

Международное сотрудничество при исследовании космического пространства. Современное состояние и перспективы

Лутовинов А.А. (ИКИ РАН)

Космические исследования (приоритеты)

Фундаментальные исследования (астрономия, астрофизика)

Изучение происхождения и эволюции Вселенной

Выяснение природы темной материи и темной энергии

Изучение процессов формирования и эволюции звезд и галактик

Исследование физики компактных объектов (НЗ, ЧД)

Исследование Солнца, планет Солнечной системы и их спутников

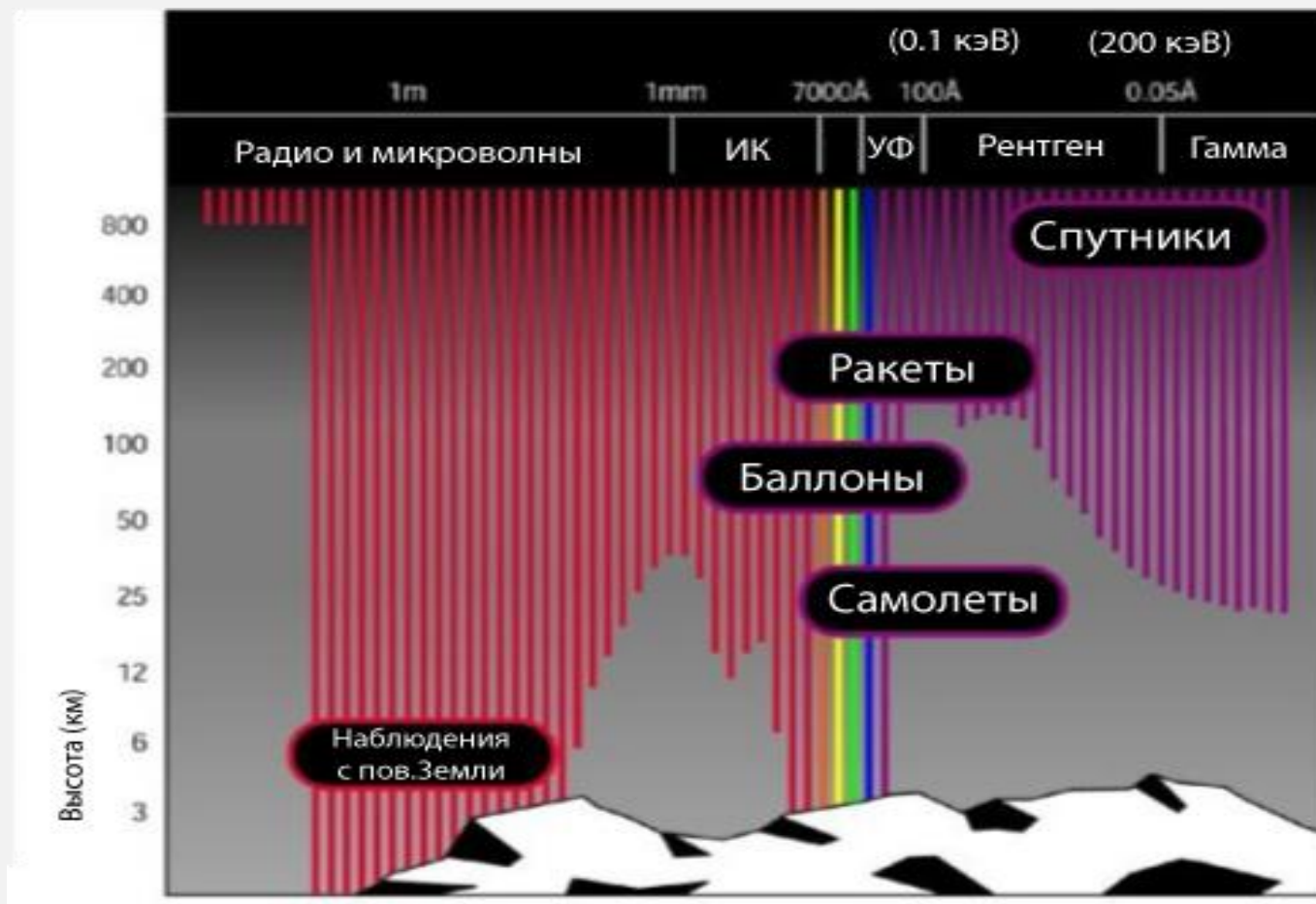
Поиск планет у других звезд и проявлений жизни во Вселенной

Прикладные исследования

ДЗЗ, развитие системы координатно-временного обеспечения, контроль ближнего космоса, предотвращение космических угроз

Развитие технологий

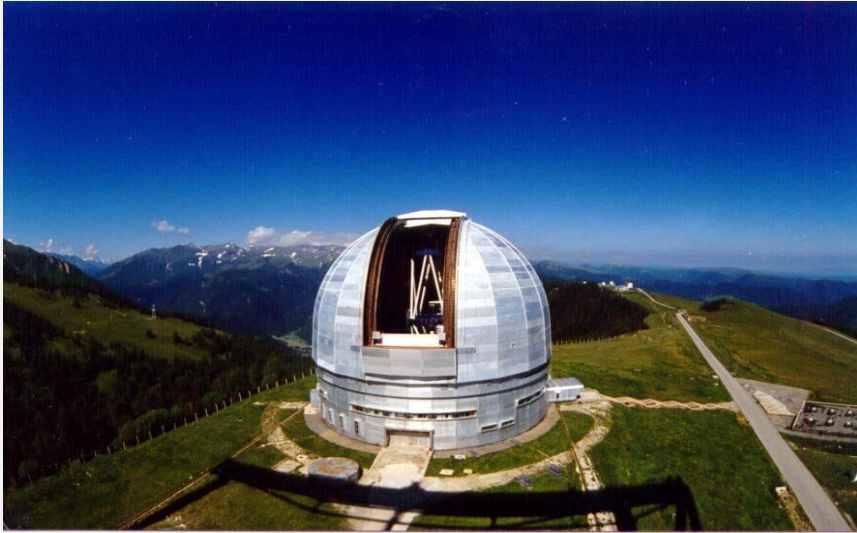
Как и откуда наблюдать



Атмосфера пропускает очень мало информации!
Без космоса – только оптика и доля радио

Необходимы наблюдения в разных лучах

Оптические инструменты



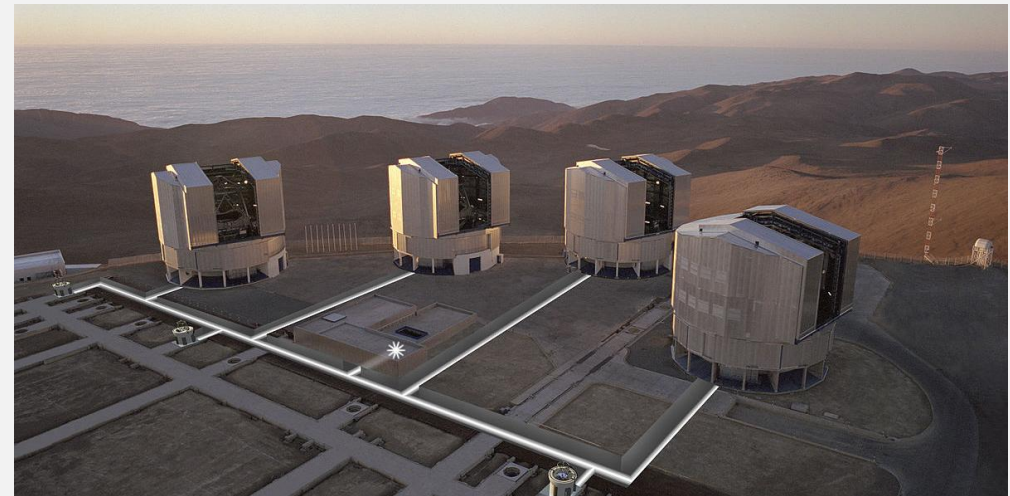
Телескоп БТА (6 м)



Телескопы Кеск (2x10 м)

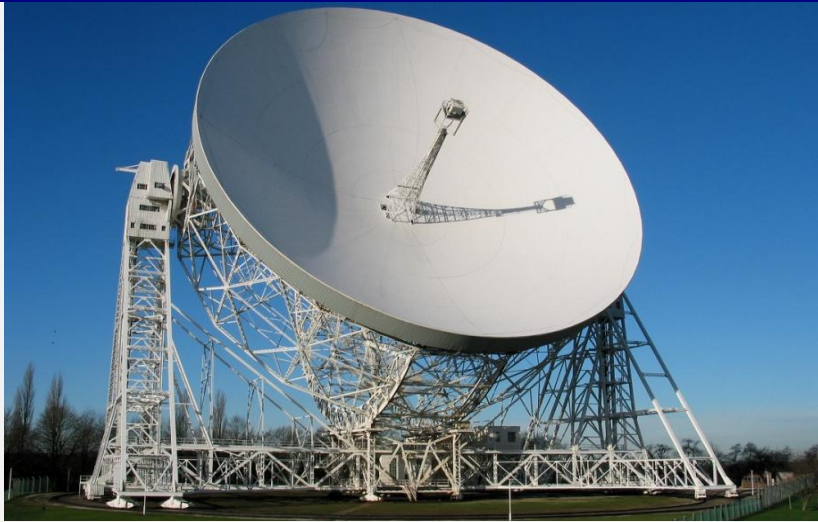


Телескоп SALT (10 м)



Телескопы VLT (4x8 м)

Радиотелескопы



Jodrell Bank (76 м)



Parkes (100 м),



Effelsberg (100 м)



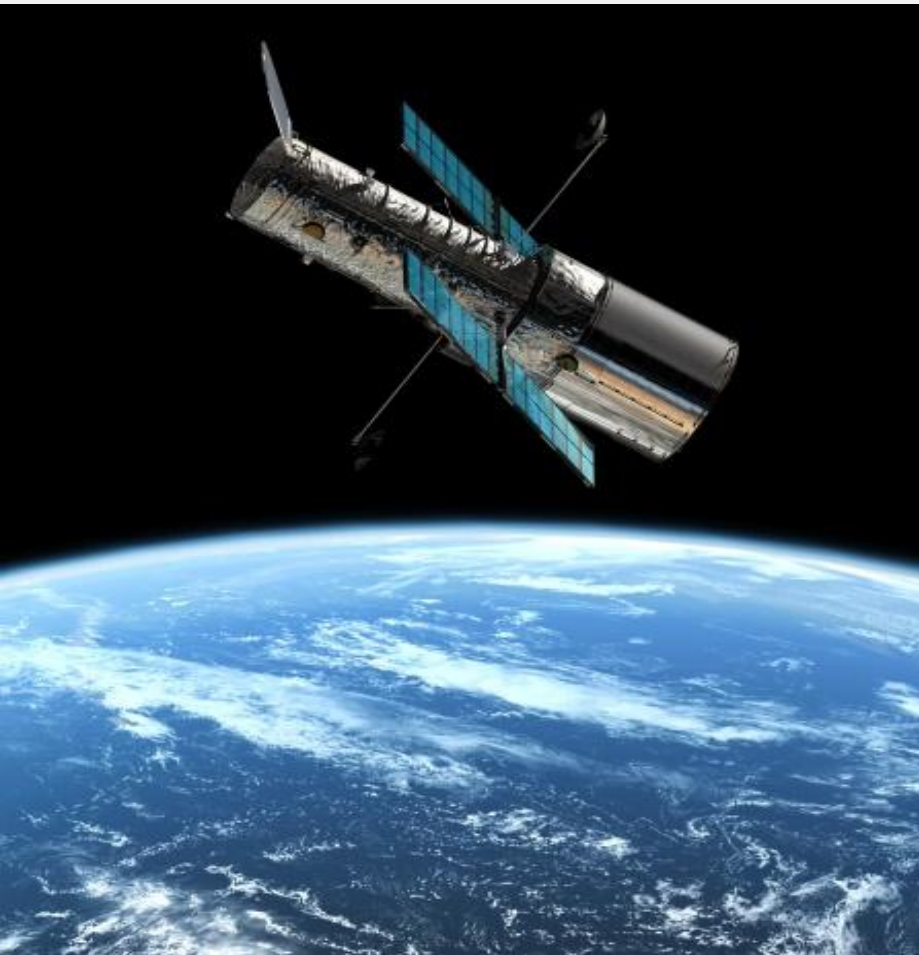
Aresibo (300 м)

Телескоп Южного Полюса (SPT)

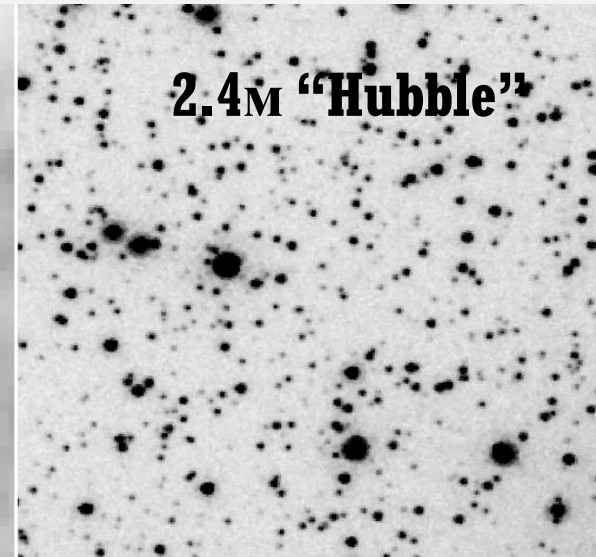
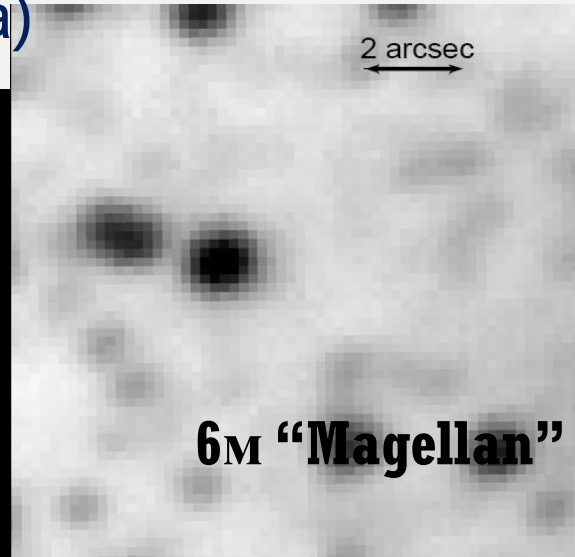


Орбитальный телескоп им. Хаббла

Поверхность отшлифована
до 10нм! (в 10000 раз
тоньше человеческого волоса)



Угловое разрешение
0.05-0.1 угл. сек

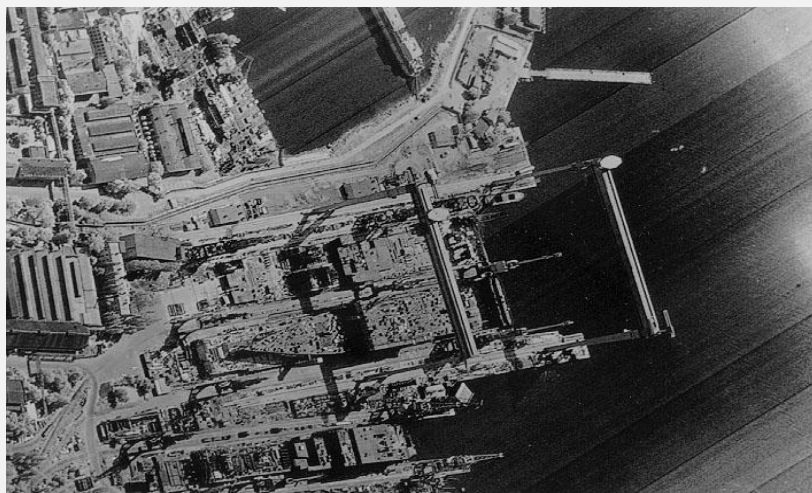


Можно читать книги с
расстояния 10км

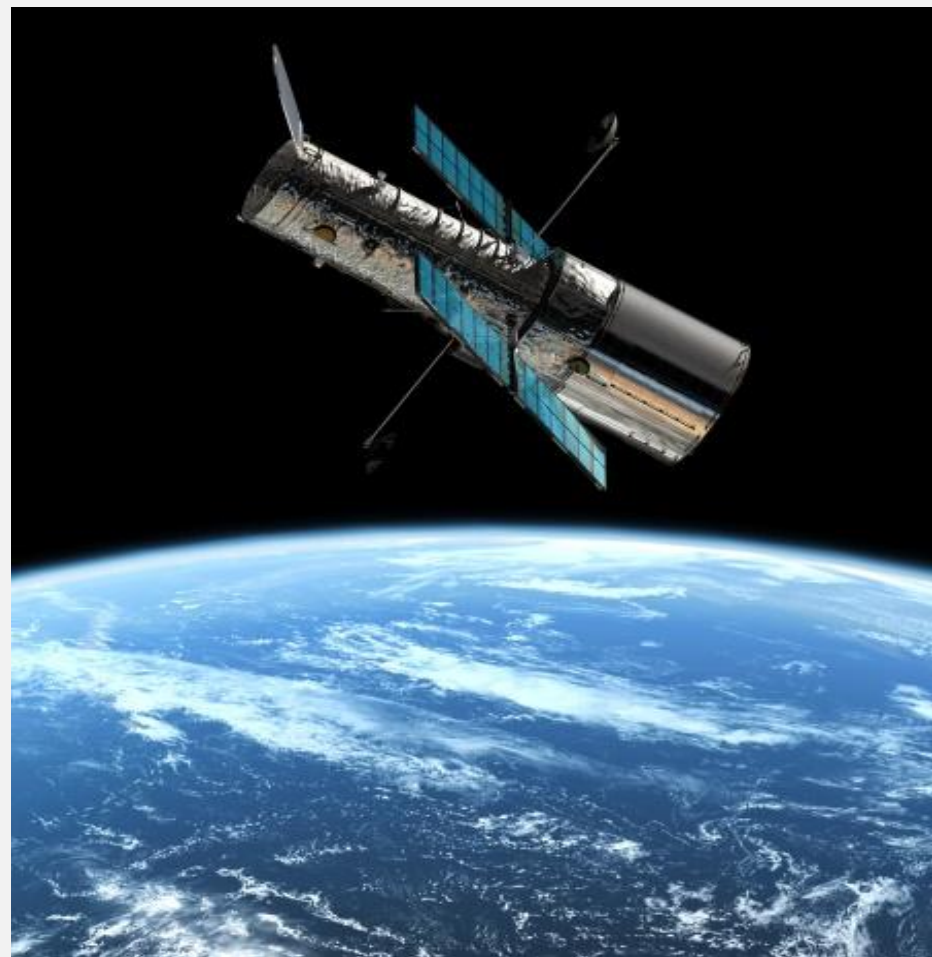
Способен увидеть 200
ваттную лампочку с Венеры

Орбитальный телескоп им. Хаббла

**Военные высокие
технологии 80х годов**



**Орбитальный
телескоп им.Хаббла**



Рентгеновские инструменты

ROSAT



RXTE



ИНТЕГРАЛ



XMM-Newton



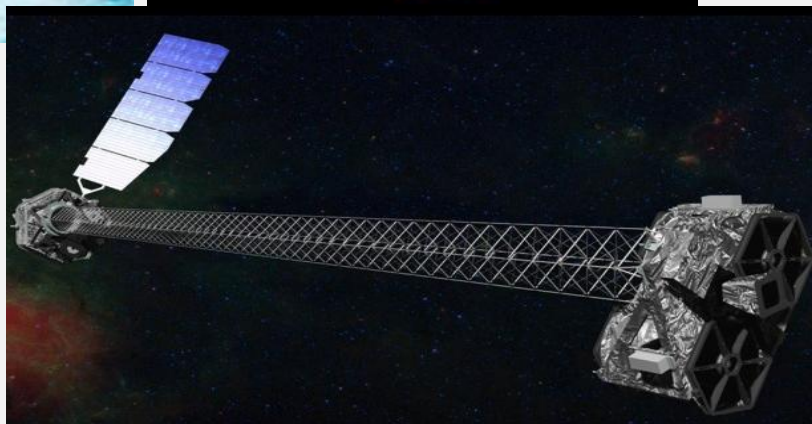
Chandra



SWIFT



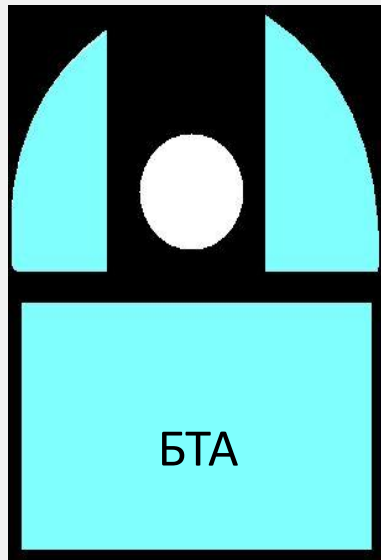
NuSTAR



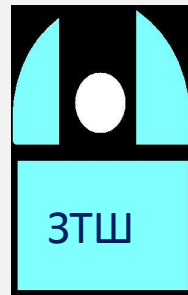
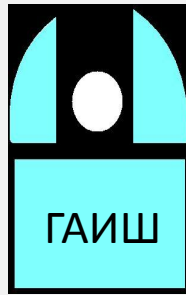
0.5 – 100 кэВ

**Наземная инфраструктура,
обсерватории, телескопы**

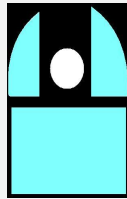
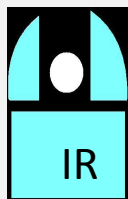
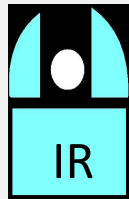
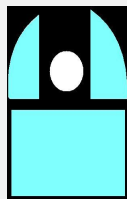
ОПТИЧЕСКИЕ ТЕЛЕСКОПЫ РОССИИ



6 m



2 – 2.5 m

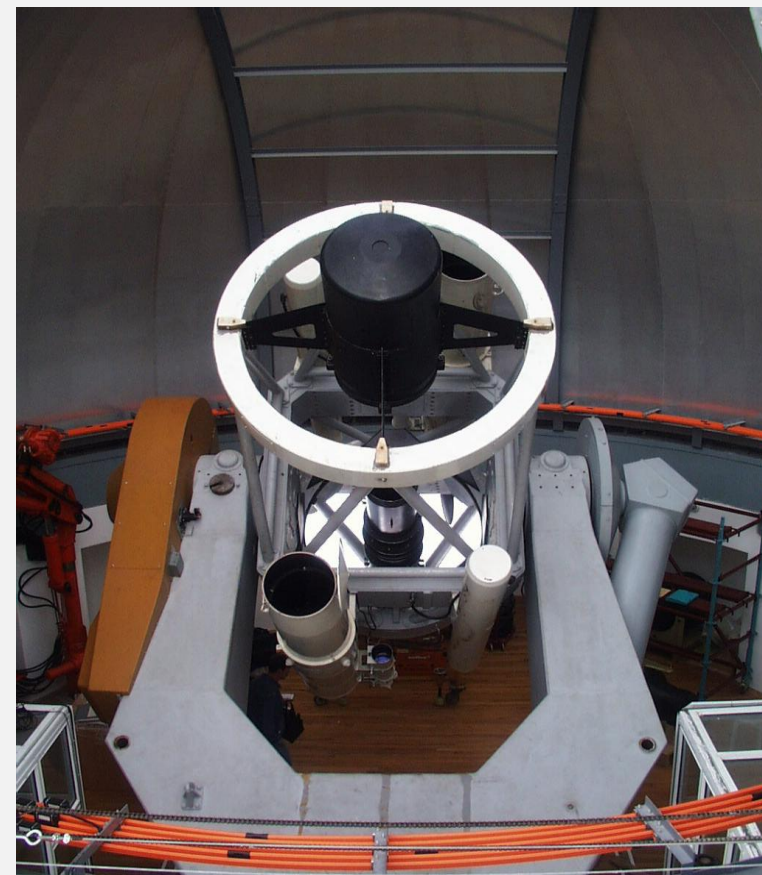


1.5 m



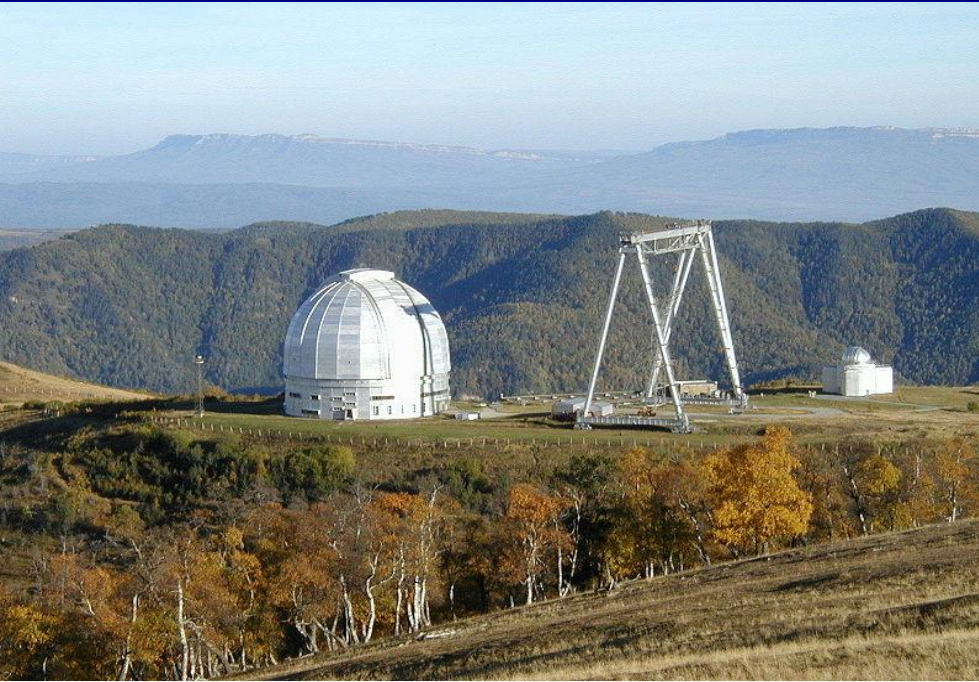
Общая площадь зеркал:
50 м² или 5% от мировой

Российско-Турецкий Телескоп РТТ-150



Телескоп РТТ150 на горе Бакырлытепе (2500 м) в Турции
45% - Казанский университет, 15% - ИКИ РАН (Москва)
В эксплуатации с 2000 года

Большой Телескоп Альт-азимутальный (БТА)



Лыткаринский завод оптического стекла

Зеркало диаметром 6м
(одним куском)

Вес 42 тонны!

Заготовка остывала более 2 лет!

Технологии, развитые при изготовлении
астрономического зеркала используются
до сих пор

С 1975 года новых больших
астрономических зеркал **в России НЕТ**

Приборов для работ в инфракрасном
диапазоне **в России НЕТ**

Планы на ближайшие годы:

Приоритеты развития наземной астрономической инфраструктуры

При участии РАН, НКС ФАНО, Минобрнауки, Управления Президента по научно-образовательной политике сформирована межведомственная рабочая группа экспертов по астрономии

Задача: Разработка целостной Программы развития наземной экспериментальной базы астрономии и астрофизики в России, в которой приоритеты участия России в крупных зарубежных астрономических проектах будут согласованы с планами развития наземной астрономической инфраструктуры на территории РФ

- РГ работала в течение июня-декабря 2015 г.
- Анализ современного состояния наземных установок
- Открытый сбор предложений
- Открытое обсуждения проектов с привлечением специалистов из соответствующих областей науки и техники
- Всего рассмотрено 18 инфраструктурных проектов

Планы на ближайшие годы:

Приоритеты развития наземной астрономической инфраструктуры

Международные проекты (megascience)

1. Вступление в Южную Европейскую Обсерваторию (ESO)



2. Участие в SKA
(Square Kilometer Array)



Крупные российские проекты

Российские проекты среднего класса

ESO (ЕЮО)

ЕЮО – крупнейшая и самая современная в мире международная организация для астрономических исследований, создана в 1962 г

Задачи: фундаментальные исследования, разработка и создание новых телескопов и обсерваторий для европейских астрономов

Входят 15 стран Европы. Размер взноса определяется ВВП

Наблюдательное время распределяется научными комитетами с учетом доли в фонде ЕЮО (около 2000 заявок в год)

Три площадки в высокогорных районах Анд (Чили), с лучшим в мире астрономическим климатом

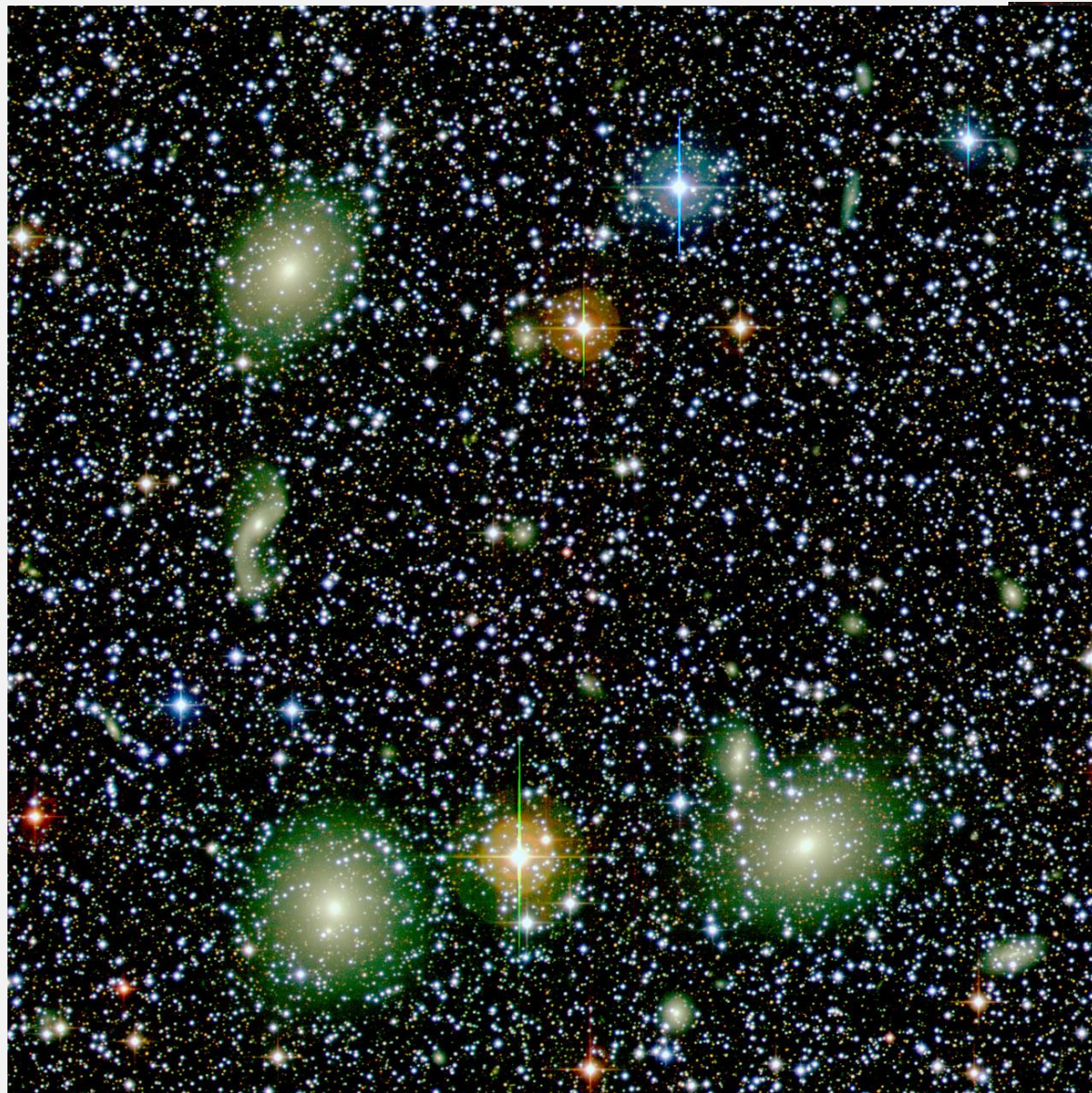
Наблюдения на телескопах ведутся по мировой сети прямо из европейских институтов и университетов

ESO (ЕЮО)

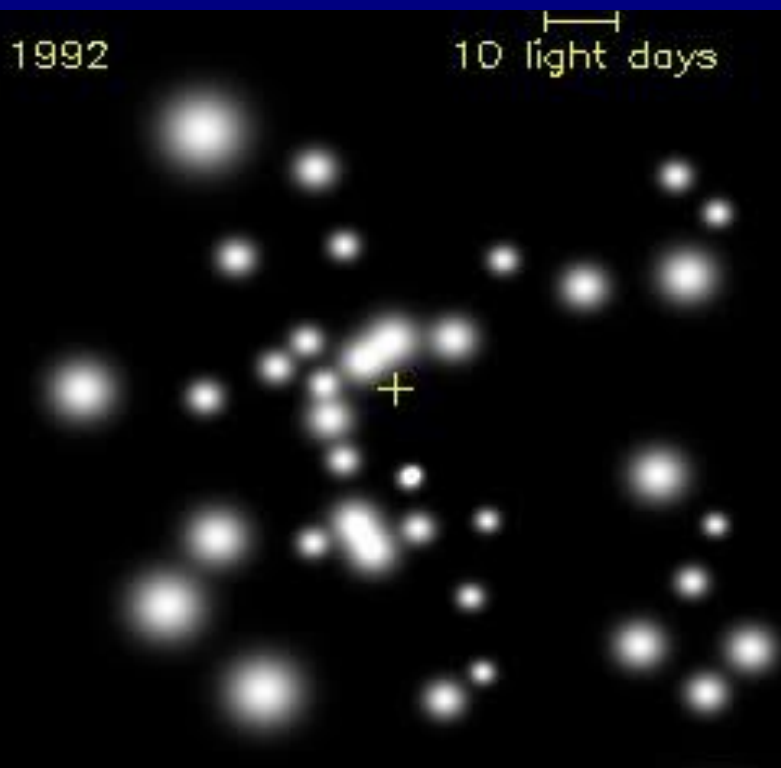


ЕЮО, Чили, плато Паранал (2600 м)

Угловое разрешение и чувствительность



Непосредственное измерение траекторий звезд

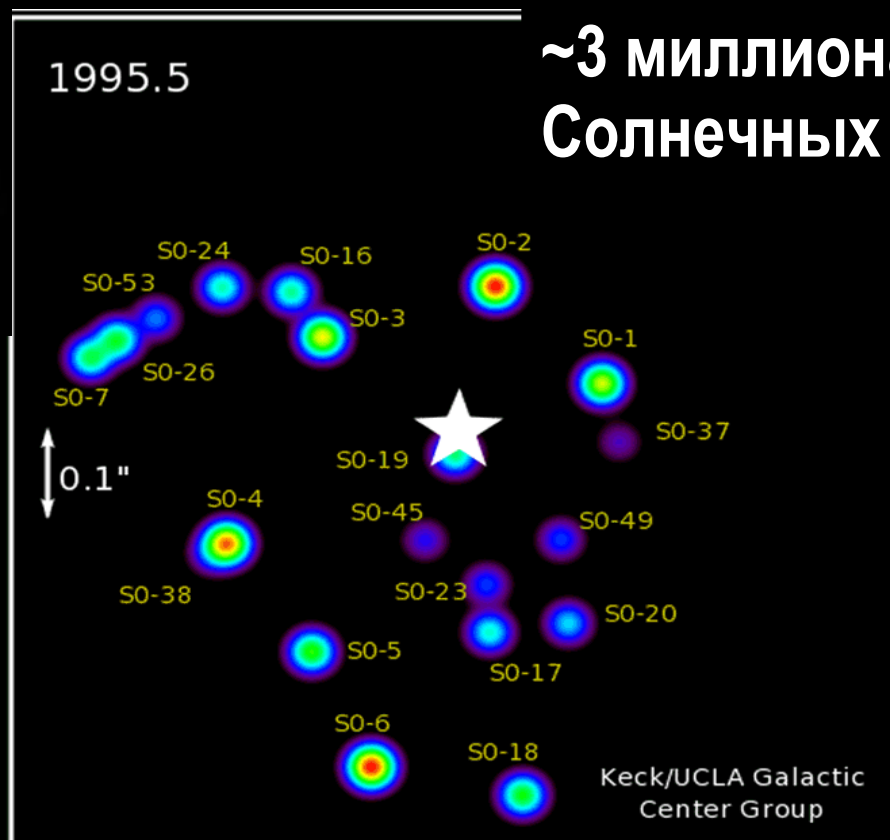


Телескоп
VLT (8м)

вокруг
Sgr A*

Внутри размера
~солнечной системы
~3 миллиона
Солнечных масс

Телескоп
Кекс (10м)



ESO (ALMA): телескоп за миллиард

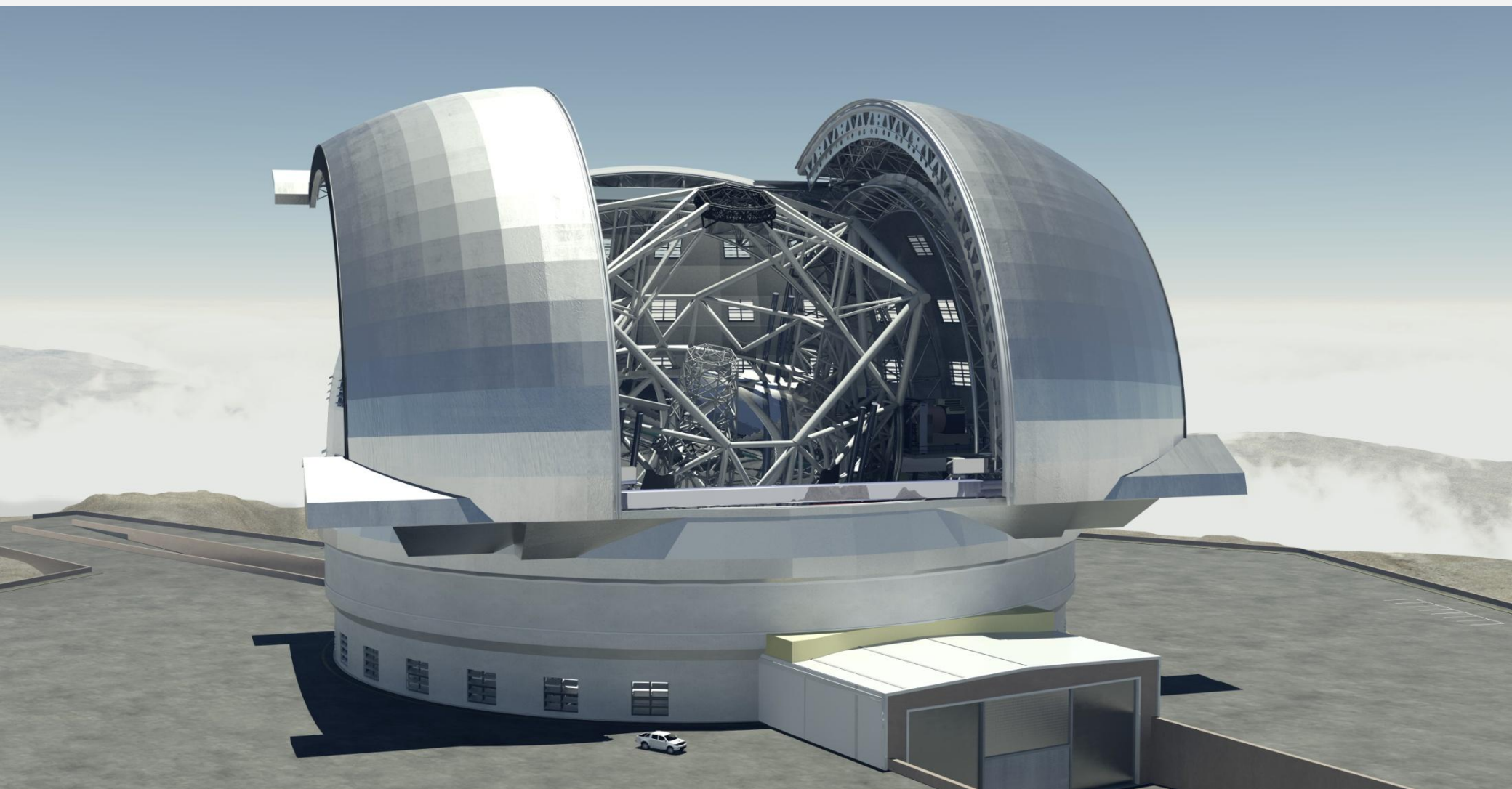


ЕЮО, Чили, пустыня Атакама (5000 м)

66 антенн (12 м и 7 м), база 16 км. Телескопы объединены в сеть, которая представляет собой по сути один гигантский телескоп. Партнеры : Европа, Япония и Северная Америка.

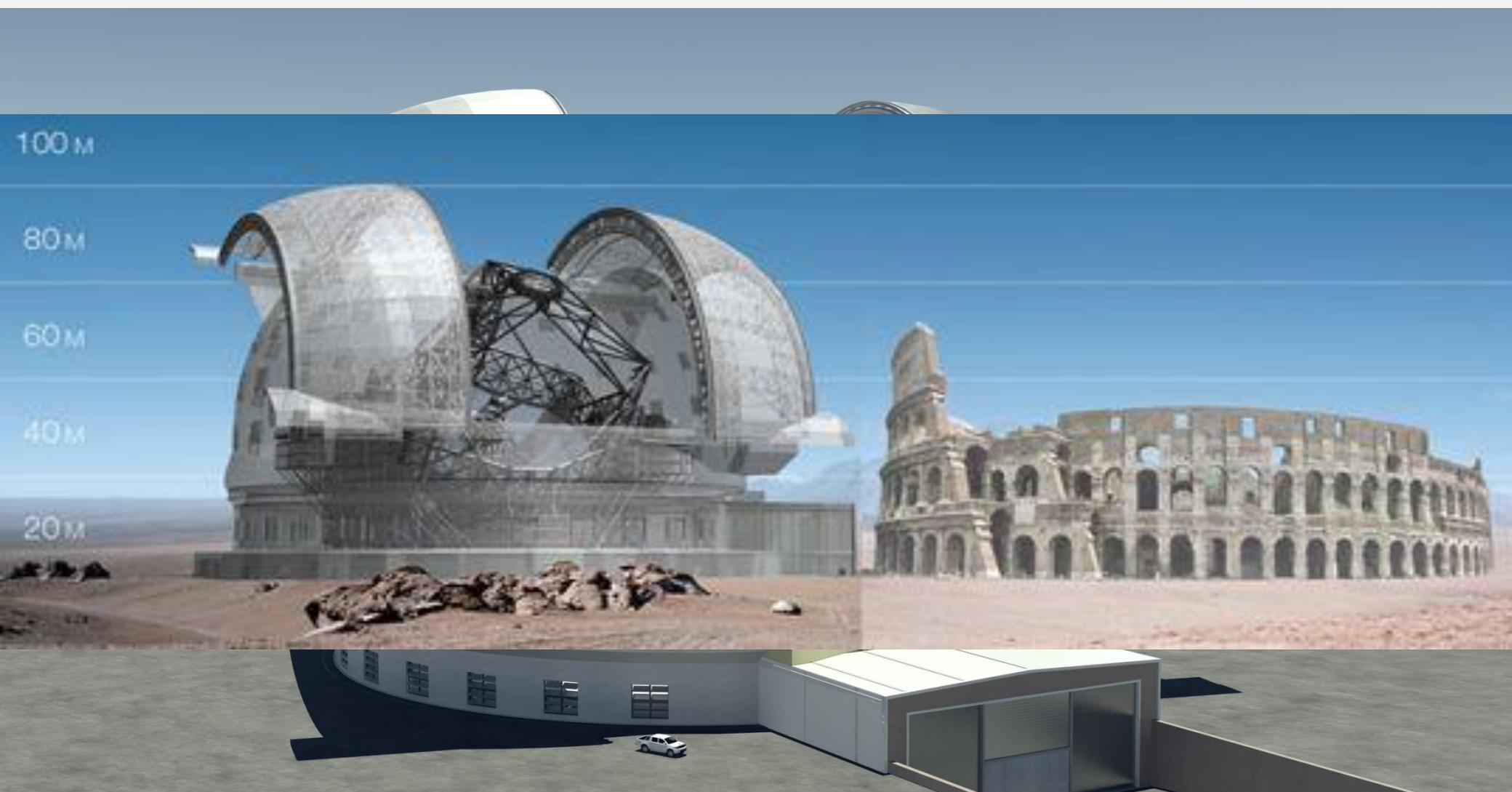
Европейский чрезвычайно большой телескоп

Диаметр: 39 метров, 800 сегментов зеркала по 1.5 м и толщиной 5 см. Адаптивная система.



Европейский чрезвычайно большой телескоп

Диаметр: 39 метров, 800 сегментов зеркала по 1.5 м и толщиной 5 см. Адаптивная система.



Вступление России в ESO

России было предложено рассмотреть вопрос о вступлении в ЕЮО. Предложения были озвучены во время визитов в Москву генеральных директоров ЕЮО в 2007 и 2010 гг.

НО! Ключевая проблема – **деньги...**

Вступительный и ежегодный взносы определяются из размера ВВП за предыдущие 3 года. Доля России в общем бюджете организации составит 9.8%, вступительный взнос 120 млн. евро, ежегодный взнос 13.6 млн. евро.

Уплата взносов Россией на период до 2023 г. с учетом рассрочки

Год:	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027
Сумма:	12.4	17.6	21.3	22.2	22.5	24.2	24.5	24.7	26.6	26.9	16.2	16.2

Что дает России вступление в ESO

1. Получение нашими астрономами наблюдательного времени на всех инструментах ЕЮО (~10%)
2. Участие в решении актуальных задач современной науки. Участие в Совете ЕЮО позволит на десятилетия вперед формировать научную стратегию в области мировых астрофизических исследований
3. Скачкообразное преодоления отставания в технологиях астрономических наблюдений для нашей астрономии.
4. Включение нашей оптико-механической промышленности в работы по созданию крупнейших в мире инструментов
5. Позиции в ЕЮО для молодых ученых, аспирантов, технических специалистов – формирование научных кадров на десятилетия вперед
6. Политические дивиденды

**Внеатмосферные исследования,
космические обсерватории, дальний
космос**

Внеатмосферные исследования, космические обсерватории, дальний космос

**Международное сотрудничество –
единственный путь развития. Иначе тупик**

ФКП-2025

2016 2017 2018 2019 2020 2021 2022 2023 2024 2025 позже

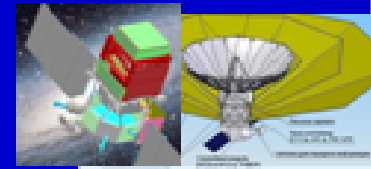
Астрофизика



«Спектр-РГ»

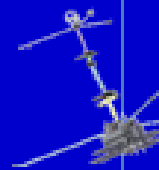


«Спектр-УФ»



«Спектр-М»
G-400, OLVE

Космическая погода



«Резонанс»



«Арка»



Интергелиозонд



БУМЕРАНГ

Планетные
исследования



ЭкзоМарс-1



ЭкзоМарс-2

Исследования
Луны



Луна-25



Луна-26 и 27



Луна-28

Космическая биология
и биотехнология



«Бион-М»



«Бион-М2»

**Институт космических исследований – головной
академический институт по исследованию и
использованию космического пространства в
интересах фундаментальных наук**





Marshall Space Flight Center



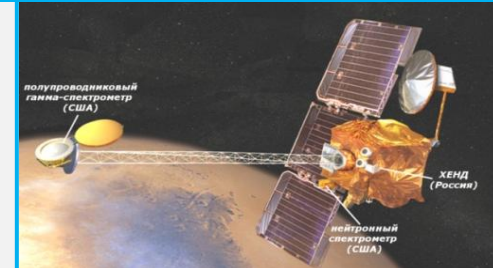
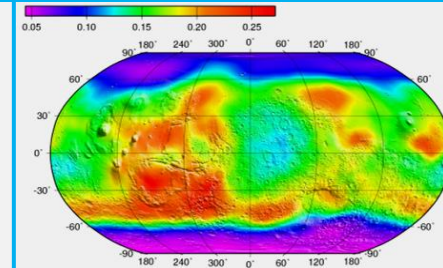
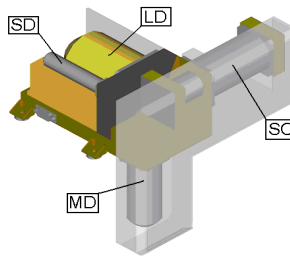
Bulgarian Academy of Sciences
Space Research Institute



Сотрудничество с NASA

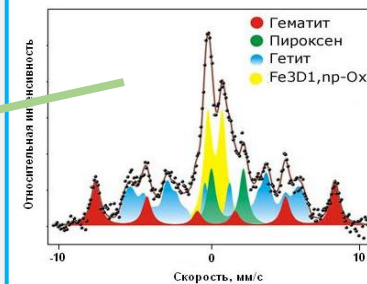
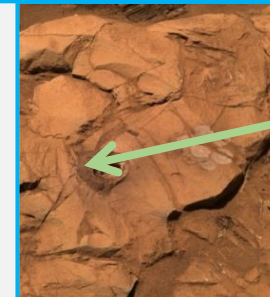
2001 – MARS ODYSSEY

INSTRUMENT: HEND



2003 – MARS EXPLORATION ROVERS, SPIRIT, OPPORTUNITY

INSTRUMENT: MOSSBAUER SPECTROMETER



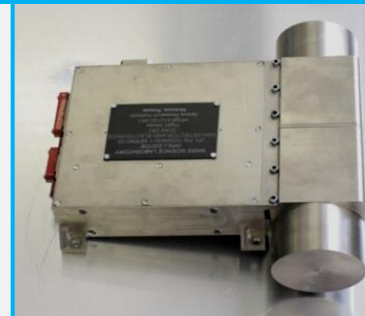
2009 – LRO

INSTRUMENT: LEND



2011- MSL

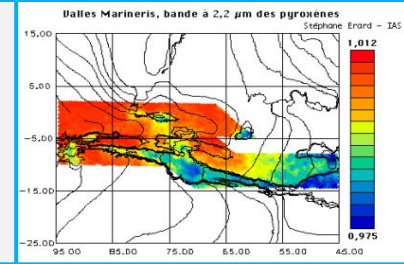
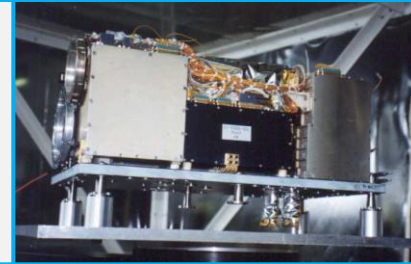
INSTRUMENT: DAN



Сотрудничество с ESA

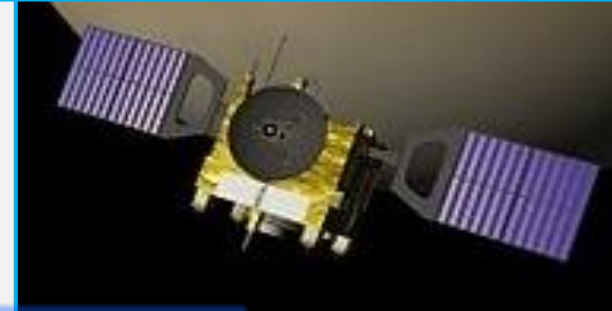
2003 – MARS-EXPRESS

INSTRUMENTS: OMEGA, SPICAM, PFS



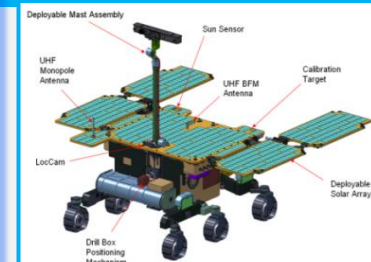
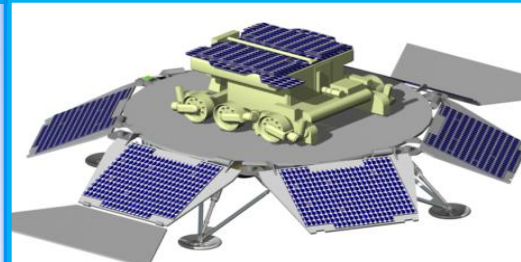
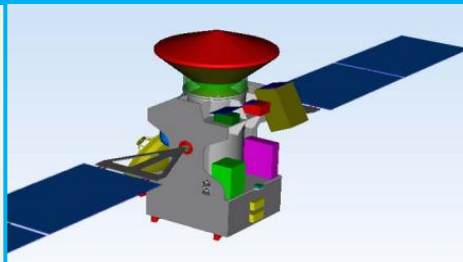
2006 – VENUS-EXPRESS

INSTRUMENTS: SPICAV, SOIR, PFS



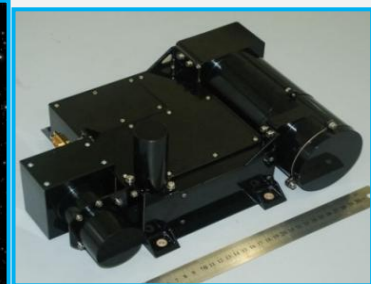
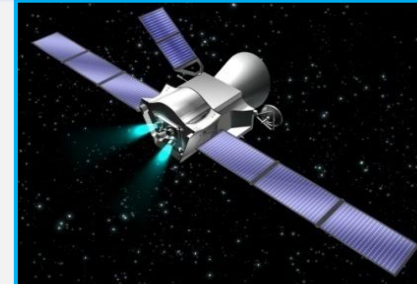
2016 & 2020 EXOMARS

JOINT PROJECT



2018 - BEPICOLOMBO (WITH ESA AND JAXA)

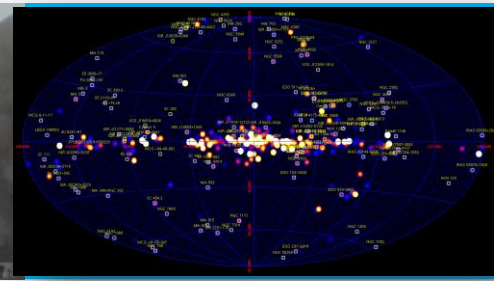
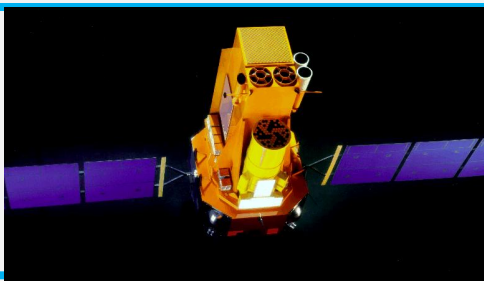
INSTRUMENTS: PHEBUS, MGNS



Сотрудничество с ESA и др.

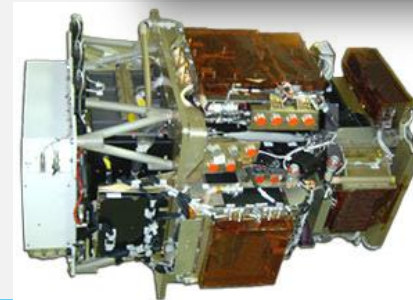
2002 – INTEGRAL

LAUNCHER PROTON, BUT 25% DATA
TO RUSSIAN SCIENTISTS



2006 – PAMELA (RUS+IT)

LAUNCHER AND PLATFORM



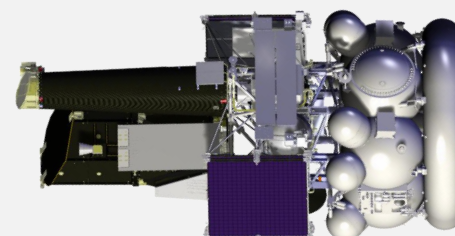
2011 - РАДИОАСТРОН

RUSSIAN PROJECT WITH WORLD GROUND-BASED SUPPORT



2018 – СПЕКТР-РГ (RUS+GER)

JOINT PROJECT

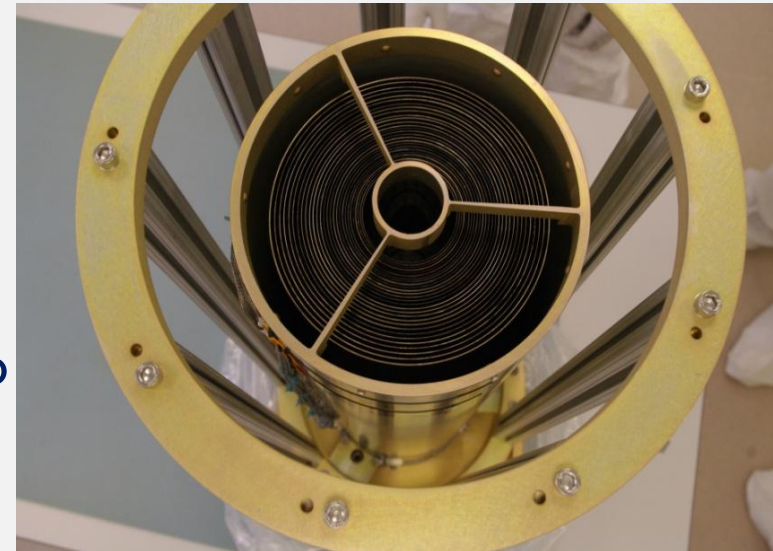


Варианты сотрудничества

1. Разработка отдельных узлов для космического прибора на зарубежную космическую миссию или отдельные узлы для российских научных приборов для российских космических миссий (участие в американских и европейских проектах, **Луна-Глоб, Луна-Ресурс, Спектр-РГ – НАСА, Спектр-УФ – e2V**)

Варианты сотрудничества

- Научная космическая миссия готовится зарубежным космическим агентством (например НАСА или ЕКА) или наоборот, Роскосмосом.
- В ходе отбора научных приборов формируется международная научная команда, которая подает заявку на разработку научной аппаратуры, в которую входят российские ученые. Или наоборот, российские ученые привлекают иностранных партнеров для изготовления той или иной части прибора.
- Выигрыш в научной и экономической составляющей в этом случае очевиден, НО в первом случае эксперимент всегда и везде будет считаться американским, европейским и все достижения будут приписываться им..
- С российской стороны позитивный пример: зеркала для телескопа ART-XC/Спектр-РГ изготовлены в Маршалловском центре НАСА
- Но могут быть и проблемы – e2V для Спектр-УФ



Варианты сотрудничества

1. Разработка отдельных узлов для космического прибора на зарубежную космическую миссию или отдельные узлы для российских научных приборов для российских космических миссий (участие в американских и европейских проектах, **Луна-Глоб, Луна-Ресурс, Спектр-РГ – НАСА, Спектр-УФ – e2V**)

② Зарубежные приборы для российской космической миссии. Планетные миссии 80-90х (Марс-96), рентгеновские обсерватории **МИР-КВАНТ** и **ГРАНАТ**. Из современных – **Луна-Ресурс** (бурильную установку делает ЕКА)

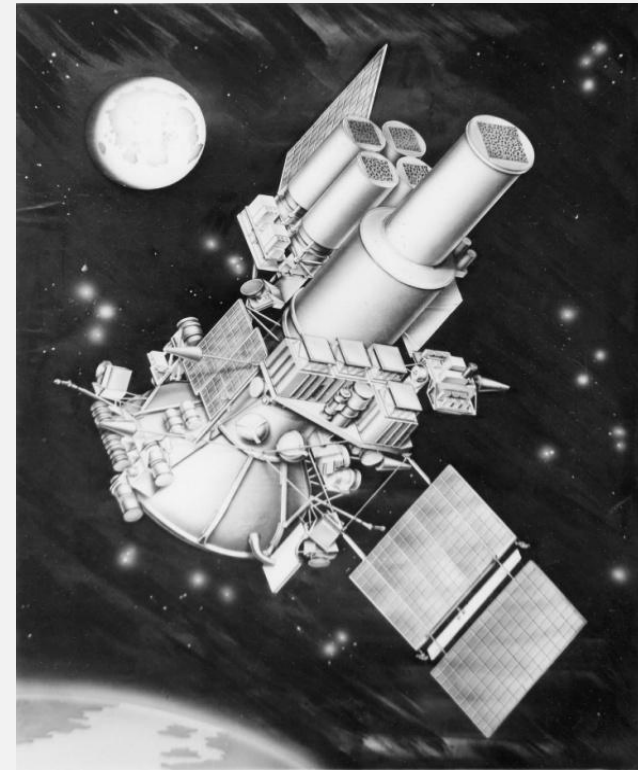
Россия предлагает свою миссию, но допускает участие в ней зарубежной научной аппаратуры. Последняя финансируется зарубежным космическим агентством и официально отбирается через Совет РАН по космосу.

Обсерватории Рентген и Гранат

МИР-КВАНТ (1987-2001)



СССР, ЕКА, Германия,
Нидерланды, Великобритания
Около 100 научных статей



ГРАНАТ (1989-1999)

СССР, Франция, Дания, Болгария
Более 300 публикаций

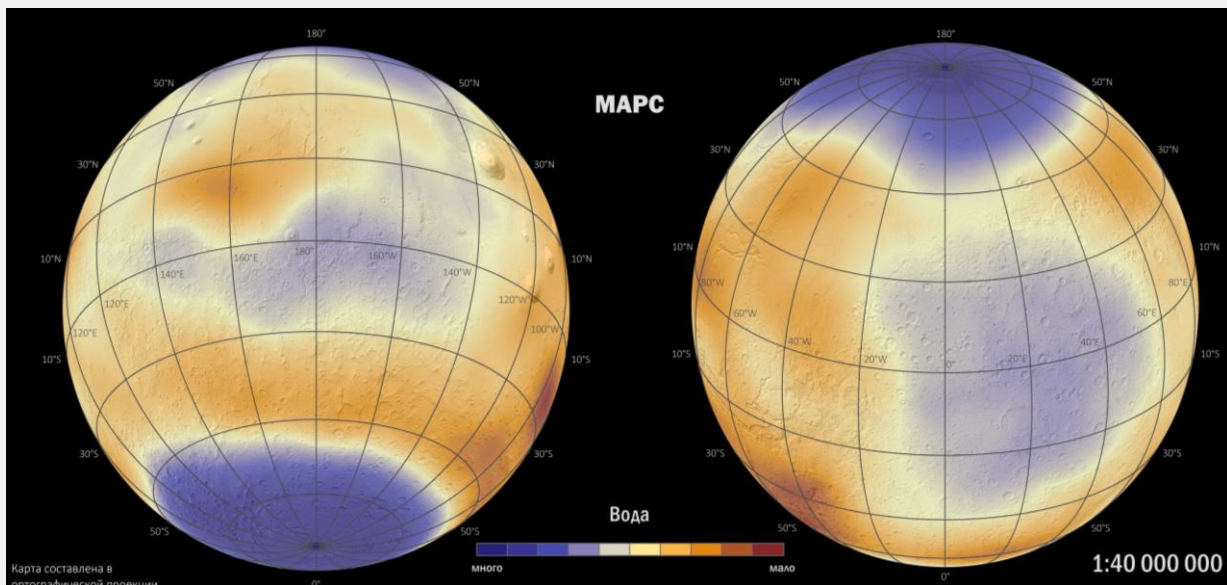
Позволили вывести Россию на мировой уровень в
области астрофизики высоких энергий

Варианты сотрудничества

3. Отбор российской научной аппаратуры по прямому заказу зарубежного космического агентства или на конкурсной основе

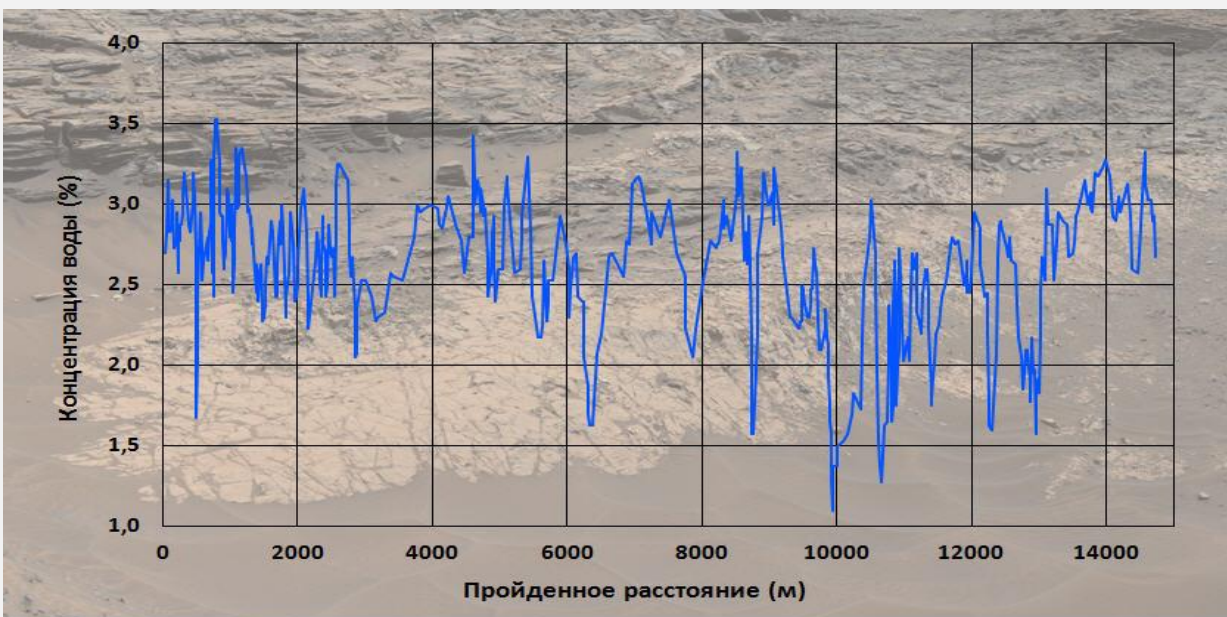
Научная космическая миссия готовится зарубежным космическим агентством (например НАСА или ЕКА). Для обеспечения максимальной эффективности реализации миссии от 10 до 20% научной аппаратуры отдается на откуп зарубежным агентствам (за их деньги), если они могут предложить научную аппаратуру мирового уровня

Инструменты на «чужих» миссиях



Прибор ХЕНД на миссии НАСА 2001 Mars Odyssey

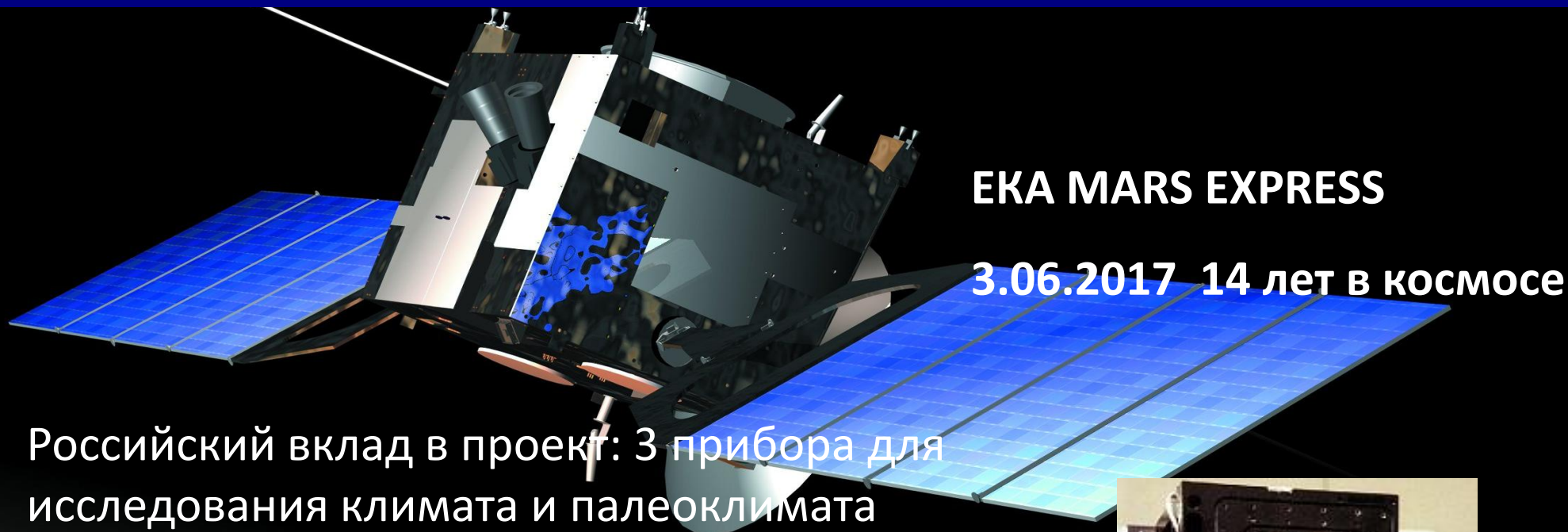
Обнаружение залежей подповерхностного водяного льда на высоких широтах в северном и южном полушариях Марса.



Прибор ДАН(DAN) на марсоходе Curiosity

Обнаруженные вариации содержания подповерхностной воды за 15 км пройденного пути

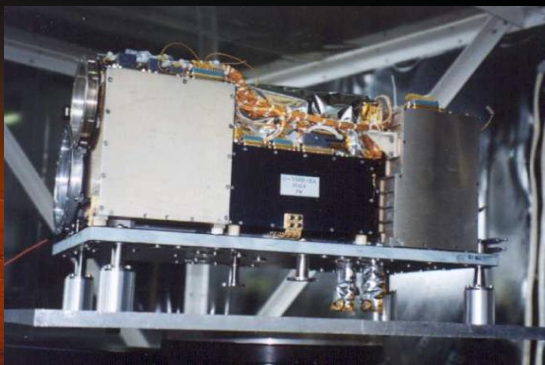
Инструменты на «чужих» миссиях



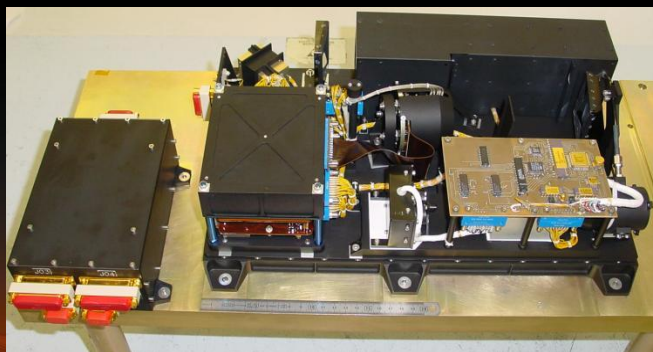
ЕКА MARS EXPRESS

3.06.2017 14 лет в космосе

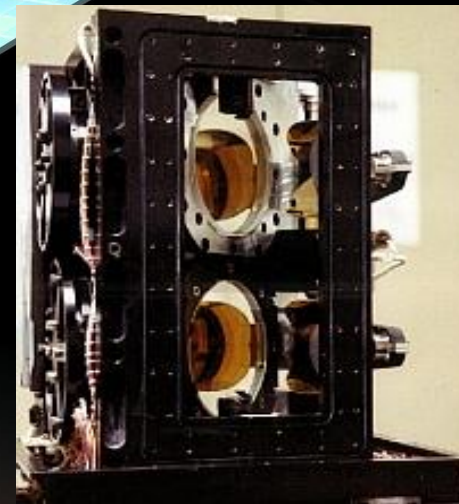
Российский вклад в проект: 3 прибора для исследования климата и палеоклимата



**OMEGA: картирующий
спектрометр**



**SPICAM: УФ и ИК
универсальный
спектрометр**



**PFS: Планетный Фурье-
спектрометр**

Варианты сотрудничества

3. Отбор российской научной аппаратуры по прямому заказу зарубежного космического агентства или на конкурсной основе

Научная космическая миссия готовится зарубежным космическим агентством (например НАСА или ЕКА). Для обеспечения максимальной эффективности реализации миссии от 10 до 20% научной аппаратуры отдается на откуп зарубежным агентствам (за их деньги), если они могут предложить научную аппаратуру мирового уровня

- ④ 4. Совместная реализация космической миссии зарубежным космическим агентством и Роскосмосом, либо Роскосмосом и зарубежными обсерваториями

РадиоАстрон

ИНТЕГРАЛ (ESA)

ExoMars

Спектр-РГ (Rus-Ger)

РадиоАстрон (2011 -)



- ✓ Космический радиотелескоп: диаметр 10 метров
- ✓ Запуск в 2011 г.
- ✓ Наивысшее разрешение (1.3 см): $\sim 7 \mu\text{as}$.
- ✓ Орбита: перигей 1-50,000 км, апогей $\sim 300,000$ км, период ~ 10 дней;
- ✓ Точность восстановления орбиты: расстояние 500 м, скорость 2 см/с.

Радиотелескопы и обсерватории, обеспечивающие наземную поддержку РадиоАстрона: более 30 штук

Наземное плечо интерферометра:

Квазар-КВО: Sv, Bd, Zc (Россия);
Евпатория (Россия);
Ирбене (Латвия);
Effelsberg (Германия);
WSRT (Нидерланды);
Torun (Польша);
Medicina, Noto, Sardinia (Италия);
Yebes, Robledo (Испания);
Jodrell Bank 1 & 2 (Великобритания);
Usuda (Япония);
Shanghai 25 & 65, Urumqi (Китай);
VLA, GBT, Arecibo, VLBA (США);
HartRAO (ЮАР); KVN (Корея),
LBA, Tidbinbilla (Австралия).

Измерения полной мощности одиночными антеннами:

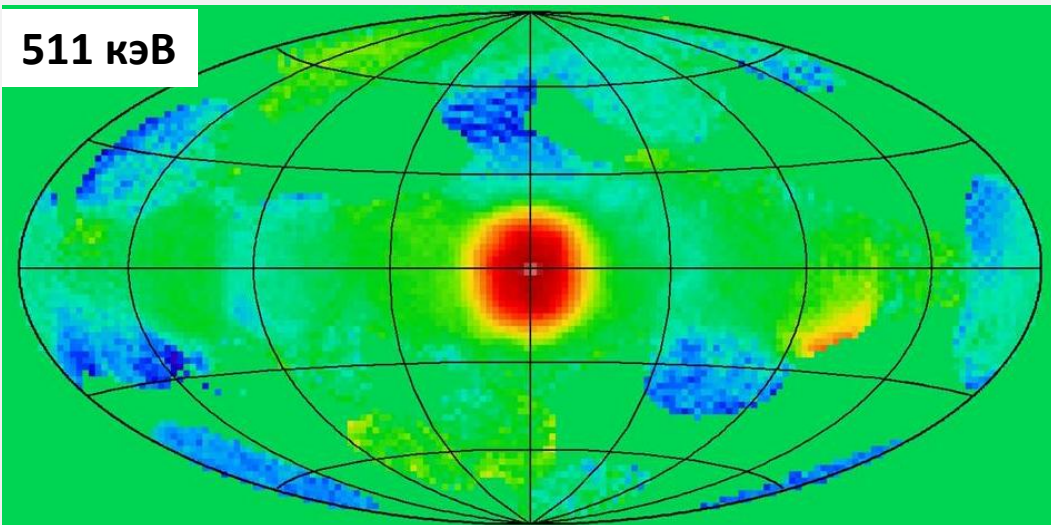
РАТАН-600 (Россия);
АТСА (Австралия);
WSRT (Нидерланды);
Urumqi (Китай);
Effelsberg (Германия);
Oven Valley (США);
GBT (США).

Станции слежения:

Пушино и Green Bank

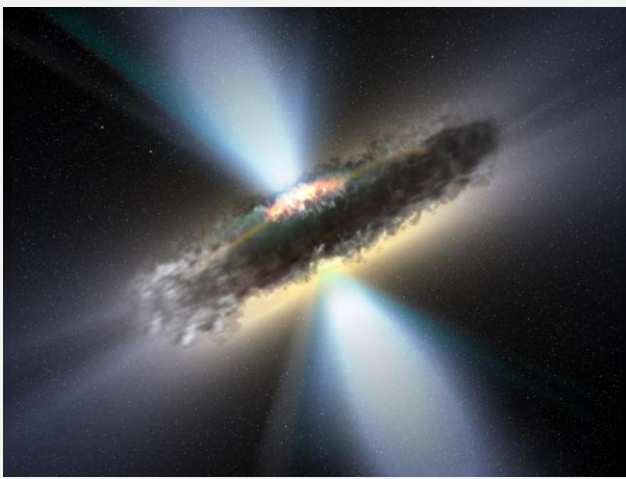
ИНТЕГРАЛ (2002 –)

511 кэВ

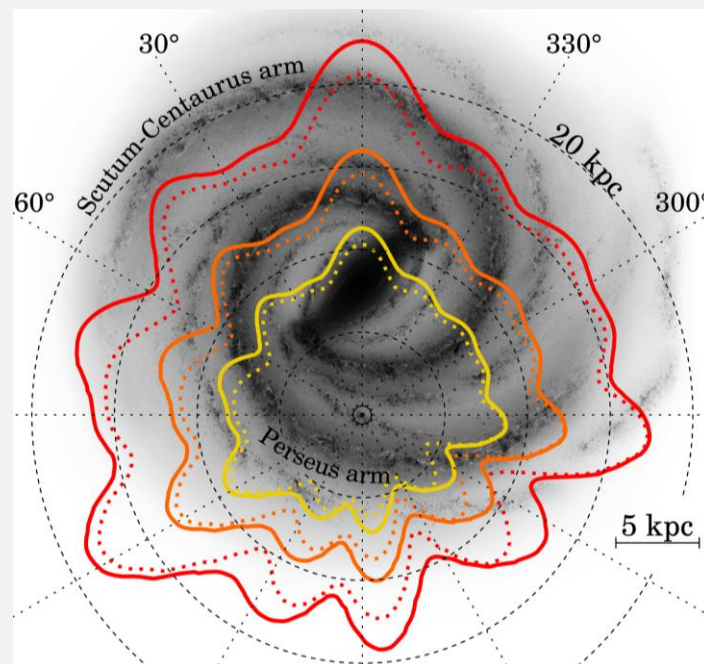


Антивещество в центре Галактики

В центральной зоне каждую секунду аннигилирует около 10^{43} позитронов. Сигнал в узкой линии на энергии 511 кэВ.



Обнаружение сотен «скрытых» сверхмассивных черных дыр



Видим Галактику на просвет

Более 300 публикаций
15 кандидатских
6 докторских

25% данных принадлежит России

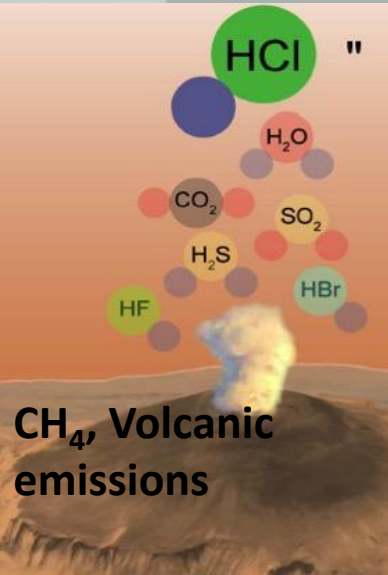
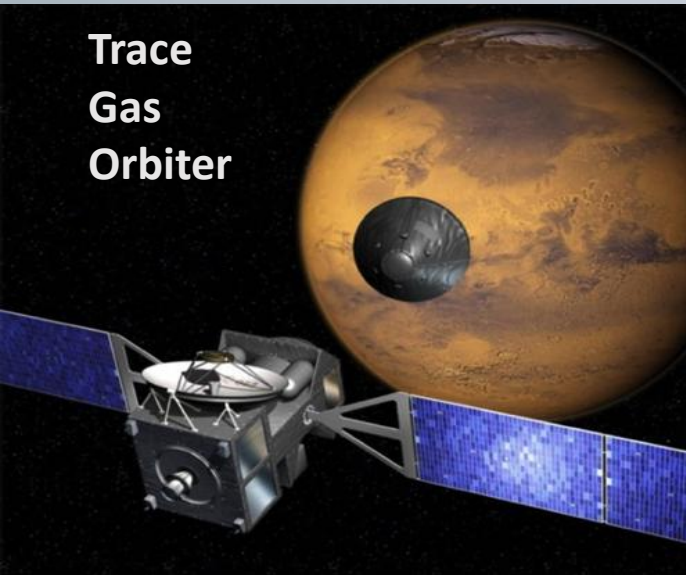
Проект ЭкзоМарс



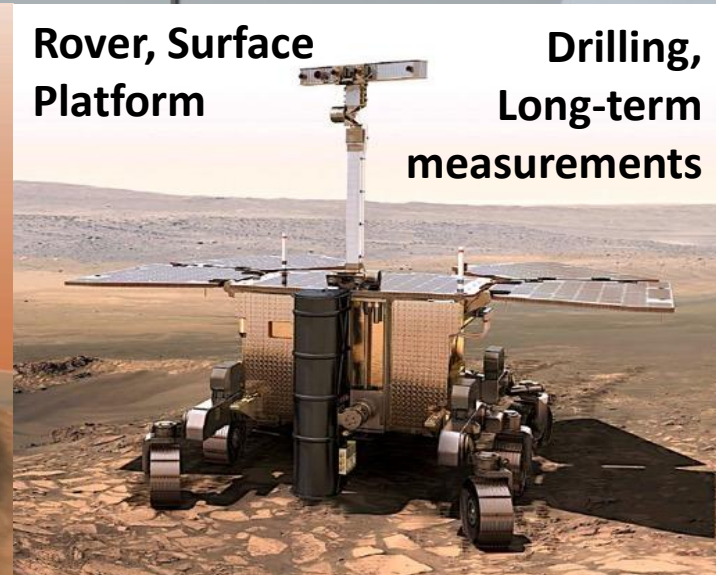
2016

2020

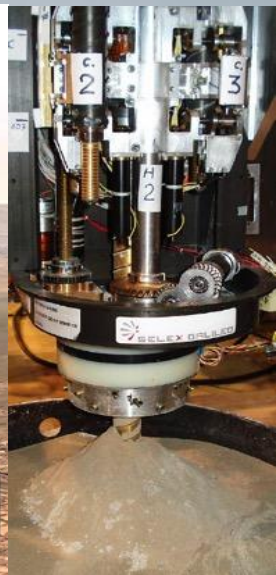
Trace
Gas
Orbiter



Rover, Surface
Platform



Drilling,
Long-term
measurements



Конфигурация проекта ЭкзоМарс



ЭКЗ МАРС



ЭкзоМарс-2016

Запуск: 14 марта 2016 года. Байконур.
Протон + Бриз-М.



Trace Gas Orbiter

Орбитальный КА для исследования малых составляющих атмосферы и ретрансляции данных с поверхности.



Schiaparelli (EDM)

Демонстрационный короткоживущий посадочный модуль.



ЭкзоМарс-2020

Запуск: Август 2020 года. Байконур.
Протон + Бриз-М.



Посадочная платформа

Долгоживущая стационарная посадочная платформа с комплексом научной аппаратуры для изучения поверхности и атмосферы в месте посадки.



Марсоход Pasteur

Мобильный марсоход с полезной нагрузкой для изучения состава поверхности и бурильным устройством.



Наземный сегмент



- Прием данных с TGO на европейские и российские станции.
- Объединённый научный наземный сегмент (SOC и ННК), включая совместный архив данных



Основные задачи проекта ЭкзоМарс

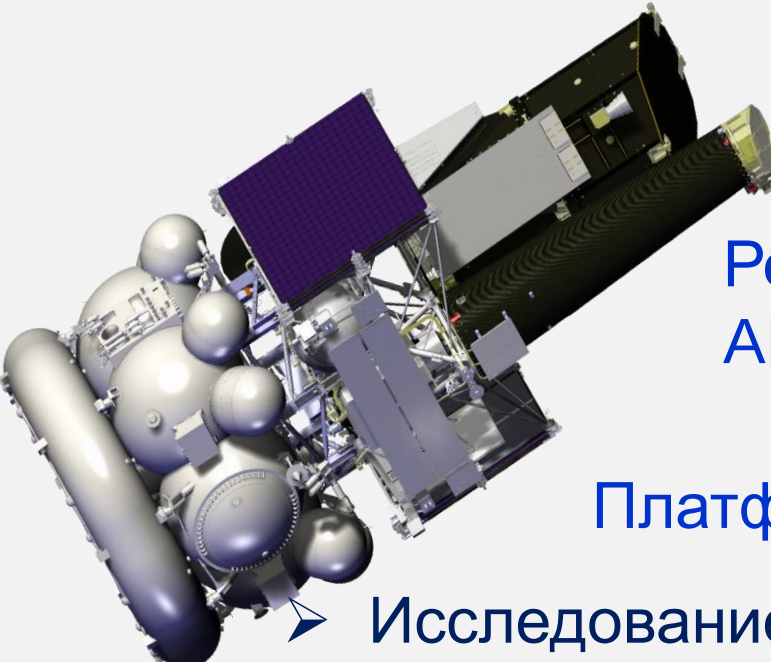
- ☐ Исследования состава атмосферы, проблема метана, мониторинг климата с орбиты. Вулканизм (поиск вулканических газов).
- ☐ Изучение распространенности воды в подповерхностном слое с высоким разрешением.
- ☐ Исследования обитаемости поверхности Марса.
- ☐ Исследования внутреннего строения и климата Марса (на поверхности).
- ☐ Разведка районов посадки, мониторинг радиационной обстановки.

Спектр-Рентген-Гамма (2018)

Рентгеновский телескоп
eROSITA (Германия)

Рентгеновский телескоп
ART-XC (Россия)

Платформа Навигатор, ПРОТОН (Россия)

- 
- Исследование крупномасштабной структуры Вселенной
 - Будет обнаружено ~100000 скоплений галактик
 - Несколько миллионов сверхмассивных черных дыр
 - Природа темной энергии

Данные телескопа eROSITA 50-50

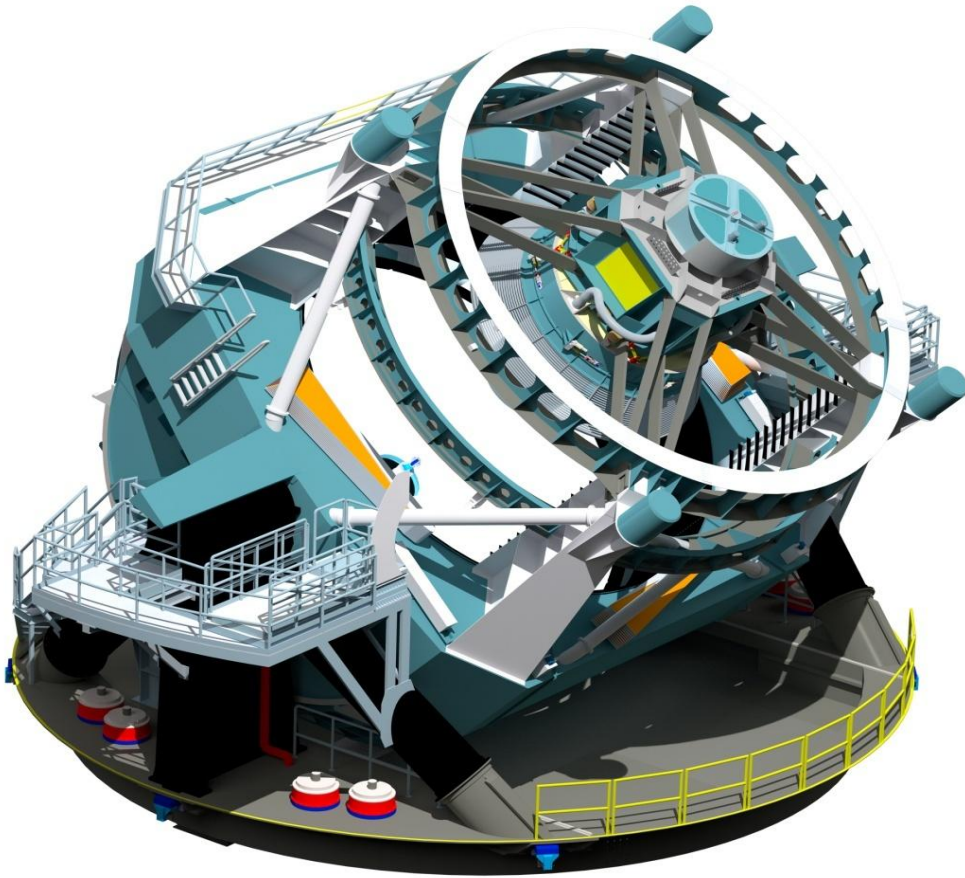
Данные телескопа ART-XC – 100% российским ученым

Статус Национальной Обсерватории

Принцип открытого доступа



**Принцип открытого доступа в его экстремальной форме:
приходи, кто хочешь, бери что хочешь**



Проблемы

1. Общие проблемы космической отрасли, связанные как с исчерпанием имевшегося потенциала, так и с нарастающим технологическим отставанием
2. Фактическое отсутствие финансирования начальных стадий проектов – идей, НИР (возможный выход **РНФ, Мегагранты????**)
3. Регулярный секвестр, возрастающая забюрократизированность (решения и контракты ждут согласований-подписаний месяцами, невозможность нормального планирования и работы)
4. Работа с научными организациями, как с «хозяйствующими» субъектами (штрафы, пени, банковские гарантии и т.д.)
5. Инициатива проектов – от РАН, юридические полномочия – у Роскосмоса. Создание научной аппаратуры является вторичным по отношению к производству спутника, разработчики аппаратуры подчинены производителям – **НОНСЕНС!**

Работаем дальше

Впереди, как минимум, три крупных
международных проекта

Спасибо за внимание!