



Презентации докладов по повестке дня
заседания Совета РАН по космосу 29 января 2015 года
под председательством академика Л.М. Зеленого
(11.00. - конференц-зал Президиума РАН, Ленинский просп. 14)

2. Обсуждение технических и научных проблем реализации проекта «Спектр-М» («Миллиметрон»), указанных в решении Совета № 1310-014 от 3.12.2014.

2.1. Доклад д.ф.-м.н. Барышев А.М. (Астрокосмический центр Физического института РАН)

The background of the slide is a vibrant image of the Rosette Nebula, captured by the Herschel telescope. Two spacecraft are depicted: on the left, a satellite with a large yellow parabolic dish and solar panels; on the right, a more complex spacecraft with a multi-layered, segmented yellow and grey structure. The text is centered over the nebula.

Ответы на вопросы по проекту Спектр-М

А. Барышев от имени разработчиков проекта

Астро Космический Центр ФИАН
Российская Академия Наук

Москва, 28 Января, 2015





АКЦ ФИАН

Эволюция телескопов для наблюдений в субММ и ИК диапазонах

Спутники нацеленные на исследования реликтового фона

1989



COBE

2001



WMAP

2009



Planck

2014

JWST



• Ø6.5м - 45K

Mmtron

Ø10м - 4.5K

SPICA

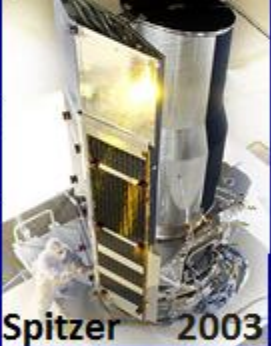
Ø3.5м - 6K

Ø3.5м - 80K



Herschel 2009

Ø0.9м - 5K

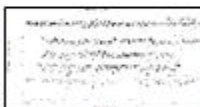
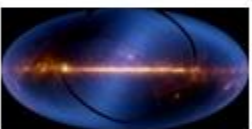


Spitzer 2003

Ø0.7м - 6K



AKARI 2006



Ø0.6м - 4K



IRAS 1983

Ø0.6м - 3K



ISO 1995

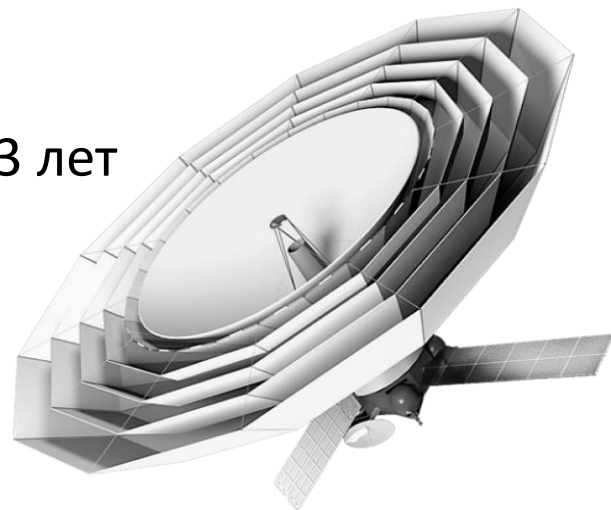


1977-1984 Салют-6
Ø 1.5м (2 мех. криорефр.)

Проект «Спектр-М» (Миллиметрон)

Первый 10-метровый космический телескоп для дальнего ИК и субММ диапазона длин волн

- ✓ нацеленный на решение космологических и астрофизических задач
- ✓ открывающийся и адаптируемый на орбите
- ✓ с охлаждением до $T < 10\text{K}$ (мех. криорефр.) с возможностью работы после выработки их ресурса
- ✓ орбита в окрестностях точки Лагранжа L2
- ✓ срок службы: 10 лет; с акт. охлаждением > 3 лет
- ✓ базируется на уже известных технологиях
- ✓ два режима работы:
 - КРСДБ 0.3 – 17 мм
 - Одиночный телескоп (0.02 – 3 мм)



Проект одобрен и финансируется Роскосмосом в рамках ФКП до 2015

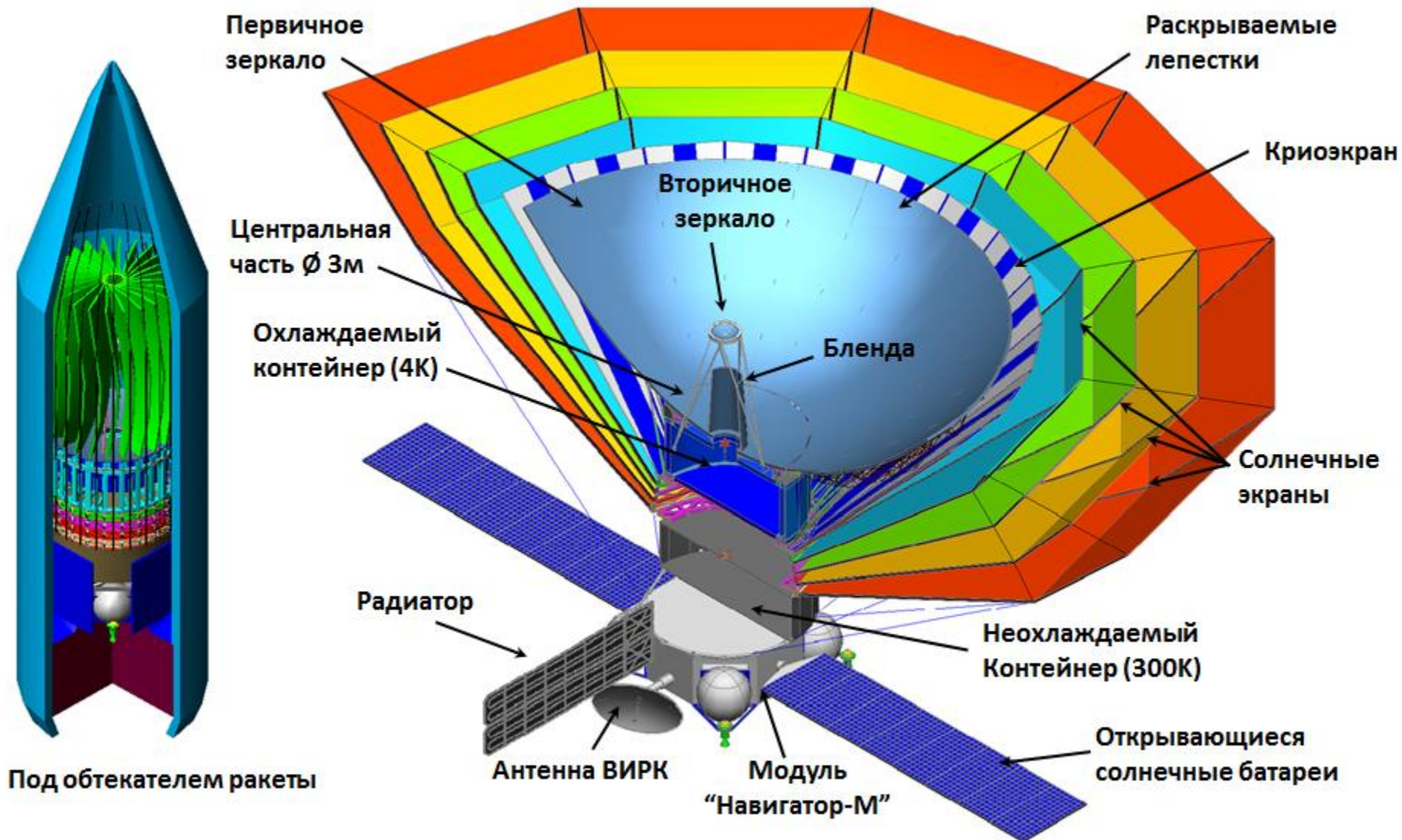
Космический Аппарат: защищен эскизный проект

Научная Аппаратура: разработка рабочей конструкторской документации

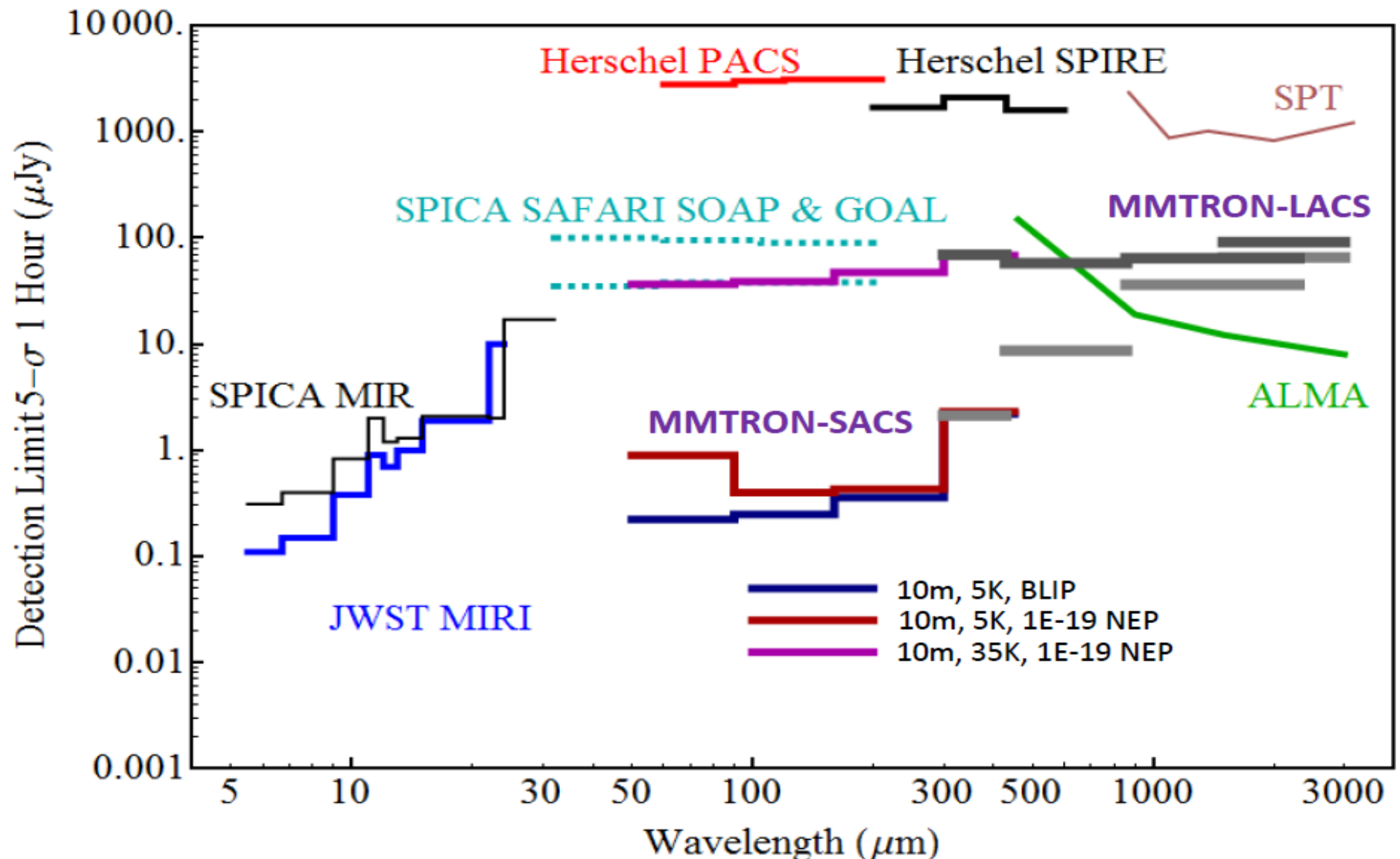


АКЦ ФИАН

Концепция обсерватории Миллиметрон

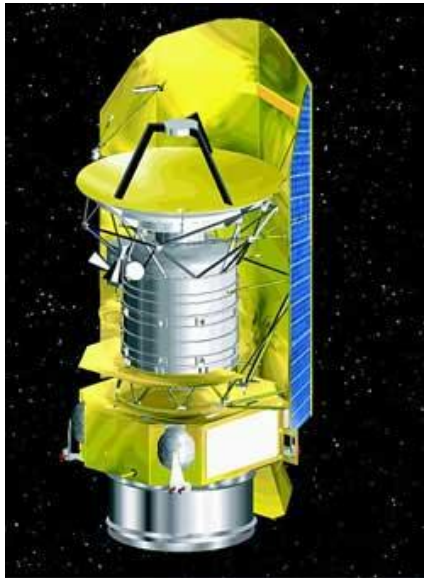


Расчет чувствительности



Вопрос 1

Какими готовыми техническими решениями и работой приборов, демонстраторов и т.д. в условиях, приближенных к тем, в которых планируется работать спутнику «Миллиметрон», подтверждена возможность активного охлаждения зеркала размером в 10 м до температуры 4.5 K?



Гершель



Планк

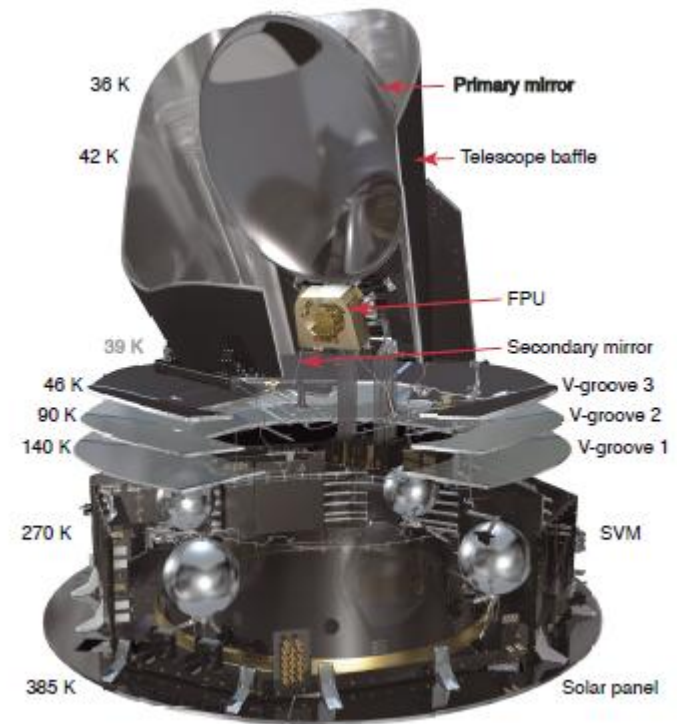
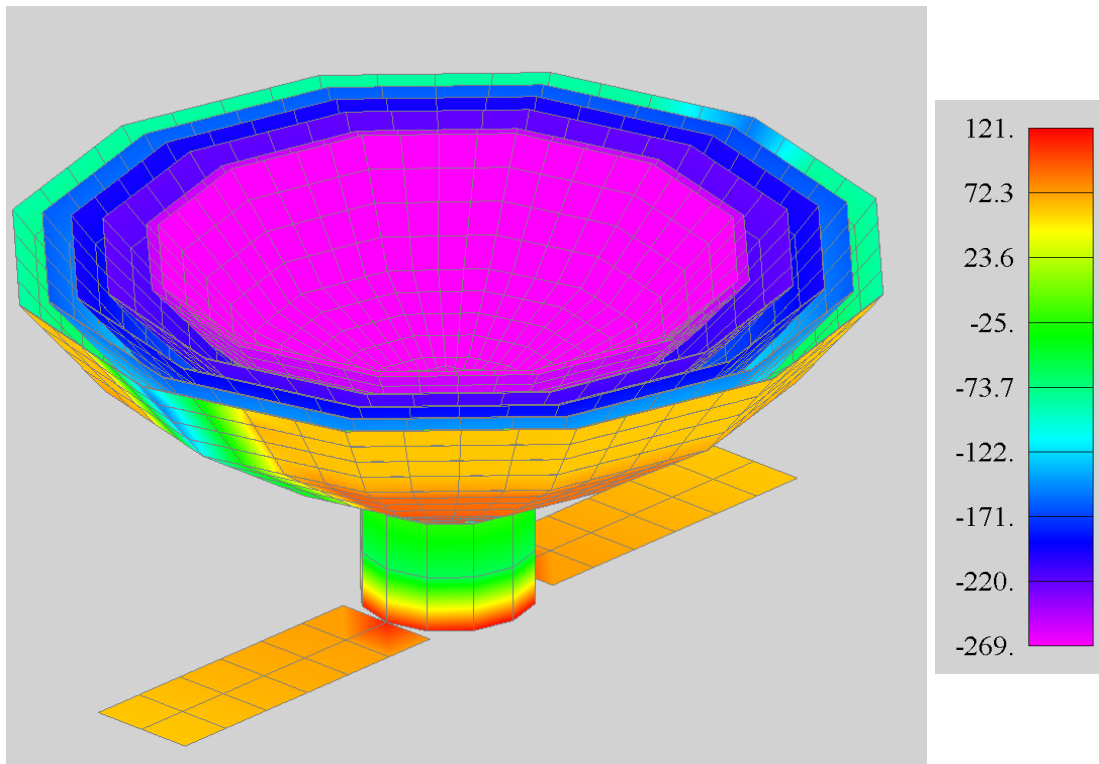
Отработанные технологии

Технология	Проект
Криомашина Джоуля Томсона уровня (4 К)	Планк
Сорбционная криомашина непрерывного цикла на водороде (30 К)	Планк
Криоохладитель растворения гелий-3 гелий-4 (100 мК)	Планк
Пассивное охлаждение телескопа и спутника (< 50 К)	Планк
Криомашина Джоуля Томсона (4 К)	Сумитомо
Криомашина Джоуля Томсона (20 К)	Сумитомо
Криомашина сорбционного типа (300 мК)	Гершель
Криомашина Стирлинга (40..70 К)	Множество

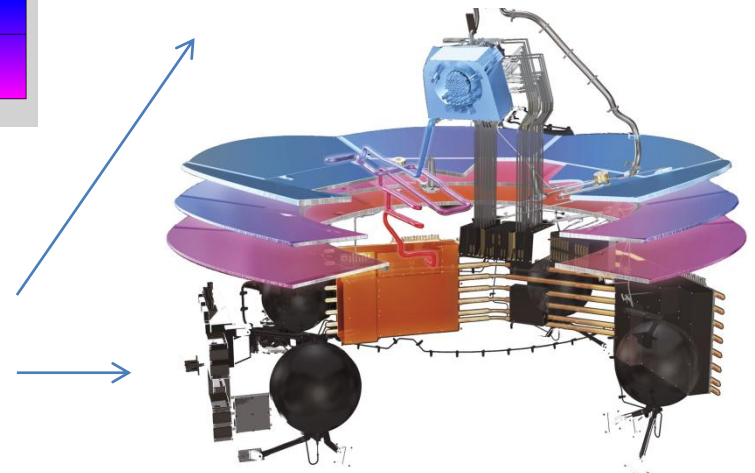
Перечисленные технологии уже были использованы успешно в составе Космических приборов

Подробнее о пассивном охлаждении

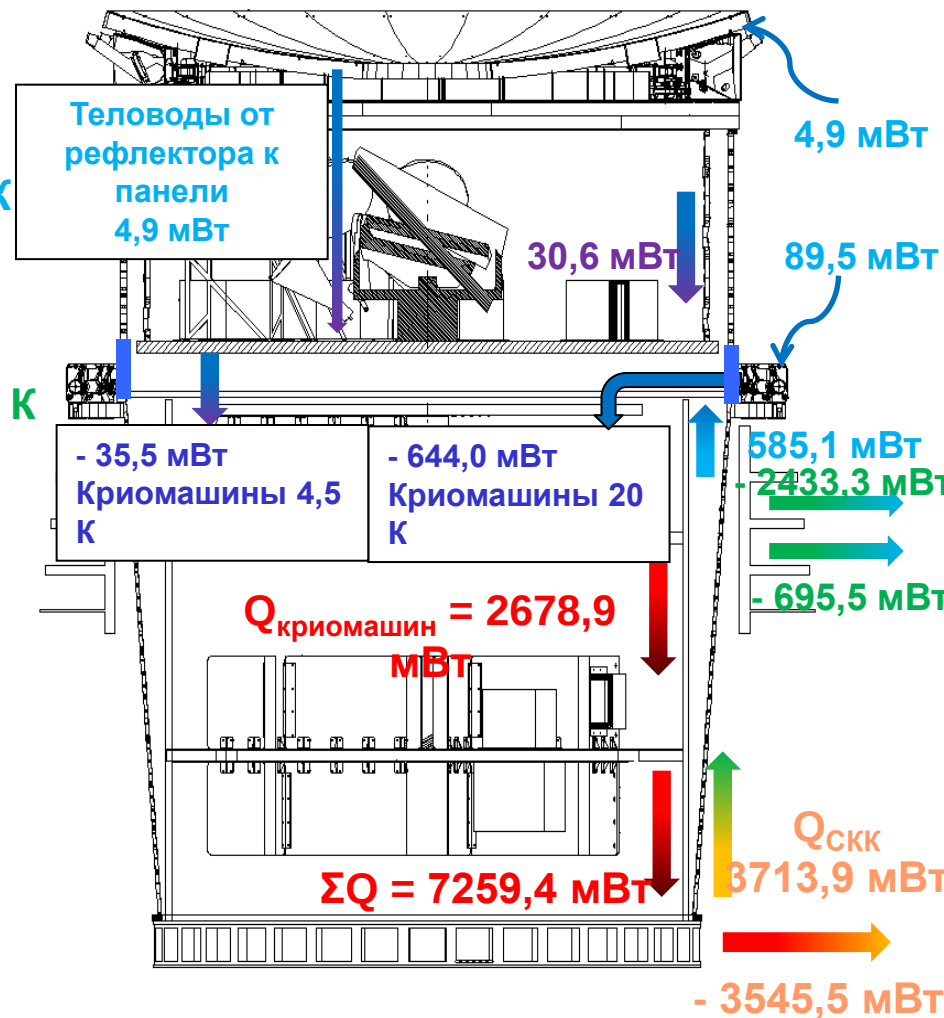
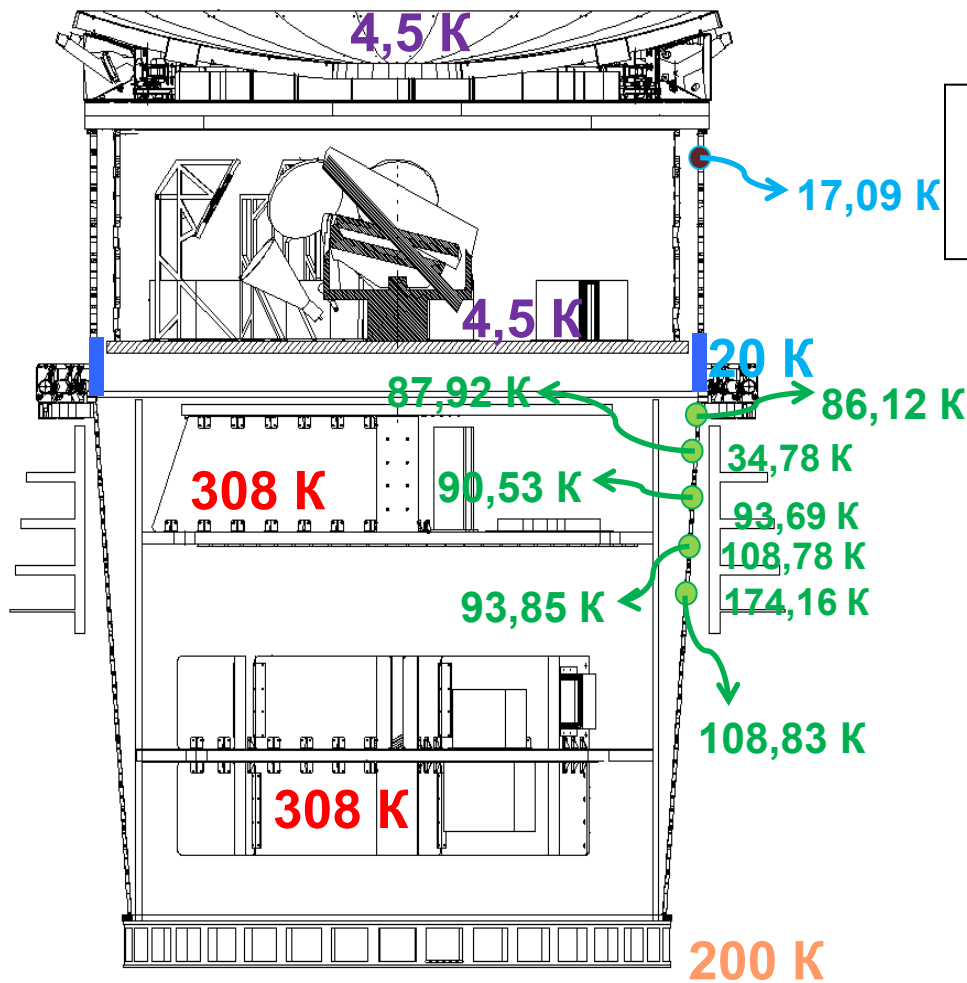
Спектр-М



Планк



Пример спектр-М

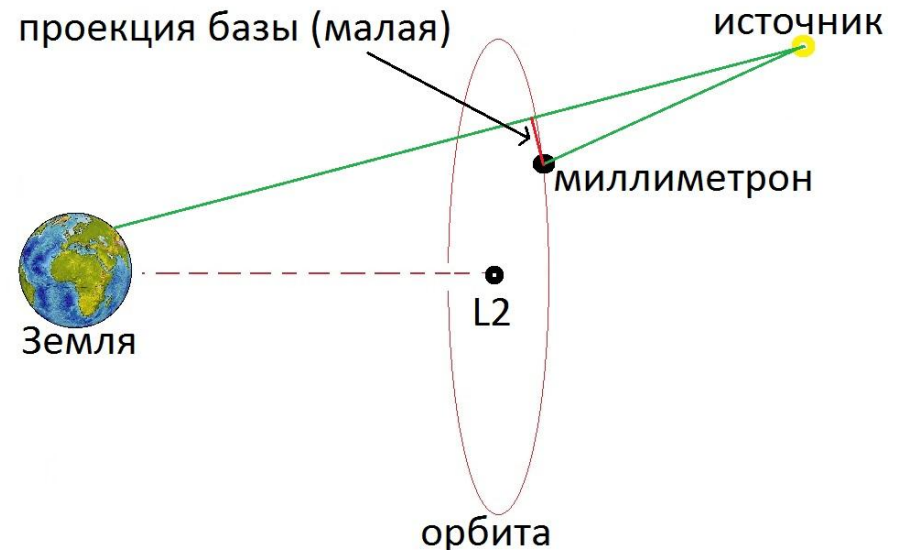
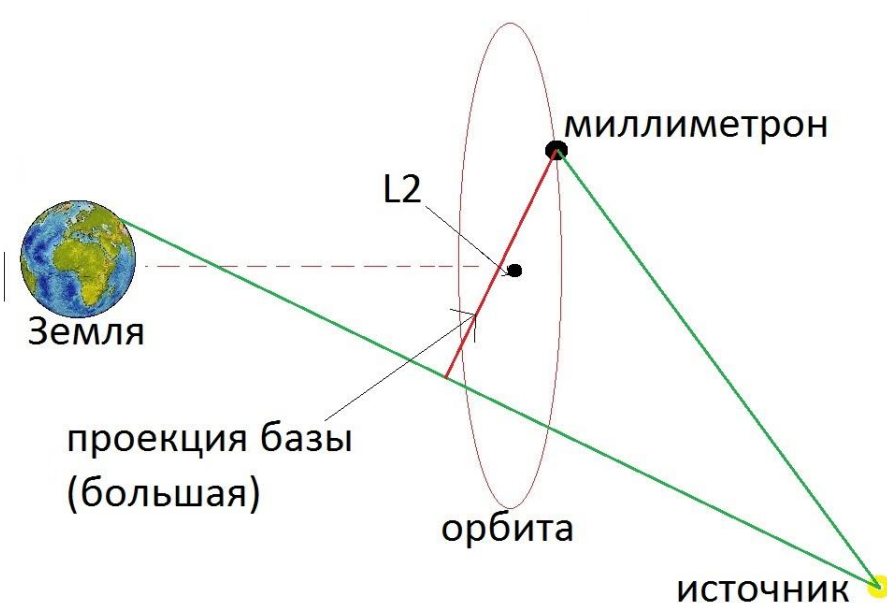


Пассивное охлаждение позволяет получить и использовать уровень 50 K без криомашин
 Конструкция проверяется независимо в лаборатории Резерфорда-Апплтона (Англия)

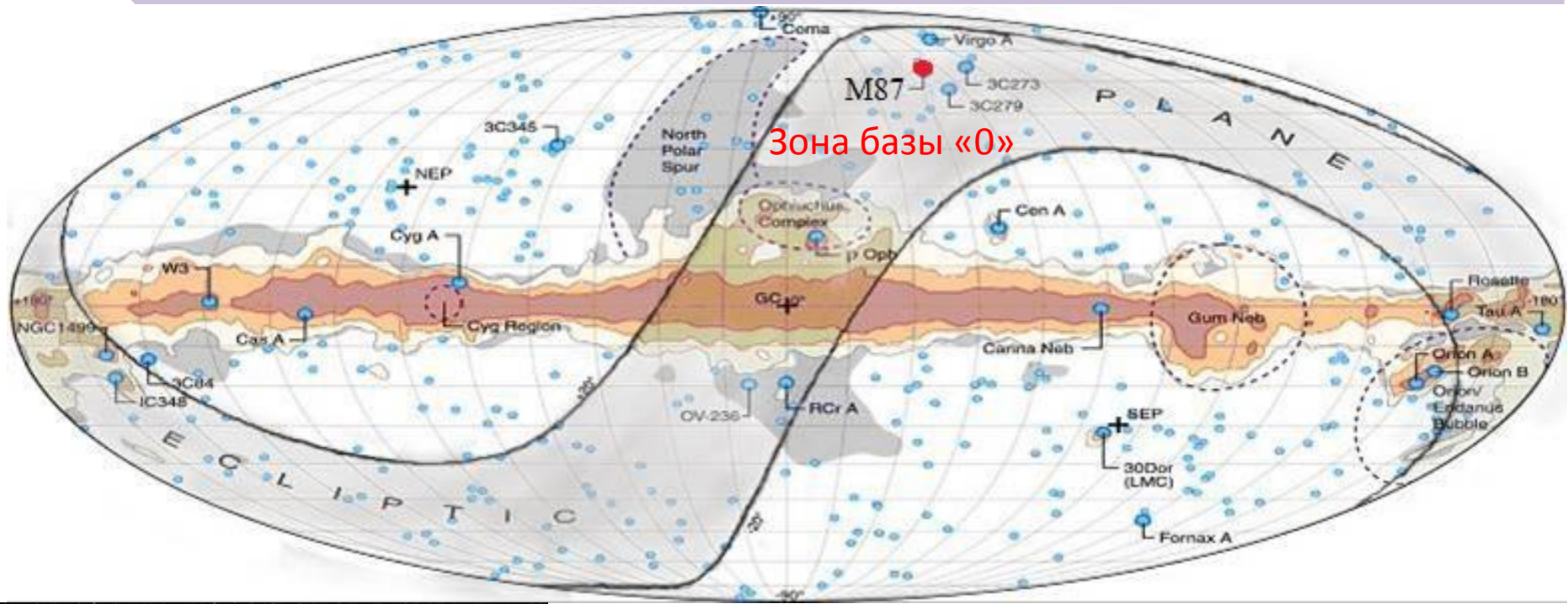
Вопрос 2

Какими готовыми техническими решениями продемонстрирована возможность решения задачи интерферометрии на таких коротких длинах волн и на базе Земля - точка L2 системы Земля-Солнце (расстояния около 1.5 млн км) ?

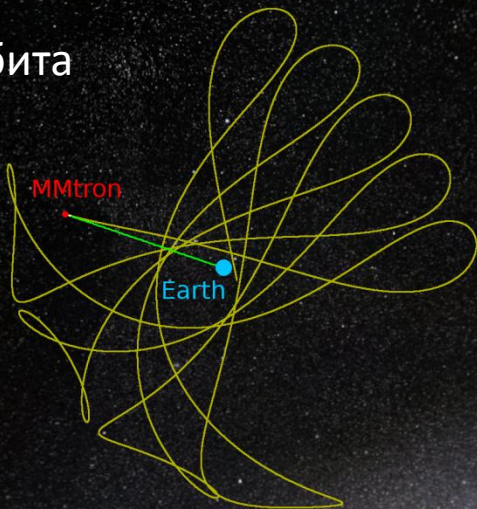
Ответ: База интерферометра земля космос варьируется от 0 до 1.5 млн км.



Орбита спектр-М и возможные источники



Орбита

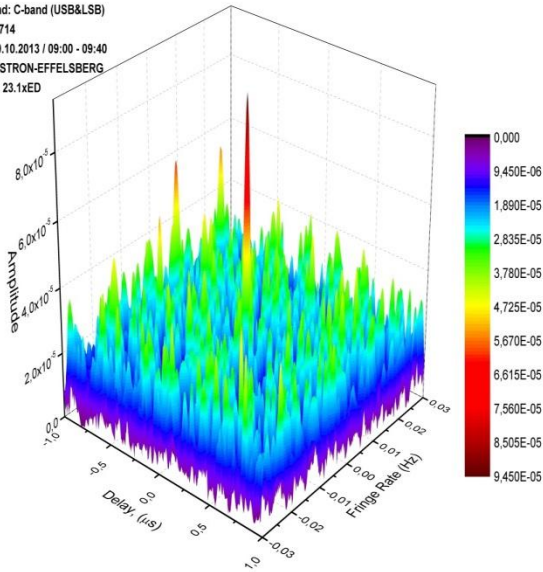


Орбита спектр-М позволяет исследовать многие источники с базой интерферометра 0...1.5 млн км

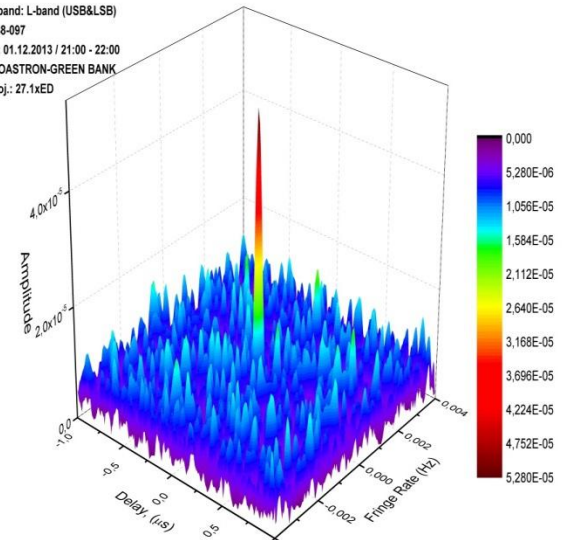
Можно использовать уже наработанные технологии наземного РСДБ (9000 км), РСДБ земля Космос: опыт «Радиоастрон» и РСДБ мм волн: опыт телескопа горизонта событий

Результаты «Радиоастрон»

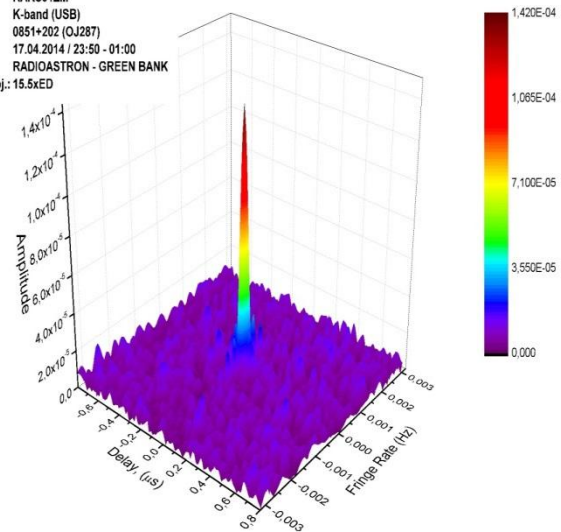
Observation: RAKS01GC
Frequency band: C-band (USB&LSB)
Source: 0716+714
Date / Time: 19.10.2013 / 09:00 - 09:40
Base: RADIOASTRON-EFFELSBERG
Baseline proj.: 23.1xED



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 (QJ287)
Date/Time: 17.04.2014 / 23:50 - 01:00
Base: RADIOASTRON - GREEN BANK
Baseline proj.: 15.5xED



Проекции базы интерферометра:

L-band: **27.1xED**, (345 000 km), источник: 0048-097

C-band: **23.1xED**, (295 000 km), источник: 0716+714

K-band: **15.5xED**, (190 000 km), источник: 0851+202

Миллиметрон и АЛМА

Alma band #	Freq (GHz)	λ (mm)	$T_{\text{sys MM}} / T_{\text{sys ALMA}}$ (K)	$A_{\text{eff MM}}$ (m ²)	SEFD MM (Jy)	SEFD MM –ALMA (Jy)
SVLBI-1	18-26	16.7-11.5	40	56	1970	200
ALMA1	33-50	0.69-0.91	45	55	2218	210
ALMA3	84-116	2.59-3.57	55	55	2760	260
ALMA6	211-275	1.09-1.42	130	50	7180	425
ALMA7	275-373	0.8-1.1	220	47	12920	1125

MM-ALMA (полная ALMA конфигурация, (4 ГГц полоса коррелятора)

δS – плотность потока СКО :

- 0.58 mJy (240 ГГц, $\tau = 100$ с)
- 1.26 mJy (320 ГГц, $\tau = 100$ с)
- 5e-16 Дисперсия Алена, «Время-Ч» водородный мазер (продемонстрирован, проходит квалификацию)

Вопрос 3

Какими готовыми техническими решениями продемонстрирована возможность передавать необходимое количество данных по каналу связи КА-Земля?

- В отличие от Радиоастрона наблюдения РСДБ Миллиметрон планируется оцифровывать записывать в бортовой модуль памяти емкостью около 10 ТБ
- Емкости памяти достаточно для приблизительно 1.5 часов наблюдений при максимальной полосе 4 ГГц
- Для системы ВИРК 1.2 Гб/с передача данных займет приблизительно 18 часов, что вполне допустимо
- Возможна совместная работа Миллиметрон в режиме одиночного телескопа и передача данных системой ВИРК
- Во многих случаях частотная полоса наблюдений может быть уменьшена, что приведет к уменьшению требований к ВИРК

Вопрос 4

Основные приемные инструменты обсерватории «Миллиметрон» (кроме радиометров для интерферометрических наблюдений) должны быть созданы зарубежными партнерами. Стоимость таких инструментов (по опыту обсерватории «Herschel») очень высоки. Какие документы подтверждают реальное участие (не просто намерения) зарубежных партнеров? Что нужно делать, чтобы гарантировать их существенное участие в проекте?

В данных условиях (2015 год) достижение конкретных соглашений сильно затруднено в силу сложного политического климата (режим санкций). Несмотря на это существуют документы о международном сотрудничестве, см. следующий слайд

Миллиметрон. Межагентское соглашение Роскосмос-ASI

**Исполнительное соглашение
между
Итальянским космическим агентством
и
Федеральным космическим агентством
о сотрудничестве в рамках проекта «Спектр-М»
(Миллиметрон)**

3

1. Цель Соглашения

Целью настоящего Соглашения является определение организационных, финансовых, технических и правовых условий сотрудничества между Сторонами по осуществлению анализа реализуемости использования научной и экспериментальной аппаратуры для российского космического аппарата (далее – КА) «Спектр-М» (Миллиметрон), управления им, анализа данных и процедур архивирования данных, а также координация деятельности по использованию указанного КА как в качестве автономного космического телескопа, так и как части программы РСДБ (радиоинтерферометрия со сверхдлинной базой), реализуемой в миллиметровой и инфракрасной областях спектра.

По завершению анализа осуществимости Стороны примут решение о переходе к следующим фазам сотрудничества в рамках миссии «Миллиметрон», заключив отдельное соглашение.

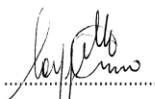
11

Исполнительного соглашения обе Стороны обязуются достичь договоренности относительно условий прекращения действия настоящего Исполнительного соглашения до даты прекращения его применения, учитывая должным образом соответствующие объемы выполненных работ, существующие обязательства и степень выполнения обязательств Сторон на дату прекращения применения настоящего Исполнительного соглашения.

Совершено в Риме 3 декабря 2009 г. в двух экземплярах, каждый на итальянском и русском языках, причем оба текста имеют одинаковую силу.

За Итальянское
космическое агентство

За Федеральное
космическое агентство


.....
З.Саджева
Президент


.....
А.Н.Перминов
Руководитель

Миллиметрон. Протокол совещания с корпорацией Sumitomo (25-26 августа, 2014, Ниихама, Япония)



Sumitomo Heavy Industries, Ltd.
Sumitomo Corporation



MINUTES OF MEETING

AMONG ASTRO SPACE CENTER FIAN, INFORMATION SATELLITES SYSTEMS, SUMITOMO HEAVY INDUSTRIES AND SUMITOMO CORPORATION

HELD ON AUGUST 25-26, 2014 AT SHI, NIIHAMA, JAPAN

ATTENDEES:

PARTICIPANT	COMPANY	SIGNATURE
NELLI MYSHONKOVA	ASC	
VIACHESLAV VDOVIN	ASC	
ANDREY SMIRNOV	ASC	
ALEXANDER AKIMOV	ISS	
ANATOLY KOLESNIKOV	ISS	
OLEG SHILKIN	ISS	
KATSUHIRO NARASAKI	SHI	
KENICHI KANAO	SHI	
AKINOBU OKABAYASHI	SHI	
SHOJI TSUNEMATSU	SHI	
HIROFUMI MORIMOTO	SHI	
KIYOMI OTSUKA	SHI	
DAICHI MATSUKI	SHI	
AKIKO YOSHII	SHI	
SHOKO SAKANO	SC	
NATALIA REMIZOVA	SC	

1. ASC made a presentation on the project Millimetron (Spectrum-M) as per attachment 1 "The Millimetron Space Observatory".
2. SHI made a presentation on 20K and 4K-levels space coolers as per attachment 2 "Status of SHI Space Cryogenics".
3. SHI made a facility tour for ASC/ISS to demonstrate manufacturing and test facilities.
4. Q&A session was held to answer ASC/ISS questions as per attachment 3 "Answers to the Requested Discussion Items".



Sumitomo Heavy Industries, Ltd.
Sumitomo Corporation



As a result of the meeting parties indicated several key items:

- a. SHI will provide frequencies and amplitudes of space coolers vibration at interface points for ASC/ISS to analyze the impact on onboard payload.
- b. ISS will provide SHI with the requirements for mechanical loads on equipment during launch.
- c. SHI informed that it is possible to use one unit of space cooler driver electronics for two 20K space coolers. ASC/ISS will take this into account in space coolers specification.
- d. SHI informed that clean room of class 10,000 shall be used for cryogenic equipment at satellite integration.
- e. SHI recommend that after one year or more of coolers storage and after 6 months of ground tests to refill and gas purification of the helium gas in the space cooler with SHI support.
- f. SHI will prepare and provide to ASC/ISS the cable requirement for space coolers.

ASC/ISS/SHI/SC confirmed their interest to cooperate on the Millimetron project in terms of the cryogenics (space coolers, cryodesign and support during ground tests). Parties will continue communication by e-mail and/or visits.

Миллиметрон. Основные международные конференции, большой интерес

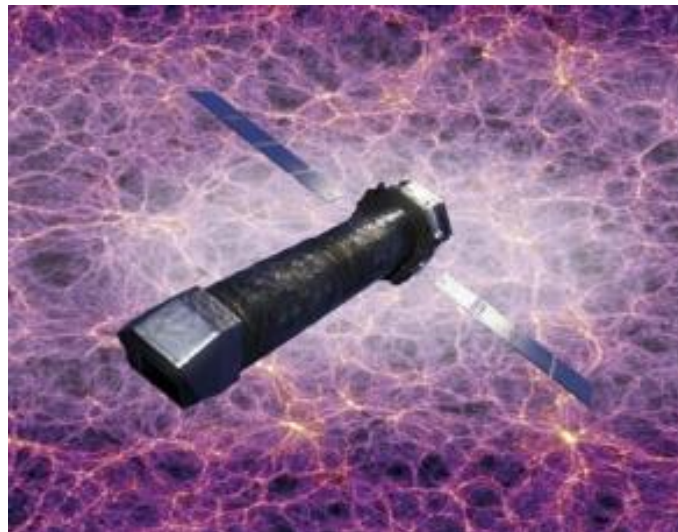
- Workshop on heterodyne payload for Millimetron, **Лейден, Нидерланды**, апрель, **2007**.
- Science and instrumentation workshop, **Утрехт, Нидерланды**, январь, **2009**.
- Science instrumentation workshop, **Париж, Франция**, декабрь, **2009**.
- Science instrumentation splinter, ISSTT2009, **Шарлоттесвиль, США**, апрель, **2009**.
- Science instrumentation workshop, **Палермо, Сицилия, Италия**, июнь, **2010**.
- Science and Instrumentation Workshop, **Гронинген, Нидерланды**, after ISSTT2013, апрель, 11-12, **2013**.
- Millimetron Session at AAS, **Вашингтон, США**, 8 января, **2014**.
- Millimetron Astronomers Meeting, **Париж, Франция**, 20-21 января, **2014**.
- Millimetron Workshop, **Париж, Франция**, 16-18 июня, **2014**.

Миллиметрон. Друзья и соседи.

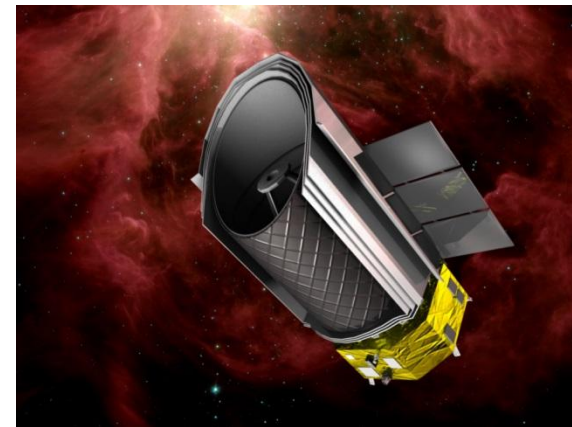
Криогенные проекты приблизительно того же периода запуска.



CORe+



ATHENA



SPICA ?

Миллиметрон – уникальный инструмент для дальнего ИК в ближайшие 10 лет: очень большой международный научный интерес.

Планируется провести совещание по поводу спектрометра высокого разрешения в Университета Чалмерс (ШВЕЦИЯ)

Проведены предварительные переговоры по участию в спектрометре высокого разрешения в Парижском Университете (Франция)

Конкурентный криодизайн в лаборатории Резерфорда Апплтона (Англия)

Большой задел в практической международной кооперации в АКЦ

Телескопы разных стран, участвующих в совместных наблюдениях «Радиоастрон»



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 Russ



GBT USA



Usuda Japan



Westerbork Netherlands



Yebes Spain



Effelsberg Germany



Medicina Italy

