



**Интердайджест**

Рубрику ведет научный обозреватель радиостанции «Эхо Москвы» Марина АСТВАЦАТУРЯН

## Растет ловец частиц

На Байкале завершился очередной этап строительства глубоководного нейтринного телескопа.

▶ Нейтринный телескоп Baikal-GVD предназначен для регистрации и исследования потоков нейтрино сверхвысоких энергий от астрофизических источников. С его помощью ученые планируют исследовать процессы, происходившие во Вселенной в далеком прошлом и сопровождавшиеся огромным выделением энергии. Одна из загадок современной астрофизики - механизм рождения во Вселенной нейтрино в миллиарды раз энергичнее солнечных нейтрино, и Байкальский нейтринный телескоп благодаря своим уникальным характеристикам может пролить свет на эту тайну. По проекту объем готовой установки на озере Байкал должен составить порядка одного кубического километра. С 17 февраля по 10 апреля этого года был осуществлен монтаж

двух новых кластеров оптических модулей. Таким образом, эффективный объем установки в задаче регистрации ливневых событий от нейтрино вырос до ~0,35 кубического километра. «Это большой успех команды Института ядерных исследований РАН, Объединенного института ядерных исследований в Дубне и других членов коллаборации Baikal-GVD. Мы планируем продолжить работу и в ближайшие годы завершить развертывание уникального детектора нейтрино. Телескоп уже работает и набирает данные. Одновременно с этим продолжается его наращивание», - говорит директор ИЯИ РАН, член-корреспондент РАН Леонид Кравчук. Строящийся Байкальский нейтринный телескоп - уникальная научная установка и наряду с телескопом



Фото Сергея Шайконова

IceCube и другими входит в Глобальную нейтринную сеть (GNN) как ее важнейший элемент в Северном полушарии Земли.

Байкальский нейтринный телескоп устанавливается на расстоянии 3,5 км от берега на глубине от 750 до 1300 метров в Южной котловине озера Байкал. Монтаж установки производится со льда, и в этом важное преимущество байкальского проекта по

сравнению с другими, где телескопы разворачиваются непосредственно с морских судов. «В этом году экспедиция работала в абсолютно аномальных природных условиях: во время становления льда на озере сильный ветер поломал ледовый покров, и в дальнейшем он превратился в конгломерат плохо смерзшихся льдин и торосов, что существенно осложнило работу.

Такого я не припомню за всю 40-летнюю историю наших работ на Байкале. И только благодаря огромному опыту и высокому профессионализму участников экспедиции удалось выполнить все работы в полном объеме и в срок», - цитирует руководителя коллаборации Baikal-GVD, члена-корреспондента РАН Григория Домогацкого сообщение Института ядерных исследований. ■

## Громче сигналы

Детекторы гравитационных волн впервые уловили слияние двух несоразмерных черных дыр.



▶ Коллаборации LIGO и Virgo зарегистрировали очередной всплеск гравитационных волн, который, однако, оказался выпадающим из ряда подобных регулярно наблюдаемых явлений. Мониторинг под названием GW190412 - первый в своем роде: речь идет о слиянии пары черных дыр, существенно различающихся по массе. Одна из них в восемь раз массивнее Солнца, а другая - в тридцать. Как отмечает портал Phys.org, это не только позволяет более точно измерить астрофизические параметры системы, но и дает возможность ученым проверить одно из предсказаний Общей теории относительности Эйнштейна. «В системах с неравными массами, подобных описываемой, обертона сигнала гравитационных волн гораздо громче, чем при обычных наблюдениях, и они предсказывались теорией Эйнштейна на уровне, превышающем наблюдаемые до сих пор фундаментальные частоты в два-три раза», - поясняет Франк Оме (Frank Ohme) из Института гравитационной физики Макса Планка (Max Planck Institute for Gravitational Physics) в Ганновере. «Такое существенное различие означает, что мы можем более точно измерить некоторые свойства системы, такие как расстояние до нас,

угол, под которым мы ведем наблюдение, и насколько быстро тяжелая черная дыра вращается вокруг своей оси», - говорит Роберто Котеста (Roberto Cotesta) из космологического подразделения института в Потсдаме.

Явление GW190412 детекторы LIGO и Virgo зарегистрировали 12 апреля 2019 года в ходе третьего периода наблюдений. Анализ показал, что слияние черных дыр произошло на расстоянии от 1,9 до 2,9 миллиарда световых лет от Земли. Открытие уникально тем, что все двойные системы, попадавшие в поле зрения детекторов до сих пор, имели приблизительно одинаковые массы. «Во время первых двух периодов наблюдений мы видели только верхушку айсберга двойных объектов, состоявших из черных дыр звездных масс», - говорит Алессандра Буано (Alessandra Buonanno) из Университета Мэриленда (University of Maryland). Но благодаря повышению чувствительности детекторов астрофизики стали видеть более разнообразные популяции бинарных систем, характеризующиеся почти четырехкратной асимметрией масс и вращающиеся на уровне 40% от максимума, допустимого Общей теорией относительности, поясняет Буано. О новом наблюдении коллаборации LIGO и Virgo сообщили 18 апреля во время виртуальной конференции Американского физического общества (American Physical Society). В связи с пандемией COVID-19 работа установок как в США, так и в Италии была успешно свернута, возобновление наблюдений ожидается не раньше 2022 года, сообщает Science News. ■



**В системах с неравными массами обертона сигнала гравитационных волн гораздо громче, чем при обычных наблюдениях.**

## В сухом осадке

В Палеонтологическом институте им. А.А.Бориська РАН завершили уникальные эксперименты по окаменению мягкотелых организмов.

▶ Долгое время считалось, что отпечатки мягких тканей ископаемых животных сохранились в известных местонахождениях благодаря редкому сочетанию особых условий захоронения, но с увеличением числа находок стали появляться сомнения в уникальности требуемых обстоятельств. А поскольку окаменелости мягкотелых организмов часто встречаются в сочетании с оксидами железа или пиритом, было высказано предположение о ключевой роли железа в фоссильзации, то есть процессе окаменения: железо, осаждаясь на органических тканях, консервирует их, а затем замещает своими соединениями. Раздел палеонтологии, изучающий закономерности процессов захоронения и образования местонахождений ископаемых остатков организмов, называется тафономией. Для проверки идеи о ключевой роли железа в окаменении в лаборатории древних организмов Палеонтологического института РАН была проведена серия самых длительных на сегодняшний день тафономических экспериментов. В течение пяти лет остатки мелких ракообразных *Artemia salina*, которые используются в аквариумистике в качестве корма для рыб, выдерживали в различных осадках. Для эксперимента ведущим научным сотрудником института Еленой Наймарк были выбраны четыре минерала с разным содержанием железа: монтмо-

риллонит, каолинит, шамозит и клинохлор. В результате разложения органического вещества резко изменились химические параметры осадков, что было подтверждено сравнением экспериментальных, исходных и контрольных образцов.

При захоронении организмы происходили активное выщелачивание, то есть вымывание железа из минералов осадка, что особенно наглядно проявилось в опыте с монтмориллонитом: в нем обозначился яркий красный слой гидроокисного железа, стабилизированный ионами кремния. На органических тканях рачков из этого красного слоя появились многочисленные шарики микронного размера, состоящие из железа и серы. Такие же железные шарики были обнаружены на рачках из осадка шамозита с исходно высоким содержанием железа. В осадках с невысоким содержанием железа - в каолините и клинохлоре - никаких железных шариков на поверхности рачков не найдено. Эксперимент, в котором удалось проследить всю картину трансформации железа при фоссильзации мягкотелых организмов, показал, что сохранность зависит вовсе не от эффективности осаждения железа, и это поставило под сомнение традиционные идеи о его участии в фоссильзации. Результаты работы опубликованы в Докладах РАН. По словам автора, самым сложным было пять лет не заглядывать в пробирку. ■