



BAIKAL-GVD

Глубоководный детектор мюонов и нейтрино на оз. Байкал

Группа ОИЯИ: П. Антонов, И. Белолоптиков, В. Бруданин, К. Голубков, З. Гонц, Н. Горшков, А. Дорошенко, Р. Дворнитцки, И.-А. Каракас, М. Колбин, К. Конищев, А. Коробченко, М. Круглов, В. Ломов, М. Миленин, В. Назари, Т. Оразгали, А. Панфилов, Д. Петухов Е. Плисковский, В. Рушай, Г. Сафронов, А. Свистунов, С. Синеговский, М. Сороковиков, Е. Храмов, Б. Шайбонов

Создание нейтринного телескопа Baikal-GVD [1] обусловлено его потенциальными возможностями в области астрофизики, космологии и физики элементарных частиц. Проект в первую очередь нацелен на детальное изучение диффузного потока высокоэнергетических космических нейтрино и поиск их источников. Другие направления исследований включают в себя непрямой поиск темной материи по регистрации нейтрино возникших вследствие аннигиляции частиц темной материи в гравитационных центрах таких как Земля, Солнце, центр галактики. Детектор так же будет способен пролить свет на поиск экзотических частиц, таких как магнитный монополь, странглеты и т.д. Высокая разрешающая GVD как для трековых, так и для каскадных событий ($\sim 0.25-0.5^\circ$ для мюонных треков $\sim 2-3^\circ$ для каскадов, соответственно) обеспечивает высокий потенциал для поиска локальных источников космических лучей на небесной сфере. Кроме того, детектор будет также служить платформой для экологических и лимнологических исследований в озере Байкал.

Концепция проекта базируется на ряде достаточно очевидных требований, предъявляемых к конструкции и организации регистрирующей системы детектора: максимально возможном использовании преимуществ монтажа регистрирующей системы с ледяного покрова оз. Байкал, наращиваемости установки и обеспечении ее эффективной эксплуатации уже на первых стадиях развертывания, возможности реализации различных вариантов компоновки и плотности расположения фотодетекторов в рамках одной измерительной системы. Кроме того, принципиальным требованием является минимизация времени создания полномасштабного детектора Baikal-GVD, путем параллельной постановки отдельных функциональных единиц телескопа.

На основании перечисленных выше требований был разработан вариант конфигурации установки, который стал основой для дальнейших экспериментальных и расчетных работ в рамках подготовки научно-технического проекта GVD. Основными регистрирующими элементами телескопа являются фотоэлектронные умножители (ФЭУ) с полусферическими фотокатодами. ФЭУ вместе с управляющей электроникой размещаются в глубоководных стеклянных корпусах, образуя оптические модули. Оптические модули(ОМ) монтируются на вертикальных грузонесущих кабелях, формируя гирлянды. Выбор такого подхода к организации системы регистрации телескопа обусловлен методикой развертывания установки со льда, разработанной для детектора NT200 и прошедшей многолетние испытания.

Вода озера является рабочим телом детектора с установленными на вертикальных гирляндах оптическими модулями, которые регистрируют черенковское излучения от вторичных частиц в взаимодействиях нейтрино высоких энергий внутри или вблизи инструментального объема. Инфраструктура будет состоять из сети автономных субдетекторов – так называемых кластеров – каждый из них содержит 288 ОМ, расположенных на восьми вертикальных гирляндах, зафиксированных на дне озера. Координаты оптических модулей определяются с помощью акустической системы позиционирования. Акустическая система позиционирования кластера состоит из 32 акустических модемов (АМ). Кластеры подключены к береговому центру управления и сбора данных через сеть оптоэлектрических кабелей для электропитания телескопа и передачи данных. Объем детектирования масштаба кубического километра, в сочетании с высоким угловым разрешением и хорошим восстановлением энергии взаимодействия, а также умеренных условий фона пресной воды позволяют эффективно изучать потоки космических нейтрино, мюонов от заряженных космических лучей, а также экзотические частицы. Поскольку каждый оптический модуль регистрирует кроме черенковского излучения также и световой фон водной среды, то GVD также является привлекательной платформой для экологических и лимнологических исследований.

Во время этапа проектирования (2008 – 2010) и подготовительного этапа (2011 – 2015), были оптимизированы дизайн, производство и проведены испытания всех составляющих элементов и систем детектора. Подготовительный этап был завершен в 2015 году разворачиванием демонстрационного кластера «Дубна», состоящего из 192 оптических модулей.

Строительство первого этапа GVD (GVD-I) был начат в 2016 года разворачиванием первого кластера в своей базовой конфигурации (см. рис.1).

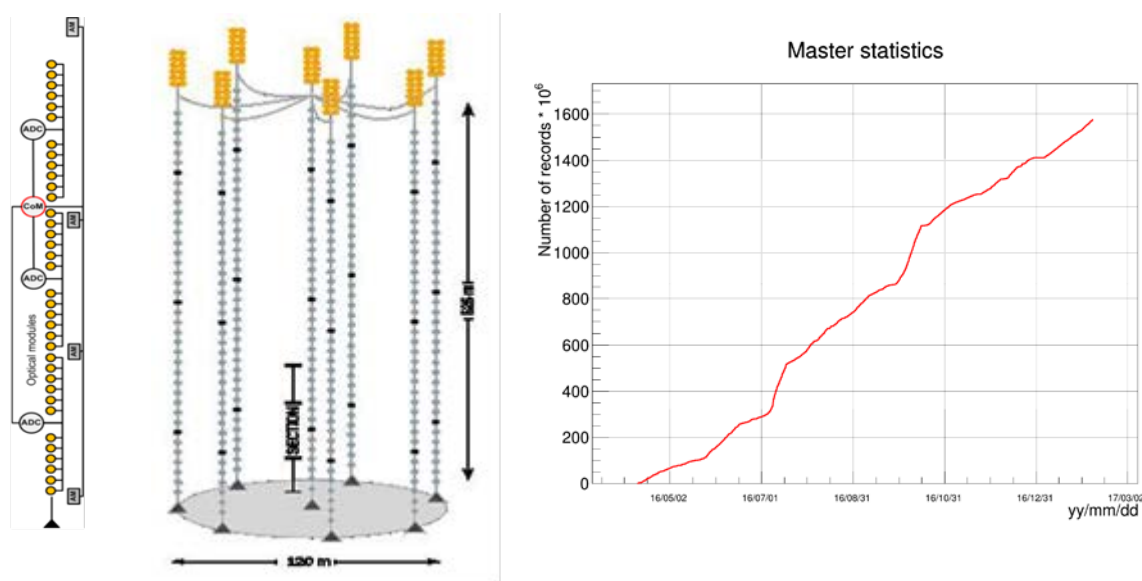


Рис.1. Блок-схема гирлянды и представление кластера Baikal-GVD (слева) и совокупное количество мастерных записей первого кластера (начиная с 10 апреля по 16 февраля 2017 - 4.9×10^8 событий).

Анализ данных, набранных кластером «Дубна» позволил отобрать первые нейтринные события, реконструировать угловое распределение атмосферных мюонов и найти каскадные события очень высоких энергий – кандидаты на внеземные нейтрино.

В 2017 году установка была обновлена путем развертывания второго GVD кластера. Второй полномасштабный GVD кластер был установлен и введен в эксплуатацию в апреле 2017. Лазерный калибровочный источник был установлен на отдельной станции (лазерная гирлянда) между двумя кластерами. Два дополнительных акустических модема установлены на лазерной гирлянде для измерения его координат. На сегодняшний день, два кластера GVD с эффективным объемом 0.1 км^3 , с высоким угловым и энергетическим разрешением для поиска нейтрино высоких энергий набирают данные. Рис. 2 показывает структуру текущую конфигурацию детектора.

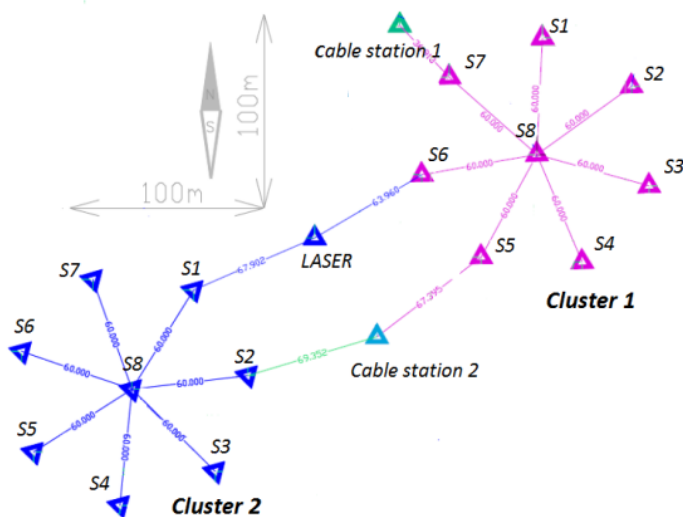


Рис. 2: Схема установки, функционирующей с 13 апреля 2017 г.

Планируемая хронология развития детектора GVD фаза 1:

2017	2018	2019	2020
2 кластера (установлены)	4 кластера	6 кластеров	8 кластеров

GVD Фаза 2: расширение 14 кластеров (возможно технологически модернизированных) планируемая хронология:

2021	2022	2023
10 кластеров	12 кластеров	14 кластеров

Дальнейшее расширение детектора GVD-2 более 14 кластеров будет зависеть от ситуации во мире физики в 2020-х годах, от дополнительного финансирования от новых партнеров и, главное, от результатов, которые даст детектор Baikal-GVD.

Вклад группы ОИЯИ

Дубненская группа Байкальского проекта сформирована на базе Отдела Ядерной Спектроскопии и Радиохимии (НЭОЯСиРХ), ДЛЯП.

Группа участвует в решении следующих задач и имеет следующие обязанности в коллаборации:

- Сборка и проверка оптических модулей и гирлянд.
- Участие в работах по ремонту и постановке аппаратуры во время зимних экспедиций.
- Обеспечение безопасного доступа к данным как на берегу, так и к хранилищу данных в Дубне.
- Поддержка архива данных и первичный анализ.
- Калибровка детектора и массовое преобразование данных.
- Удаленное управление и мониторинг установки.
- Разработка и поддержка программ моделирования и создания банков МК данных.
- Разработка и поддержка программ управления установкой и сбора данных.
- Разработка алгоритмов выделения и восстановления событий.
- Анализ данных с точки зрения физических задач.

References

[1] BAIKAL Collaboration. BAIKAL - GVD. Tech. rep. Gigaton Volume Detector in Lake Baikal(Scientific-Technical Report). 2011.

http://baikal.jinr.ru/~belolap/GVD/BAIKAL-GVD_En.pdf - in English

<http://baikal.jinr.ru/~belolap/GVD/GVD.pdf> - русский вариант