

Проект астрофизического комплекса TAIGA-100

Р.Д. Монхоев, Л.А. Кузьмичев от имени коллаборации TAIGA

Сессия-конференция секции ядерной физики ОФН РАН,
посвященная 70-летию В.А. Рубакова
Москва, 21 февраля 2025

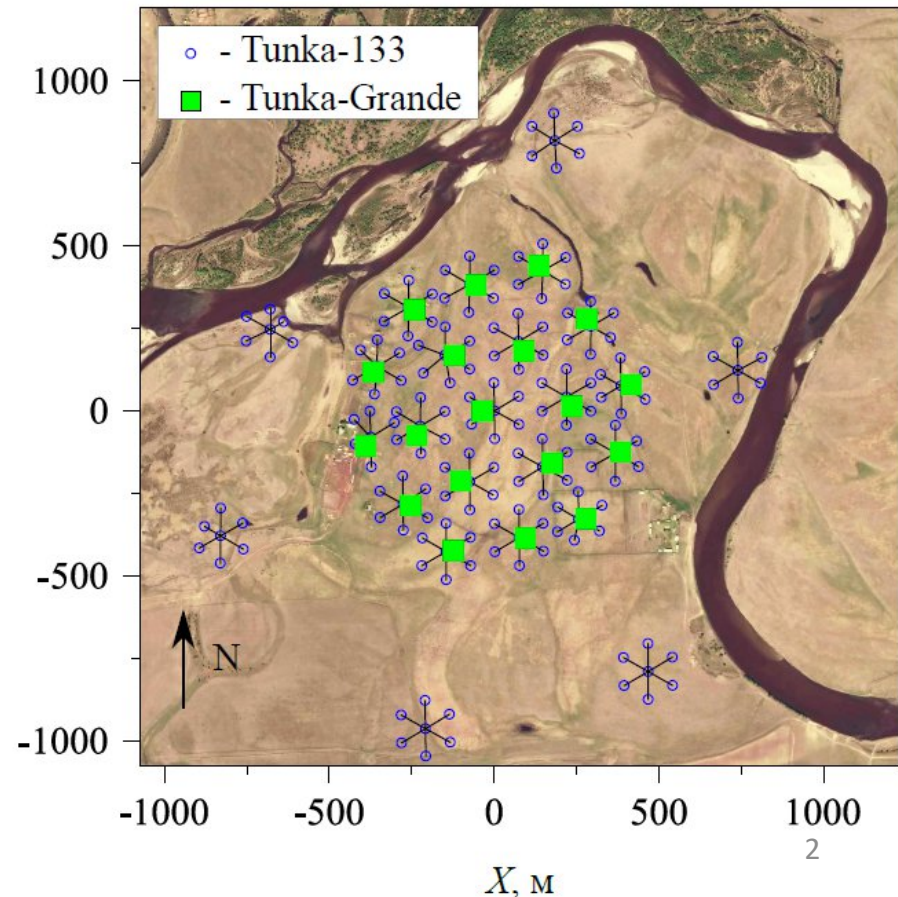
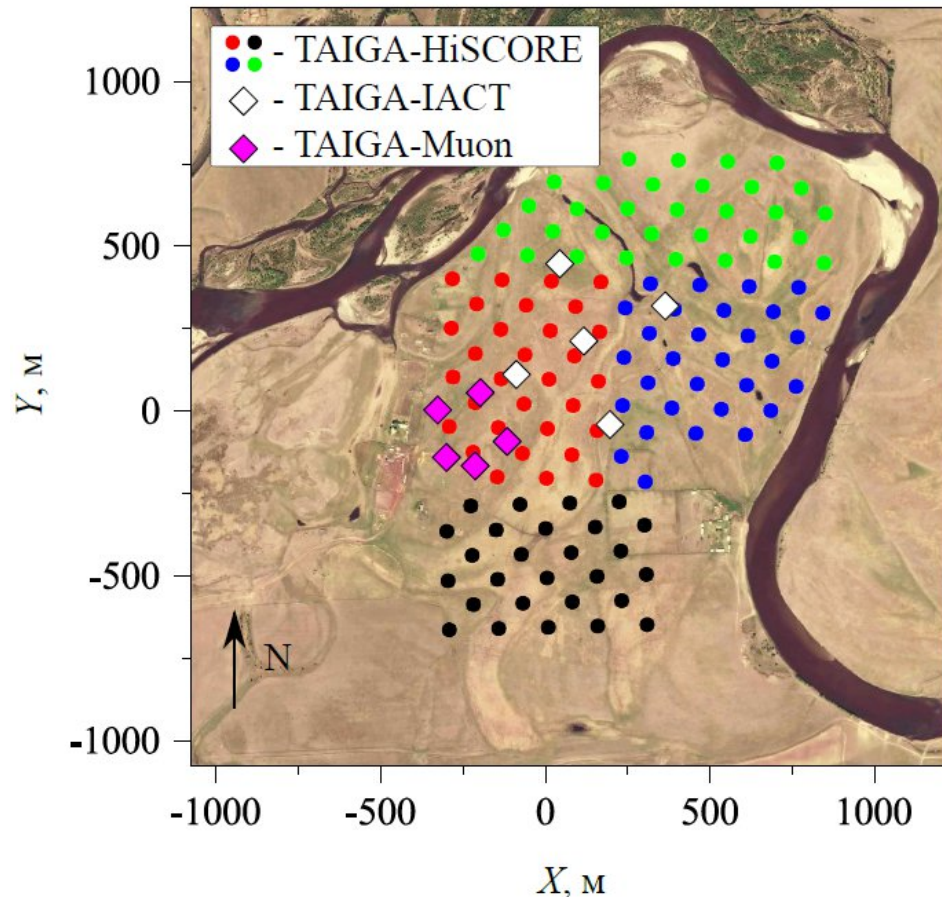
Астрофизический комплекс TAIGA-1

Расположение:

Тункинская долина, республика Бурятия, 50 км от озера Байкал.

Области исследования:

Физика космических лучей и гамма-астрономия в диапазоне энергий $\sim 10^{12} - 10^{18}$ эВ.



Экспериментальный комплекс TAIGA-100

TAIGA-100 — проект крупномасштабного экспериментального комплекса следующего поколения с гибридной системой детекторов на площади порядка 100 км².

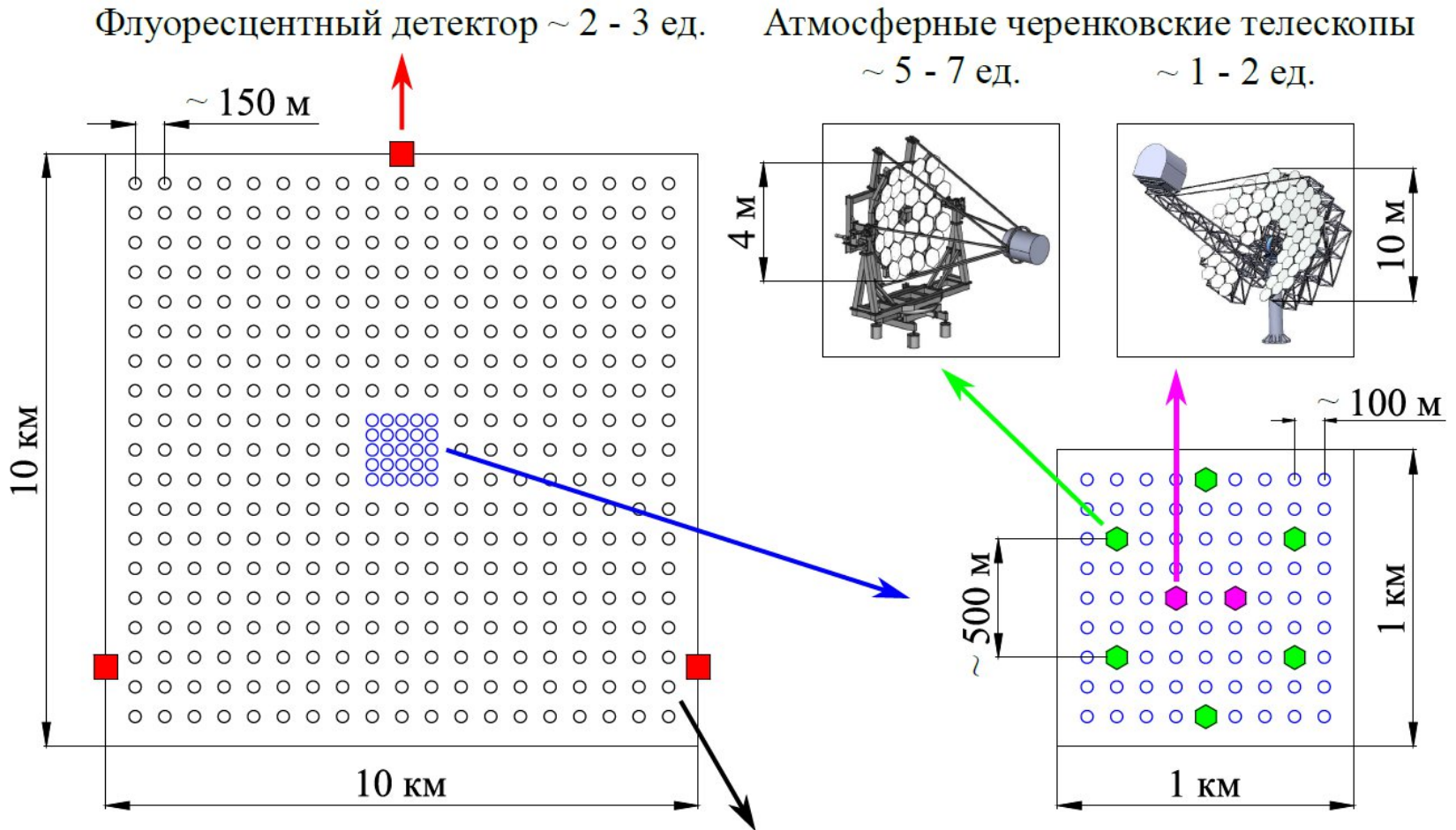
Научная программа

1. Исследования в области гамма-астрономии при энергиях $\geq 5 \cdot 10^{14}$ эВ.
2. Исследования в области физики космических лучей (КЛ) в диапазоне 10^{14} - 10^{19} эВ.
3. Поиск диффузного гамма-излучения в интервале энергий 10^{14} - 10^{19} эВ.
4. Поиск гамма-квантов от гамма-всплесков с энергией $\geq 5 \cdot 10^{12}$ эВ.
5. Поиск горизонтальных нейтринных событий с энергией $\geq 10^{17}$ эВ.
6. Исследования в области геофизики.
7. Поиск «новой физики».

Коллаборация TAIGA-100

МГУ, ИГУ, ИЯИ РАН, ОИЯИ, МИФИ, ИЗМИРАН, ИЯФ СО РАН, НГУ,
АГУ, ФТИ им. А.Ф.Иоффе, ...

Состав комплекса и схематичное расположение детекторов



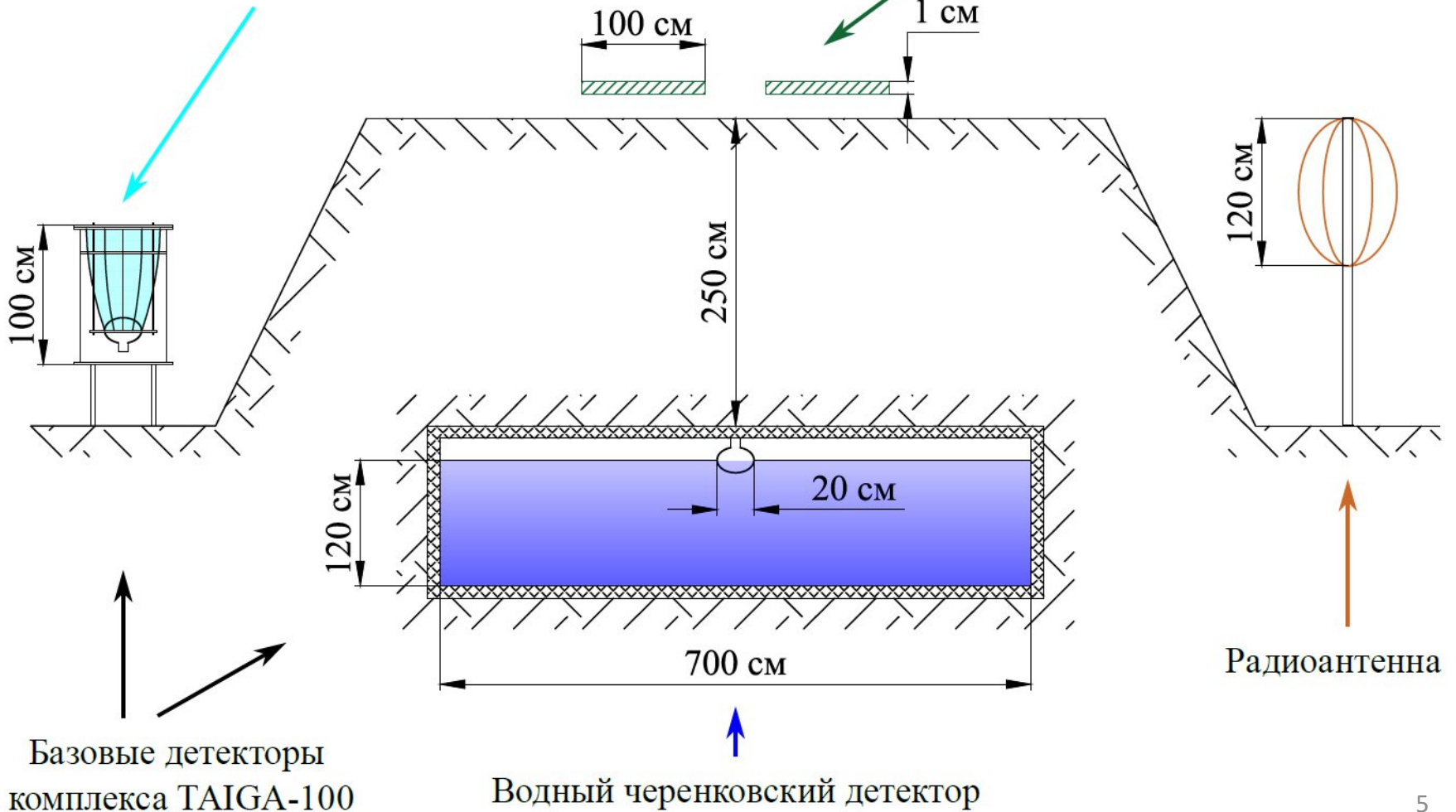
Станция ~ 3000 ед.:

Широкоугольный атмосферный черенковский детектор, водный черенковский детектор, сцинтилляционные счетчики, радиоантенна

Станция

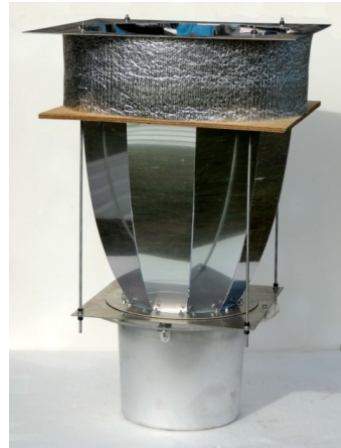
Широкоугольный атмосферный черенковский детектор

Сцинтиляционные счетчики

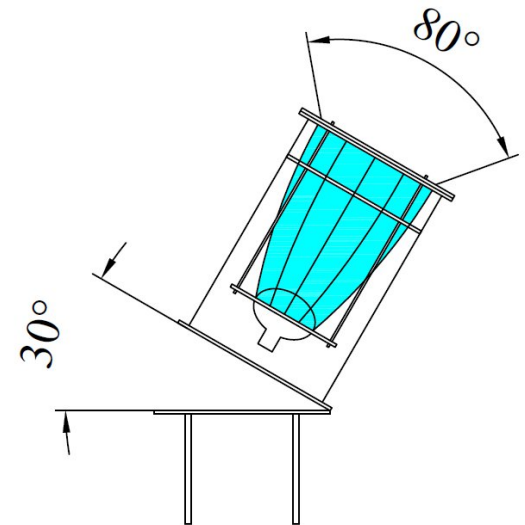


Широкоугольный атмосферный черенковский детектор

Оптическая станция установки
TAIGA-HiSCORE комплекса
TAIGA-1



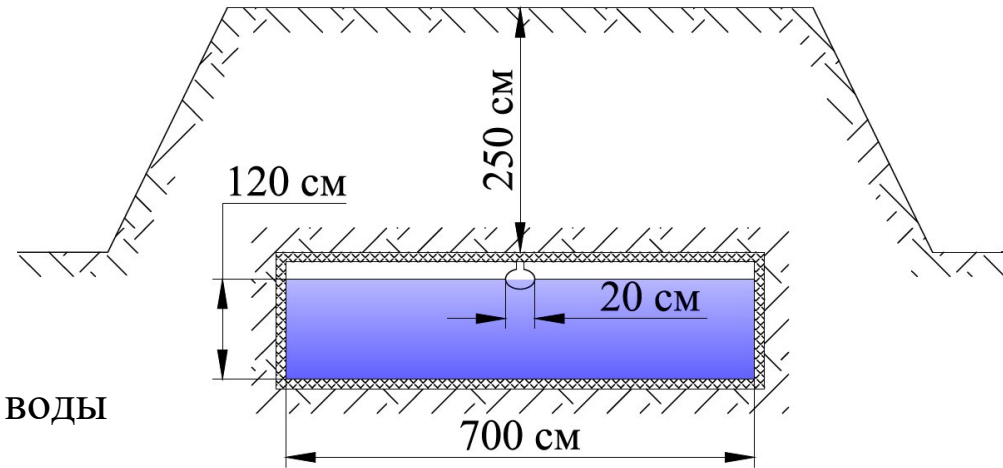
Детектор TAIGA-100



- Конструкция: конус Винстона и ФЭУ диаметром ~ 20 см
- Угол обзора конуса Винстона $\pm 40^\circ$, угол наклона детектора $\sim 30^\circ$
 - Порог регистрации гамма-квантов $\sim 2 \cdot 10^{14} - 4 \cdot 10^{14}$ эВ
- Угловое и энергетическое разрешение установки $\sim 0.15^\circ$ и 15%

Водный черенковский детектор

- ФЭУ диаметром ~ 20 см
- Площадь детектора ~ 40 м²
- Прозрачность воды ≥ 30 м
- Динамический диапазон $\sim 10^4$ частиц
- Диффузный отражатель
- Коэффициент отражения $\geq 95\%$
- Отсутствие подогрева и системы очистки воды

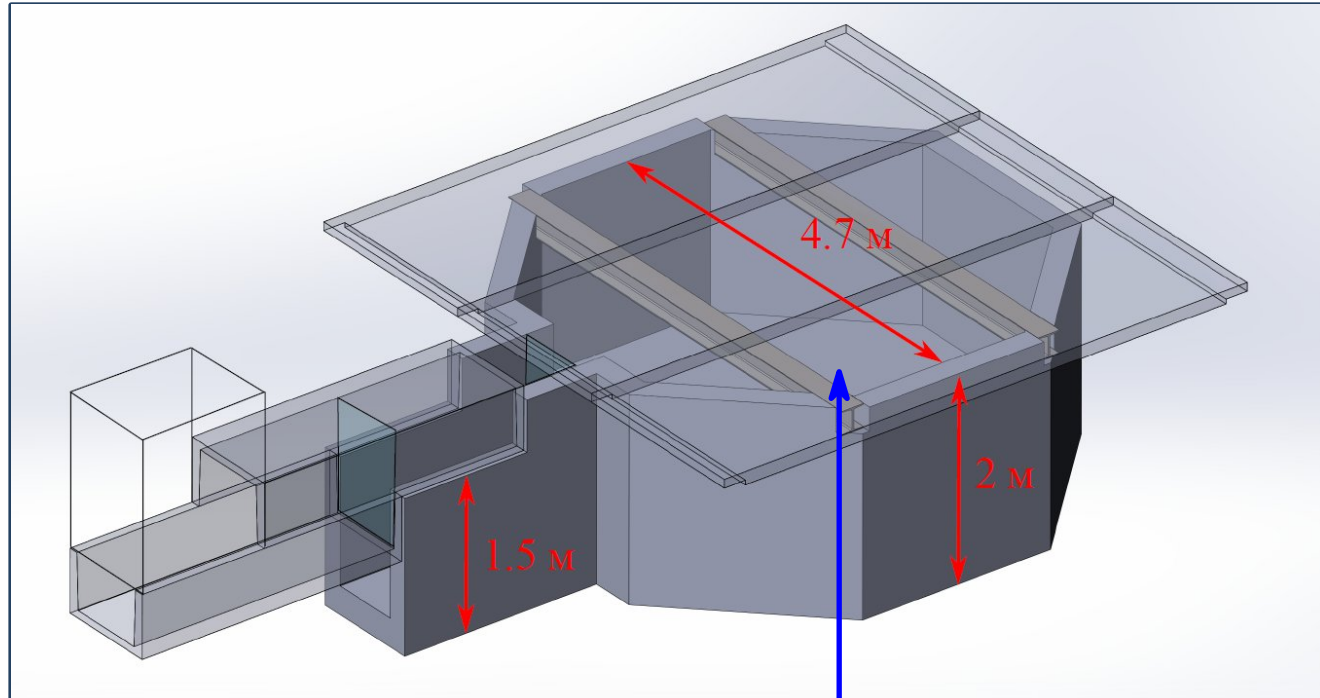


1188 детекторов установки KM2A
обсерватория LHAASO



Прототип водного черенковского детектора

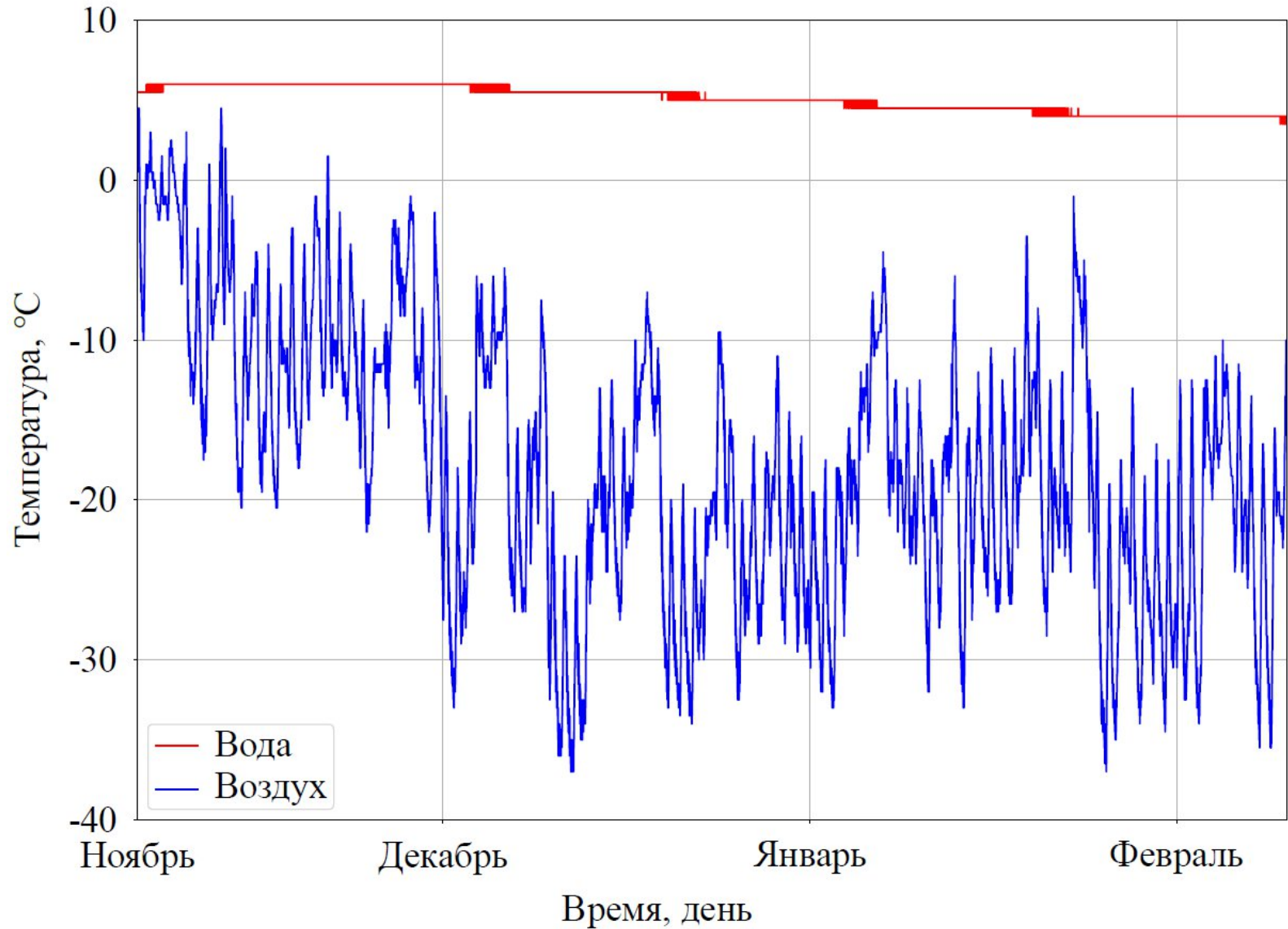
- Ж/б конструкция
- Заглубление ~ 1.5 м
- Толщина насыпи ~ 2.5 м
- Объем воды ~ 4 м³
- Система термодатчиков



В составе комплекса TAIGA-1

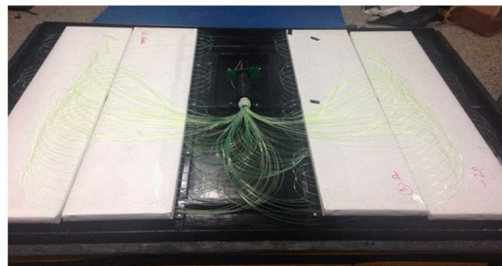
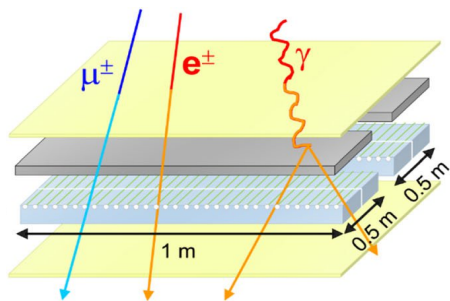


Температурные зависимости

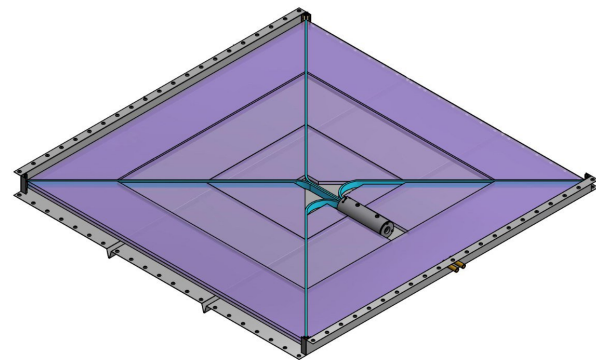


Сцинтилляционные счетчики

Детектор установки KM2A обсерватории LHAASO



Детектор установки
TAIGA-Muon
комплекса TAIGA-1



← Варианты →

- Эффективная площадь $\sim 1 \text{ м}^2$
- Толщина сцинтиллятора $\sim 1 \text{ см}$
- Неоднородность светосбора $\leq 20\%$
- Динамический диапазон $\geq 10^4$ частица/м²
- Поглотитель для конвертации гамма-квантов
- Порог регистрации КЛ $\sim 10^{15} - 10^{16}$ эВ

Радиоантенна

- Установка Tunka-Rex
- Диапазон частот $\sim 30 - 80$ МГц



- Установка GrandProto300
- Диапазон частот $\sim 50 - 200$ МГц



- Энергетический порог регистрации КЛ $\sim 10^{17}$ эВ
 - Регистрация горизонтальных ШАЛ
 - Автономная работа антенн

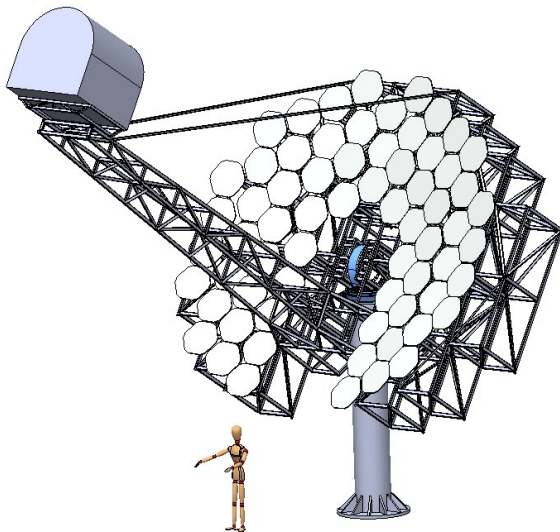
Атмосферные черенковские телескопы

5 телескопов в составе комплекса TAIGA-1



- Дизайн Дэвиса-Коттона
- 34 сегментированных зеркала $\sim 10 \text{ м}^2$
- Фокусное расстояние – 4.75 м
- Камера из ~ 600 пикселей (ФЭУ ХР 1911)
- Угол обзора пикселя и камеры – 0.36° и 9.72°
- Порог регистрации гамма-квантов $\sim 5 \cdot 10^{12} \text{ эВ}$

Замена ФЭУ на SiPM - ?



- Дизайн Дэвиса-Коттона
- Полная площадь отражателя $\sim 80 \text{ м}^2$
- Камера из ~ 2000 пикселей (SiPM)
- Угол обзора пикселя и камеры – 0.24° и $\sim 5^\circ$
- Порог регистрации гамма-квантов $\sim 3 \cdot 10^{11} \text{ эВ}$
- Прототип телескопа проекта ALEGRO

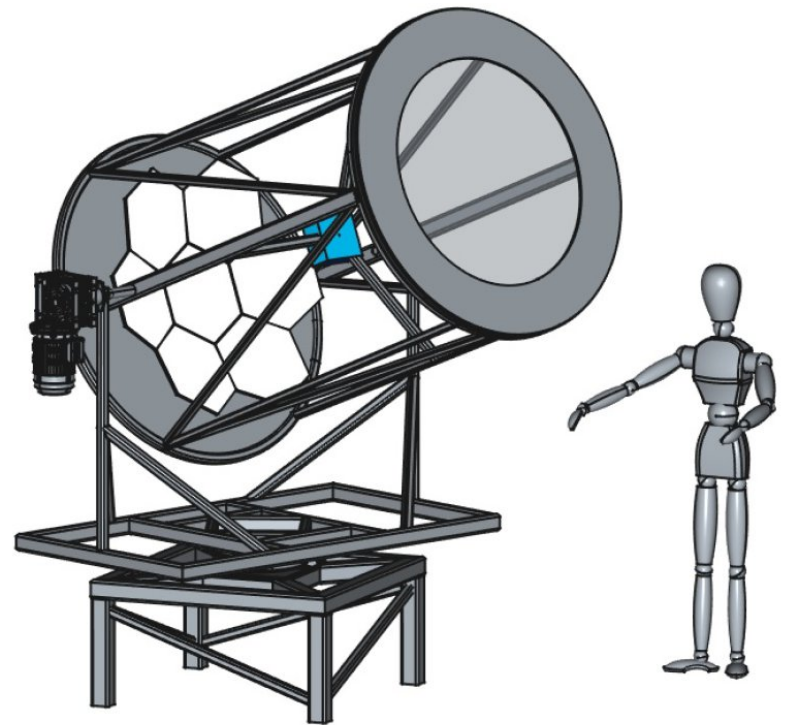
Флуоресцентный детектор

Конструкция:

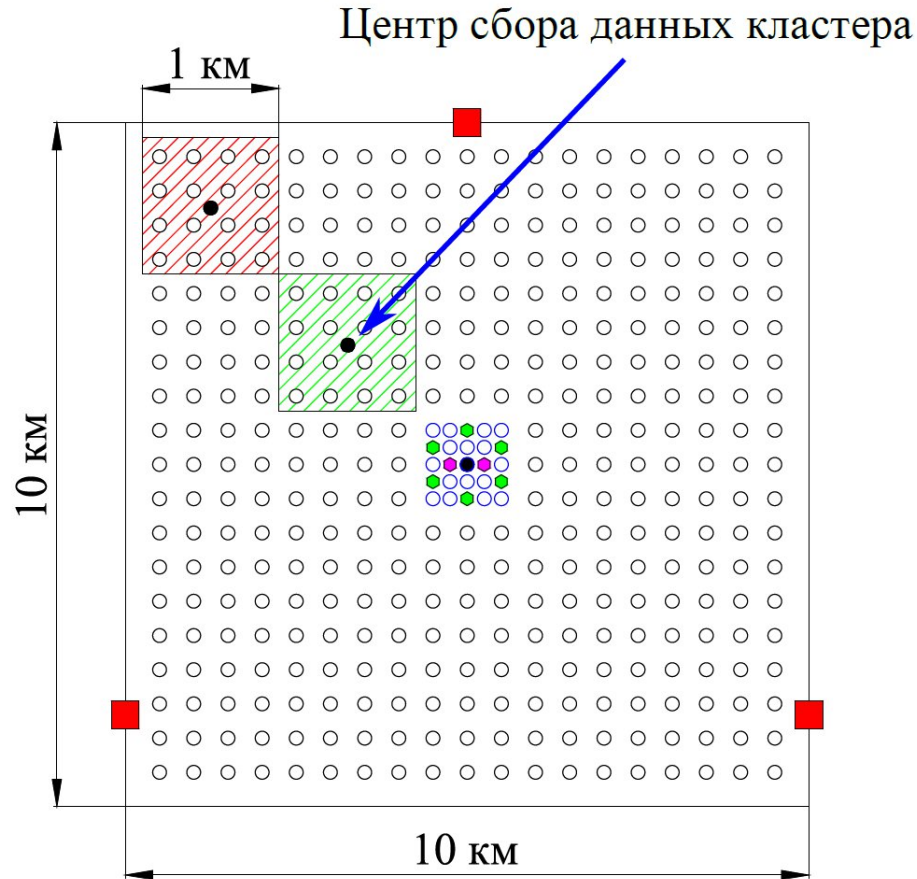
- Телескоп Шмидта
- 7 сегментированных зеркал диаметром ~ 60 см
 - Фокусное расстояние ~ 1 м
 - Угол обзора телескопа $\sim 60^\circ$

Задачи:

- Исследования в области физики КЛ при энергиях $\geq 5 \cdot 10^{17}$ эВ
- Энергетическая калибровка сцинтилляционных счетчиков



Система сбора данных и условия выработки триггера



Широкоугольные черенковские детекторы
в 4-х станциях

Сцинтилляционные счетчики
в 4-х станциях

Запись данных со всех водных черенковских детекторов в пределах кластера

Поиск площадки



Астроклимат

Количество безоблачных ночей, прозрачность атмосферы, антропогенная засветка и т.д.

Инфраструктура

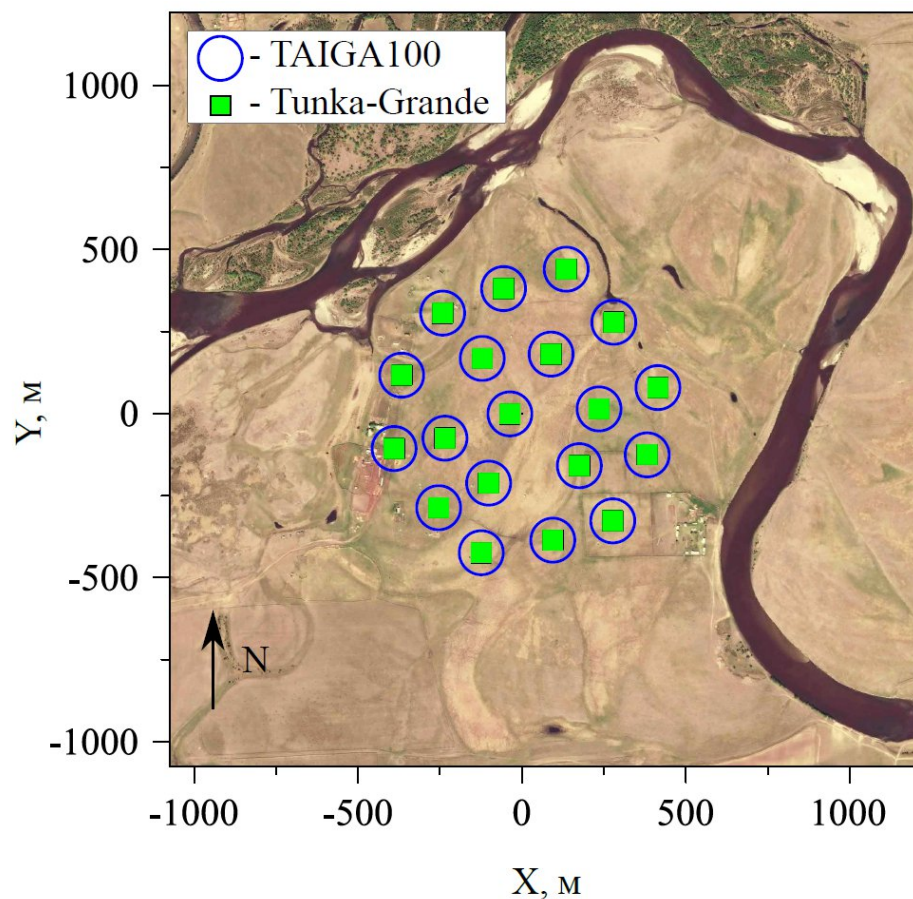
Транспортная доступность, энергетика, телекоммуникации и т.д.

Особенности местности

Высота над уровнем моря, пригодность грунта для строительных работ и т.д.

Планы на ближайшие 5 лет

- Выбор площадки
 - Создание прототипов детекторов
 - Подготовка полноценного проекта
- Развертывание ~ 20 станций на полигоне TAIGA-1



Заключение

- Началась подготовка проекта астрофизического комплекса TAIGA-100.
- Планируется создать прототипы, развернуть и протестировать детекторы и систему сбора данных будущей установки на полигоне действующего комплекса TAIGA-1 до момента выбора площадки и создания полноценного проекта.