

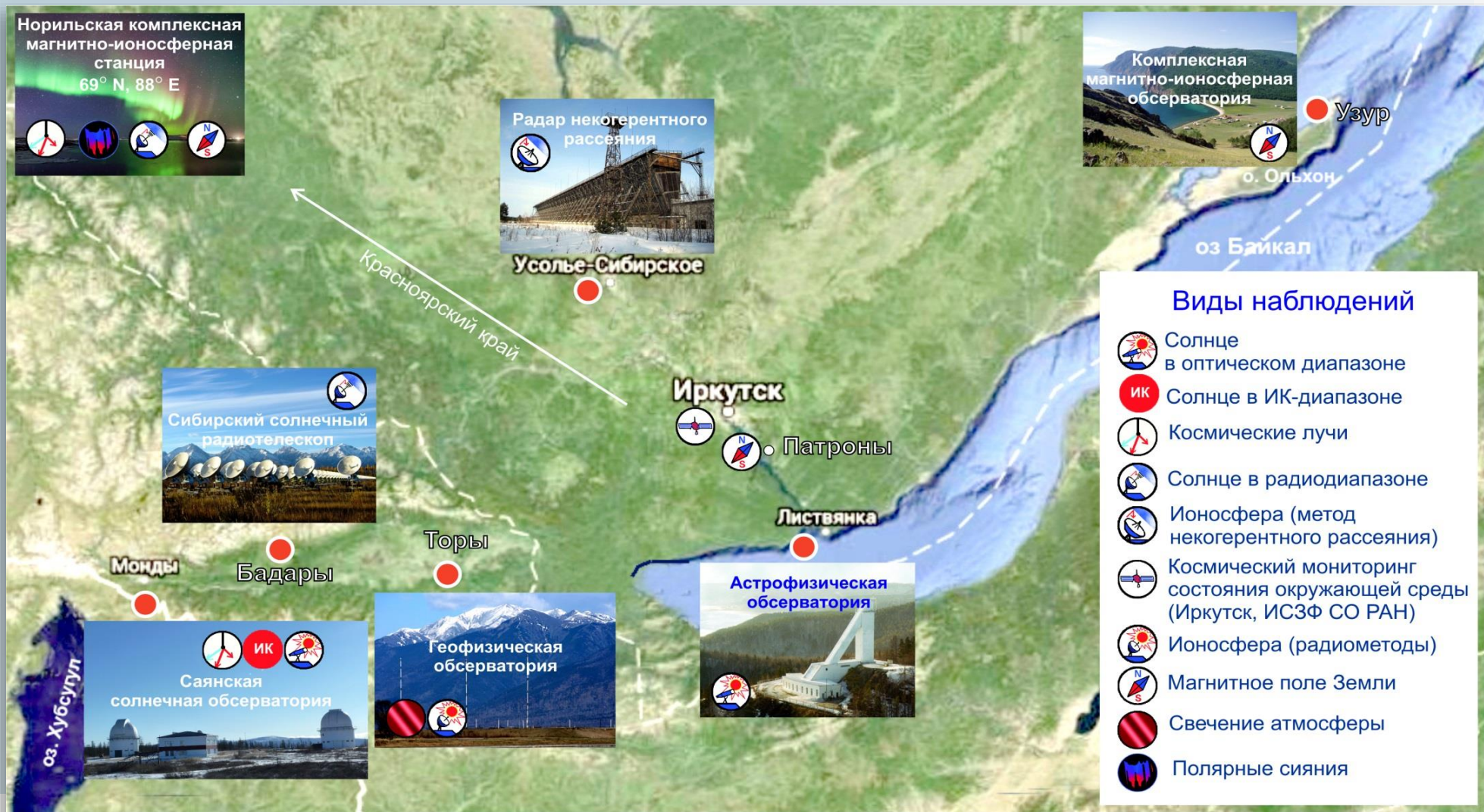
Реализация проекта «Национальный гелиогеофизический комплекс РАН»

Д.ф.-м.н. Олемской С.В.



Заседание Президиума СО РАН 21 декабря 2017 г.

Комплекс создается на базе обсерваторий ИСЗФ СО РАН, оснащенных большим набором инструментов, в том числе уникальных



1. Радиогелиограф - Республика Бурятия, Тункинский район, урочище Бадары, территория Радиоастрофизической обсерватории ИСЗФ СО РАН.

2. Система радаров:

2.1. МСТ радар – 250 км от Иркутска в сторону о. Байкал;

2.2. Два радара в пос. Стекольный Магаданской области на территории Института космических исследований и распространения радиоволн (ИКИР ДВО) РАН;

2.3. Один радар вблизи г. Братск Иркутской области на территории ГОУ ВПО «Братский госуниверситет» (ГОУ ВПО «БрГУ»);

2.4. Один радар в пос. Арти Свердловской области на территории Института геофизики (ИГФ) УрО РАН.

3. Солнечный телескоп-коронограф - Республика Бурятия, Тункинский район, пос. Монды, территория Саянской солнечной обсерватории ИСЗФ СО РАН.

4. Лидар - 250 км от Иркутска в сторону о. Байкал.

4.1. Оптические инструменты - Республика Бурятия, Тункинский район, с. Торы, территория Геофизической обсерватории ИСЗФ СО РАН.

2.4

2.3

2.2

4900 км

Иркутская область

3400 км

630 км

2.1

4

300 км

3

1

220 км

4.1

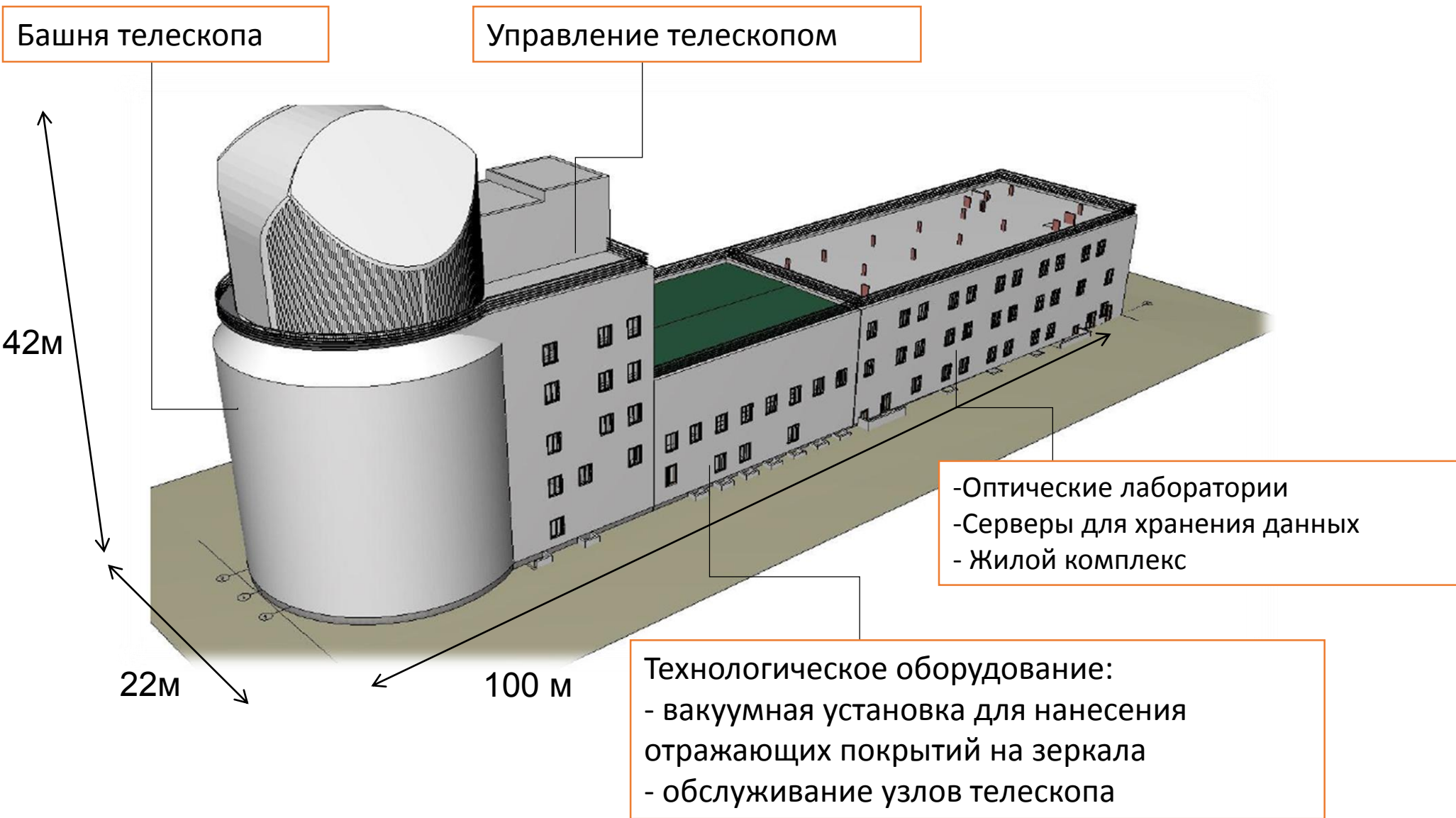
150 км

250 км

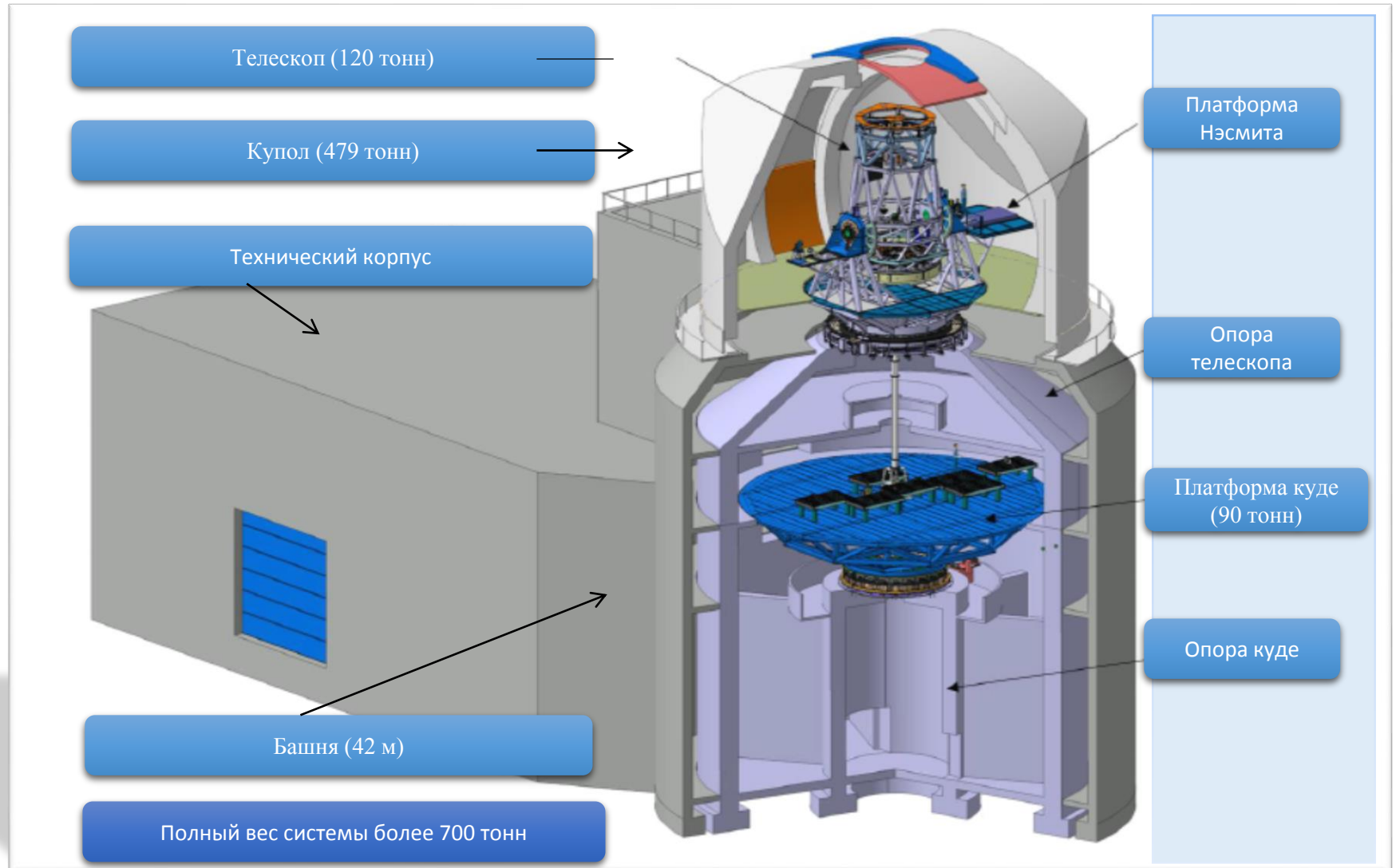
Иркутск (5 - Нагревный стенд,
6 - Центр обработки данных)



Крупный солнечный телескоп-коронограф (КСТ-3)

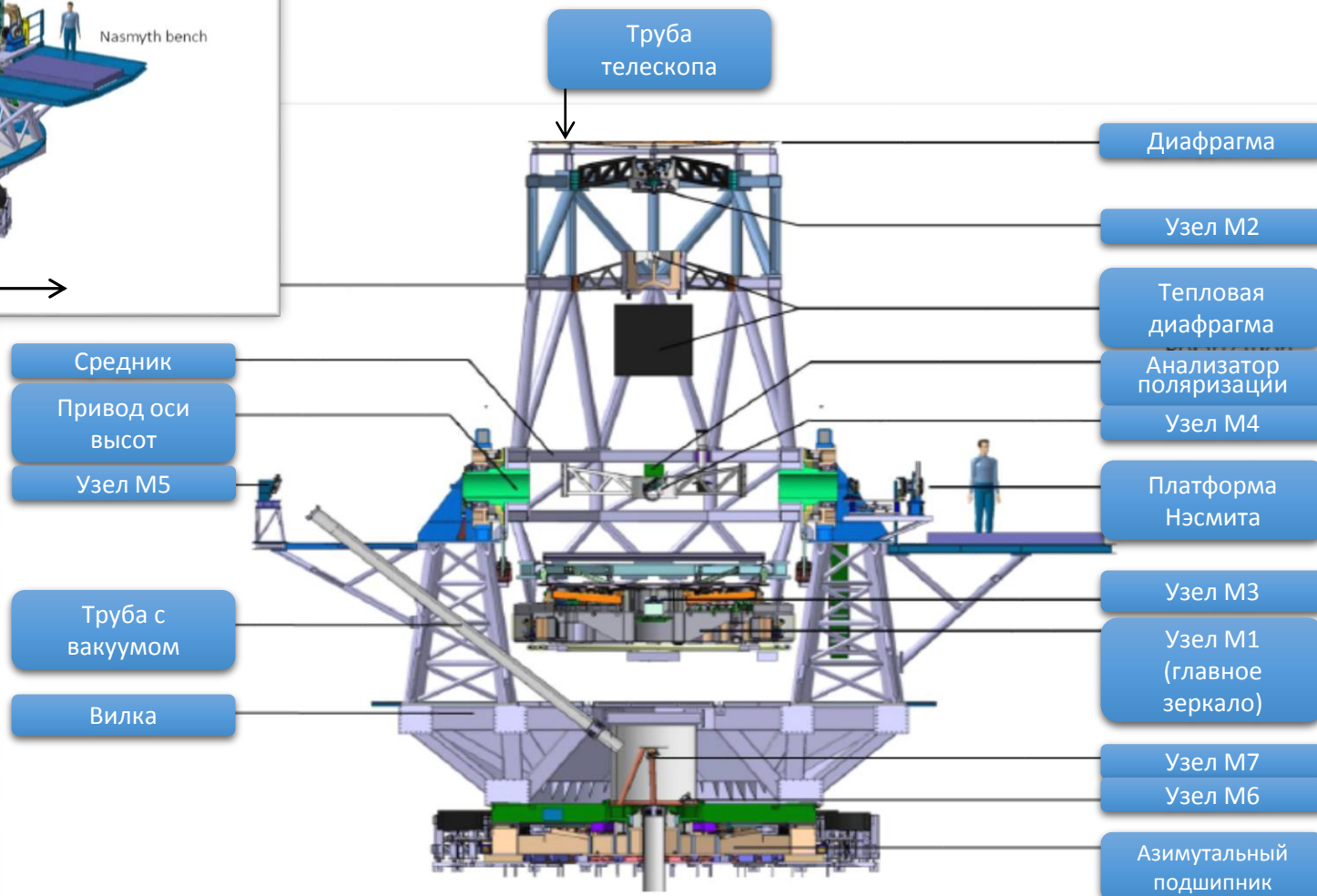
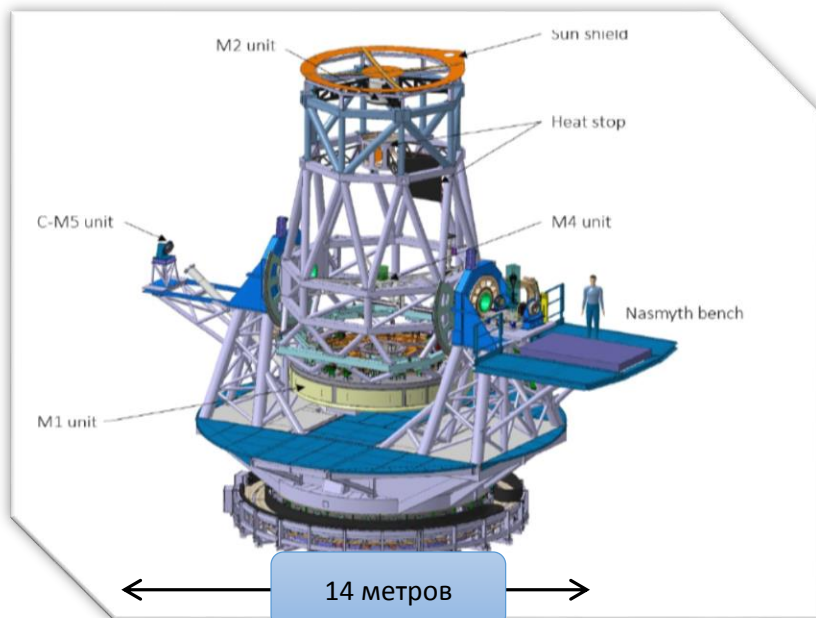


Основные элементы КСТ-3



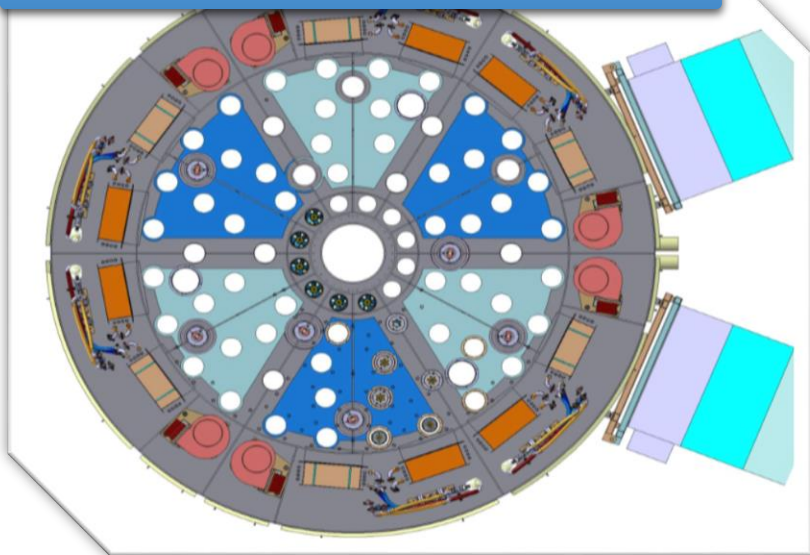
Конструкция монтировки телескопа

Характеристика	Значение
Пространственное разрешение	0.1 угл. сек. (~70 км)
Размер изображения	12, 24, 46 мм
Спектральный диапазон	390 ÷ 2300 нм
Точность перемещения	0.0025 угл. сек.



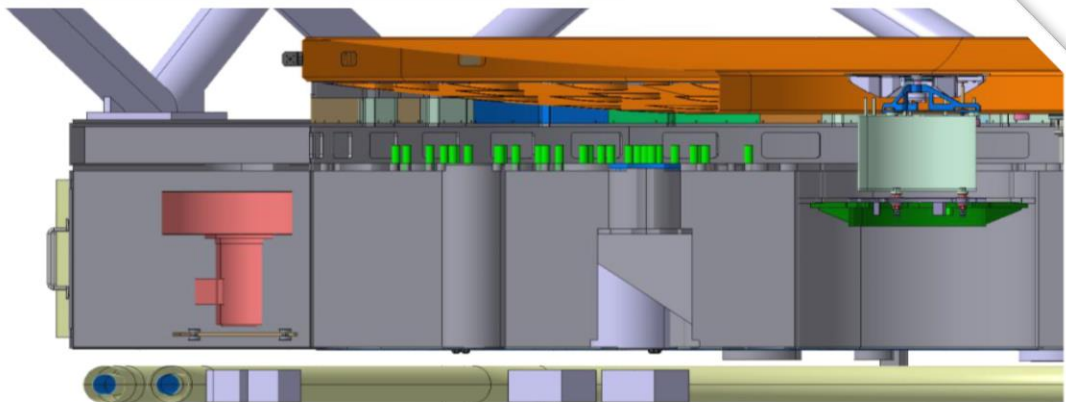
Узел главного зеркала М1

Активная оправа для М1

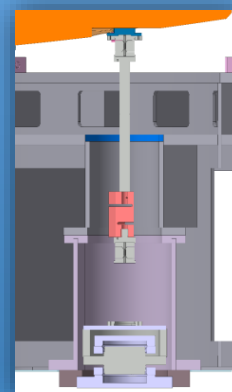


Характеристика	Значение
Внешний диаметр М1	3100 мм
Оптический диаметр М1	3000 мм
Количество толкателей активной оправы	64
Материал	Астроситалл®
Толщина зеркала	120 мм
Радиус кривизны	11300 мм
Масса зеркала	2120 кг
Масса узла М1 в сборе	~13000 кг

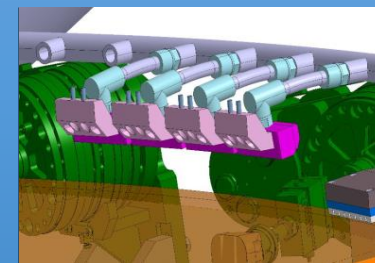
Зеркало в оправе



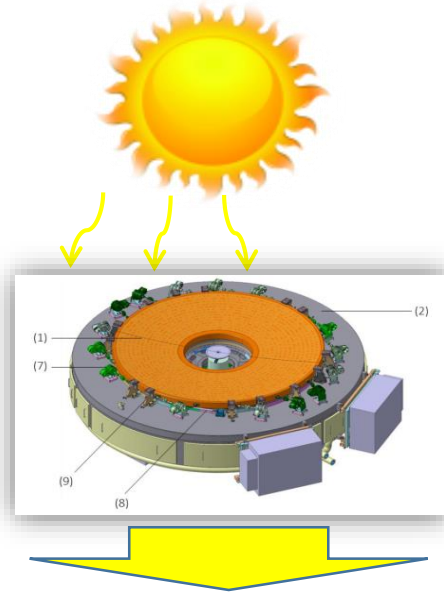
Толкатель для задания формы М1



Сопла для обдува зеркала М1



Обеспечение теплового режима



Изображение в главном фокусе: \emptyset

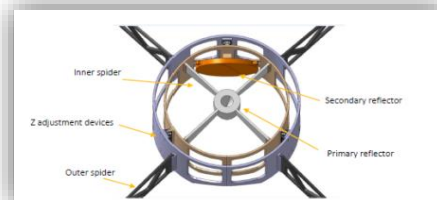
56 мм

6053 Вт

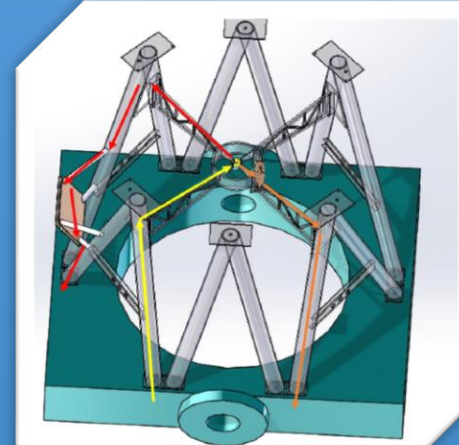
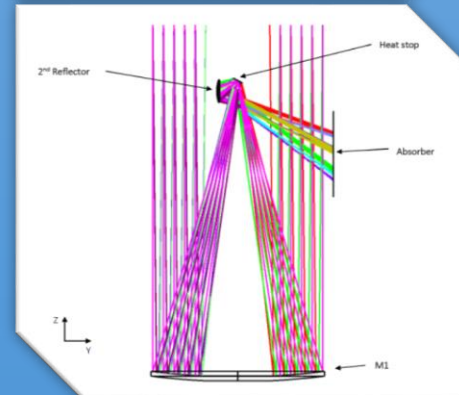
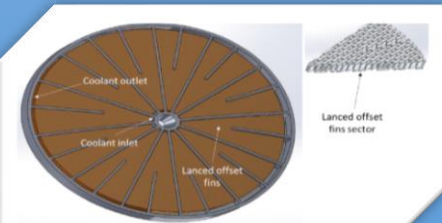
Изображение исследуемого участка Солнца: \emptyset 3 мм

Фокальные инструменты

29 Вт



Устройство тепловой диафрагмы



Купол телескопа

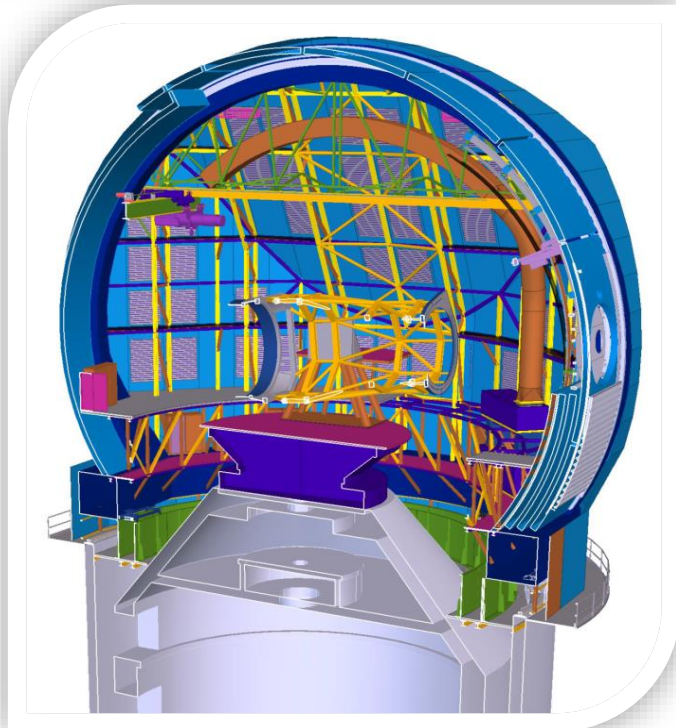
-Защита телескопа от внешней среды (снег, дождь, пыль, лед)

-Обеспечение теплового режима (отвод тепла ~60 кВт)

-Наименьший объем подкупольного пространства

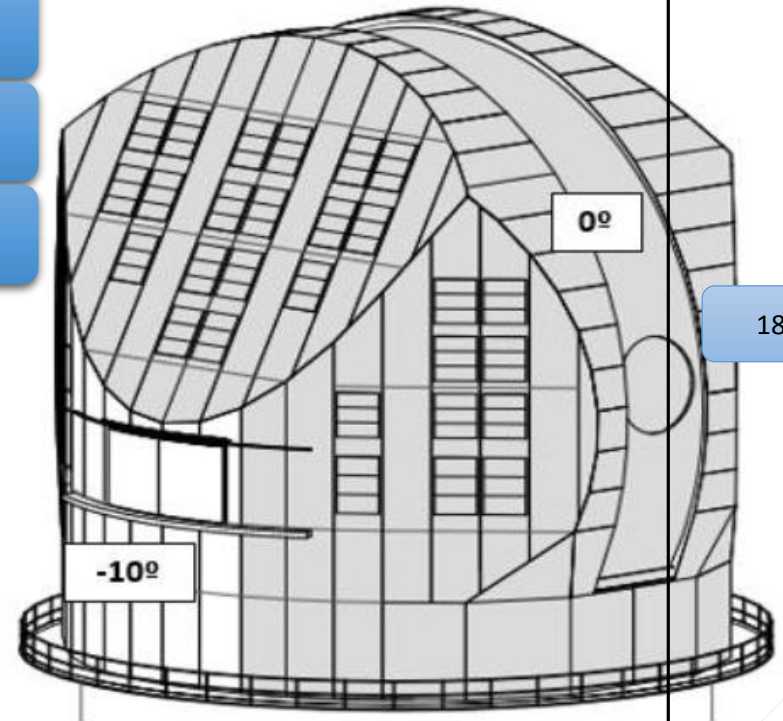
-Вентиляция купола для наименьшего градиента температур

-Минимальная площадь, подвергающаяся солнечному излучению в часы наилучшего качества изображения



▪ Поток воздуха:
2-5 м/с

▪ ΔT с окружающей средой: $\leq 4^\circ\text{C}$



18 метров

22 метра

Радиогелиограф 3–24 ГГц

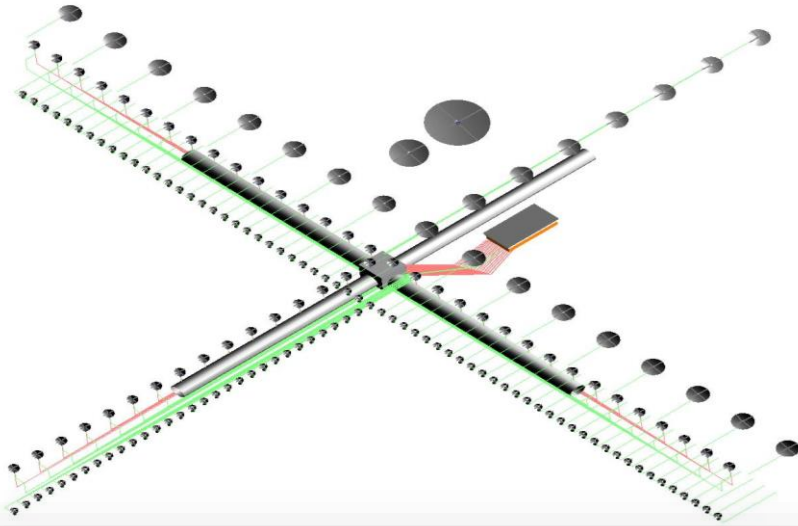


Схема антенного поля: три Т-образные
решетки с длиной луча до 1 км:
3–6 ГГц, диаметр антенн 3 м, 96 антенн
6–12 ГГц, диаметр 1.8 м, 192 антенны
8–24 ГГц, диаметр 1 м, 224 антенны

*Пространственное разрешение –
до 5 угл. сек на 6 ГГц,
временное – 0.01 сек,
шумовая температура < 100 К*

- Радионаблюдения с высоким пространственным, временным и спектральным разрешением позволят:
- Определять структуру коронального магнитного поля – источника энергии взрывных процессов в атмосфере Солнца;
 - Выявлять области конверсии энергии магнитного поля в частицы плазмы;
 - Идентифицировать механизмы ускорения электронов, вспышечного нагрева плазмы и процессов переноса энергии в атмосфере Солнца.
 - Разработать надежные методы прогноза;

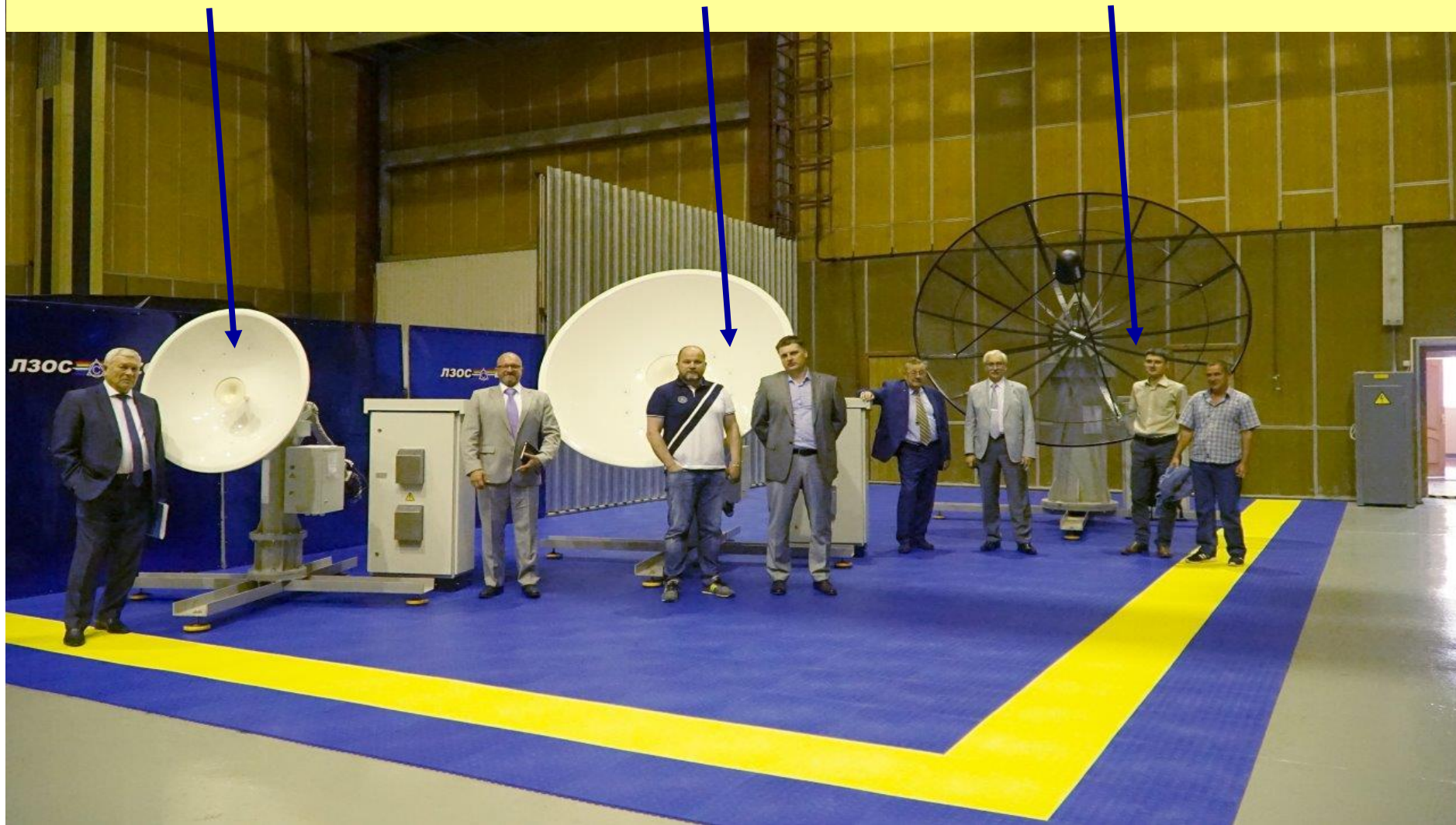


Образцы опорно-поворотных устройств, изготовленные в рамках проектирования многочастотного радиогелиографа (ЗАО ЧЭАЗ)

12–24 ГГц

6–12 ГГц

3–6 ГГц



3D модель многочастотного радиогелиографа. Антенные решетки для диапазона частот: 3–6 ГГц, 6–12 ГГц, 12–24 ГГц.

Рабочее
здание

Техздание

Здания для проживания
сотрудников

Вспомогательные
здания



3D модель многочастотного радиогелиографа

Три Т-образных антенных решетки

3–6 ГГц, 129 антенн, $D = 3.0$ м;

6–12 ГГц, 192 антенны, $D = 1.8$ м

12-24 ГГц 207 антенн $D = 1.0$ м

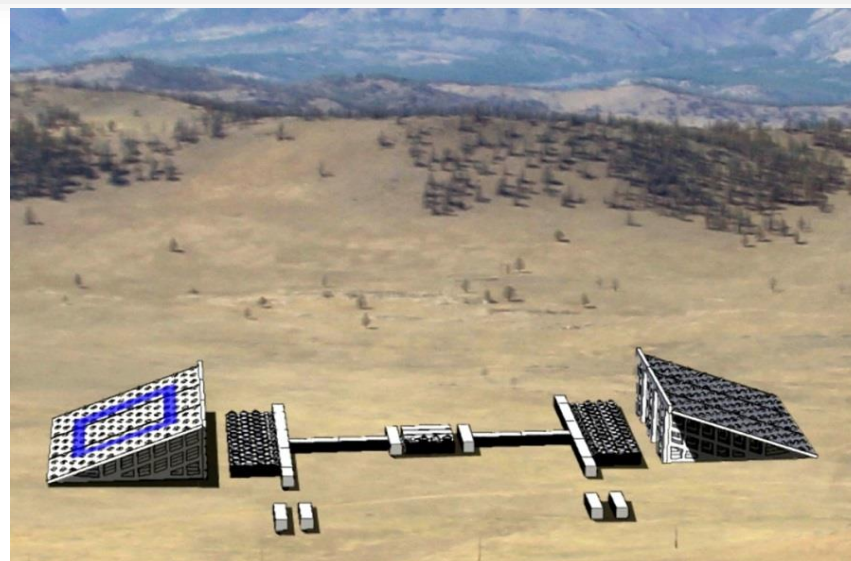
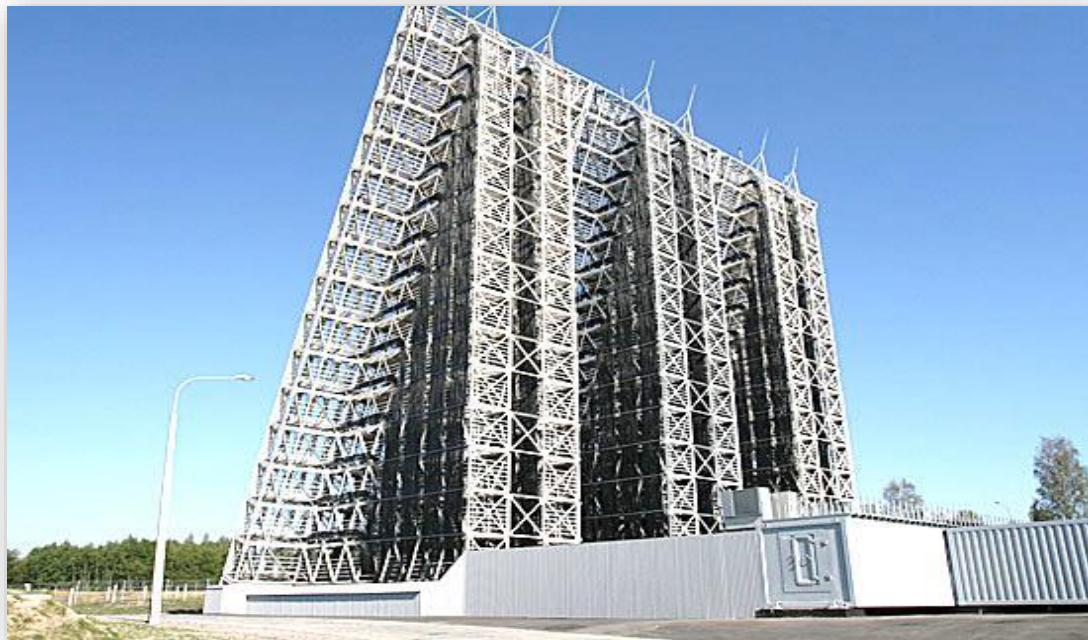
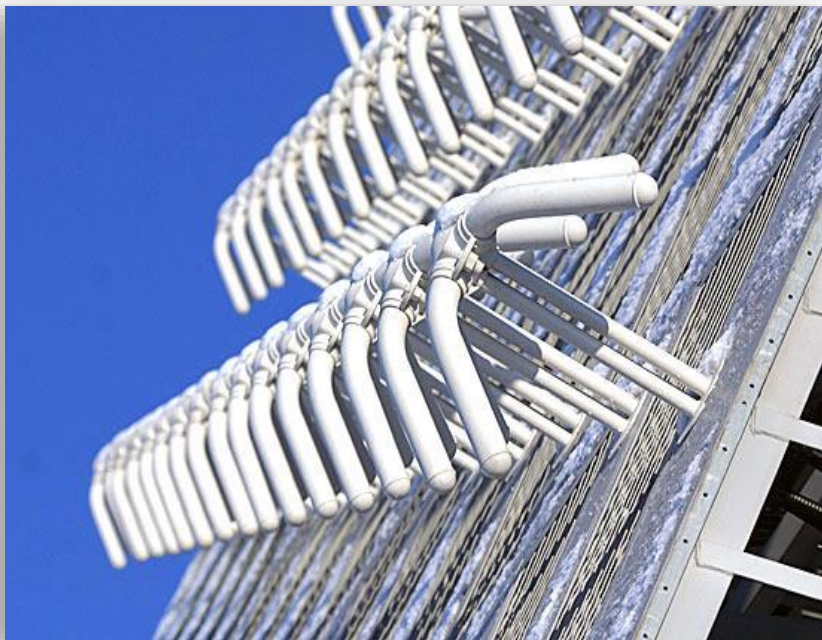


Многофункциональный мезосферно-стратосферно-тропосферный радар некогерентного рассеяния (НР-МСТ радар)

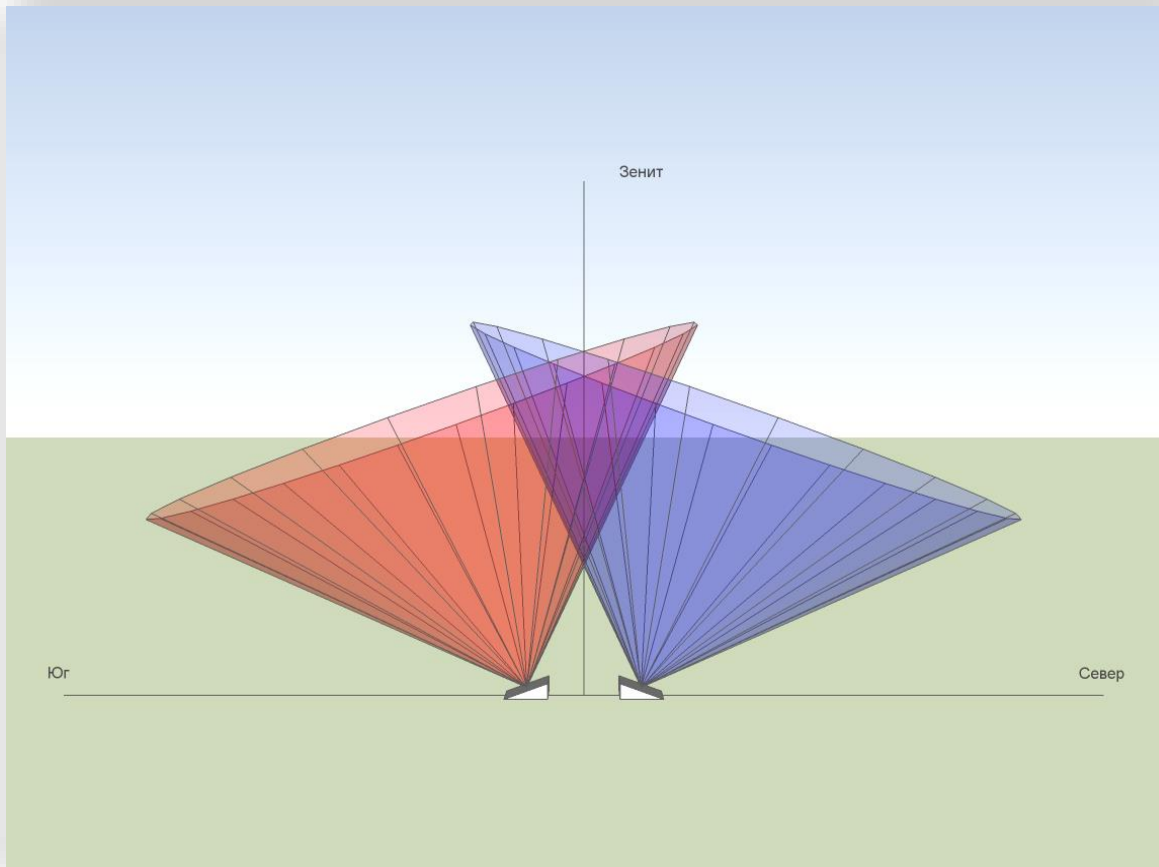
Основные задачи НР-МСТ радара:

- **Измерение параметров нейтральной атмосферы в диапазоне высот 5–100 км.** Контроль физических процессов и связей в системе литосфера–атмосфера.
 - **Наблюдения параметров плазмы на высотах 100–2000 км.** Контроль физических процессов и связей в системе атмосфера–ионосфера–магнитосфера.
 - **Изучение процессов и геофизических последствий, возникающих в результате воздействия на ионосферную плазму мощным коротковолновым излучением.**
- Разработка систем контроля событий искусственного воздействия на ионосферу.**
- Контроль околоземного космического пространства.** Наблюдения состояния и параметров движения космических аппаратов и исследование распределений космического мусора.
- **Радиоастрономические наблюдения режиме излучения Солнца и космических радиоисточников.**
 - **Экологический мониторинг атмосферы и циркуляционных процессов над поверхностью и вблизи озера Байкал.**
 - **Разработка перспективных методов диагностики и прогноза состояния среды околоземного космического пространства.**

Элементы проектируемого радара



Основные характеристики современного многофункционального НР-МСТ-радара



Конфигурация антенн НР-МСТ радара,
секторы сканирования

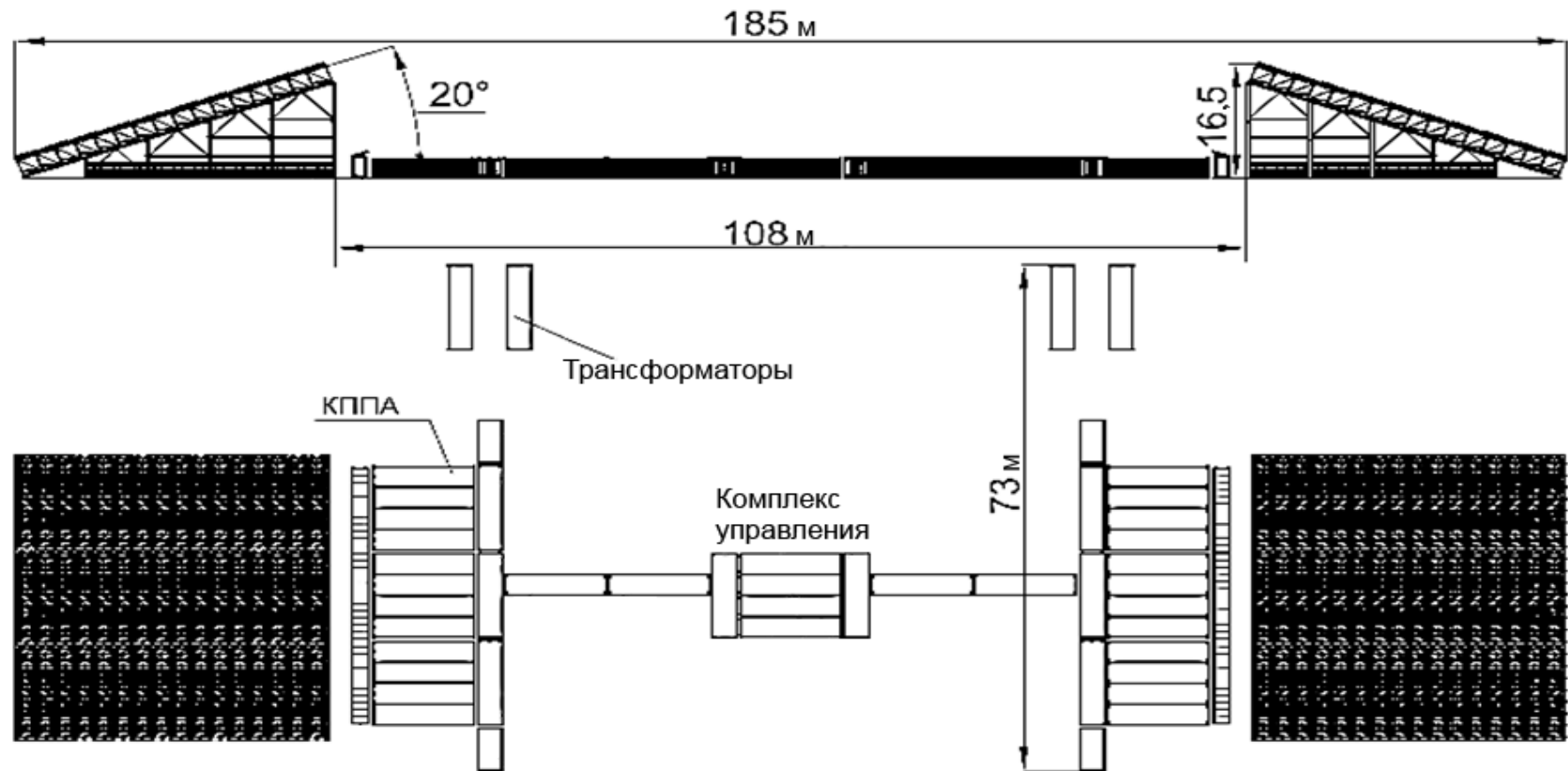
Основные технические характеристики:

1. Рабочая частота ~ 160 МГц
2. Пиковая мощность излучения – 2 МВт
3. Заполненность цикла излучения – 33 %
4. Ширина полосы приема – до 5 МГц
5. Длительность импульса – 10–5000 мкс.
6. Частота повторения – 75–2000 Гц
7. Модуляция импульсов произвольная.
8. Поляризации – правая и левая круговые
9. Тип антенны – фазированная решетка

Конфигурация антенной системы

обеспечивает максимальный пространственный охват области зондирования и создает условия для проведения интерферометрических измерений. С этой целью антенная система НР-МСТ радара разбита на два поля размерами $\sim 40 \times 40$ м с расстоянием между ними 100 м в направлении магнитного меридиана.

Расположение составных частей НР-МСТ радара



- Два антенных полотна с размерами 40 x 40 м, расстояние между полотнами – 100 м.
- На каждом полотне по 1536 крест-вибраторов.
- Модульная структура, каждый модуль помещается в контейнер с размерами 13,5 x 3,2 x 3 м и весом до 35 т.
- 24 комплекса приемо-передающей аппаратуры (КППА), по 12 на каждое антенное полотно.
- Комплекс управления и цифровой обработки сигналов (КПО).
- 4 трансформаторных подстанции.

Комплекс приемо-передающей аппаратуры НР-МСТ радара



Внешний вид комплекса приемо-передающей аппаратуры (КППА), всего 24 модуля.

Вес каждого контейнера до 35 т, размеры 13,5 x 3,2 x 3 м.

Основные функции одного модуля:

- передача радиосигналов излучения на 128 крест-вибраторов АФУ,
- прием радиосигналов с 256 элементов АФУ (вертикальная и горизонтальная поляризации),
- цифровое преобразование сигналов и формирование диаграммы направленности антенны.

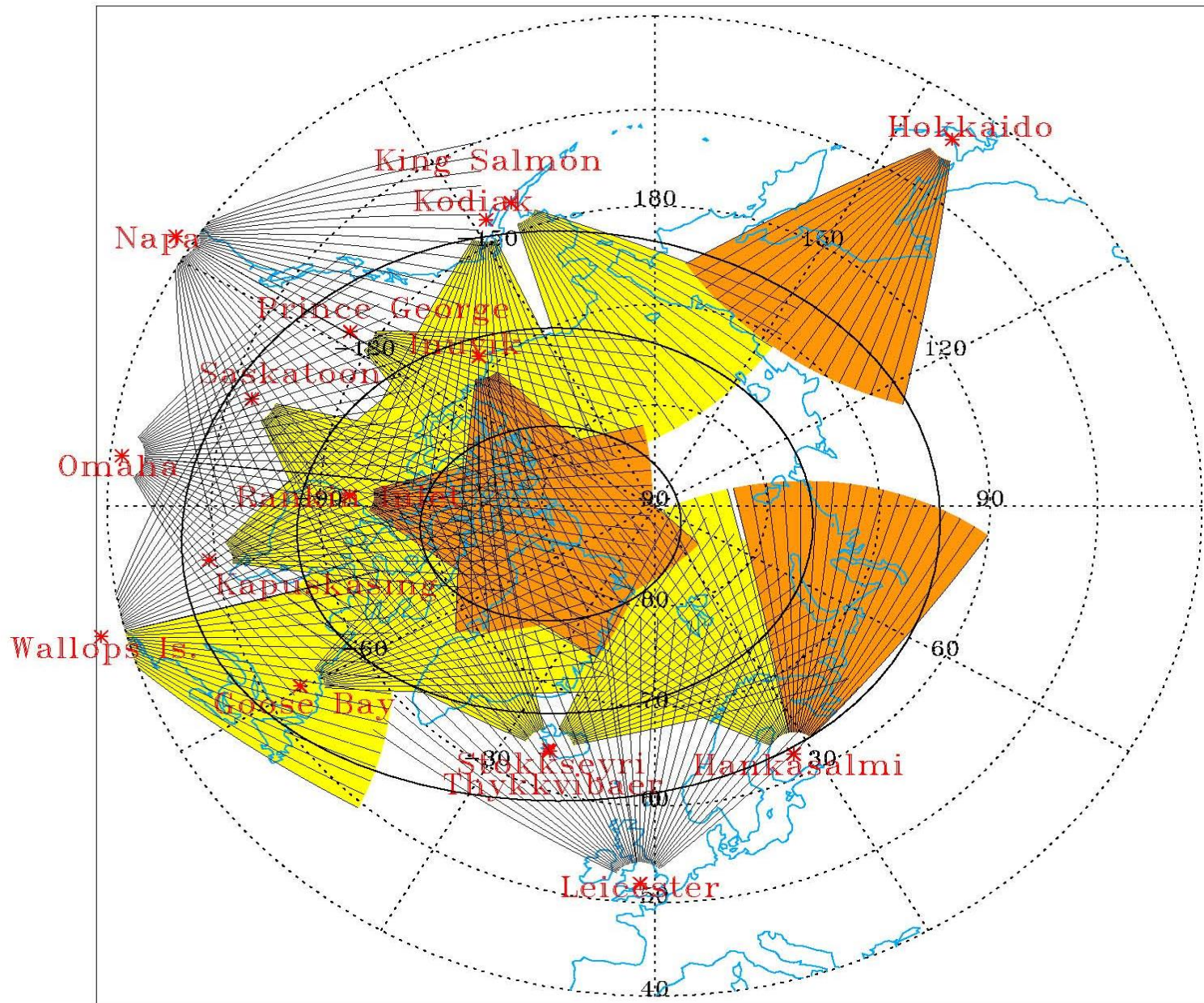
Лабораторный корпус НР-МСТ радара

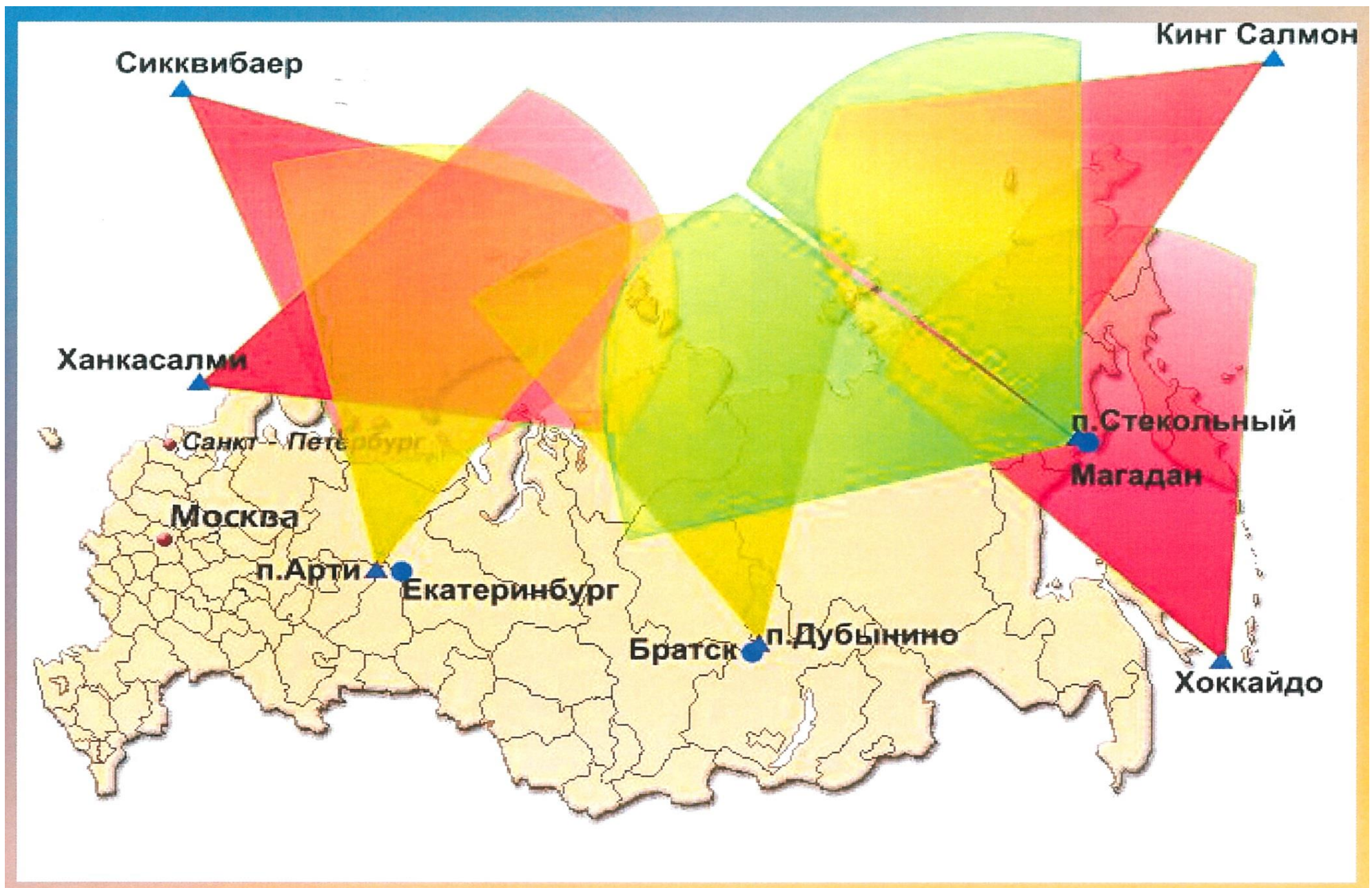


Длина 54 м
Ширина 15 м
Высота 9,5 м

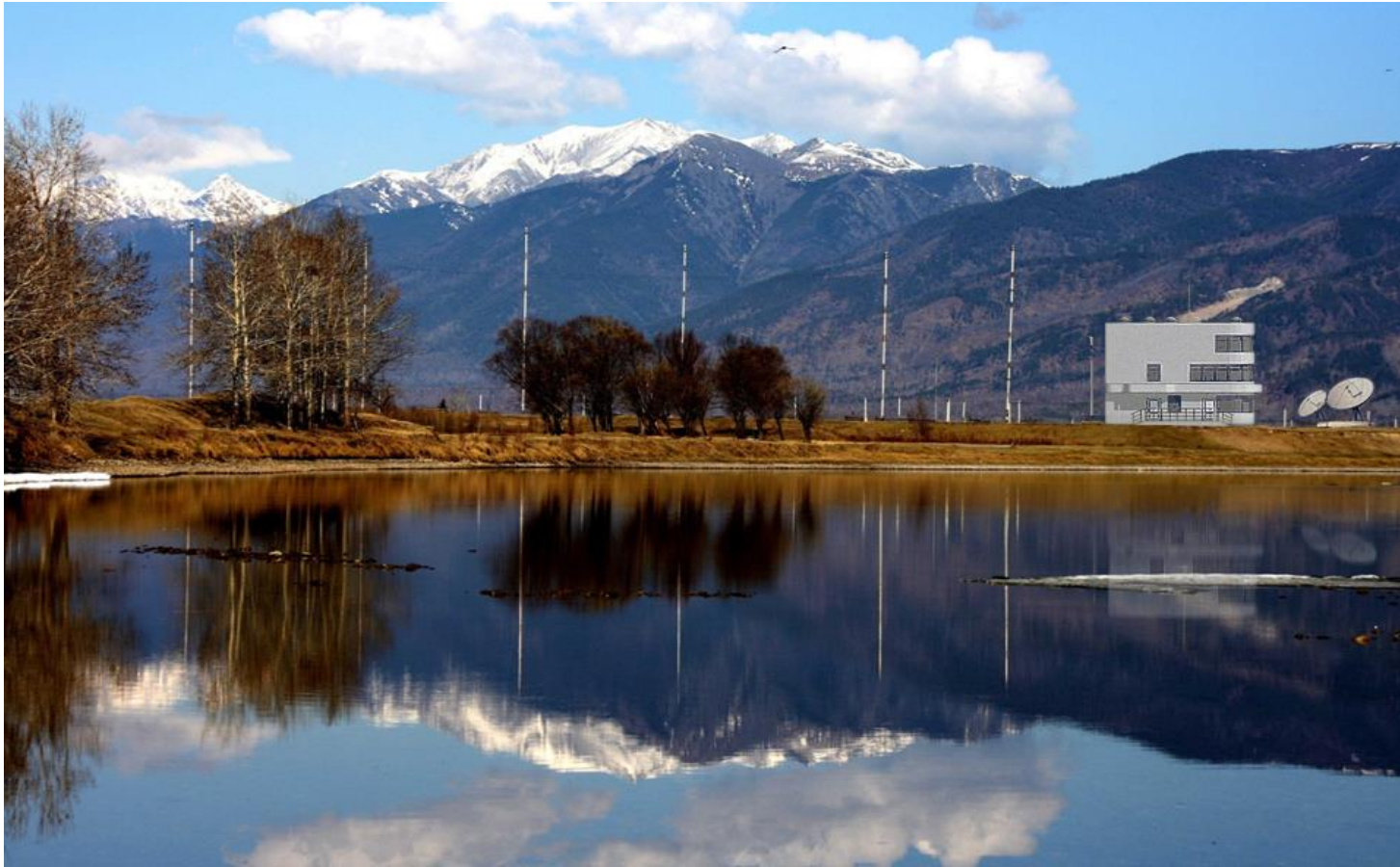
- Расположен в 2,5 км от НР-МСТ радара. Связь с радаром осуществляется по оптической линии связи.
- Из лабораторного корпуса возможно полное, дистанционное управление НР-МСТ радаром в любых режимах и экспериментах.
- Оборудован системой накопления, обработки и хранения данных, лабораторией, мастерской, местами для работы и проживания персонала.

КВ когерентные радары





Комплекс оптических инструментов

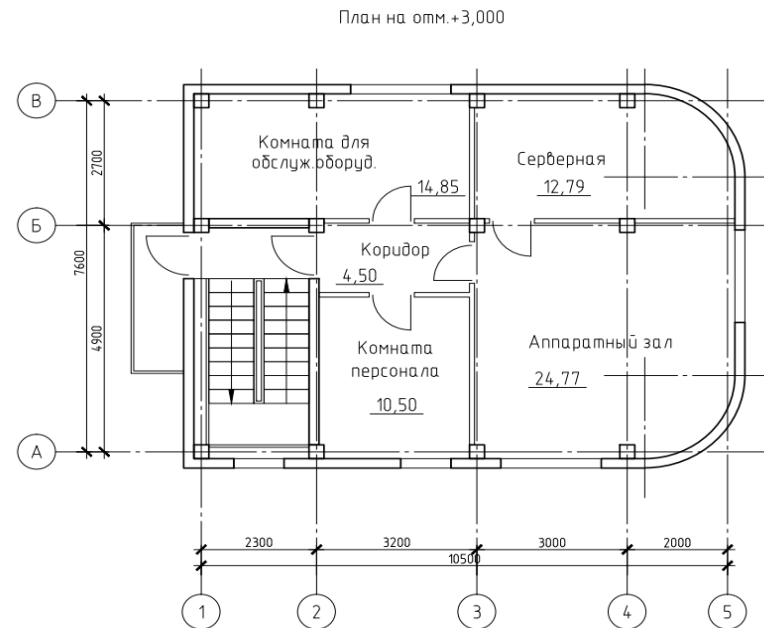
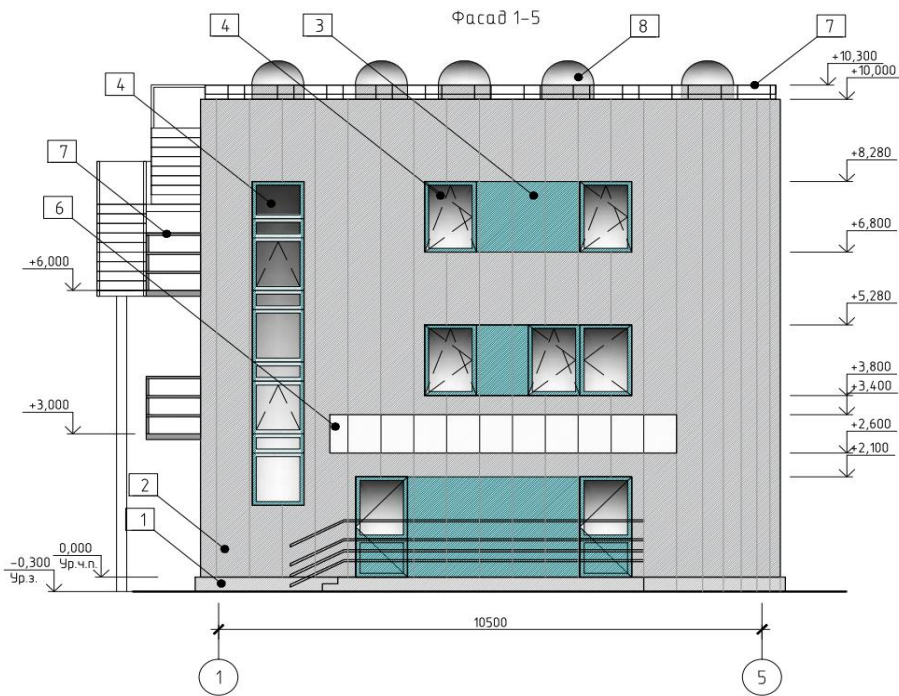


Комплекс оптических инструментов предназначен для исследования свечения ночной атмосферы Земли в широком спектральном диапазоне. Регистрация свечения необходима для определения структуры и динамики атмосферы, создания моделей атмосферы для предсказания поведения её параметров на различных временных интервалах. В настоящее время подготовлен проект для обновления инфраструктуры геофизической обсерватории, ведутся наблюдения на макетах и опытных образцах инструментов и вспомогательных устройств комплекса.

Техническое здание



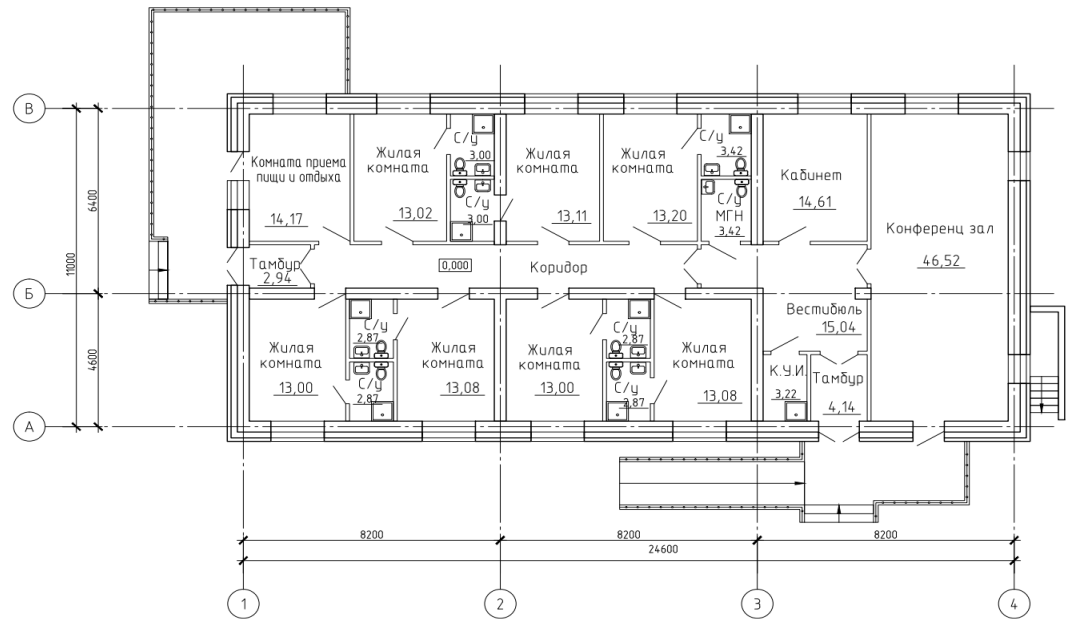
Техническое здание предназначено для размещения научного оборудования и персонала ведущего наблюдения.



Административно-хозяйственное здание

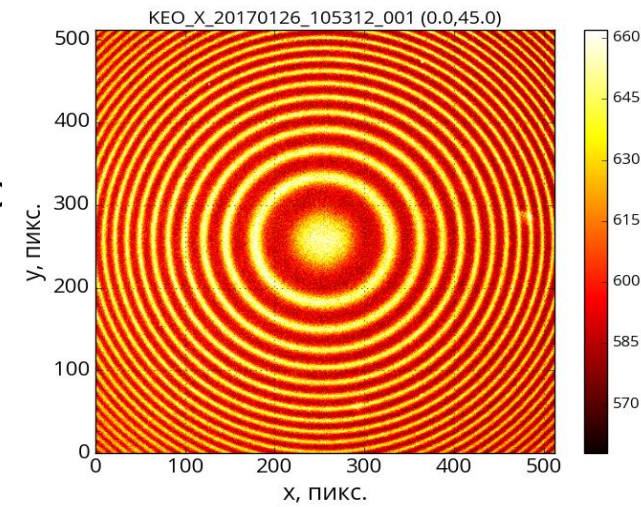
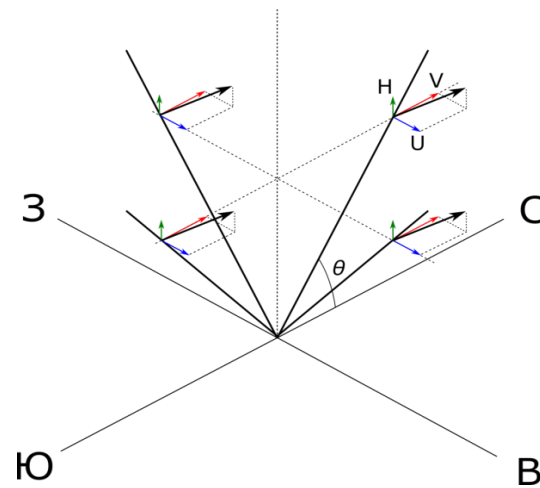


Административно-хозяйственное здание предназначено для размещения администрации, вспомогательных служб, мест для отдыха и питания персонала геофизической обсерватории.



Интерферометр Фабри—Перо

предназначен для исследования структуры ветра и температуры верхней атмосферы по наблюдению смещения и уширения спектральных линий.

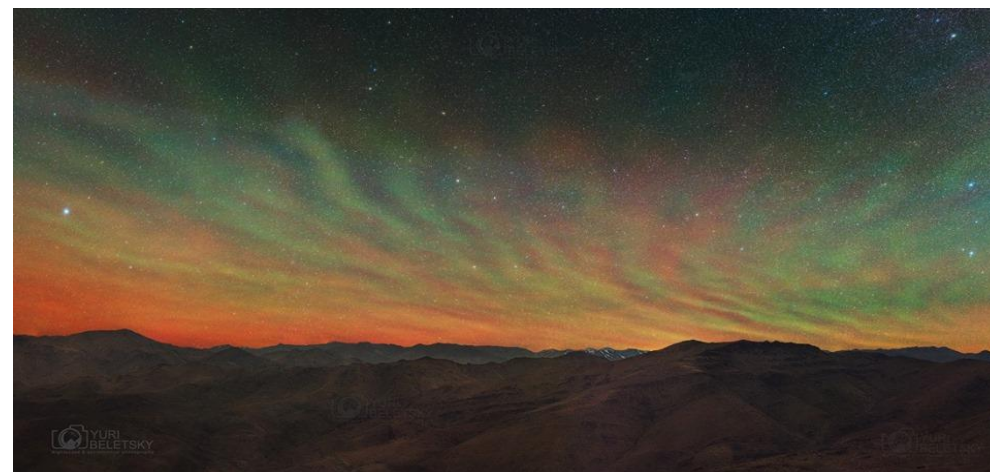
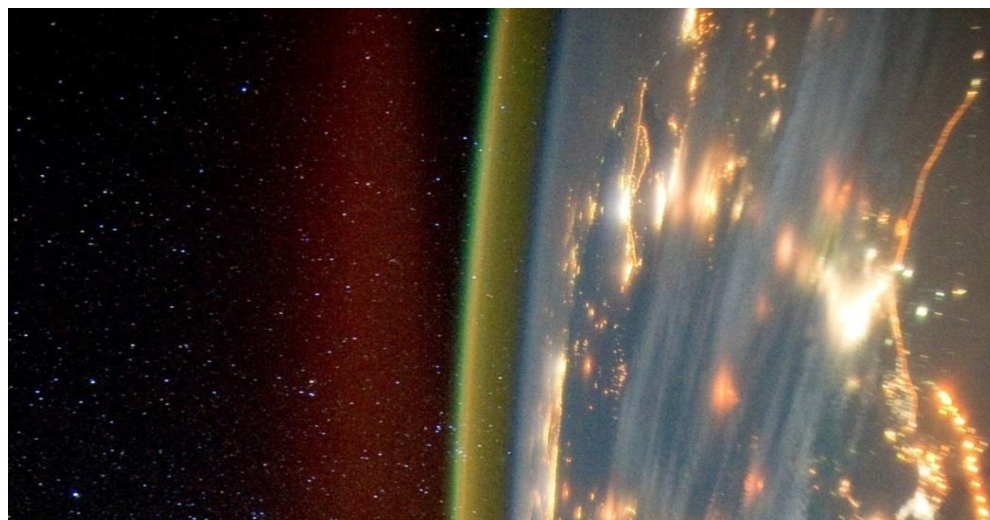




Широкоугольная камера

для регистрации пространственного распределения
свечения ночного неба

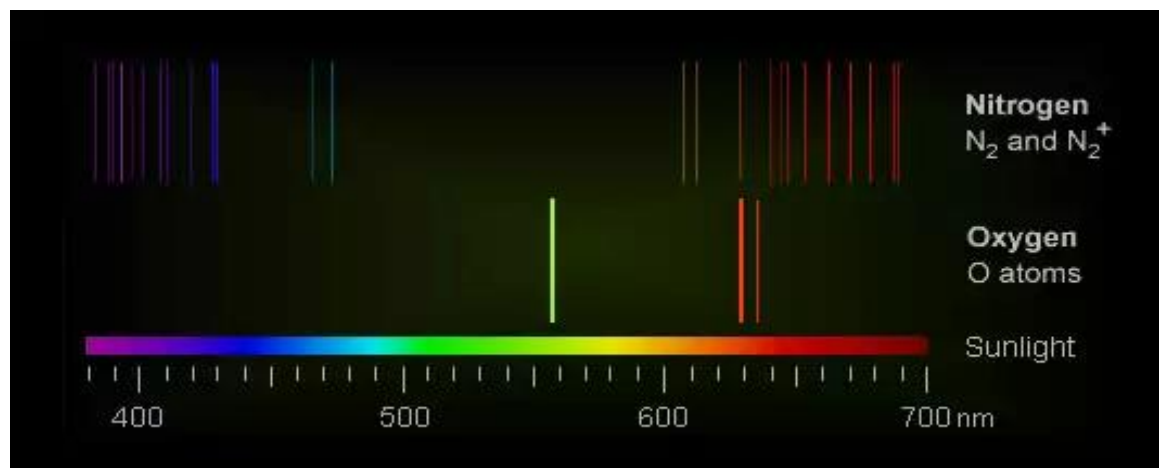
в различных спектральных диапазонах





Спектрографы

для количественного исследования
интенсивностей различных спектральных
линий и их динамики



Фотометры

для исследования быстрой динамики интенсивности свечения ночного неба и точного количественного определения светового потока



Мезосферно-стратосферный лидар (МС-лидар)



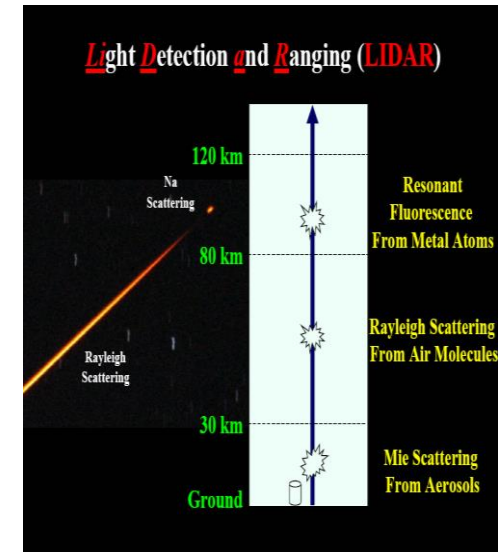
Измеряемые параметры:

- температура
- скорость и направление ветра
- плотность
- аэрозоли в страто- и мезосфере
- оптические свойства слоя Na в мезосфере
- озон в стратосфере

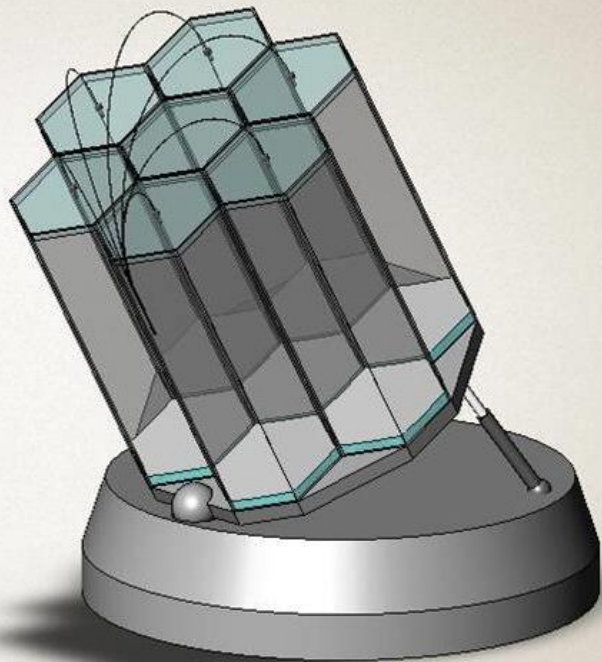
Исследуемые высоты: до 100–120 км

Используемые эффекты взаимодействия лазерного излучения с атмосферной средой:

- упругое (Ми, молекулярное (Рэлей) рассеяние
- комбинационное (Раман) рассеяние
- дифференциальное поглощение
- резонансное рассеяние (флуоресценция)



Принцип построения приемной антенны МС-лидара с площадью $4,7\text{ м}^2$

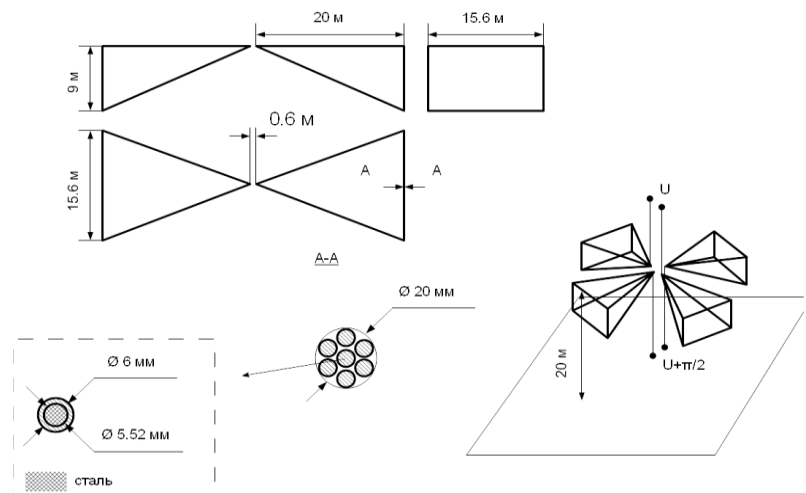
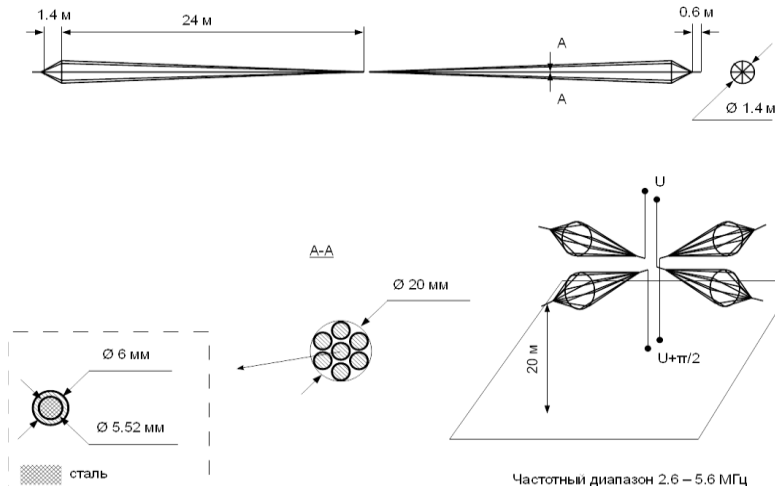
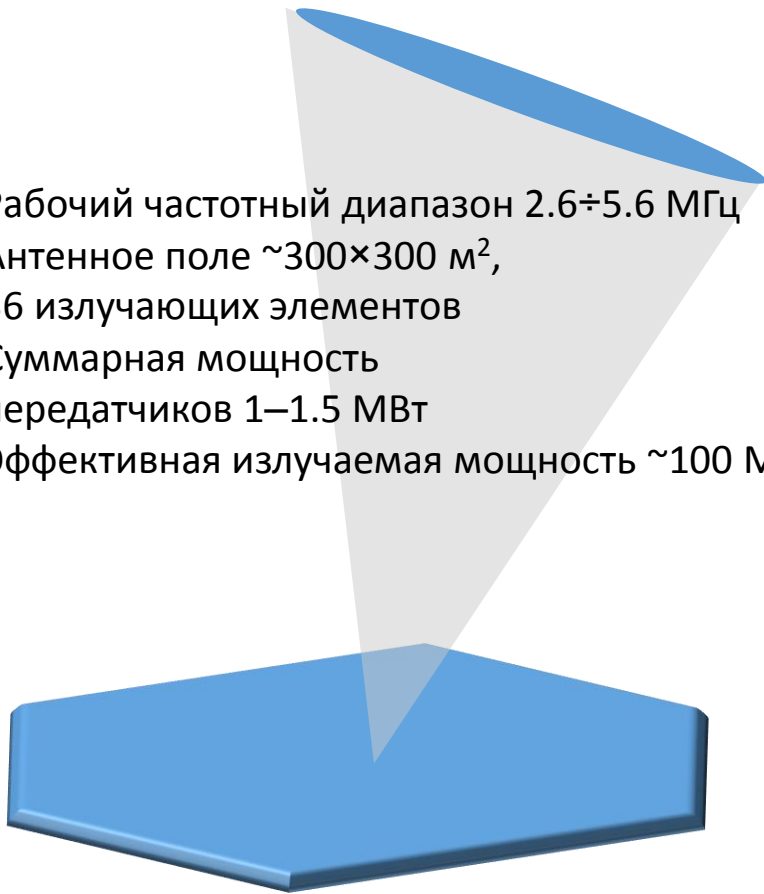


Матрица из шести зеркал, с диаметром 1 м каждое, объединяется конструктивно в единый блок, который допускает наклон до 30° без рассогласования коллинеарности направлений оптических осей зеркал. Наклон осуществляется гидравлическим домкратом (справа) вокруг шарнира (слева). Сведение световых потоков на один приемник или спектральный прибор осуществляется световодами, торцы которых располагаются в фокальной плоскости. Положение торца световода на фокальной плоскости определяет направление диаграммы направленности антенны, с которым согласуется направление соответствующего лазерного пучка. В фокальной плоскости каждого зеркала можно расположить несколько световодов. Соответственно с ними будет сопряжено несколько лазерных пучков. В этом состоит принцип многолепестковой диаграммы направленности, позволяющий использовать антенну для одновременной работы нескольких каналов зондирования. Платформа, на которой установлена антенна, должна вращаться вокруг вертикальной оси. Это требование следует из необходимости измерения горизонтальной компоненты скорости ветра минимум по двум азимутальным направлениям.

Нагревный стенд

Нагревный стенд (НС) предназначен для исследования заряженной компоненты атмосферы – ионосферы – методом резонансного поглощения КВ-радиоволн. Воздействие на ионосферу мощным КВ-излучением позволяет исследовать поведение плазмы и процессы переноса энергии в ионосфере, атмосфере и магнитосфере Земли. Активные эксперименты позволяют моделировать эффекты магнитных бурь и высыпаний, метеорологические эффекты и т. д. НС будет работать в составе Байкальской обсерватории мониторинга состояния атмосферы в Тажеранских степях, совместно с радаром некогерентного рассеяния и лидаром. В настоящее время подготовлен эскизный проект установки, ведется поиск подрядчиков для дальнейшего проектирования и строительства.

Рабочий частотный диапазон 2.6÷5.6 МГц
Антенное поле ~300×300 м²,
36 излучающих элементов
Суммарная мощность передатчиков 1–1.5 МВт
Эффективная излучаемая мощность ~100 МВт.



Предусмотренные в рамках закона бюджетные ассигнования на 2018 – 2019 гг.

№ п/п	Наименование объекта	2018 год, млн. руб.	2019 год, млн. руб.	ИТОГО, млн. руб.
1	<p>Радиогелиограф</p> <p>Республика Бурятия, Тункинский район, урочище Бадары, территория Радиоастрофизической обсерватории Института солнечно-земной физики Сибирского отделения Российской академии наук.</p>	900,0	1 302,5	2 202,5
2	<p>Оптические инструменты</p> <p>Республика Бурятия, Тункинский район, с. Торы, территория Геофизической обсерватории Института солнечно-земной физики Сибирского отделения Российской академии наук.</p>	248,8		248,8
	ИТОГО	1 148,8	1 302,5	2 451,3

СПРАВОЧНО:

- В настоящее время с целью реализации Проекта заключен контракт на сумму **774,8 млн. рублей**;
- Работы по Проекту ведутся в соответствии с Постановлением Правительства №1504 от 26.12.2014 в **рамках контракта между АО ЛЗОС и Институтом солнечно-земной физики Сибирского отделения РАН (далее - ИСЗФ СО РАН)**;
- Допроектирование КСТ-3 и прохождение Главгосэкспертизы (118 млн руб.) – 2018 г.;
- Оформление земельного участка для строительства объекта «Система радаров» - 2018 г.;
- Подготовка документов по реализации этапа 2 – 2019-2020 гг.;
- Общий планируемый объем финансирования ~ **22 млрд руб.**

Спасибо за внимание!