космическата радиация**



# “Мир”



# По-значими експерименти с прибори от типа „Люлин“ (1)



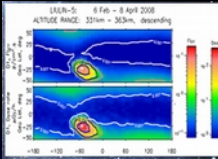


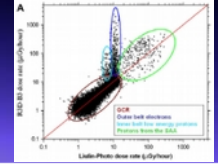


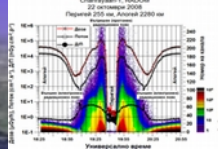


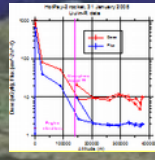


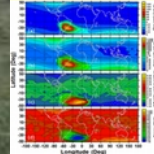


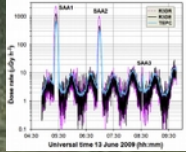
No	Прибор? Къде? Кой? Кога?	Къде?	Прибор	Научен резултат	Брой публ. в сп. с ИФ; брой докл.; брой цитати
1	<b>“ЛЮЛИН”, Станция „МИР“,</b> <b>В. Петров, ИМБП-РАН, Русия,</b> <b>от апр. 1988 до септ. 1994 г.</b>				<b>&gt;20</b> <b>&gt;50</b> <b>&gt;50</b>
2	<b>RADIUS-MD, Mars-96, ИМБП-РАН,</b> <b>CNES and IPRSN, France</b> <b>16/11/1996 г.</b>			<b>Квалифициран прибор</b>	<b>2</b> <b>6</b> <b>3</b>
3	<b>Liulin-4C, Стратосферен балон,</b> <b>F. Spurny, NPI, Czech Rep.,</b> <b>от г. Гап, Франция, 14/06/2000 г.</b>				<b>1</b> <b>5</b>
4	<b>Liulin-J, MDU-1, Самолет на NASA</b> <b>ER-2 - (U2S), Y. Uchihori, NIRS,</b> <b>Japan, окт.-ноемв. 2000 г.</b>				<b>1</b> <b>3</b> <b>6</b>
5	<b>Liulin-C, MDU-2, Самолети на CSA</b> <b>F. Spurny, O. Plos, NPI, Czech Rep.,</b> <b>от 01/04/2001 г. досега</b>				<b>&gt;30</b> <b>&gt;50</b> <b>&gt;120</b>
6	<b>Liulin-E094, MDU1-4, МКС, сегмент</b> <b>на NASA – Destiny, G. Reitz, DLR,</b> <b>Germany, април-август 2001 г.</b>				<b>&gt;10</b> ▶ <b>&gt;20</b> <b>&gt;60</b>

# По-значими експерименти с прибори от типа „Люлин“ (2)


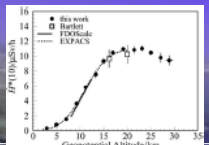

No	Прибор? Къде? Кой? Кога?	Къде?	Прибор	Научен резултат	Брой публ. в сп. с ИФ; брой докл.; брой цитати
7	R3D-B2, Foton-M2, ESA, G. Horneck, DLR, D.-P. Haeder, UE, Germany, 1-12 юни, 2005				<p>2 6 &gt;10</p>
8	Liulin-4J, Balloon of NASA Deep Space Test Bed certification flight, E. Benton, OSU, USA, 8 юни 2005 г.				<p>1 2</p>
9	Liulin-6I, Връх Jungfrau, E. Fluekiger, UB, Switzerland, от септ. 2005 г. досега ( <a href="http://130.92.231.184/">http://130.92.231.184/</a> )				<p>1 2</p>
10	Liulin-4SA, Самолети на Quantas Airlines, J. Getley, UNSV, Aустарlia, 2005-2010 г.				<p>2 5 6</p>
11	Liulin-4S, Самолети на IBERIA Airlines, Saez Vergara, CIEMAT, Spain, от 2005 досега				<p>1 3 5</p>
12	„Люлин-МКС“ Руски сегмент на МКС, В. Петров, ИМБП-РАН, Русия, от септ. 2005 г. досега				<p>7</p>



# По-значими експерименти с прибори от типа „Люлин“ (3)

No	Прибор? Къде? Кой? Кога?	Къде?	Прибор	Научен резултат	Брой публ. в сп. с ИФ; брой докл.; брой цитати
13	„Люлин-5“, Руски сегмент на МКС, В. Петров, ИМБП-РАН, Русия, от юни 2007 г. досега				<p>12 &gt;20 &gt;30</p>
14	R3D-B3, Foton-M3, ESA, G. Horneck, DLR, D.-P. Haeder, UE, Germany, 14-26 септември, 2007				<p>1 9 11</p>
15	RADOM, индийски спътник около Луната Chandrayaan-1 22/10/2008-29/09/2009				<p>3 12 12</p>
16	Liulin-6R, Ракетен експеримент от Норвегия до 380 км 31/12/2008 г.				<p>5 2</p>
17	R3DE, ESA, Columbus, ESA, G. Horneck, DLR, D.-P. Haeder, UE, Germany, 17/02/2008-03/09/2009				<p>12 &gt;15 &gt;30</p>
18	R3DR, ESA, Columbus, ESA, G. Horneck, DLR, D.-P. Haeder, UE, Germany, 17/02/2008-03/09/2009				<p>6 &gt;10 &gt;15</p>

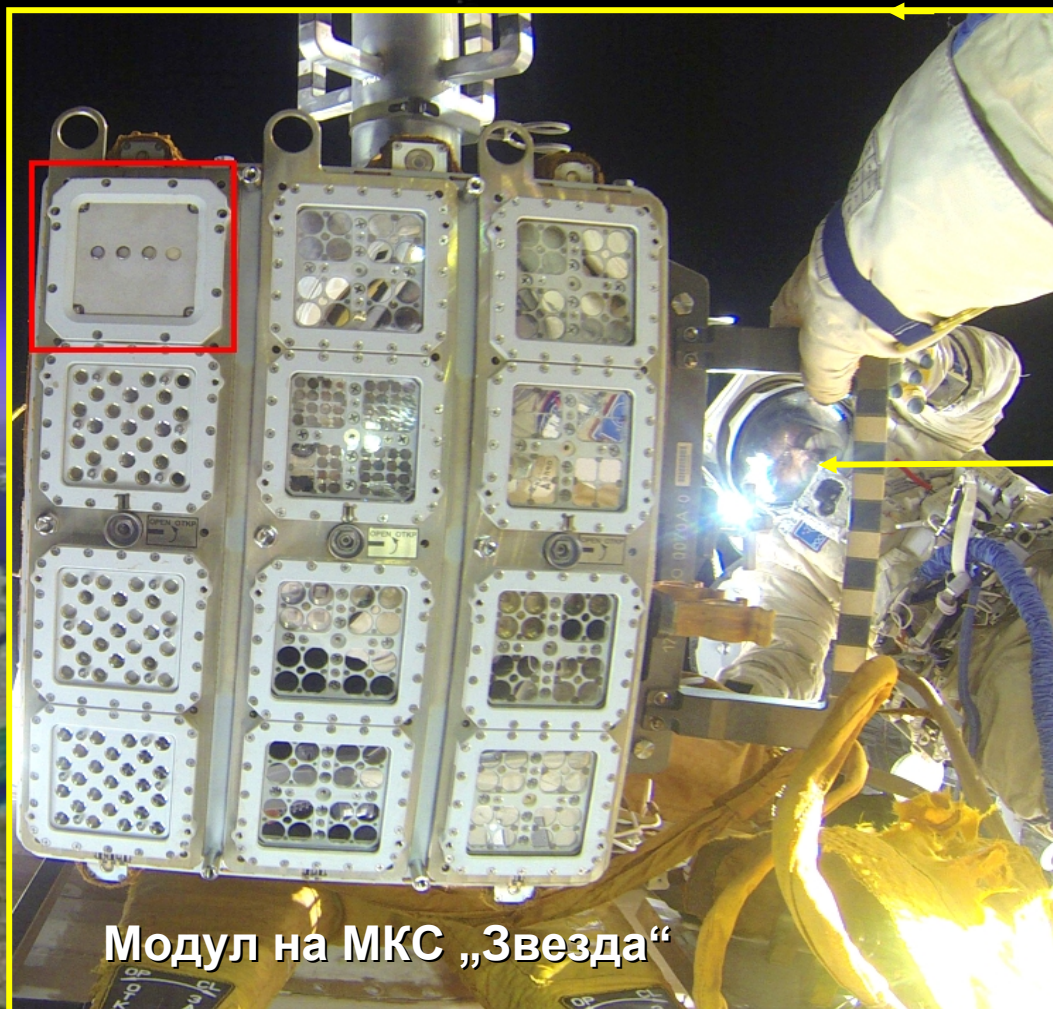
# По-значими експерименти с прибори от типа „Люлин“ (4)

No	Прибор? Къде? Кой? Кога?	Къде?	Прибор	Научен резултат	Брой публ. в сп. с ИФ; брой докл.; брой цитати
19	<b>Liulin-6MB, Врх Lomnisky Shtit, K. Kudela, UPJS, Slovak Rep., от септ. 2009 г. досега</b>				<b>1 4</b>
20	<b>Liulin-6K, Korean commercial flights, J. Hwang, KASI, Korea, 2010 г.</b>				<b>1 5</b>
21	<b>Liulin-RG, 5 Balloons of PTB, F. Wissmann, PTB, Germany, July 2011 and July/August 2012</b>				<b>1</b>
22	<b>Liulin-J, АЕЦ, Фукушима, Y. Uchihori, NIRS, Japan, 22-28 март 2011 г.</b>				<b>2</b>
23	<b>Liulin-F, Phobos-Grunt, В. Петров, ИМБП-РАН, Русия, 09/11/2011</b>				<b>1 2</b>
24	<b>РДЗ-БЗ, „БИОН-М“ №1, В. Петров, ИМБП-РАН, Русия, от 19 април до 19 май, 2013</b>				<b>1 3</b>



# Външен вид на прибора R3DR2 (в червения квадрат) в състава на платформата EXPOSE-R2

(Фотографията е направена от руския космонавт Г. Падалка на 15 август 2015 г. по време на излизане извън МКС за оглед на платформата EXPOSE-R2 извън модула „Звезда“ на МКС) (Picture credit of ESA/RKA)



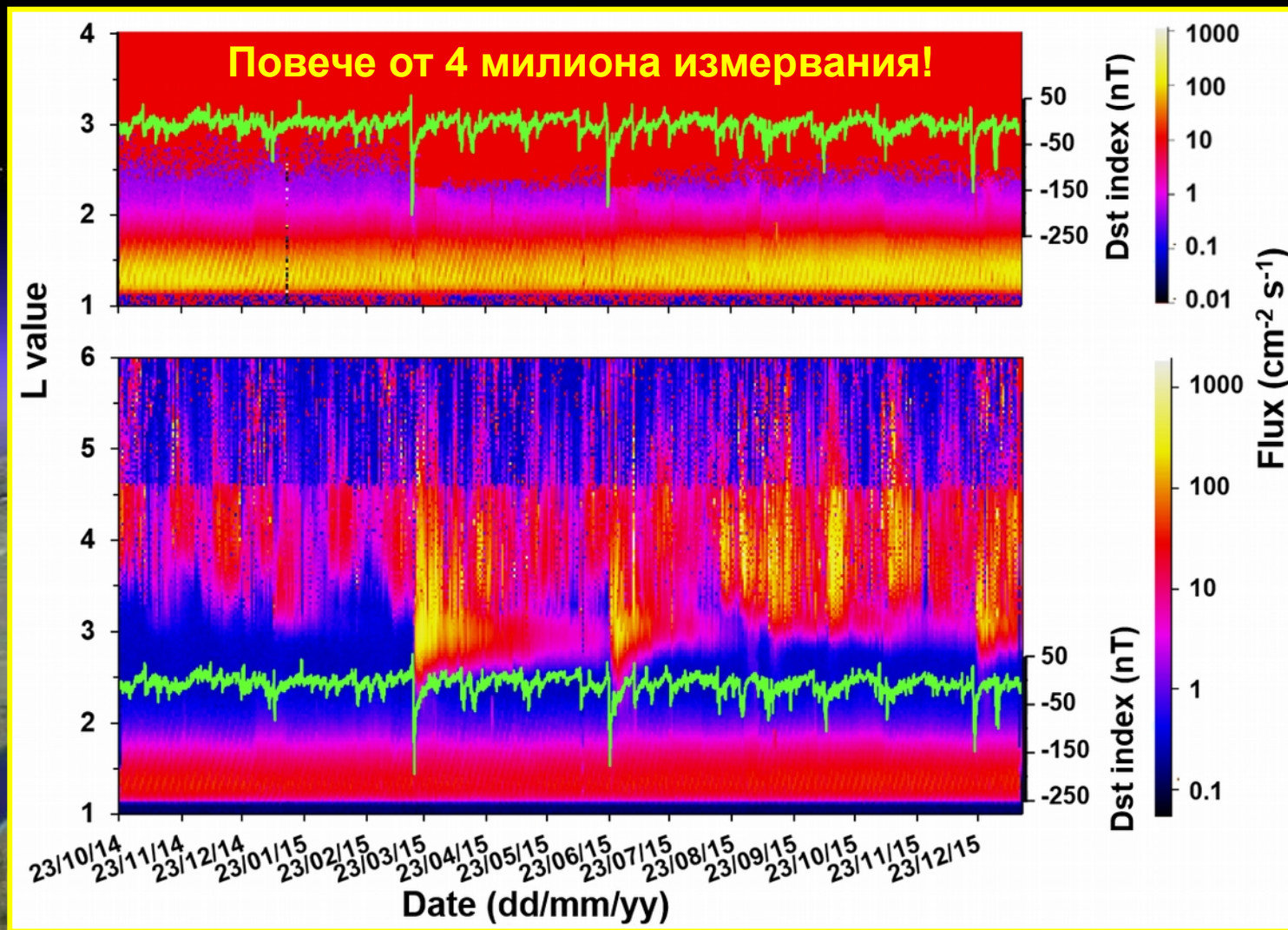
Ръка на Падалка

Космонавтът М. Корниенко

Модул на МКС „Звезда“









Вложените инвестиции (около 150000 лв.) в разработката на прибора „ЛЮЛИН“ за научната програма на втория български космонавт доведоха до следните

Резултати:



## Най-значими научни резултати:

- В България се разви нова научна тематика;
- В списания с импакт фактор са публикувани:
  - **24 статии** в периода 1989-2000 г. по данни от прибора „Люлин“ на станцията „Мир“;
  - **74 статии** в периода 2000-2016 г. по данни от експерименти на самолети, балони, ракети и спътници вкл. Международната космическа станция.
- **Има стотици цитати** от чуждестранни автори в списания с импакт фактор.





### Най-значим технологичен резултат:

новата методология за измерване и съвременни технологии е постигнато съществено намаление на теглото и размера на приборите. Постигната е по-висока точност на измерванията.



## 1987 г.

### Детекторен блок:

Размер: 40x100x160mm

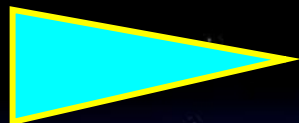
Тегло: 0.49 kg

### Контролен блок:

Размер: 300x220x170 mm

Тегло: 10.5 kg

Потребление: 15 W



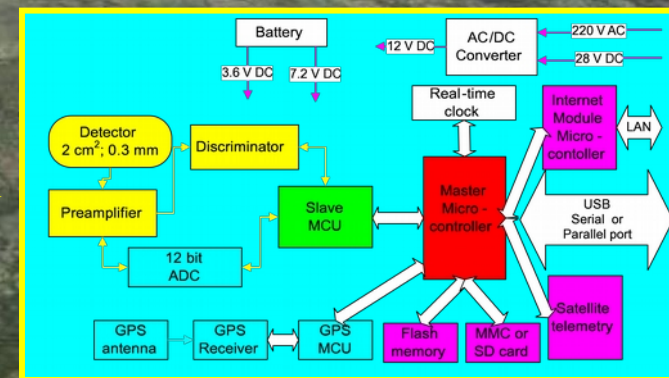
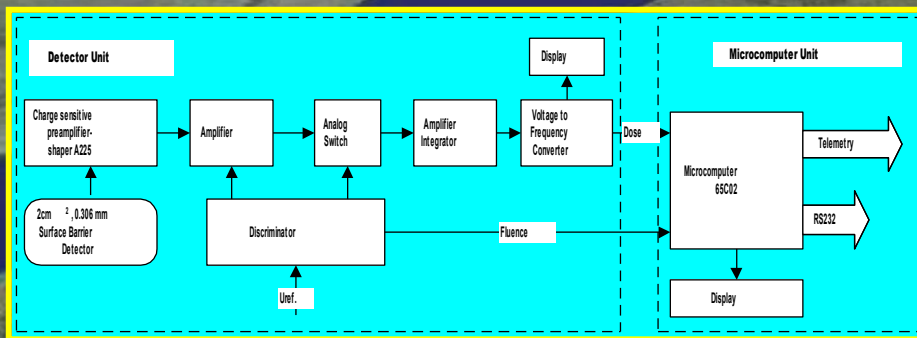
## 2007 г.

### Детекторен блок +Контролен блок:

Размер: 104x40x20 mm

Теглото е намалено 116 пъти до: 0.095 kg

Потреблението е намалено 1000 пъти до: 0.015 W





Наблюдения провод:

За 20 лет работы совместно с группой "Liulin"  
в 10 странах и 100 городах мира.

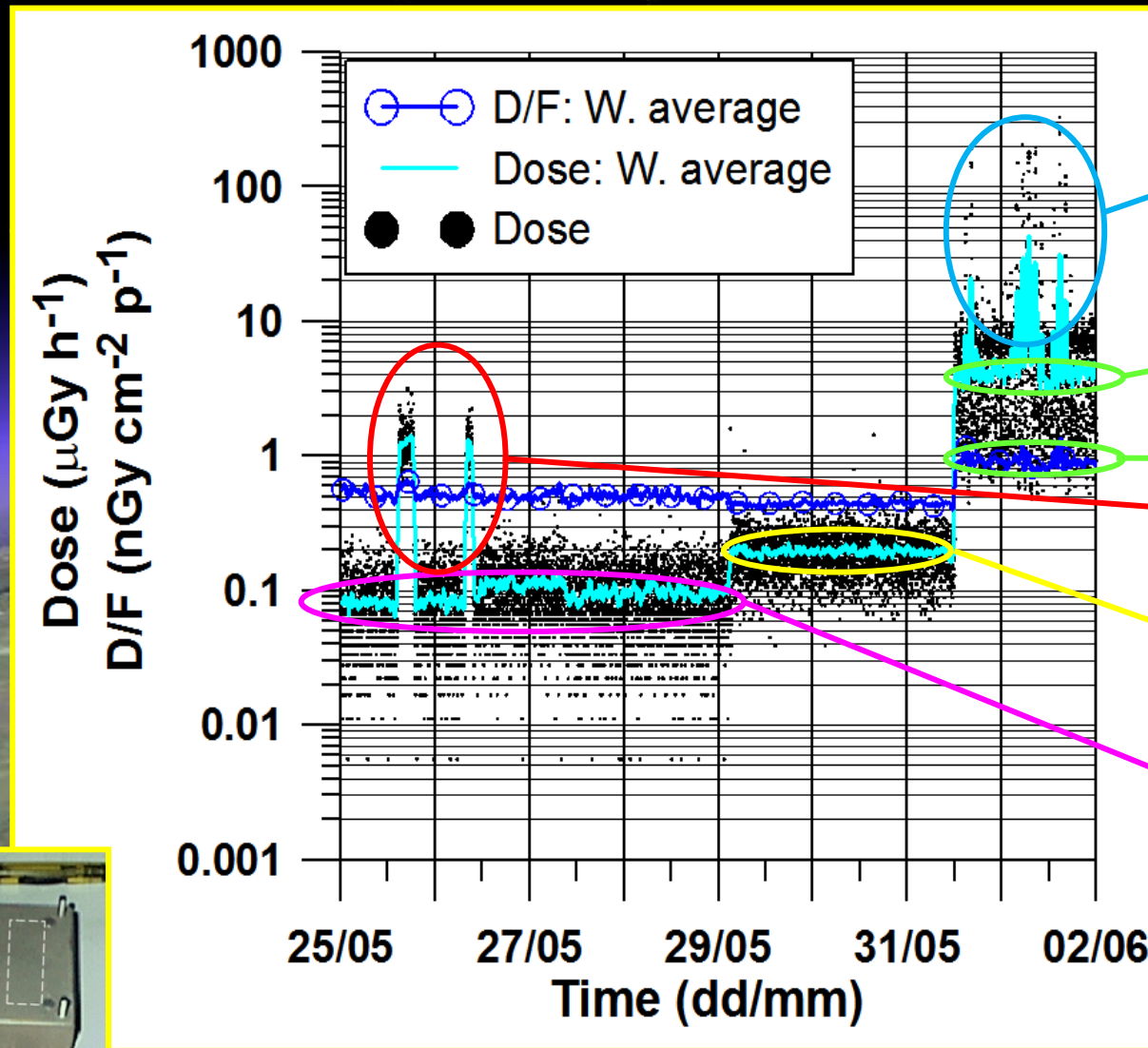
Список стран и городов:

Япония, США, Корея, Германия, Франция, Канада, Италия, Украина, Австралия, Аргентина, Польша, Корея, Чехия и др.





# По-важни научни резултати след 2001 г.



Вътр. пояс

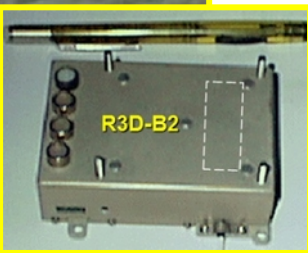
ГКЛ (полюс)

ГКЛ (екватор)

На самолет

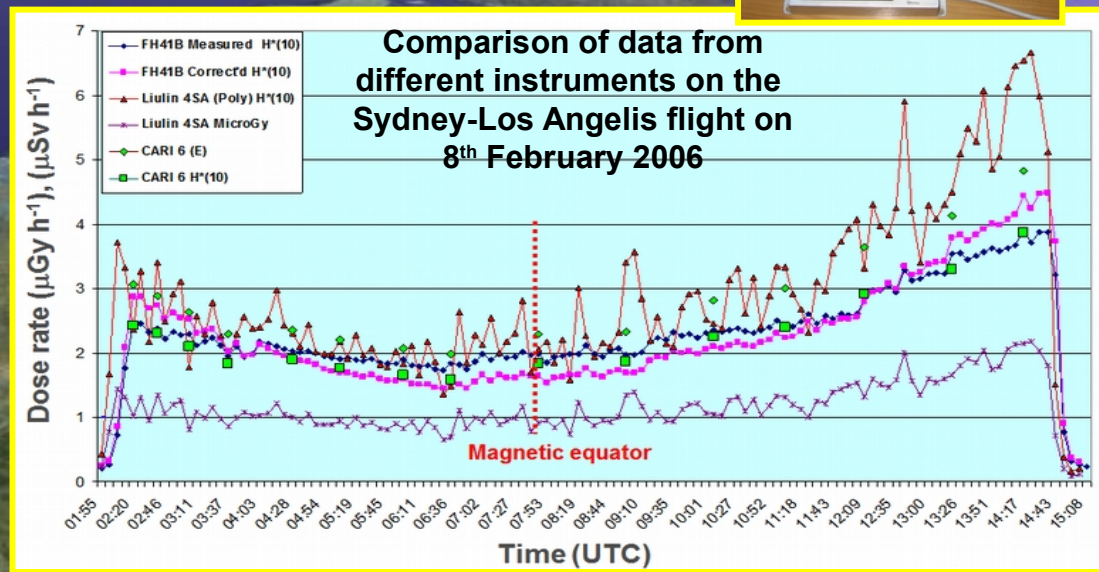
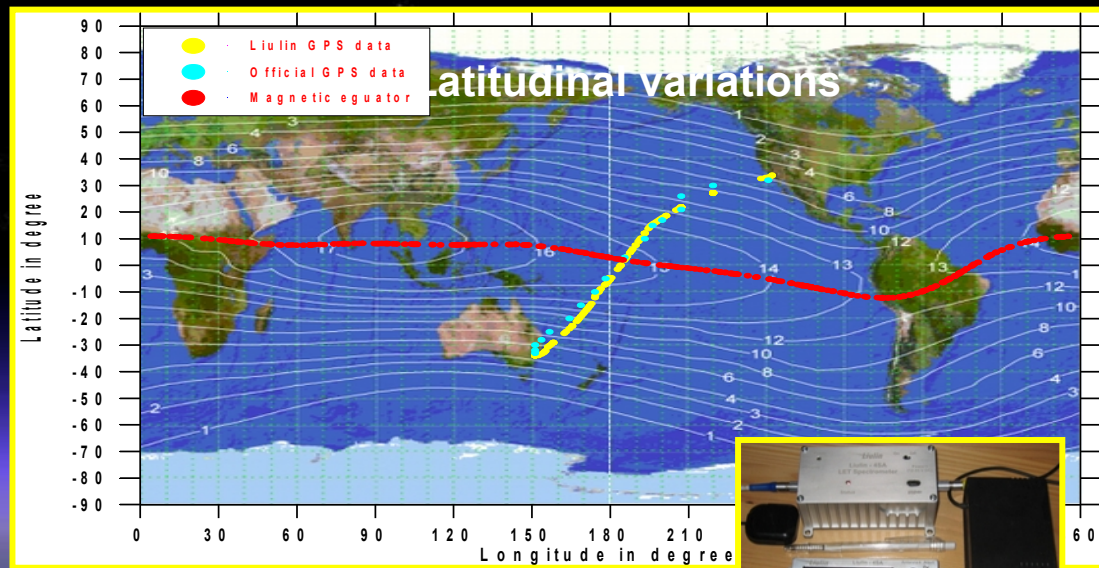
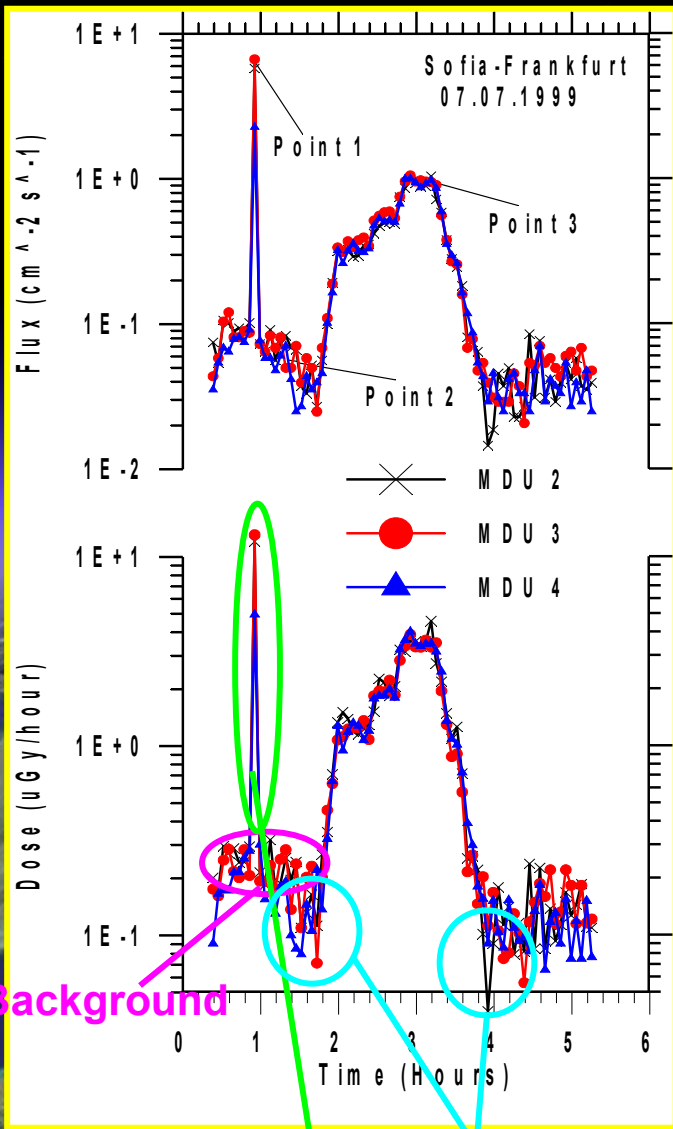
Гама изт.

Радиационен фон

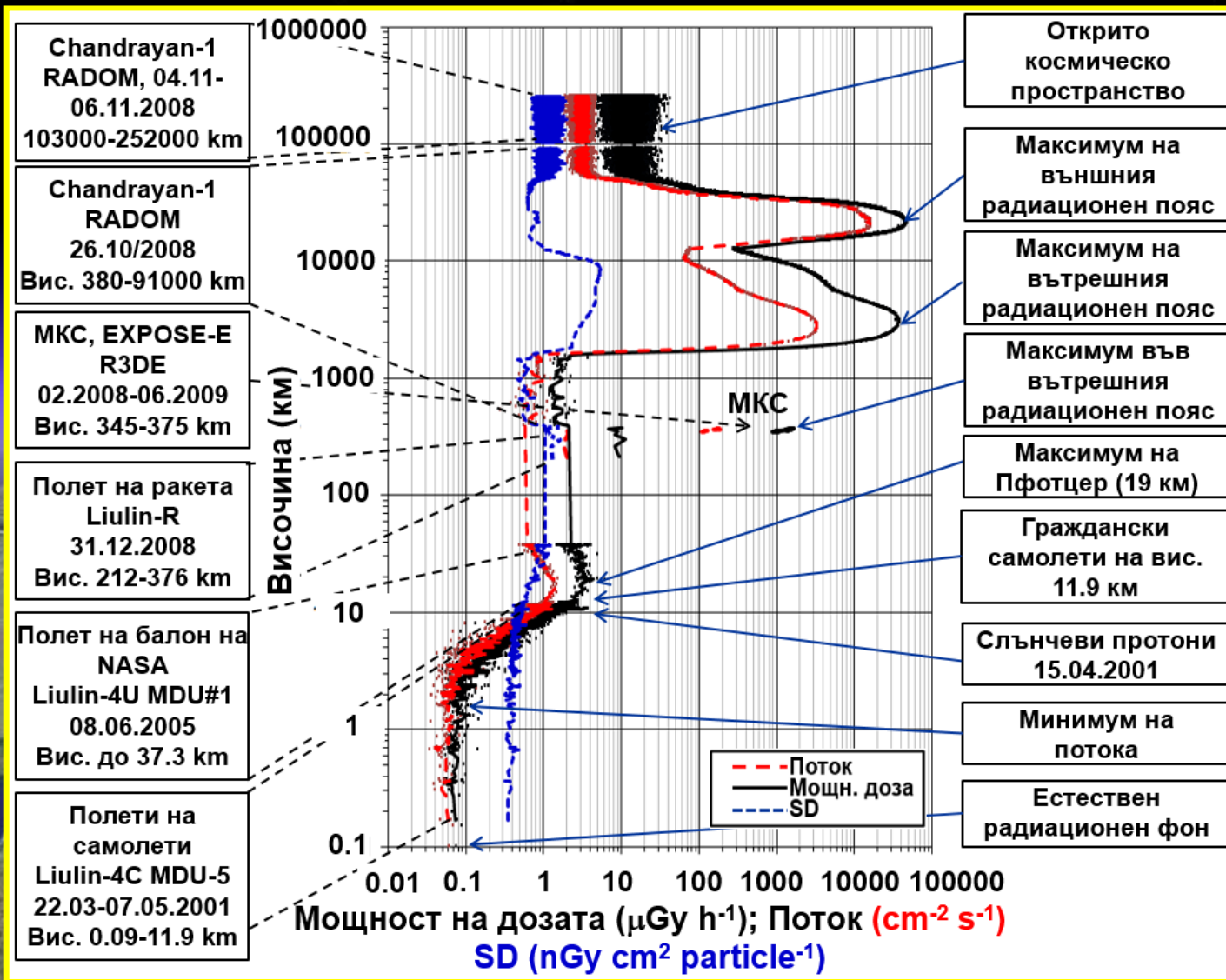




## Altitudinal variations

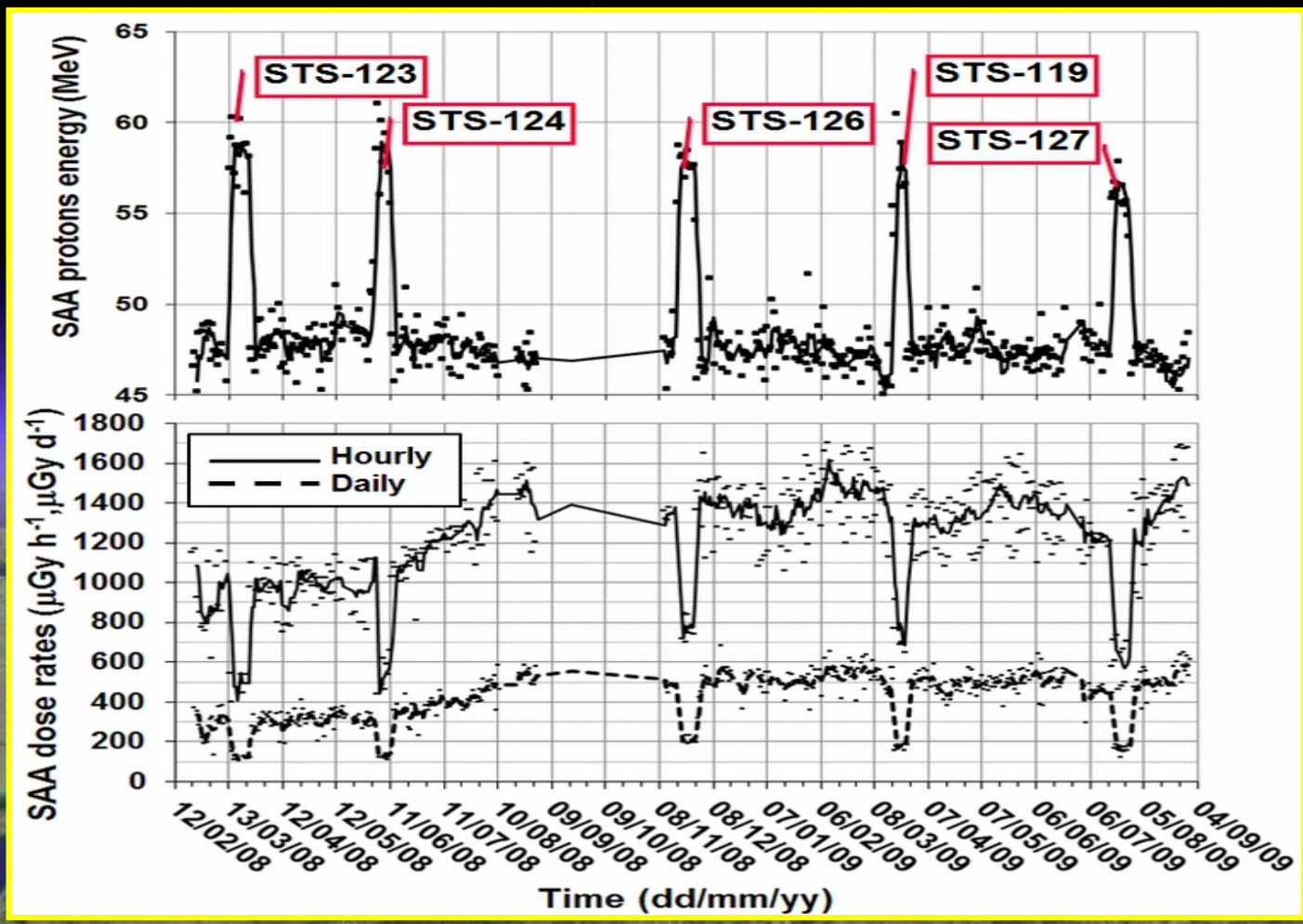


Профил на мощността на дозата, потока и на специфичната доза по данни от прибори от типа „Люлин“ от земната повърхност до свободното космическо пространство





# С прибора R3DE са открити екстремни дози и енергии в областта на ЮАМА при посещенията на станцията от американските космически совалки и корабите от типа „Съюз“ и „Прогрес“\*

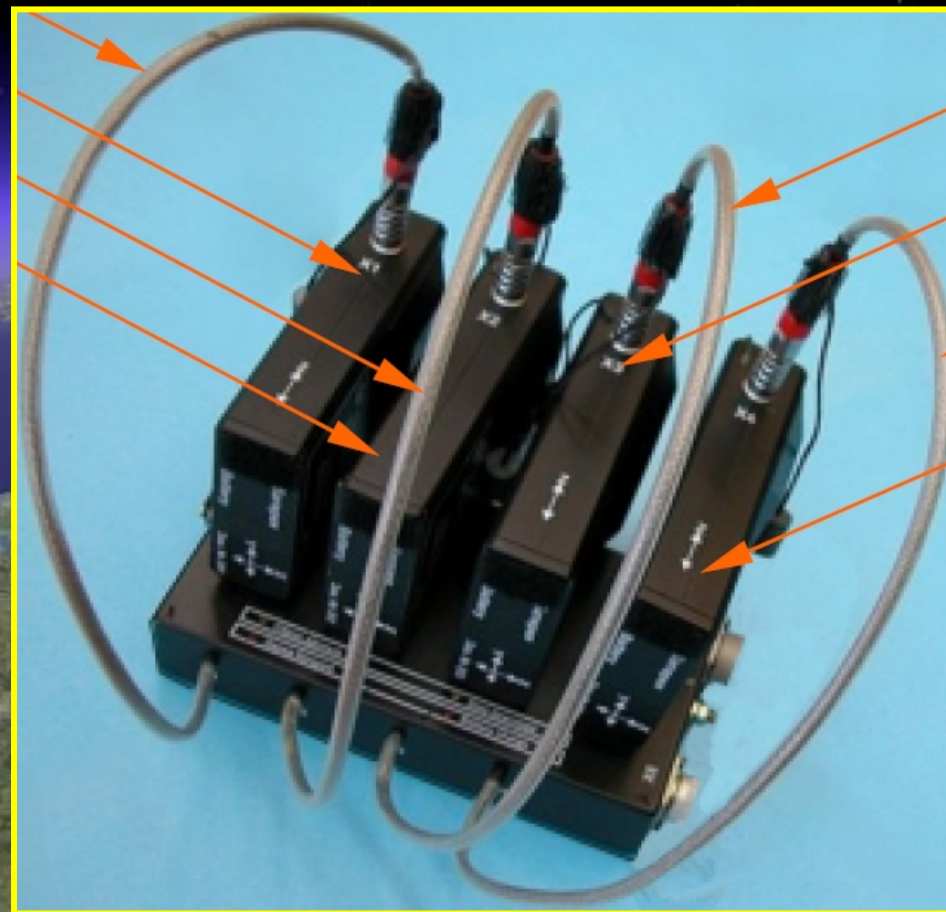


\*Dachev, T.P., J. Semkova, B. Tomov, Yu. Matviichuk, Pl. Dimitrov, R. Koleva, St. Malchev, G. Reitz, G. Horneck, G. De Angelis, D.-P. Häder, V. Petrov, V. Shurshakov, V. Benghin, I. Chernykh, S. Drobyshev, N. G. Bankov, Space Shuttle drops down the SAA doses on ISS, Adv. Space Res., 47, 2030-2038 2011.

<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0273117711000913>

Комплекс за индивидуален дозиметричен контрол  
"ЛЮЛИН-МКС", който е предназначен за:

1. Оперативен контрол на мощности погълнатата доза и сумарната доза в Русия сегмент на МКС с помощта на 4-х портативни дозиметъра
2. За индивидуален дозиметричен контрол на космонавтите

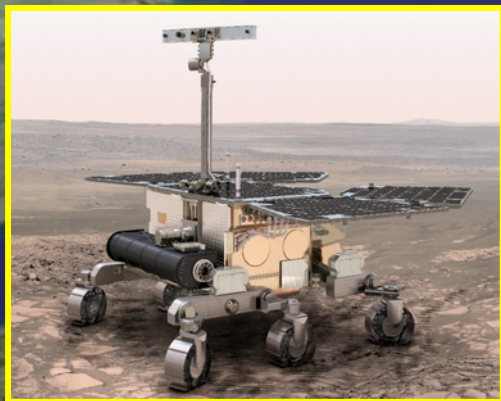
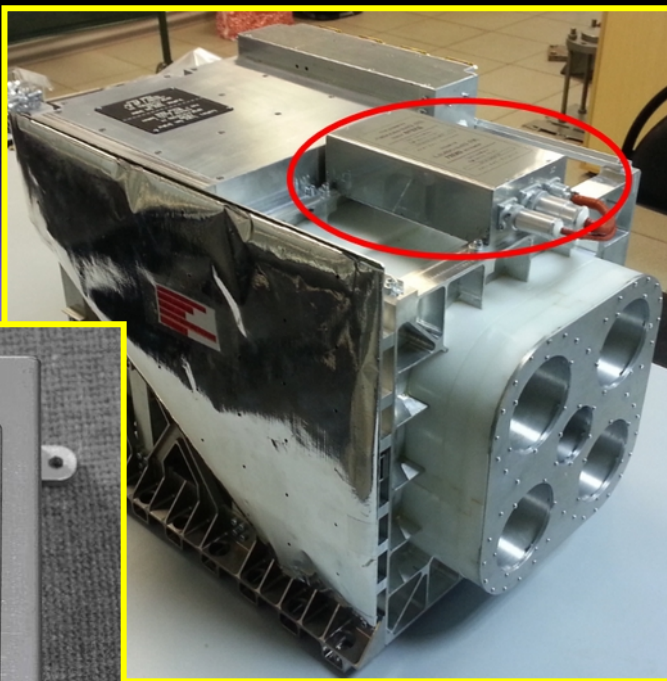




Предстоящи космически експерименти с  
прибори от типа „Люлин“

2016 и 2018 г.

Mars Trace Gas Mission-Orbiter



ESA's ExoMars Rover



ФРЕНД и дозиметърът Люлин-МО  
<http://I503.iki.rssi.ru/FREND.html>

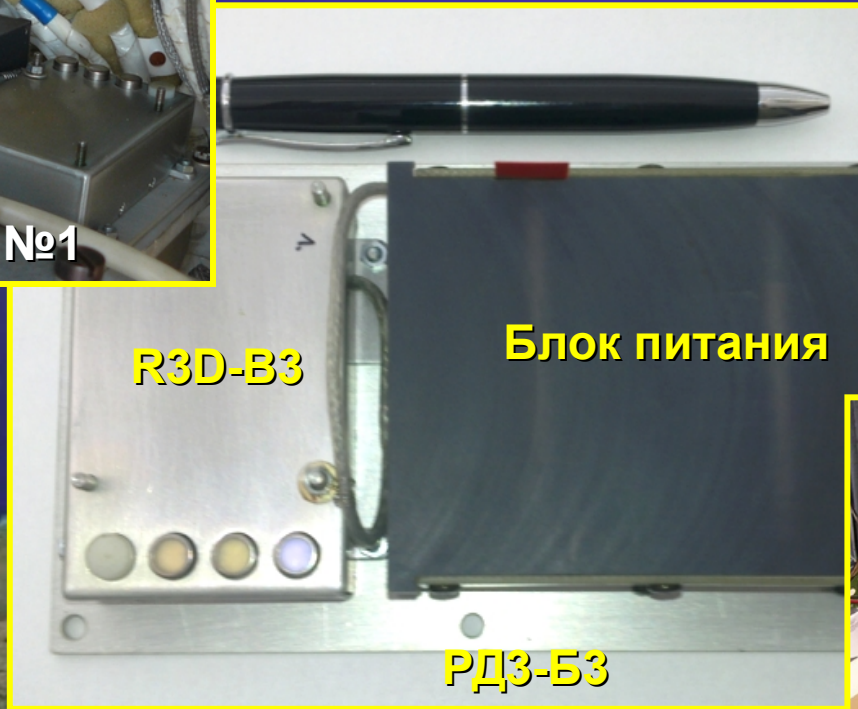


ИКИТ-БАН в сътрудничество с Университета в Ерланген, Германия и ИМБП-РАС, Русия ще участва в експеримента на спътника "БИОН-М" №2 с прибора РЗД-БЗ в 2020 г. на височина 800-1000 км и наклон на орбитата 62°.  
(Проектът е част от програмата за „Фундаментални космически изследвания с РАН“)



**РЗД-БЗ**

**"БИОН-М" №1**



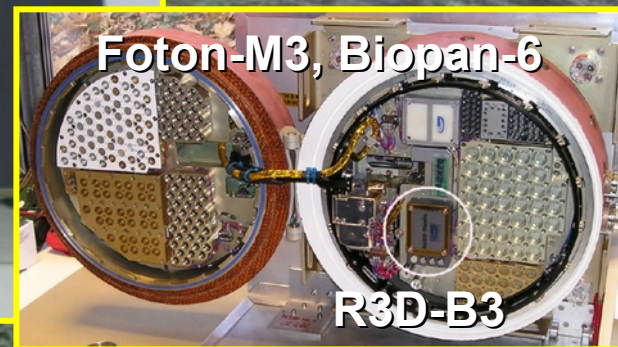
**R3D-B3**

**Блок питания**

**РЗД-БЗ**

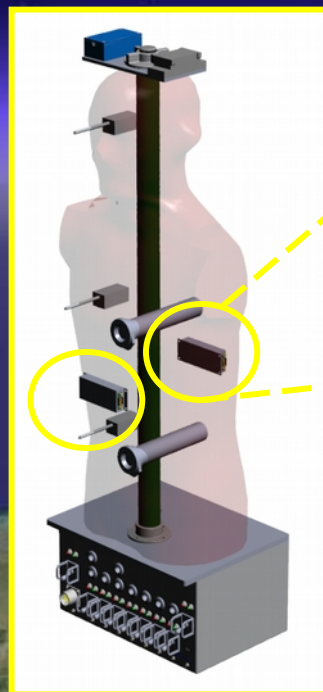
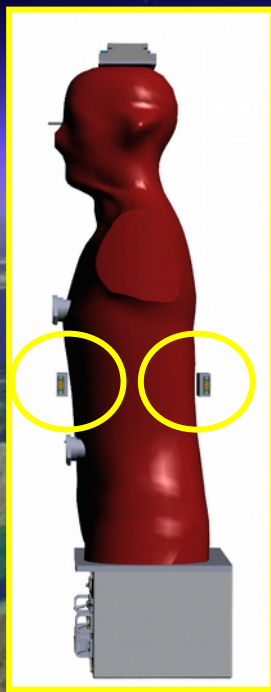


**"Фотон-М" №4**



**Foton-M3, Биопан-6**

**РЗД-БЗ**



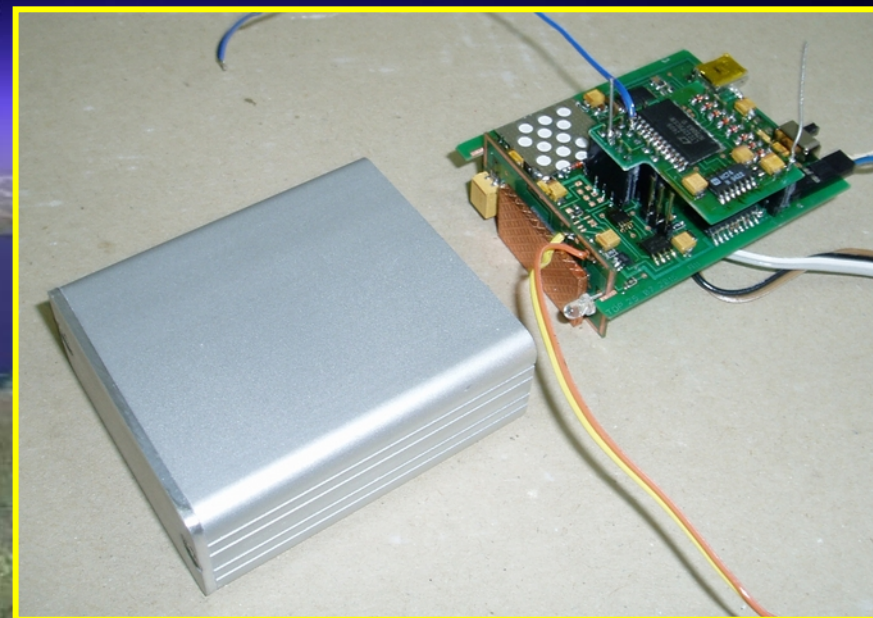
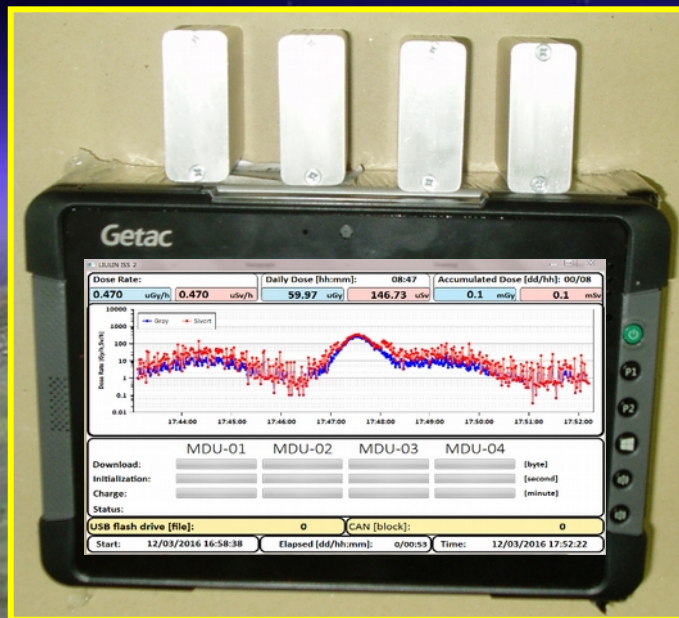
Очакван външен вид на спектрометрите "Люлин-АФ"

Местоположение на спектрометрите "Люлин-АФ", на фантома Матрешка-III



Приборът „Люлин-МКС-2“ е в процес на разработка в периода от 2014 г. до 2018 г. Целта е да се създаде **служебна** дозиметрична система за наблюдение на персоналната доза на членовете на екипажа в руския сегмент и извън МКС.

**Приоритетът на прибора е върху измерване динамиката на натрупване на дозата по време на излизане в открития космос. Подобни измервания на "Мир" и МКС не са правени досега.**



Приборът "Люлин-МКС-2" се състои от пет блока: 4 персонални дозиметра и един интерфейсен блок (ИБ) със стационарен дозиметър. ИБ се изпълнява със защитен таблет от фирмата Getac.



ИКИТ-БАН успешно внедрява космическите технологии в спектрометри от типа “Люлин” за мониторинг на дозата космическа радиация на самолети. Използват се от учени в Япония, САЩ, Германия, Франция, Канада, Испания, Австралия, Корея, Чехия и др.

Работи повече от 80 дни от батерии.  
524 MB MMC карта.  
GPS приемник



Работи в Интернет е създава собствена страница



Работи повече от 50 часа от акумулаторна батерия



Спектрометър с GPS приемник за мониторинг на дозата космическа радиация от пилоти на самолети

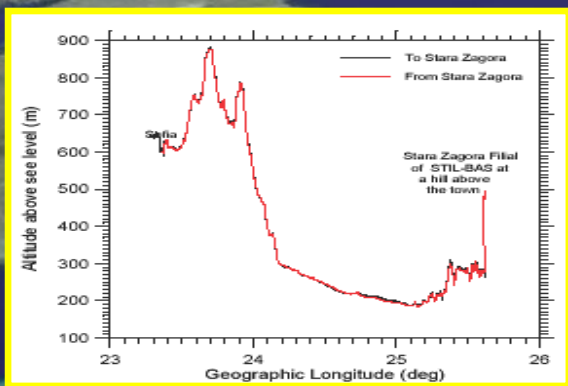


Тегло: 450 g  
Размер: 100x100x45 mm

Тегло: 280 g\*  
Размер: 95x85x55 mm

Тегло: 95 g\*  
Размер: 104x40x20 mm

Тегло: 280 g  
Размер: 110x80x45 mm



Изменение на надморската височина по пътя от София до Ст. Загора



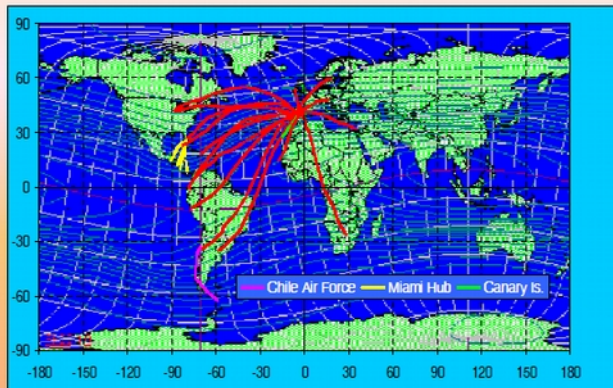
Маршрут на автомобил в София по данни от GPS, вграден в “Люлин”



11 прибора от типа “Люлин” по време на калибровки в CERN, Швейцария през м. октомври 2006 г.

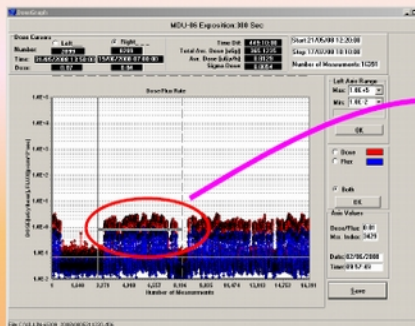


### IBERIA DESTINATIONS

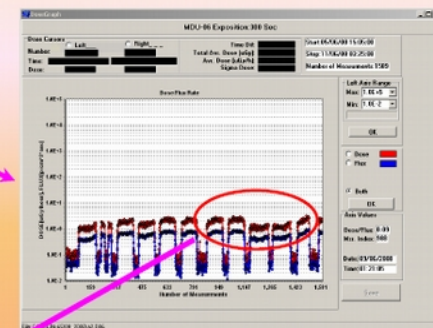


Real routes are approximately marked over a map used by the code FREE 1.0 for route calculation. The map was kindly provided by Dr. E. Felsberger (Technical University Graz, Austria)

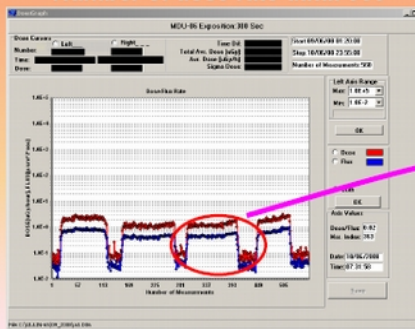
Monitoring period: 58 days  
Number of flights: 90  
Number of dose rate data: 16391



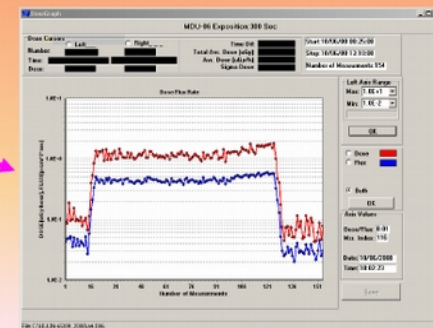
Monitoring period: 5 days  
Number of flights: 13  
Number of dose rate data: 1589



Monitoring period: 2 days  
Number of flights: 4  
Number of dose rate data: 560

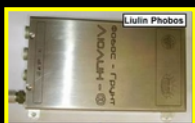


Monitoring period: 12 hours  
Number of flights: 1  
Number of dose rate data: 154

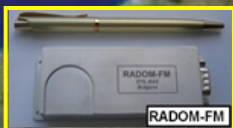
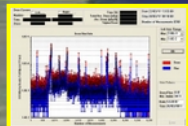
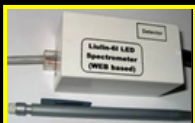




# Интересни факти за приборите „Люлин“



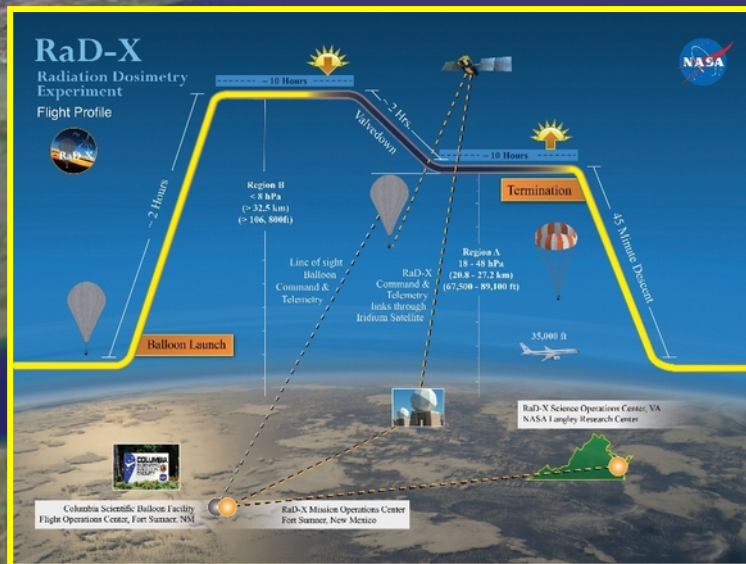
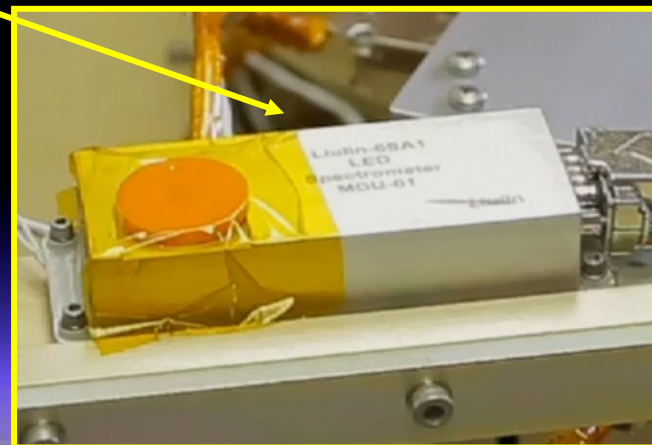
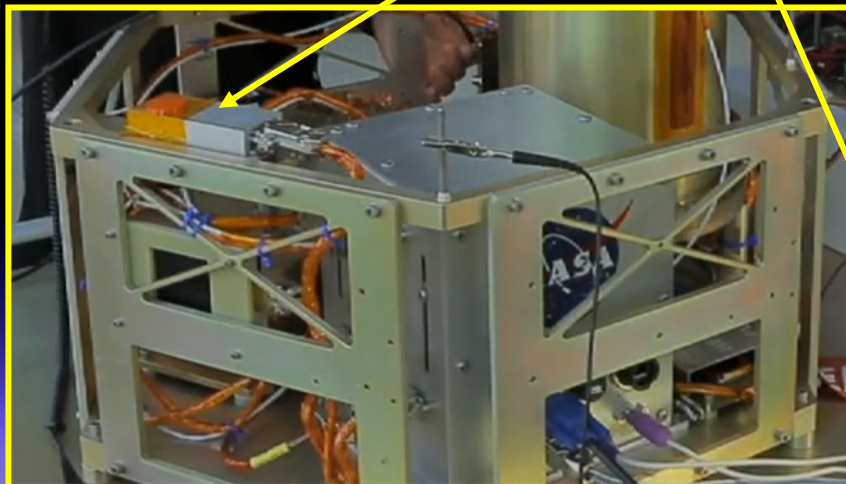
Liulin-F



1. При неуспешни стартове са загубени 3 прибора: RADIUS-MD на Mars-96 (1996), R3D-B1 на Foton-M1 (2002) и Liulin-F на Phobos-Grunt (2011);
2. Най-дълго работилният без прекъсване е приборът на върха „Юнгфрау“, Швейцария – от 2005 досега (<http://130.92.231.184/>);
3. Най-дълго работилният без прекъсване в Космоса е „Люлин-5“ – от 2007 г. до 2015;
4. Този прибор е летял 3 пъти в Космоса-на спътниците: Foton-M3 (2007), „БИОН-М №1“ (2013) и „Фотон-М1“ (2014);
4. Този прибор летя 2 пъти на МКС (2009-2010 от октомври 2014 до 16 януари 2016);
5. Най-интригуващи са полетите на американския „шпионски“ самолет U2, (2001) и в авариалата „Фукошима“ (2011);
6. Най-значимо са използвани данните от Liulin-E094 – за верификация на AP-9 модела (Badavi, 2014). <http://dx.doi.org/10.1016/j.asr.2014.05.010>
7. Най-далече сигнала е RADOM - повърхността на Луната.



На 25.09.2015 наш „Люлин“ леля на балон на НАСА. Предстои и полет на спътник

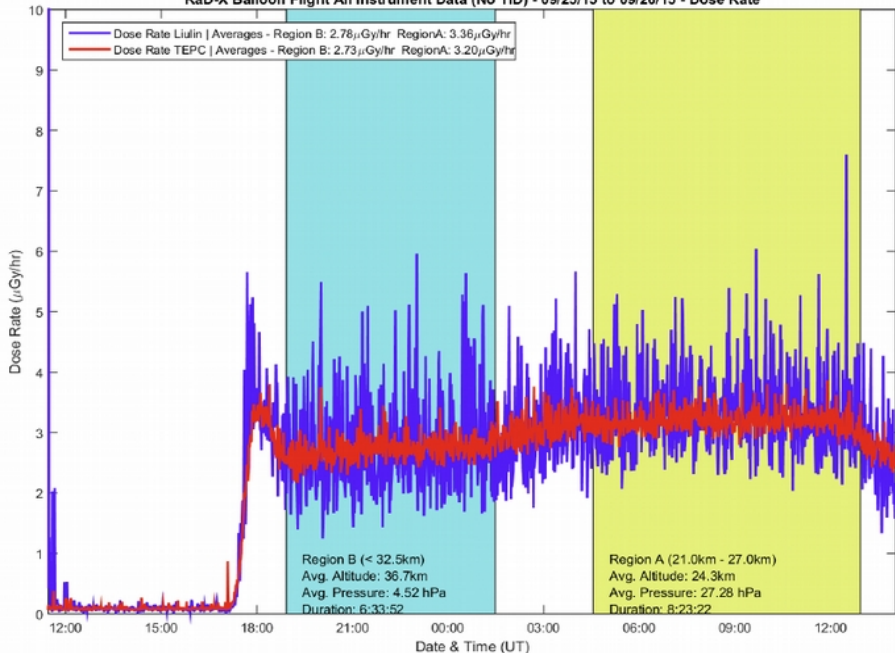


23! Предимно младежи!

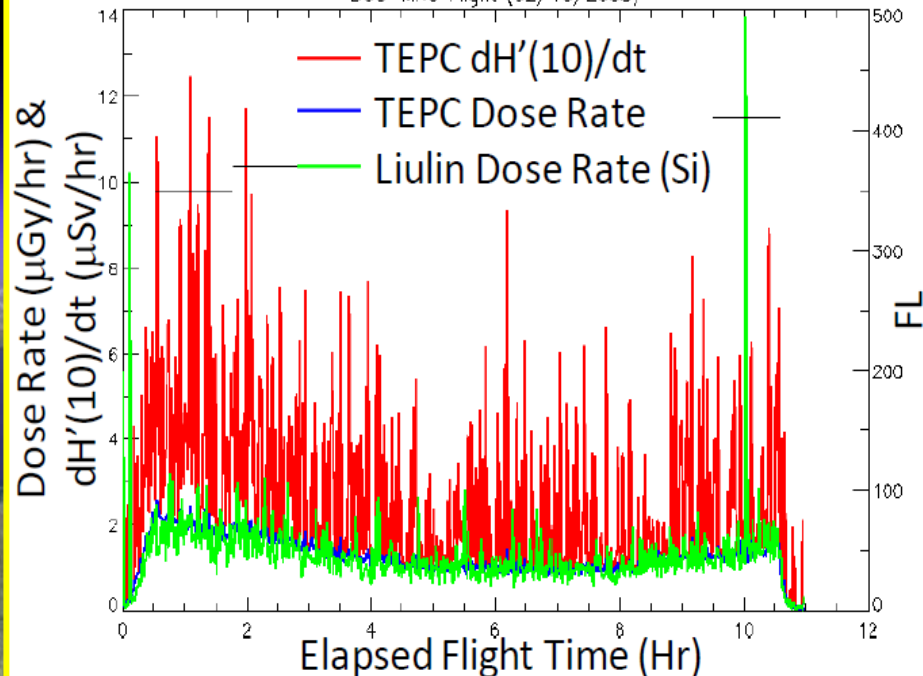
## Сравнение на данните от полета на балона получени от „Люлин“ и TEPC

## Сравнение на данните от полет на самолет получени от „Люлин“ и TEPC за валидиране на модела NAIRAS

**Absorbed Dose Rate Measured by TEPC and Liulin**  
RaD-X Balloon Flight All Instrument Data (No TID) - 09/25/15 to 09/26/15 - Dose Rate



DUS-MRU Flight (02/13/2008)



Mertens, C. J. Cosmic Radiation Modeling and Measurements Applied  
to  
Aviation Safety, Lecture at BAS Headquarters, 17.11.2015



# Заклучения

- Различните източници на космическа радиация формират опасни за здравето на човека условия в околоземното, окололунното и марсианското космическо пространство;
- Приборите от типа „Люлин“ са относително евтини, но са високо-информативни, което ги прави търсени и прилагани от космическите агенции в минали и бъдещи експерименти;
- Космическата радиация ограничава по време и място прякото участие на хора в бъдещи космически мисии извън орбитата на Марс;
- Пилотираните полети трябва да бъдат ограничени за сметка на полетите с изследователски спътници роботи;
- Пилотиран полет извън пределите на Слънчевата система, засега трябва да се разглежда като научна фантастика, поради все още непознатите ефекти от дълготрайно облъчване с галактически космически лъчи;
- Необходими са нови научни изследвания и експерименти.



**Благодаря за вниманието**