

Российские космические РСДБ-миссии: результаты и перспективы

Сергей Лихачёв (От имени Астрокосмического
центра Физического института им. П.Н. Лебедева
Российской Академии наук)





Миссия Радиоастрон

«Радиоастрон» - самый большой в мире космический радиотелескоп, образующий самый крупный в мире наземно-космический радиоинтерферометр.

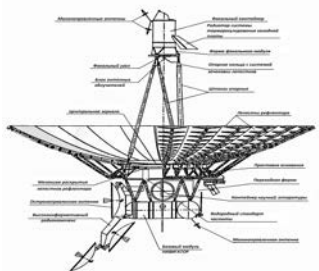
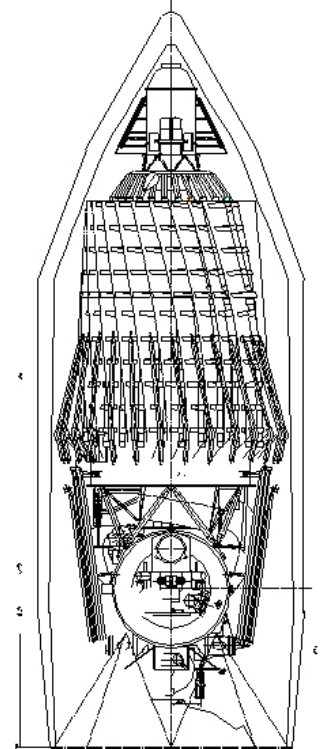
Цель миссии состоит в использовании космического телескопа для исследования Вселенной с рекордным угловым разрешением вплоть до 8 микросекунд дуги на кратчайшей длине волны 1.35 см.



4.5 года на орбите !!



Тесты в НПО им. Лавочкина. Лето, 2011





18 июля, 2011

**6:31 Московское время,
Байконур.**

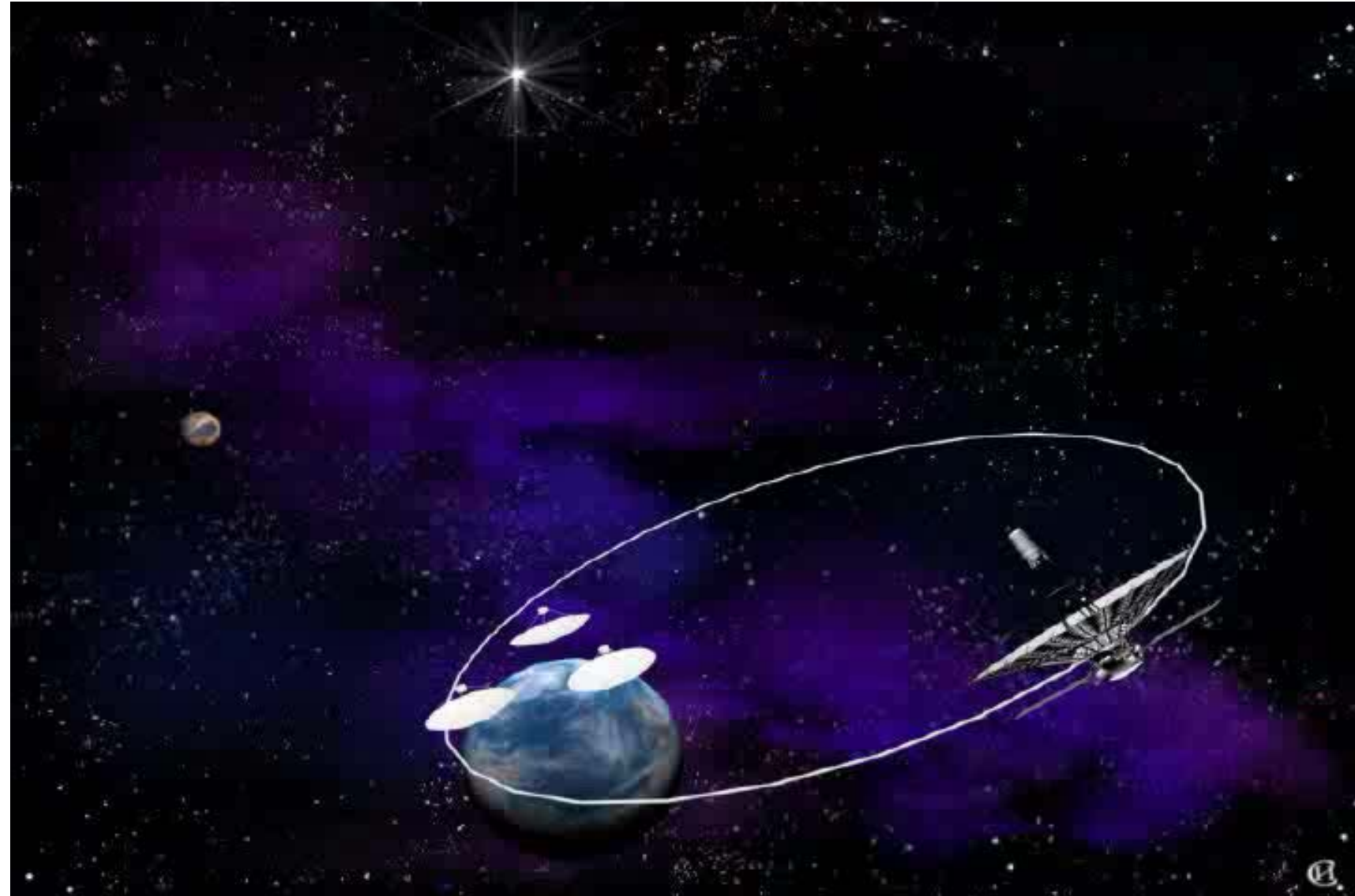
Запуск обсерватории.





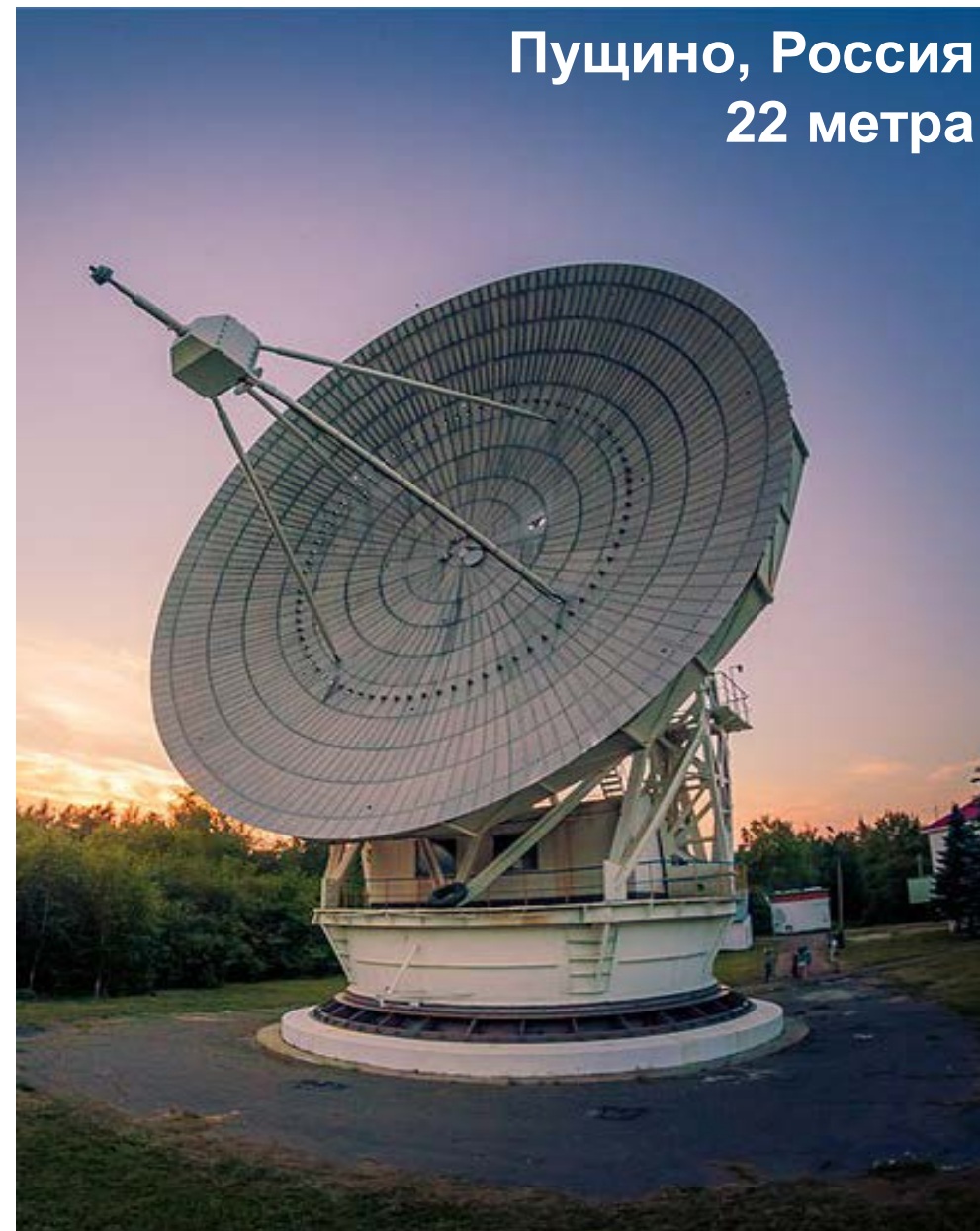
Орбита Радиоастронома

Диаметр антенны [м]	10
Высота апогея [км]	350,000
Период орбиты	9.5 дней
Поляризация	LC/RC
Линия связи	128 мбит/с
Частоты наблюдений [гГц]	0.2 -- 22
Угловое разрешение [микросекунды дуги]	8





Станции слежения и сбора научной информации





Передача научных данных с наземных радиотелескопов



Parks Australia



Tidbinbilla Australia



ATCA Australia



Urumqi China



Shanghai China



Noto Italy



Badary Russia



Robledo Spain



Onsala Sweden



Jodrell Bank UK



Hart Africa



Torun Poland



Arecibo Puerto Rico



Zelenchuk Russia



GBT USA



Usuda Japan



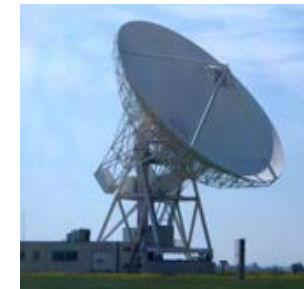
Westerbork Netherlands



Yebes Spain



Effelsberg Germany



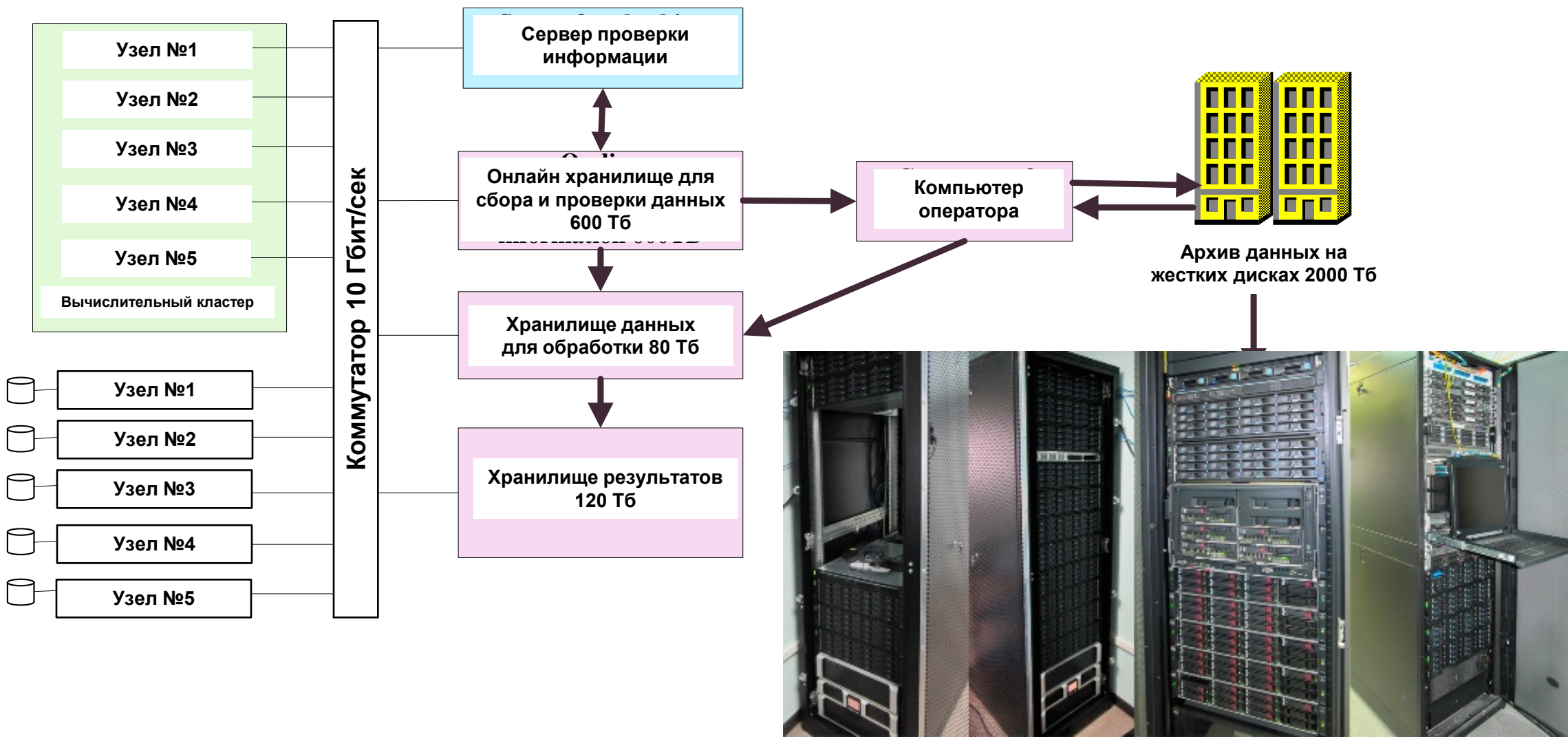
Medicina Italy



Svetloe Russia



Структура центра обработки данных

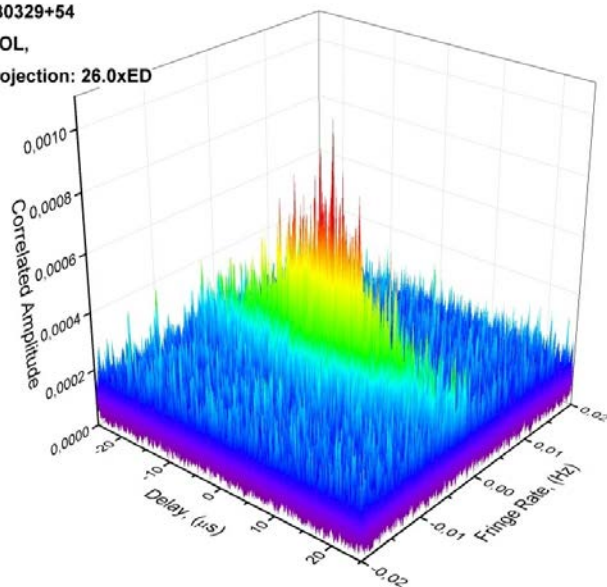




Основные результаты миссии «Радиоастрон»

Пульсары

RAKS02AQ (22.11.2013)
SOURCE: B0329+54
92cm, LL-POL,
Baseline projection: 26.0xED



С помощью измерений с «Радиоастроном» получено пространственное распределение неоднородностей межзвездной среды в направлении пульсаров: B1919+21, B0950+08, B0329+54, B0531+21.

Впервые благодаря сверхвысокому угловому разрешению, была обнаружена суб-структура в кружке рассеяния данных пульсаров.

Опубликована статья Astrophysical Journal, 2014

С помощью прямых измерений на наземно-космических базах разрешен кружок рассеяния пульсара B0329+54. Угловой размер кружка рассеяния составил 5 миллисекунд дуги.

Опубликована статья Astrophysical Journal, 2016

Гигантские импульсы пульсара в Крабовидной туманности

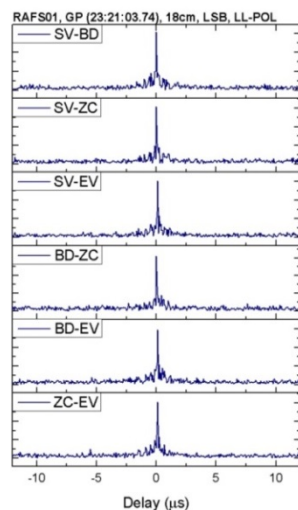
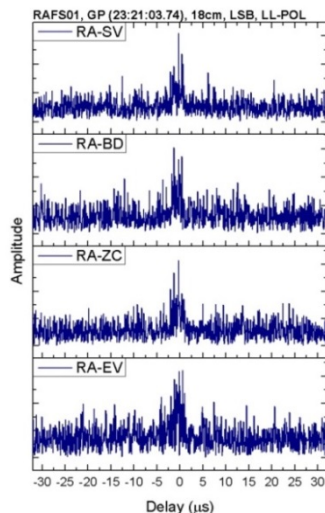
Впервые проводились наземно-космические РСДБ наблюдения гигантских импульсов пульсара B0531+21.

Наблюдается существенное изменение формы функции видности на наземно-космических базах.

На длине волны 92 см кружок рассеяния разрешается на наземных базах

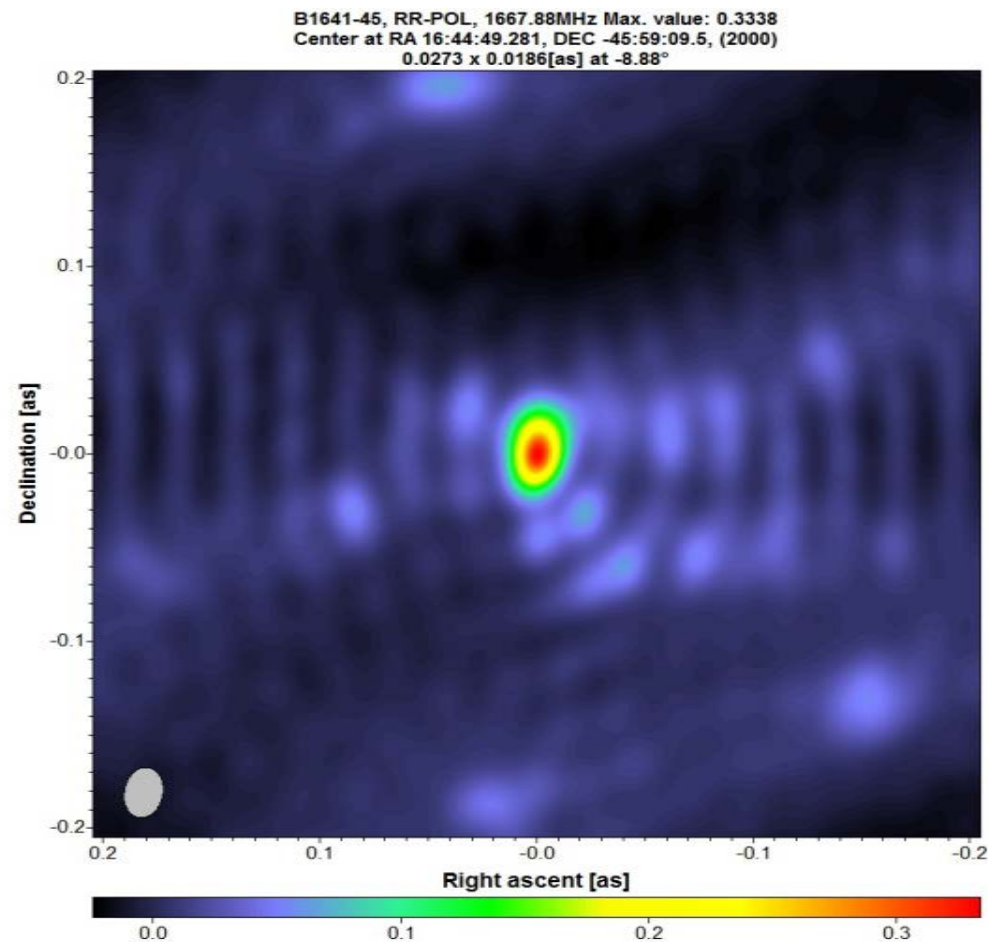
Rudnitskiy A.G., Popov M.V., Soglasnov V.A., "Preliminary results of giant pulse investigations from Crab pulsar with Radioastron.", Proceedings of Science, EVN 2014 (065)

Рудницкий А. Г., Попов М. В., Согласнов В. А., Каррупусами Р., «Исследование космической плазмы по данным РСДБ наблюдений гигантских импульсов пульсара B0531+21 в проекте "Радиоастрон"», Астрономический журнал, 2016, 93





Основные результаты миссии «Радиоастрон». Пульсар 1641-45



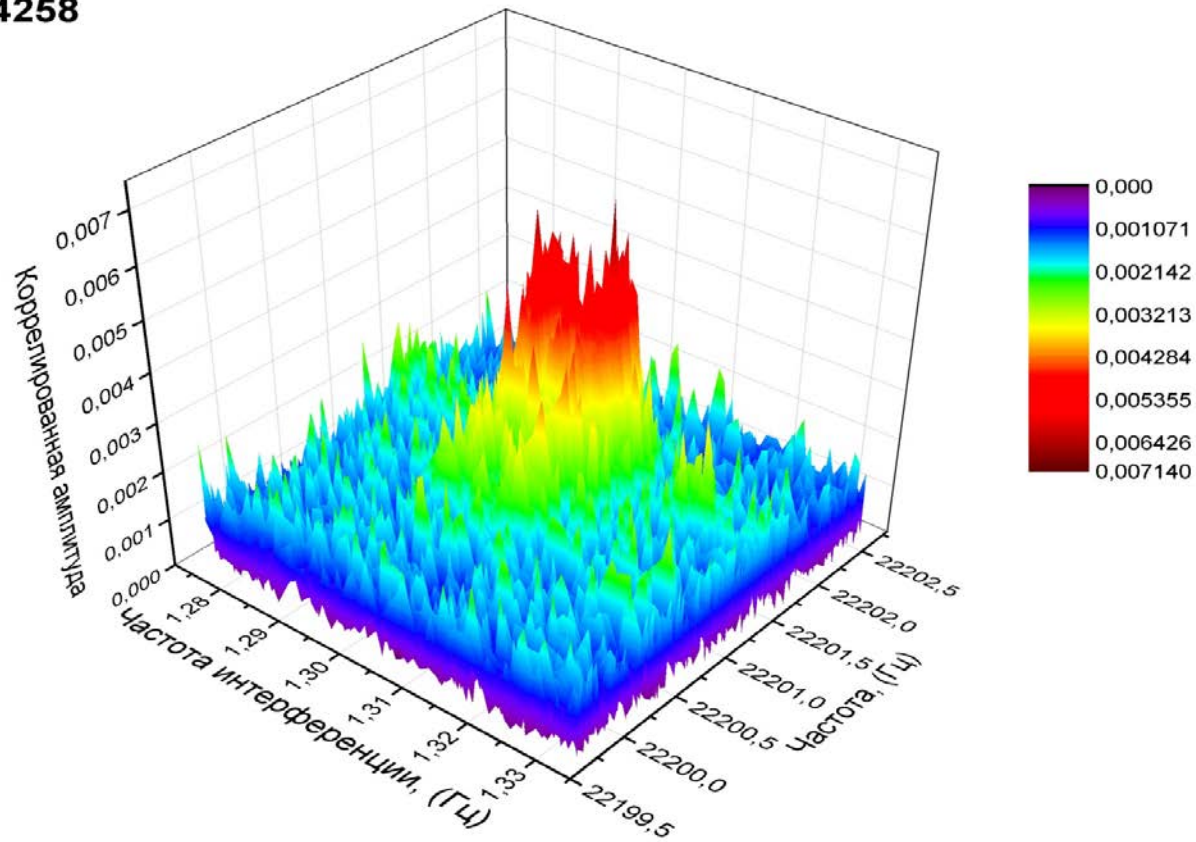
**Изображение рассеянного
на межзвездной среде пульсара B1641-45**



Основные результаты миссии «Радиоастрон».

Галактика NGC4258

NGC 4258

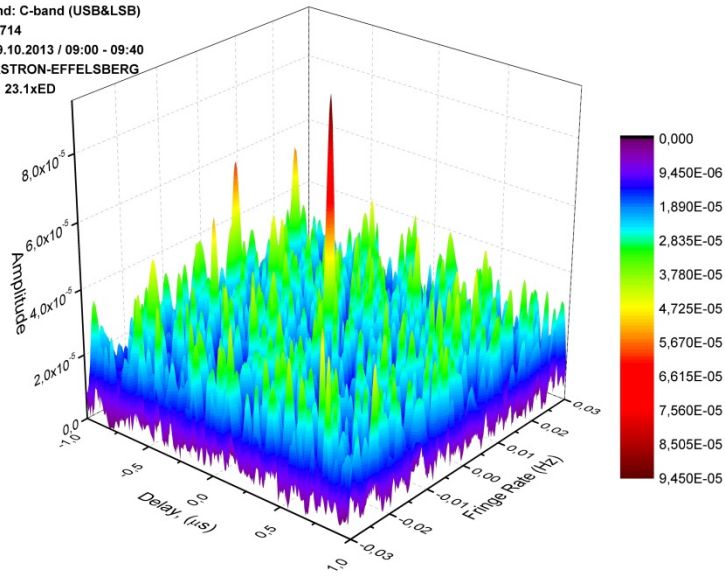


- Впервые в истории радиоастрономии продетектирован космическим интерферометром водяной внегалактический мегамазер (18.12.2014.).
- Проекция базы Радиоастрон – Грин Бэнк (США) - 2 диаметра Земли.
- Галактика NGC4258, $z = 0.00149$, расстояние 24 млн. св. лет.
Мегамазер расположен в аккреционном газовом диске около черной дыры.

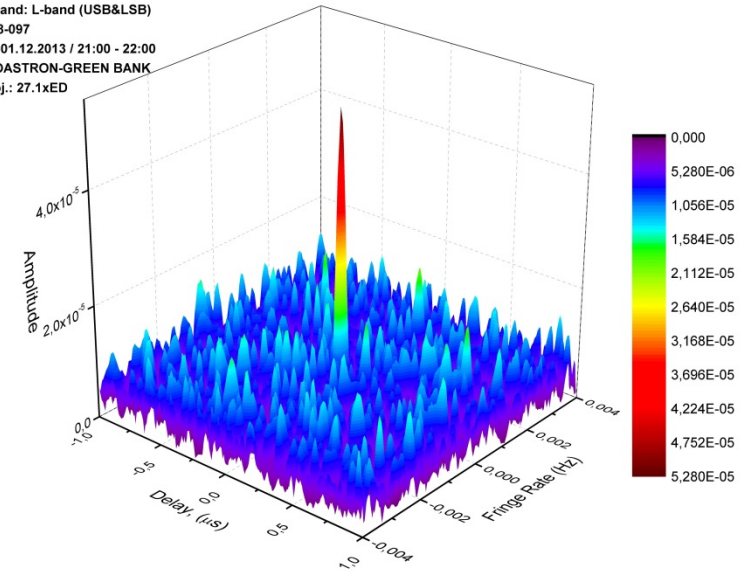


Сверхвысокое угловое разрешение

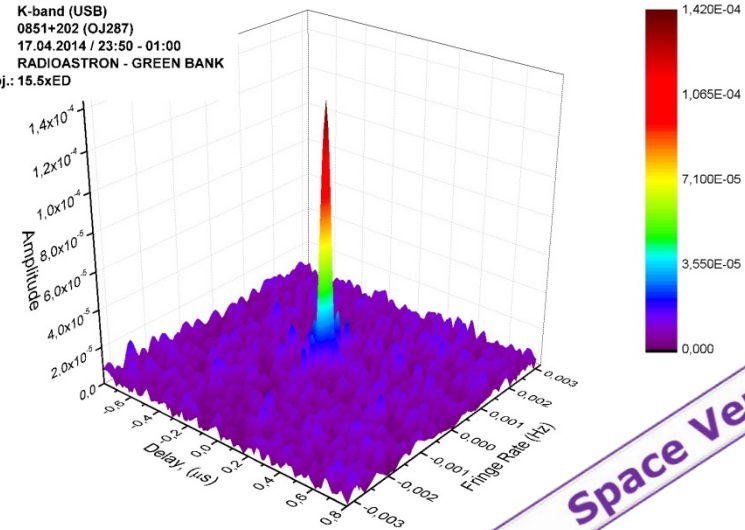
Observation: RAKS01GC
Frequency band: C-band (USB&LSB)
Source: 0716+714
Date / Time: 19.10.2013 / 09:00 - 09:40
Base: RADIOASTRON-EFFELSBURG
Baseline proj.: 23.1xED



Observation: RAKS01KT
Frequency band: L-band (USB&LSB)
Source: 0048-097
Date / Time: 01.12.2013 / 21:00 - 22:00
Base: RADIOASTRON-GREEN BANK
Baseline proj.: 27.1xED



Session: RAKS01ZM
Frequency: K-band (USB)
Source: 0851+202 (OJ287)
Date/Time: 17.04.2014 / 23:50 - 01:00
Base: RADIOASTRON - GREEN BANK
Baseline proj.: 15.5xED



Проекции базы:

L-диапазон: **27.1xED**, (345 000 km), Источник: 0048-097

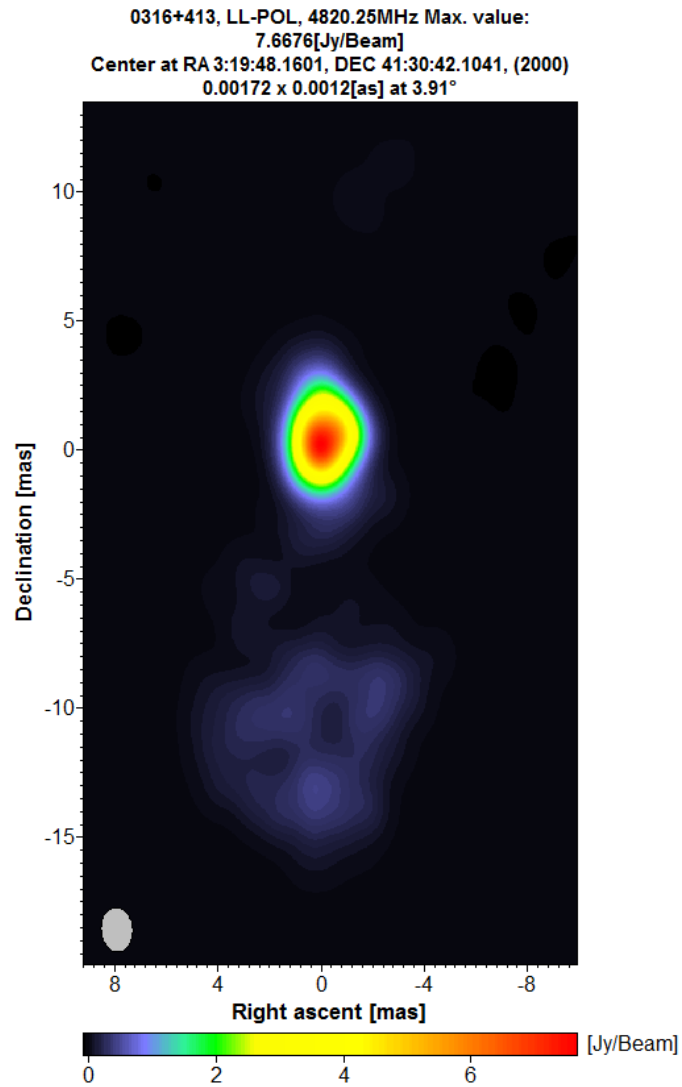
C-диапазон: **23.1xED**, (295 000 km), Источник: 0716+714

K-диапазон: **15.5xED**, (190 000 km), Источник: 0851+202

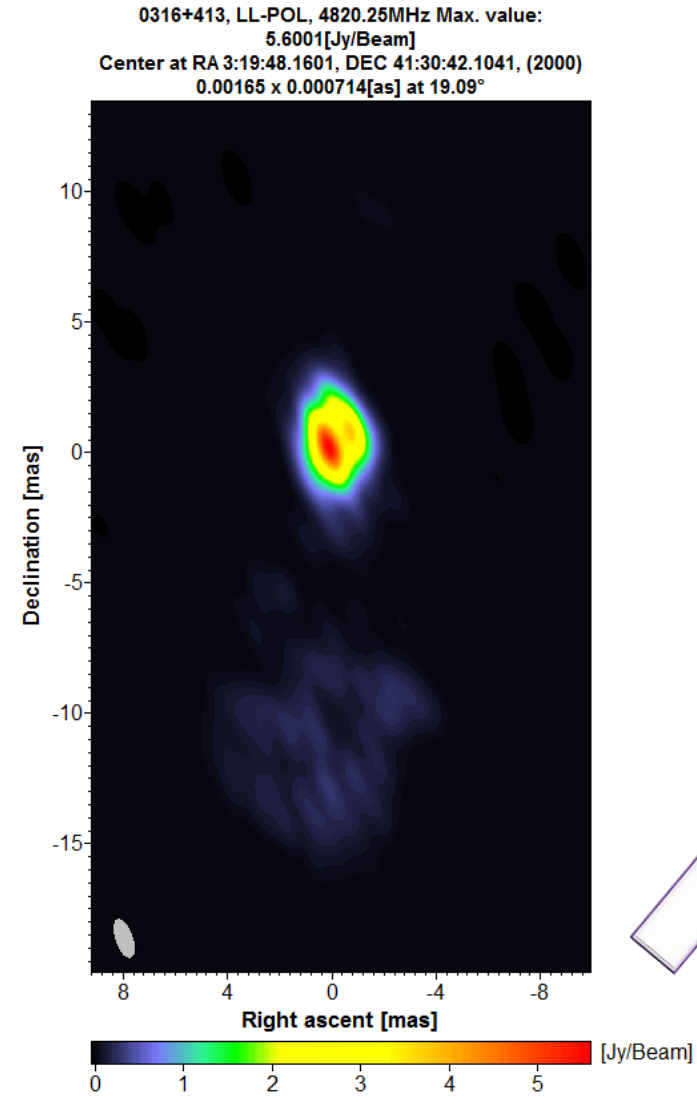
Space Very-LBI WORKS!!!



Сравнение с наземным РСДБ (ЗС84, 5 ГГц)



без «Радиоастрона»



с «Радиоастроном»

Space Very-LBI WORKS!!!



Текущий статус обработки данных

- Было обработано **2130 сеансов**. Корреляция с Радиоастроном обнаружена в **703 сеансах**.
- На текущий момент скорость обработки данных миссии Радиоастрон составляет около **160 сеансов в месяц**, в то время, как количество наблюдений составляет **80-120 сеансов в месяц**. Таким образом, скорости работы коррелятора АКЦ достаточно для обработки всех данных миссии.





Миссия Миллиметрон

Первый 10-метровый космический телескоп

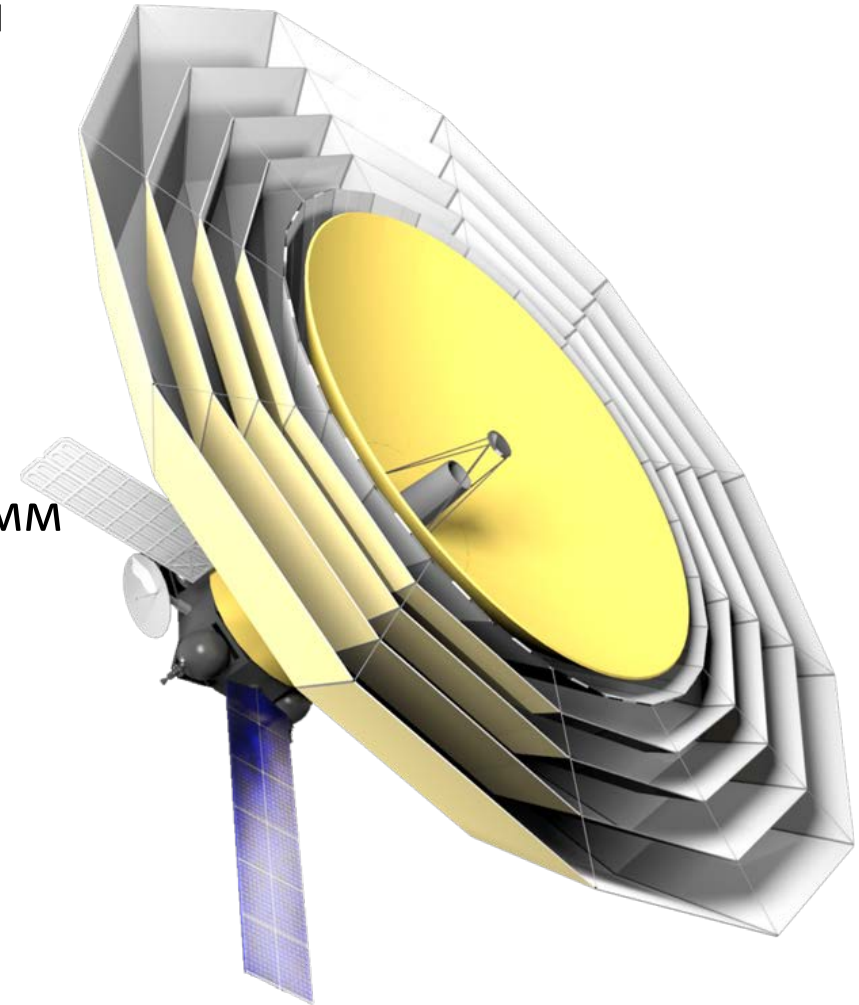
- ✓ для дальнего ИК, суб-мм и мм диапазонов (дифракционный предел 80 мкм)
- ✓ для исследований в области космологии и астрофизики
- ✓ с раскрываемой антенной
- ✓ с механическим охлаждением ($<10\text{K}$)
- ✓ орбита в окрестности точки Лагранжа L2
- ✓ срок службы: 10 лет; с охлаждением >3 лет
- ✓ с двумя режимами работы:
 - ✓ Режим интерферометра в диапазоне 0.3 – 17 мм
 - ✓ Режим одиночного телескопа в диапазоне 0.02 – 3 мм

Миссия одобрена и включена в ФКП 2016-2025

Космический аппарат: фаза Б

Научная аппаратура: фаза А

Предварительная дата запуска: 2025++

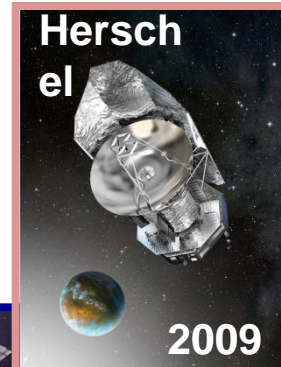
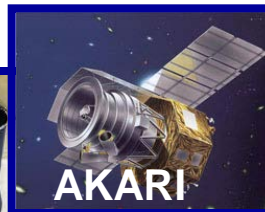




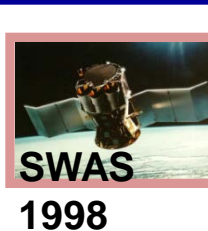
История развития космических обсерваторий в мм/суб-мм/дальнем ИК диапазонах

The satellites addressed to measure CMB

Year	Satellite	Image
1989	COBE	
2001	WMAP	
2009	Planck	



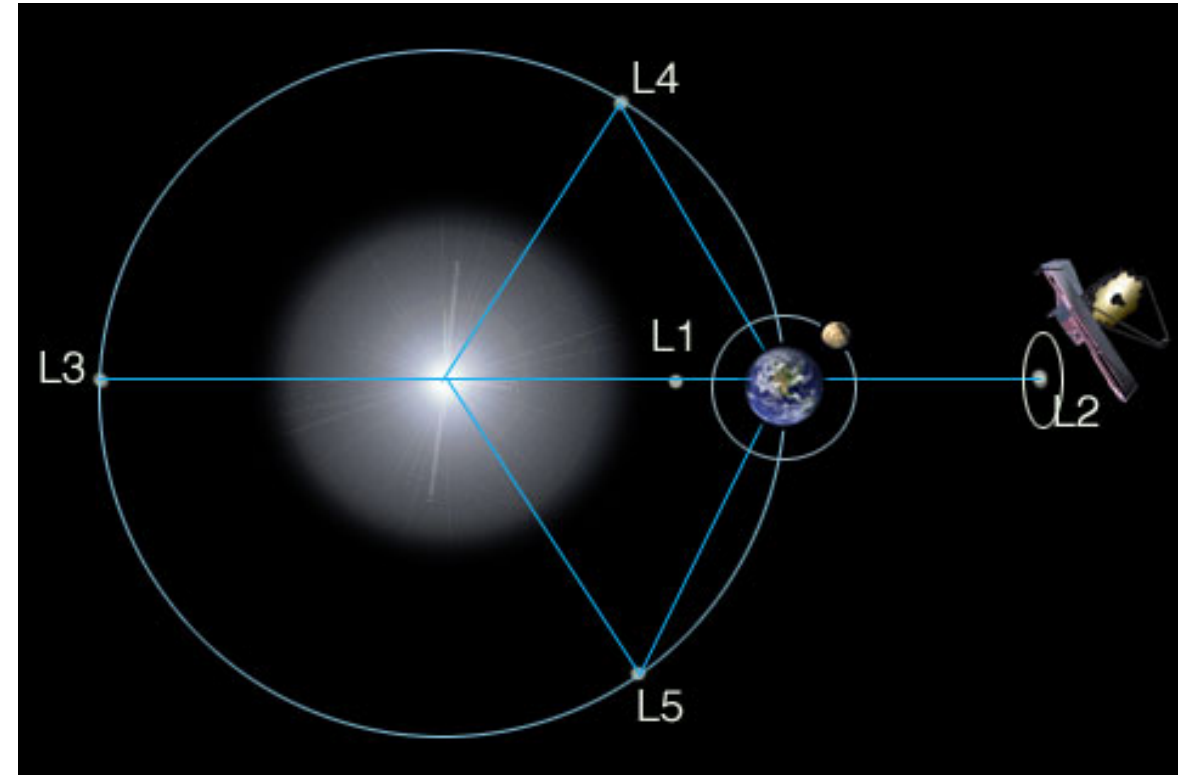
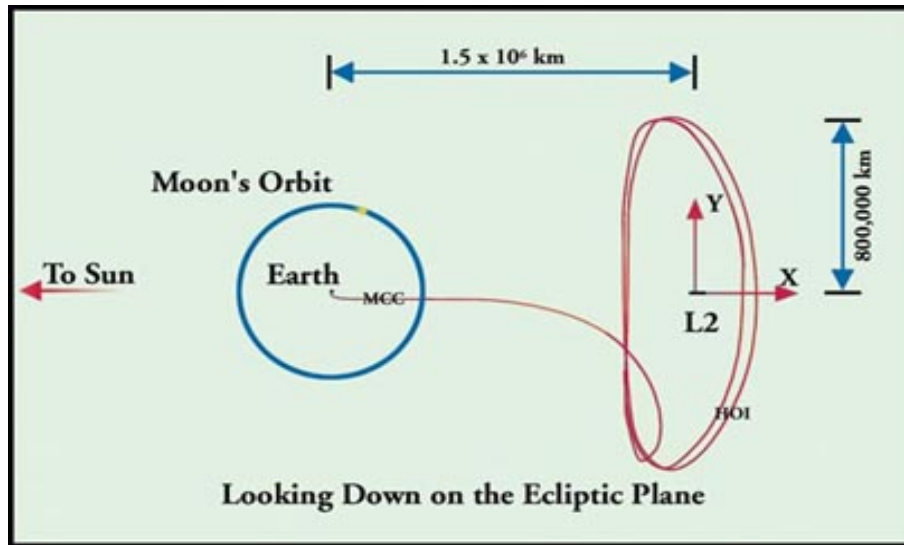
2014





Орбита Миллиметрона

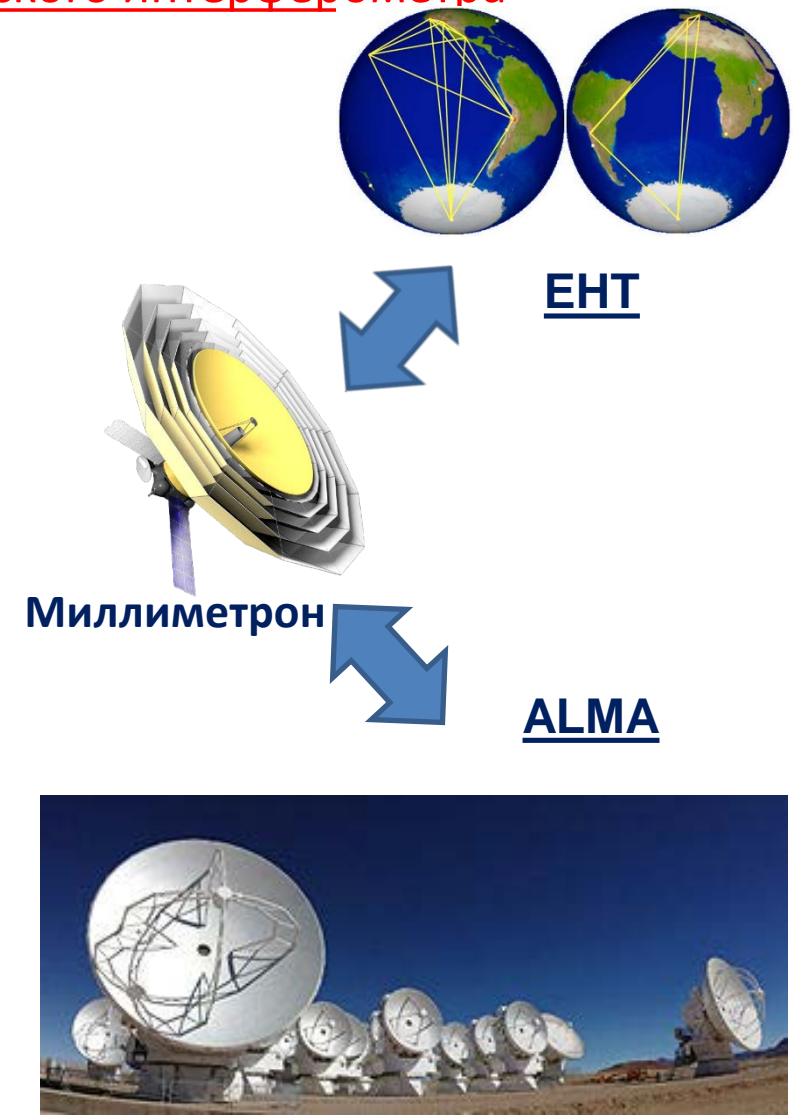
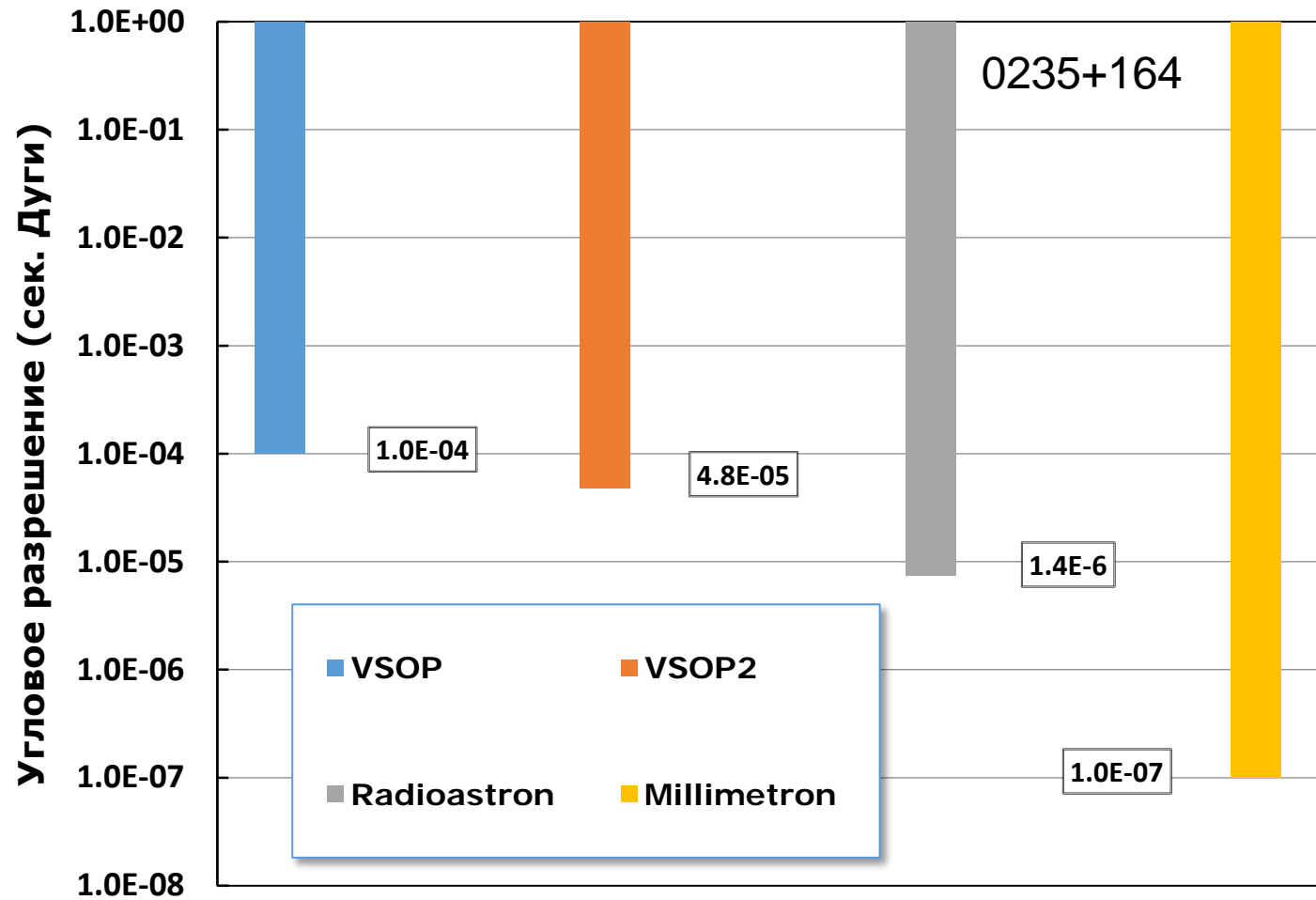
- Период орбиты – 365 дня (L2).
- База – 1 500 000 км, макс.
- Время движения вокруг точки L2 составляет около полугода.
- Поле зрения антенны +/- 75 градусов по широте и долготе эклиптики.





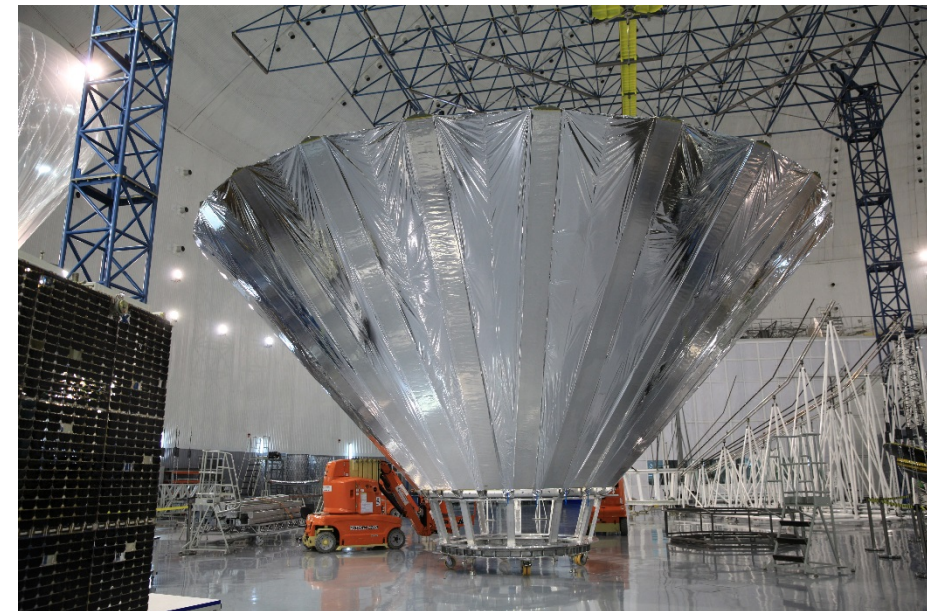
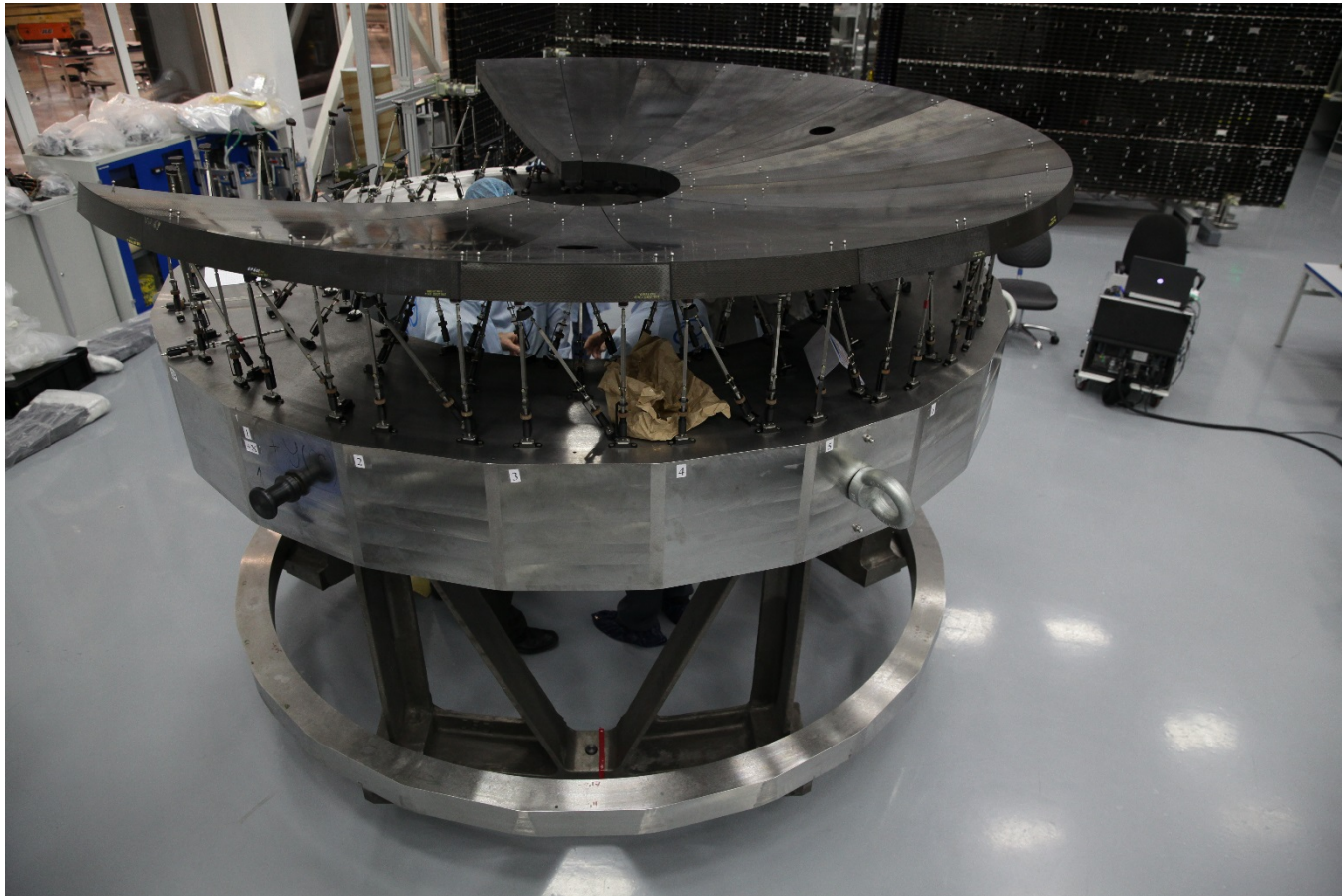
Возможности Миллиметрона

✓ Беспрецедентное угловое разрешение в режиме наземно-космического интерферометра





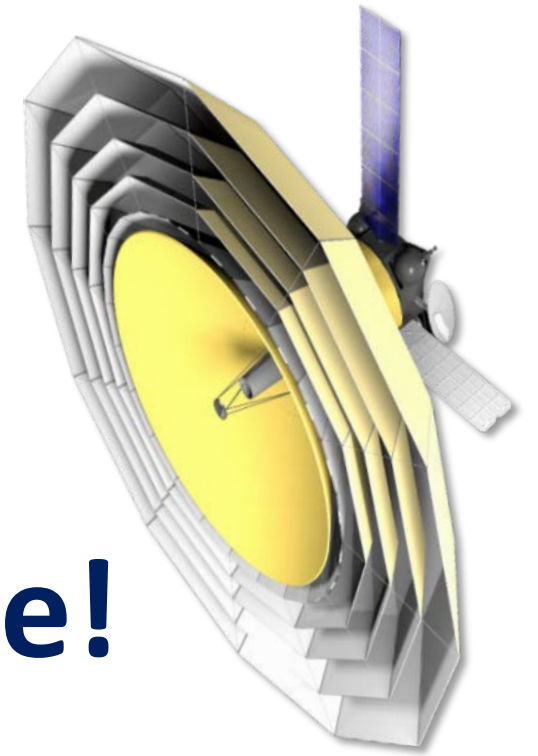
Макет антенны (ИСС им. Решетнева, Россия, 2014)





Основные выводы

- Российская Федерация обладает технологиями создания раскрывающихся космических антенн большого диаметра (миссии «Радиоастрон» и «Миллиметрон»).
- Российская Федерация обладает технологией обработки и анализа научных данных, полученных с наземно-космических радиоинтерферометров.
- Миссия «Радиоастрон» позволила получить научные результаты, которые являются уникальными в современной радиоастрономии.



Благодарю за внимание!

