



Федеральное  
государственное  
бюджетное  
учреждение  
науки

Институт  
ядерных  
исследований  
Российской  
академии  
наук



Уникальная  
научная установка

# БАЙКАЛЬСКИЙ ГЛУБОКОВОДНЫЙ НЕЙТРИННЫЙ ТЕЛЕСКОП ИЯИ РАН

аналитическая  
справка

2015

Федеральное  
государственное  
бюджетное  
учреждение  
науки

Институт  
ядерных  
исследований  
Российской  
академии  
наук



Уникальная  
научная установка

**БАЙКАЛЬСКИЙ  
ГЛУБОКОВОДНЫЙ  
НЕЙТРИННЫЙ ТЕЛЕСКОП  
ИЯИ РАН**

аналитическая  
справка

2015

**В.А. Рубаков** — академик, руководитель секции ядерной физики Отделения физических наук РАН:

«В ансамбле известных на сегодня элементарных частиц нейтрино занимает позиции одного из легчайших его участников и прочно закрепило за собой в последние десятилетия статус величайшей "интриганки". Уникальность этой частицы, как носителя информации о процессах, протекающих во Вселенной, обусловлена её сверхслабым взаимодействием с веществом.

Природный поток нейтрино несет в себе богатейшую, и во многих отношениях уникальную, информацию об окружающем нас мире. Исследование этого потока в различных энергетических диапазонах способно дать ключ к пониманию ранних стадий эволюции Вселенной, процессов формирования химических элементов, механизма эволюции массивных звезд и взрывов Сверхновых, пролить свет на проблему темной (невидимой) материи, на состав и внутреннее строение Солнца сегодня и в достаточно удаленном прошлом, и даже продвинуться в понимании проблемы внутреннего строения одного из наиболее трудных для изучения объектов — планеты Земля».

**В.А. Матвеев** — академик, директор Объединенного института ядерных исследований (г. Дубна):

«Идея регистрации элементарных частиц на крупномасштабных черенковских детекторах в естественных прозрачных средах была впервые высказана в начале 60-х годов прошлого века выдающимся советским ученым М.А. Марковым. По предложению академика А.Е. Чудакова в СССР началась разработка метода глубоководного детектирования, ориентированная на оз. Байкал как на полигон для испытаний и место развертывания будущих крупномасштабных нейтринных телескопов. Выбор Байкала был обусловлен высокой прозрачностью пресных глубинных вод, глубиной озера, наличием ледового покрова, позволяющего в течение двух зимних месяцев вести с него монтаж глубоководной аппаратуры. Датой начала Байкальского нейтринного эксперимента можно считать 1 октября 1980 г., когда в Институте ядерных исследований АН СССР (ныне ИЯИ РАН) была создана лаборатория нейтринной астрофизики высоких энергий под руководством Г.В. Домогацкого, ставшая впоследствии ядром Байкальской коллаборации, в состав которой на разных этапах входили Объединенный институт ядерных исследований (Дубна), Иркутский государственный университет, Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, исследовательский центр DESY-Zeuthen (Германия), Нижегородский государственный технический университет, Санкт-Петербургский государственный морской технический университет и ряд других научно-исследовательских организаций России, Венгрии, Германии, Чехии, Словакии. В настоящее время, на стадии обсуждения — участие Краковского Института ядерной физики (Польша).

В период с 1993 г. по 1998 г. на Байкале был развернут первый в мире глубоководный нейтринный телескоп NT200, содержащий 192 фотодетектора, сгруппированных в восемь вертикальных гирлянд, размещенных на глубине 1100–1200 м и охватывающих 100 000 кубических метров пресной воды. Уже из набора экспериментальных данных 1994 года были выделены первые в мировой практике глубоководных и подледных экспериментов события от нейтрино. Была реализована широкая программа научных исследований и получены одни из наиболее значимых для своего времени результатов в задачах поиска нейтрино от локальных источников, диффузного потока нейтрино, получены ограничения на величину потока магнитных монополей и потока мюонов от распада частиц темной материи в центре Земли и Солнца.

Идея глубоководной регистрации в своей ледовой модификации, когда вместо естественного водоема фотодетекторы погружаются в прозрачный антарктический лед, привела к созданию на Южном полюсе нейтринного телескопа IceCube объемом 1 куб. км (ведущие участники коллаборации — США, Германия, Швеция), на котором были впервые

зарегистрированы в 2010--2013 г.г. «астрофизические» нейтрино высоких энергий, т.е. нейтрино, родившиеся за пределами солнечной системы. Регистрация этих нейтрино, ознаменовавшая рождение нейтринной астрономии, поставило на повестку дня необходимость создания нейтринных телескопов близкой мощности в Северном полушарии с тем, чтобы вести исследование источников нейтрино высоких энергий по всей небесной сфере. ОИЯИ, уже имеющий многолетний опыт участия в байкальском нейтринном проекте, принял решение рассмотреть работу по созданию крупномасштабного нейтринного телескопа BAIKAL-GVD в качестве одного из своих научных приоритетов».

**Г.В. Домогацкий** — член-корреспондент РАН, координатор Байкальского нейтринного проекта.

«Успешная эксплуатация на протяжении свыше десяти лет нейтринного телескопа NT200 и результаты анализа полученных на нем данных доказали эффективность метода глубоководной регистрации нейтрино в пресной воде оз. Байкал. Следующим шагом стала разработка проекта телескопа нового поколения BAIKAL-GVD с просматриваемым объемом водной массы порядка 1 куб. км. В течение 2006–2010 гг. были разработаны, изготовлены и испытаны в натуральных условиях образцы всех базовых элементов и систем телескопа Baikal-GVD. Телескоп будет иметь модульную структуру, формируемую из функционально независимых установок - кластеров вертикальных гирлянд оптических модулей. Модульная структура телескопа позволит вести набор экспериментальных данных уже на ранних этапах развертывания установки и обеспечивает перспективу практически неограниченного наращивания его объема. Выбранная структура телескопа позволит также изменять его конфигурацию по мере изменения во времени научных приоритетов. В 2011 г. начался заключительный этап комплексных натурных испытаний элементов и систем телескопа, завершившийся в 2015 г. созданием глубоководной установки «Дубна» — первого кластера нейтринного телескопа Baikal-GVD. Кластер содержит 192 фотодетектора, размещенных на 8 вертикальных гирляндах длиной 345 м каждая, и является одним из двух наиболее мощных детекторов нейтрино высоких энергий в Северном полушарии. Следующим этапом развития проекта Baikal-GVD является последовательное увеличение объема телескопа за счет развертывания новых кластеров. К 2020 г. планируется создание установки, состоящей из 10–12 кластеров общим объемом порядка 0.5 куб. км, сопоставимым с чувствительным объемом IceCube для регистрации нейтрино высоких энергий астрофизической природы. Ожидается, что вторая очередь телескопа будет содержать 27 кластеров с общим объемом порядка 1.5 куб. км.»

**Кристиан Шпиринг** — глава проекта Global Neutrino Network, в прошлом руководитель коллаборации IceCube:

«Сделан важный волнующий шаг в создании нейтринного телескопа нового поколения на озере Байкал. Такой телескоп станет ключевой установкой будущей международной нейтринной обсерватории, в которую будут входить детекторы на Южном полюсе, в Средиземном море и на озере Байкал. Коллаборация Байкал явилась основоположником этой технологии в 80-е и 90-е годы и провела измерения частиц нейтрино, рождающихся в атмосфере Земли. Два десятилетия спустя, в 2013 году детектор IceCube в Антарктике зарегистрировал первые нейтрино высоких энергий, родившиеся далеко за пределами Земли и Солнечной системы. Это открытие, которое давно ждали, ускорило создание проектов подобных больших детекторов в Северном полушарии. С вводом в эксплуатацию кластера "Дубна" коллаборация Байкал выходит на ведущие позиции в этих исследованиях.

Детектор IceCube лишь немного приоткрыл завесу тайны нейтрино высоких энергий во Вселенной. В будущем партнеры по проекту Global Neutrino Network составят полную карту этой новой космической территории. Нас ждут великие научные открытия на озере Байкал!»

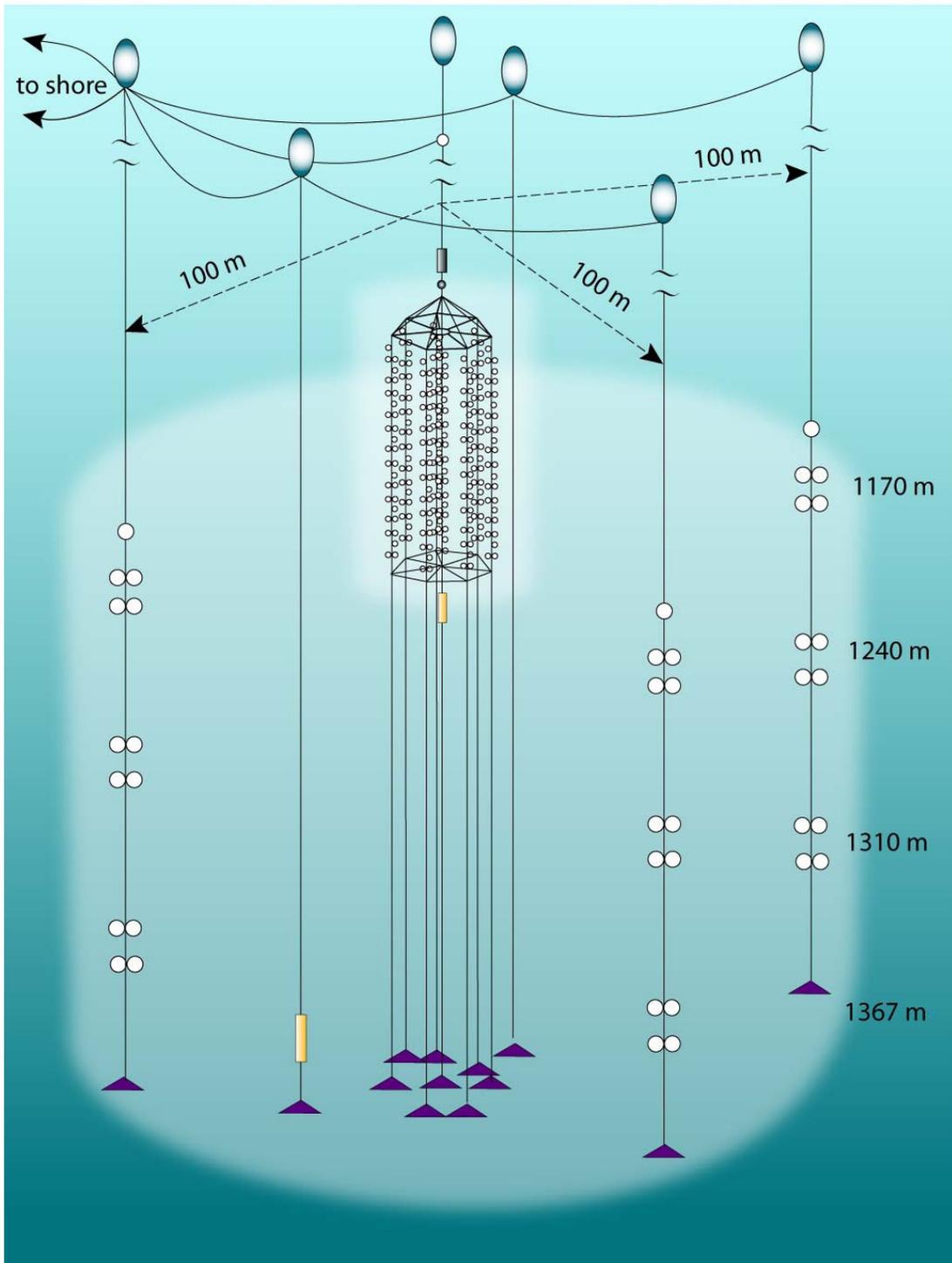
## Статус и перспективы развития УНУ

Исследования в области нейтринной астрофизики занимают важнейшее место в научной программе Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института ядерных исследований Российской академии наук (ИЯИ РАН). Результаты исследований хорошо известны в мире, являются существенным вкладом в актуальные научные направления, определяя в ряде из них мировой уровень. К достижениям мирового уровня, безусловно, относится создание в 1998 году первого в мире крупномасштабного глубоководного детектора нейтрино «Байкальский глубоководный нейтринный телескоп NT-200», предназначенного для поиска и регистрации нейтрино и мюонов высоких энергий, действующего до настоящего времени. УНУ является единственным в России крупномасштабным нейтринным телескопом в естественных средах и одним из трех крупнейших в мире нейтринных телескопов. ИЯИ РАН является головной организацией, выполняющей исследования, разработки и эксплуатацию УНУ.

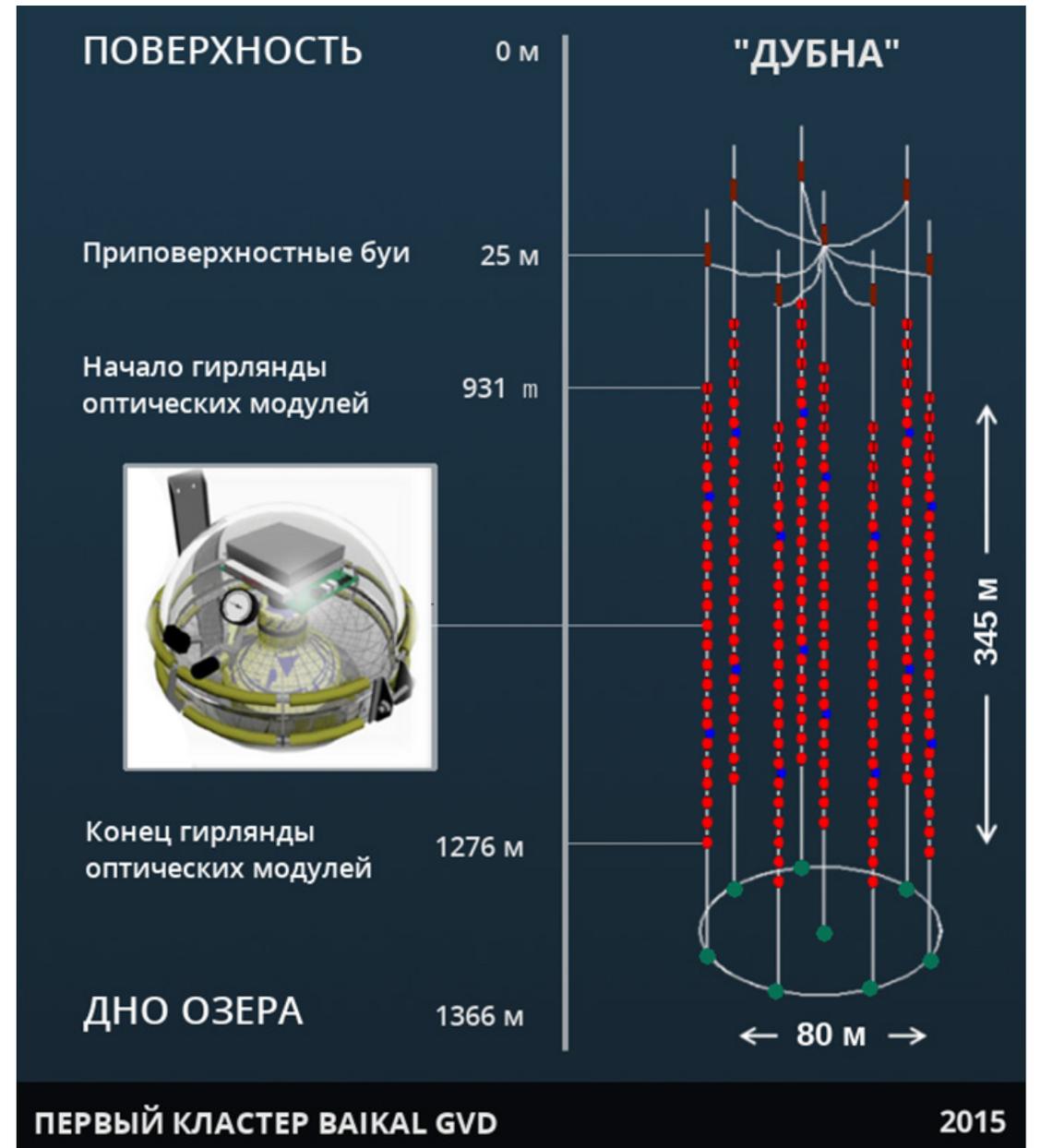
Вплоть до ввода в эксплуатацию в 2011 году нейтринного телескопа IceCube с эффективным объемом куб. км, уровень знаний о диффузном потоке нейтрино в диапазоне энергий ( $10^{13}$ – $10^{18}$ ) эВ, о локальных источниках нейтрино с энергией свыше 10 ГэВ, о природном потоке быстрых магнитных монополей и о проявлениях массивных частиц темной материи определялся, главным образом, результатами экспериментальных исследований на Байкальском нейтринном телескопе NT200/NT200+, на детекторе AMANDA на Южном полюсе и (начиная с 2008 года) детекторе ANTARES Средиземном море.

Более конкретно, к наиболее важным результатам мирового уровня, полученным с использованием УНУ, относятся:

- ♦ создание баз экспериментальных данных по многолетней регистрации нейтрино и мюонов;
- ♦ исследования, в результате которых был установлен наиболее сильные для своего времени ограничения на величину природного потока нейтрино высоких энергий от космических источников;
- ♦ результаты поиска магнитных монополей и выяснения астрофизической природы темной материи;
- ♦ результаты оптико-гидрологических исследований и многолетнего мониторинга состояния водной среды озера Байкал, в результате

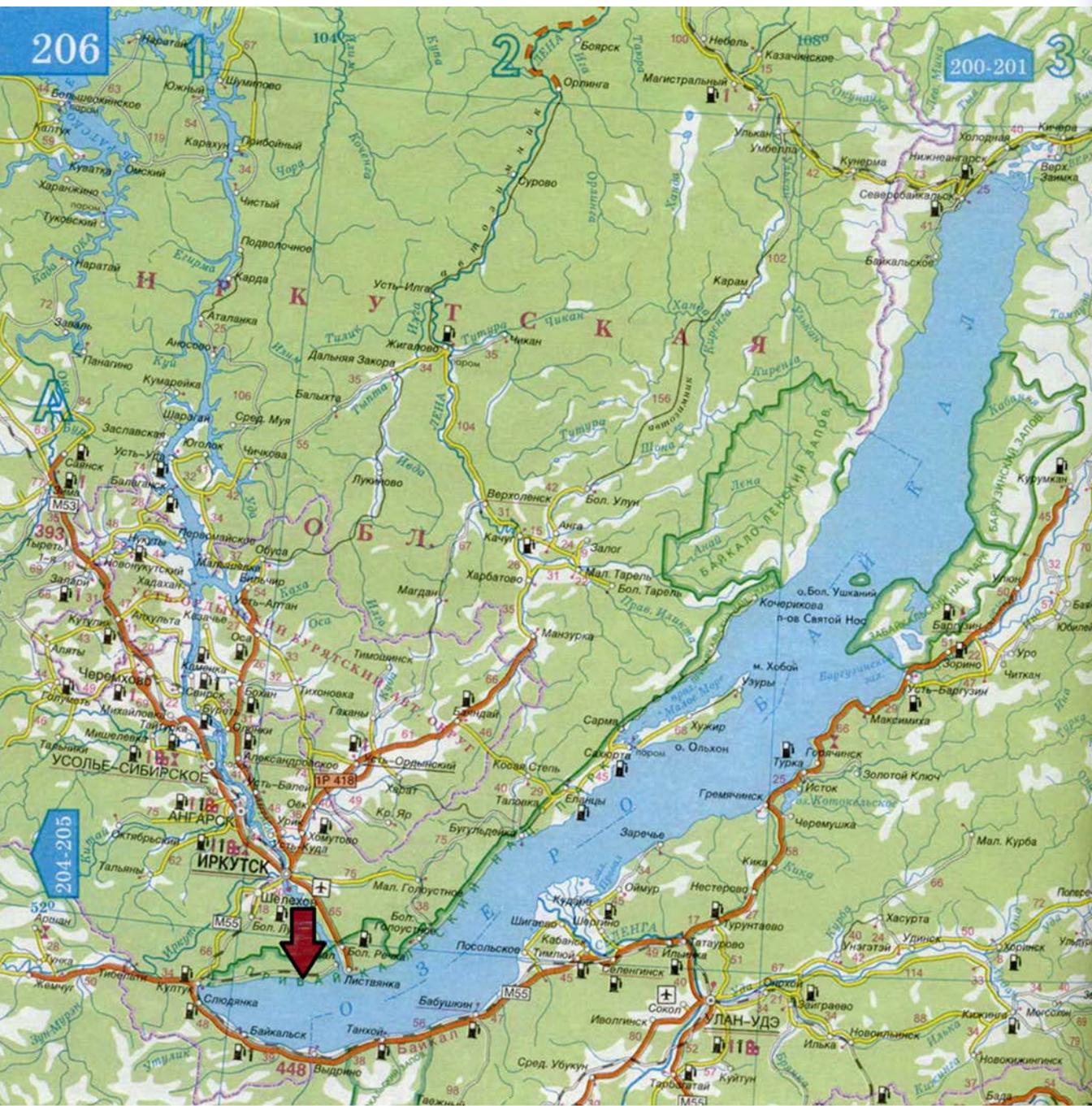


↑  
Байкальский глубоководный нейтринный телескоп НТ-200+.  
Установлен в 1998 — НТ-200 и в 2004 г. расширен до НТ-200+



↑  
Схема глубоководной части кластера. Красные кружки – оптические модули, синие – электронные модули управления и сбора данных. Установлен в 2015 г.

которых было открыто неизвестное ранее свечение водной среды на больших глубинах, получены результаты в решении фундаментальной для Байкала проблемы интенсивного перемешивания вод на всей глубине, перспективные для геофизических исследований результаты измерений вариаций вертикальной компоненты электрического поля по всей глубине озера Байкал, включая прогноз землетрясений.



↑  
Панорама ледового лагеря, который разворачивается во время ежегодных зимних экспедиций, для установки и ремонта глубоководного оборудования Байкальского нейтринного телескопа



↑  
Заключительный ритуал. Каждый должен подержаться за последнюю веревочку, связывающую установленный кластер с поверхностью льда и подумать: все ли сделано для бесперебойной работы кластера

↑  
Красная стрелка указывает место расположения Байкальского глубоководного нейтринного телескопа и берегового центра Байкальской нейтринной обсерватории ИЯИ РАН — озеро Байкал 106 км Круго-байкальской железной дороги (КБЖД)

В 2015 году начался новый этап в развитии УНУ — была завершена установка и осуществлен запуск в режим набора данных первого кластера гирлянд глубоководных регистрирующих модулей нейтринного телескопа нового поколения Baikal-GVD. Уникальная научная установка предназначена для следующих фундаментальных направлений исследований:

- ◆ Поиск и регистрация нейтрино высоких энергий космического происхождения.
- ◆ Нейтринная астрономия и астрофизика.
- ◆ Космология.
- ◆ Поиск гипотетических частиц.
- ◆ Поиск частиц темной материи
- ◆ Гидро-оптические исследования водной среды оз. Байкал.
- ◆ Развитие экспериментальной базы Байкальского глубоководного нейтринного телескопа.

Исследования и разработки относятся к приоритетному направлению:

Рациональное природопользование

Критические технологии:

19. Технологии мониторинга и прогнозирования состояния окружающей среды, предотвращения и ликвидации ее загрязнения.

К 2020 году планируется установить 8–10 кластеров нейтринного телескопа Baikal-GVD, после чего его эффективный объем достигнет  $0,4 \text{ км}^3$ , сравнимый с эффективным объемом самого большого подледного нейтринного телескопа IceCube. Совместная работа этих двух установок позволит вести исследование природного потока нейтрино высоких энергий на всей небесной сфере и использовать преимущество Байкальского детектора в угловом разрешении большинства событий. Установка с такими характеристиками даст возможность российским ученым вернуться в состав лидеров по экспериментальным исследованиям в наиболее актуальных направлениях нейтринной астрофизики и астрономии.

В настоящее время УНУ Байкальский глубоководный нейтринный телескоп состоит из двух действующих установок:

- ◆ нейтринного телескопа НТ-200+ (в 2016 году начнется демонтаж глубоководного оборудования);
- ◆ кластера нового телескопа Baikal-GVD (кластер «Дубна»).

Кластер состоит из восьми гирлянд, несущих 192 оптических модулей, пространственно распределенных на глубинах 1250-950 м. Благодаря использованию новейших систем электроники, вычислительной техники и оптических линий связи, а также благодаря уникальным свойствам байкальской воды кластер уже вошел в тройку самых больших нейтринных

телескопов в мире и по эффективному объему уступает только IceCube, превосходя его по угловому разрешению, и сравним по объему и разрешению с нейтринным телескопом ANTARES в Средиземном море.

Установка глубоководной аппаратуры осуществляется с ледового покрова, когда толщина льда превышает 40 см и позволяет использовать тяжелую автотранспортную технику и подъемные механизмы. В течение зимней экспедиции с середины февраля до середины апреля (зависит от погодных условий сезона) устанавливается от одной до нескольких гирлянд оптических модулей. С 2017 года планируется постановка одного кластера и в последующие годы — 2–3 кластеров в сезон.

Расчетный срок эксплуатации УНУ – 15-20 лет.

УНУ предназначено для непрерывного, круглогодичного сбора данных с перерывом на проведение регламентных работ во время зимних экспедиций в течение 1 месяца ежегодно. В 2014 г. УНУ непрерывно проработало в режиме набора данных 6800 часов и в базу данных было передано  $4 \times 10^8$  событий по регистрации мюонов и данные по измерению гидро-оптических характеристик Байкальской воды, необходимых для анализа и исследований в области нейтринной астрофизики высоких энергий.

В составе УНУ прошли испытания новейшие системы сбора данных и гидроакустической регистрации координат оптических модулей, проведены исследования эффективности метода акустической регистрации событий взаимодействия нейтрино и мюонов с водной средой озера Байкал.

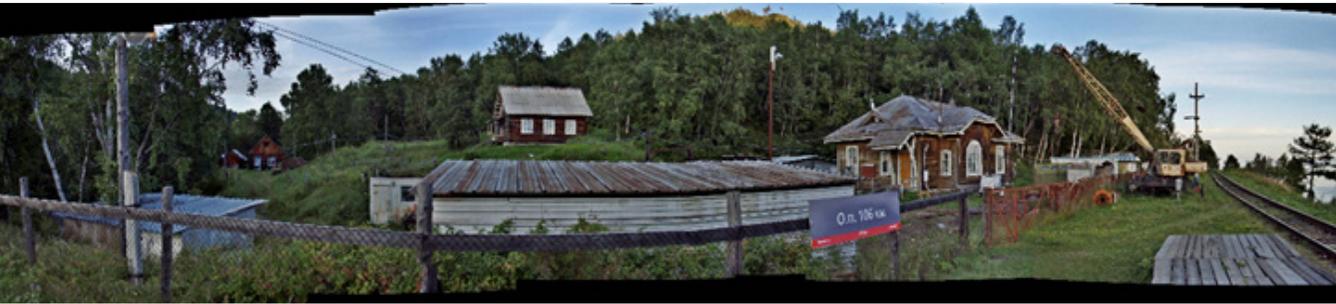


↑  
Монтаж подводного центра управления и сбора данных телескопа



↑  
Оптический модуль





Панорама Берегового центра Байкальской нейтринной обсерватории, который соединен с Байкальским нейтринным телескопом донным опто-электрическим кабелем, и предназначен для обеспечения бесперебойным электропитанием, управления, сбора данных в непрерывном режиме и передачи данных в удаленные исследовательские центры по линиям Радио-Интернет

На базе УНУ с 2011 года действует центр коллективного пользования «Байкальская нейтринная обсерватория ИЯИ РАН», предоставляющий безвозмездные услуги 9–11 организациям в год для проведения исследований по собственным научным программам.

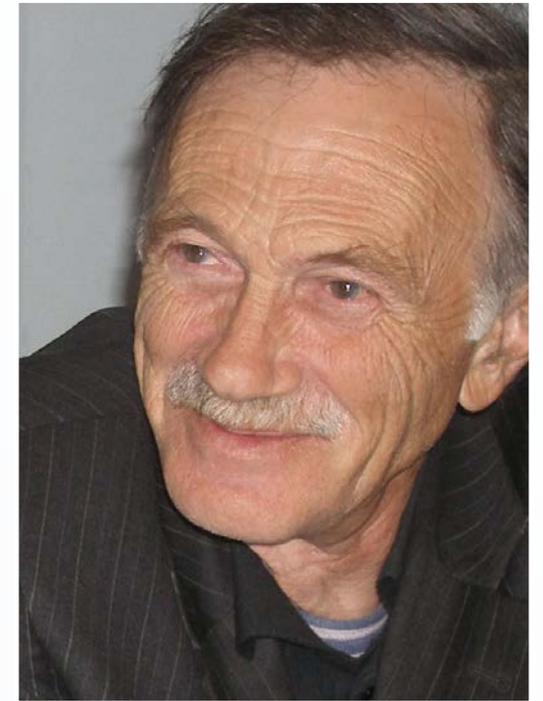
В результате мероприятий по развитию экспериментальной и материально-технической инфраструктуры УНУ в 2015–2018 гг. будут значительно расширены возможности по оказанию услуг и международному сотрудничеству.

Проведение на территории России планируемых экспериментов фундаментальной значимости имеет исключительно важное значение, так как они будут способны своей актуальностью и перспективностью содействовать развитию уникальных национальных научных школ, подготовке ученых и специалистов высочайшей квалификации, возврату научных приоритетов в области, где сохранен научно-технический задел для быстрого развития.

Создание нейтринного телескопа «Baikal-GVD» и укрепление инфраструктуры Байкальской нейтринной обсерватории ИЯИ РАН станет ключевым этапом развития Института, окажет серьезное положительное влияние на развитие других организаций, таких как Иркутский государственный университет, Объединенный институт ядерных исследований (г.Дубна), других организаций-участников проекта, вновь привлечет к участию в экспериментах на территории России ведущих зарубежных ученых.



Руководитель Байкальского проекта член-корреспондент РАН  
Григорий Владимирович Домогацкий



## Организации-участники

Организации-участники работ по созданию и эксплуатации УНУ «Байкальский глубоководный нейтринный телескоп» объединены в научной коллаборации «Байкал», членами которой по состоянию на 2015 г. являются:

- ◆ Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт ядерных Исследований — головная организация, координатор совместных работ.
- ◆ Объединенный институт ядерных исследований (г. Дубна).
- ◆ Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Иркутский государственный университет».
- ◆ Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова» (Научно-исследовательский институт ядерной физики им. Д.В. Скобельцына).
- ◆ Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Санкт-Петербургский государственный морской технический университет».
- ◆ Федеральное государственное бюджетное образовательное уч-

реждение высшего профессионального образования «Нижегородский государственный технический университет им. П.Е. Алексеева.

- ◆ EvoLogics GmbH Blumenstraße 49, 10243 Berlin, Deutschland (Германия).
- ◆ Comenius University, Bratislava, Slovakia.
- ◆ Czech Technical University, Prague, Czech Republic.

## Публикации

### 2014 год

1. А.В. Аврорин, А.Д. Аврорин, В.М. Айнутдинов и др. Система сбора данных экспериментального кластера нейтринного телескопа масштаба кубического километра на озере Байкал // Приборы и техника эксперимента, №3 (2014)28-39.
2. A.D. Avrorin, A.V. Avrorin, V.M. Aynutdinov et al. The prototyping/early construction phase of the BAIKAL-GVD project // Nuclear Instruments and Methods in Physics Research A, 742 (2014)82-88.
3. A.D. Avrorin et al. Search for neutrino emission from relic dark matter in the Sun with the Baikal NT200 detector // Astroparticle Physics, (2014), DOI information: 10.1016/j.astropartphys.2014.07.006.
4. A.D. Avrorin et al. Search for neutrino emission from relic dark matter in the Sun with the Baikal NT200 detector // arXiv:1405.3551 [astro-ph,HE].

### 2015 год

1. A.D. Avrorin et al. Status and recent results of the BAIKAL-GVD project // Physics of Particles and Nuclei, V.46, pp.211-221 (2015).
2. A.D. Avrorin et al. Search for neutrino emission from relic dark matter in the Sun with the Baikal NT200 detector // Astroparticle Physics, V.62, pp.12-20 (2015).
3. A.D. Avrorin et al. Status of the early construction phase of Baikal-GVD // Nuclear Physics B, (2014), in press.
4. A.D. Avrorin et al. Status and Perspectives of the BAIKAL-GVD Project // EPJ Web of Conf. (2015) in press.
5. A.D. Avrorin et al. The optical detection unit for Baikal-GVD neutrino telescope // EPJ Web of Conf. (2015) in press.
6. A.D. Avrorin et al. Status of the Baikal-GVD project // Proceedings of the 16th Lomonosov Conference on Elementary Particle Physics, Moscow, August 22-28, 2013, Moscow, Russia, Ed. by A.Studenikin, pp.98-102 (2015).
7. Ж.-А.М.Джилкибаев, Г.В.Домогацкий, О.В.Суворова. Черенковские

детекторы в нейтринной астрофизике высоких энергий // УФН, Т.185, с.с.531-539 (2015).

8. A.D. Avrorin et al. The first construction phase of the Baikal-GVD neutrino telescope // Proceedings of the 34th International Cosmic Ray Conference, 30 July-6 August 2015, The Hague, The Netherlands.
9. A.D. Avrorin et al. The optical module of the Baikal-GVD neutrino telescope // Proceedings of the 34th International Cosmic Ray Conference, 30 July-6 August 2015, The Hague, The Netherlands.
10. A.D. Avrorin et al. Time and amplitude calibration of the Baikal-GVD neutrino telescope // Proceedings of the 34th International Cosmic Ray Conference, 30 July-6 August 2015, The Hague, The Netherlands.
11. A.D. Avrorin et al. Data acquisition system for the Baikal-GVD neutrino telescope // Physics of Particles and Nuclei, in press.
12. V.M. Aynutdinov and Zh.-A.M. Dzhlkibaev, "The Baikal Neutrino Project", Neutrino astronomy — Current status, future prospects // Review Volume, World Scientific, in press.
13. Grigory Domogatsky. A new neutrino telescope for Lake Baikal // CERN Courier. July/August 2015. P. 23–24.

## Conferences

1. Zh.-A.M. Dzhlkibaev. "Status and perspectives of the BAIKAL-GVD project // Roma International Conference on AstroParticle Physics (RICAP-14), 2014, Noto, Italy, September 30 - October 3.
2. V.M. Aynutdinov. Data acquisition system for the Baikal-GVD neutrino telescope // Roma International Conference on AstroParticle Physics (RICAP-14), 2014, Noto, Italy, September 30 - October 3.
3. Б.А Шайбонов. Status of the early construction phase of the Baikal-GVD // 37<sup>th</sup> International Conference on High Energy Physics, 2014, 02-09 July, Valencia, Spain,).
4. Zh.-A.M. Dzhlkibaev. Status and recent results of the BAIKAL-GVD project // The International Workshop on Prospects of Particle Physics: "Neutrino Physics and Astrophysics", February 1-8, Valday, Russia.
5. Zh.-A.M. Dzhlkibaev. Cascade reconstruction and angular resolution in GVD // Mediterranean and Antarctic Neutrino Telescope Symposium (MANTS-2014), 2014, 19-21 September, Geneva, Switzerland.
6. Б. Шайбонов Байкальский нейтринный эксперимент сегодня // Всероссийская конференция по космическим лучам, 2014, 11–15 августа, Дубна, Россия.
8. Ch. Spiering "The GVD neutrino project // 24<sup>th</sup> European Cosmic Ray Symposium. September 1-5, 2014, Kiel, Germany.

## Персонал, занятый исследованиями и разработками с использованием УНУ в ИЯИ РАН, в том числе, по категориям и ученым степеням исследователей

Ответственной за выполнение работ по созданию УНУ, исследованиям и развитию экспериментальной и материально-технической базы является Лаборатория нейтринной астрофизики высоких энергий ИЯИ РАН (ЛНАВЭ). Руководитель лаборатории член-корреспондент РАН, доктор физико-математических наук Григорий Владимирович Домогацкий.

### Персонал Лаборатории

	ЛНАВЭ
Доктора наук	3
Кандидаты наук	8
Научный персонал без степени и исследователи	8
Научно-технический и инженерный персонал	21
Рабочие и др.	13
Всего	53
Из них совместители	12

### Кадровая политика

Вопрос кадрового обеспечения работ имеет стратегический и тактический аспекты.

С расчетом на длительную перспективу привлекаются студенты и аспиранты ведущих образовательных учреждений страны, обеспечивается их дополнительное обучение и подготовка в рамках Научно образовательного центра ИЯИ РАН, обеспечиваются непосредственное участие в проведении самостоятельных исследований, защита дипломов и диссертаций с последующим включением в постоянный штат ИЯИ РАН в соответствии с существующими возможностями. Планируется поддерживать уровень в 30% молодых специалистов в составе научного коллектива ЛНАВЭ ИЯИ РАН.

С точки зрения решения задачи создания детектора Baikal-GVD в течение ближайших 6-ти лет необходимо временное резкое увеличение численности персонала для расширения производства оптических и электронных модулей и проведения экспедиционных работ по развертыванию в оз. Байкал систем телескопа Baikal-GVD и его технической поддержке. Для про-

ведения увеличивающегося объема исследовательских и инженерных работ планируется привлечь до 20 высококвалифицированных специалистов из других лабораторий ИЯИ РАН и совместителей из других организаций и до 40 специалистов из организаций-участников коллаборации БАЙКАЛ.

## Финансовые инструменты поддержки исследований

Исследования выполняются и финансируются

- ◆ по программе (госзадание) фундаментальных научных исследований государственных академий наук на 2013-2020 годы — направление 15 «Современные проблемы ядерной физики, в том числе физики элементарных частиц и фундаментальных взаимодействий, включая физику нейтрино и астрофизические и космологические аспекты, а также физики атомного ядра, физики ускорителей заряженных частиц и детекторов, создание интенсивных источников нейтронов, мюонов, синхротронного излучения и их применения в науке, технологиях и медицине» и направлению 16 «Современные проблемы астрономии, астрофизики и исследования космического пространства»;
- ◆ по инициативным исследовательским проектам, поддерживаемых целевым финансированием фондов РФ, РФФИ, Минобрнауки РФ;
- ◆ внебюджетным финансированием в рамках научных коллабораций.

Стоимость УНУ в ценах на конец 2014 г. – 349 млн. рублей

### Финансовая результативность работы УНУ в 2014 г.

Наименование позиции	Краткая информация
1	2
Наименование и объем НИР, реализованных при использовании УНУ, без которой выполнение НИР представляется невозможным или крайне затруднительным <sup>1</sup>	Исполнитель ИЯИ РАН
- в рамках государственного задания	11,00
- в рамках Программ Президиума РАН	6,00
- внебюджетное финансирование	10,075

## Эксплуатационные расходы (в год)

№ п/п	Наименование расходов (единицы)		При оптимальной работе	Фактические в 2014 г.	Стоимость при оптимальной работе (млн. руб.)	Фактические в 2014 (млн. руб.)
	Наименование	Единицы				
1.	Электроэнергия	кВт	900000	496000	2,250	1,232
2.	Транспортные расходы	км	15000	2000	1,500	0,370
4	Горюче-смазочные материалы	тонны	26	21	0,700	0,652
5	Экспедиционные расходы	Млн.руб.	12,000	2,473	12,000	2,473
6	Коммунальные платежи	Млн.руб.	2,00	0,586	2,000	0,586
7	Оплата дежурных операторов	Млн.руб.	2,400	1,200	2,400	1,200
8	Оплата инженерно-технического персонала	Млн.руб.	7,000	5,500	7,000	5,500
9	Амортизация	Млн.руб.	0,950	0,700	0,950	0,700
ИТОГО:					28,8	12,713

### Средства, необходимые для создания и поддержания на территории РФ установок, позволяющих занять лидирующие позиции в мировой науке

Для создания Байкальского нейтринного телескопа Baikal-GVD и материально-технической базы Байкальской нейтринной обсерватории необходим срок 6 лет и **1,5 миллиарда рублей (300 млн. руб. в год).**

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт ядерных исследований Российской академии наук. Краткое наименование — ИЯИ РАН.

Адрес: ИЯИ РАН, проспект 60-летия Октября, 7а, Москва, 117312  
 Директор ИЯИ РАН — Леонид Владимирович Кравчук  
 Телефон: 8 495 851 00 71 E-mail: [kravchuk@inr.ru](mailto:kravchuk@inr.ru) Интернет: [www.inr.ru](http://www.inr.ru)  
 Заведующий Лабораторией нейтринной астрофизики высоких энергий ИЯИ РАН  
 Телефон: 8 499 783 92 98 E-mail: [domogats@yandex.ru](mailto:domogats@yandex.ru)



