

Ливни в ловушке. Для изучения космических лучей в Тибете строится уникальная установка.

Наука

№ 14(2018)

[Дризе Юрий](#)

06.04.2018



Представить, как это будет выглядеть, не хватает ни воображения, ни знаний. В Тибете (провинция Сычуань) на высоте 4410 метров, где, заметим, нет снега, на площади в 1 кв. км на относительно ровной площадке (перепады высоты не более 20 м) строится самая крупная в мире высокогорная обсерватория для исследования космических лучей. Здесь разместят массу всевозможной аппаратуры. Более 5000 наземных детекторов будут регистрировать электромагнитную составляющую широких атмосферных ливней. Установят около 1000 подземных мюонных детекторов, немалую площадь отведут под строительство черенковских бассейнов для задач гамма-астрономии. Но нас прежде всего интересует участок, на котором расположат 400 детекторов для одновременной регистрации электромагнитной и адронной компоненты широких атмосферных ливней. Это установка PRISMA-LHAASO: Large High Altitude Air Shower Observatory - зона ответственности российских ученых. Помимо России в грандиозном международном проекте LHAASO участвуют астрофизики из Франции и Италии. А инициатор строительства в Тибете - Китай, выдвинувший идею создания научной станции в 2009 году.

Один из разработчиков российского сегмента установки - научный сотрудник Института ядерных исследований РАН кандидат физико-математических Олег ЩЕГОЛЕВ (на снимке слева), получивший за эти исследования грант Президента РФ для молодых ученых.

- Работой над проектом PRISMA: PRImary Spectrum Measurement Array занимаюсь уже девять лет. Начал еще в 2010 году на третьем курсе МИФИ под руководством доктора физико-математических наук ведущего научного сотрудника нашего института Юрия Васильевича Стенькина (на снимке справа), - рассказывает Олег Борисович. - В 2001-м мой учитель высказал идею, как объяснить и проверить происхождение “излома” в спектре космических лучей, и предложил сделать установку PRISMA, предназначенную для исследования их энергетического спектра и состава. Космические лучи представляют собой потоки элементарных частиц: гамма-квантов, электронов, позитронов, протонов, ядер гелия, других химических элементов, включая железо. Изучая их, астрофизики пытаются понять, как устроена Вселенная за пределами нашей Солнечной системы. В области низких энергий космические лучи исследуют с помощью спутников и высотных аэростатов. С ростом энергии поток частиц резко падает, и чтобы набрать необходимую статистику, нужны детекторы больших площадей, которые пока невозможно запускать в

космос. Их приходится строить на Земле. Но, к сожалению, частицы не могут сюда долететь в первозданном состоянии. Соударяясь с ядрами элементов нашей атмосферы (азотом и кислородом), они образуют каскады вторичных высокоэнергетических частиц, и на Землю буквально обрушивается ливень элементарных частиц. Это явление так и назвали - "широкий атмосферный ливень" (ШАЛ). "Пощупать" его, конечно, невозможно, зато можно построить детекторы для его регистрации.

Космические лучи - основной источник информации о Вселенной за пределами видимости. Изучая их, мы можем попытаться понять, как устроены черные дыры и как взрываются сверхновые звезды. Космические лучи - это элементарные частицы, подобные тем, которые получают, например, на Большом адронном коллайдере, однако их энергия может на порядки превосходить энергию частиц, получивших ускорение в наземных установках. Эта область едва ли не самая актуальная в физике космических лучей. Над ее проблемами работает огромное число физиков по всему миру.

В 2012 году Юрий Васильевич предложил китайским коллегам реализовать проект PRISMA внутри недавно анонсированного международного проекта LHAASO в Тибете. Эта необыкновенно сложная и дорогая научная программа поможет одним махом решить сразу несколько трудных задач: в области гамма-астрономии и исследовании спектра, химического состава космических лучей и др. Планируемая установка будет одновременно очень большой по площади и плотной - из-за огромного количества детекторов. Это позволит намного увеличить статистику и точность измерений и в результате получить ответы на вопросы, вызывающие споры коллег уже несколько десятилетий.

- Наверное, совсем не просто сказать новое слово в сложнейшей области, которой занимаются астрофизики чуть ли не всего мира?

- Такова, на мой взгляд, особенность отечественных ученых. Располагая более чем скромными финансовыми возможностями, они выдвигают пионерские идеи и с успехом выдерживают жесточайшую конкуренцию коллег. Это относится и к Юрию Васильевичу. Он впервые обосновал необходимость регистрации адронной (ядерной) компоненты широких атмосферных ливней для правильной реконструкции спектра и состава излучения, которое приходит на нашу планету из-за пределов солнечной системы, и предложил простой, эффективный и недорогой способ осуществить эту идею: регистрировать нейтроны, рождаемые ядерной компонентой ливней. Так появились первые конструкции детекторов (еще в 2005 году) и прототипы будущей большой установки (2012-й - PRISMA-32 в МИФИ, 2014-й - PRISMA-YBJ в Тибете совместно с экспериментом ARGONAT-YBJ).

Черные круглые бочки в нашей лаборатории диаметром 70 см и высотой 65 см, сделанные из обычного полиэтилена, и есть детекторы. В бочках находятся фотоумножители - оптические приборы, которые переводят световой сигнал в электрический, и выполненные из полиэтилена светоотражатели с высоким эффектом отражения. И - самое главное - изюминка детектора - сцинтиллятор, вещество, обладающие способностью излучать свет при поглощении ионизирующего излучения. Обычно сцинтиллятор используют для регистрации заряженных частиц или гамма-квантов. Однако наше вещество способно регистрировать еще и тепловые нейтроны. Причем мы можем отличить сигнал нейтрона от любого другого. С виду сцинтиллятор похож на раскатанное тесто - такой же белый и круглый. А на самом деле порошкообразный светосостав залит в оптически прозрачный и прочный силикон. Не мы первые предложили регистрировать нейтроны с помощью сцинтиллятора, но обычно его делают на основе дорогостоящего обогащенного лития. Производят его в Великобритании по цене около 10 тысяч фунтов стерлингов за один кв. м. В России сцинтиллятор выпускает предприятие в Петербурге, стоит он примерно в 2,5 раза дешевле английского. Его мы и использовали для первых прототипов. Однако три года назад предложили ставропольскому НПО "Люминофор" разработать собственную технологию сцинтиллятора для одновременной регистрации

нейтронов и электронов на основе чрезвычайно дешевого природного бора. По сравнению с литием у него есть преимущества, но и недостатки тоже. И все же за два года совместной работы с НПО нам удалось получить состав, по своим физическим качествам полностью нас удовлетворяющий. Благодаря этому стоимость нашего сцинтиллятора в 20 раз ниже английского, а показатели сопоставимы. И теперь цена одного детектора с электроникой не превышает 2500 долларов. А за все 400 детекторов надо будет заплатить около миллиона долларов. Для сравнения: стоимость всего международного проекта на Тибете - около 150 миллионов.

- Как физики за рубежом оценили ваши новинки?

- Я бы назвал их реакцию осторожной: коллегам недостаточно результатов, полученных на опытных образцах проекта. Количество частиц, попадающих на Землю из космоса, быстро падает с ростом энергии. Поэтому для исследований широких атмосферных ливней в области высоких энергий необходимы установки большой площади (на маленьких невозможно набрать достаточную статистику). И такая возможность им скоро представится: 16 детекторов уже проходят испытания в Тибетском университете (Лхаса), еще 48 к ним готовятся. 16 детекторов соберем в нашем институте, чтобы без спешки протестировать работу всей электроники. На это и пойдут средства гранта Президента РФ. Наша цель - до отправки аппаратуры на площадку в Тибете полностью подготовить детекторы, отработать все технологии и методики, а еще обучить китайских специалистов, которые будут их обслуживать.

В мае наша группа отправится в Китай, чтобы настроить детекторы, - операция сложная и ответственная. В конце года их доставят на Тибет и установят на площадке. Через пять лет надеемся развернуть все 400 детекторов. Успех этого грандиозного предприятия зависит главным образом от финансирования как с нашей стороны, так и с китайской. Аппаратура будет способна, в частности, регистрировать нейтроны, рождающиеся при взаимодействии адронов с Землей, а посредством них и сами адроны. На сегодняшний день в мире нет других установок, регистрирующих адронную компоненту ШАЛ. Задача очень важная, поскольку именно эти частицы составляют ось широкого атмосферного ливня, определяют его развитие. Именно с их помощью можно точнее всего восстановить энергию и тип первоначальной частицы, прилетевшей к нам из космоса. Полученная таким образом статистика будет иметь очень большое значение для понимания процессов рождения и распространения космических лучей высоких энергий, процессов, происходящих за пределами нашей галактики.

За время работы над проектом я участвовал в разработке и создании нескольких прототипов установки, проводил эксперименты и анализ полученных данных. Задачи одинаково важные и интересные и - главное - творческие. Приходится иметь дело с большими объемами данных, подключая для этого самые разные технологии и методики.

- Докторскую диссертацию писать собираетесь?

- Кандидатскую защитил, работая над прототипами нынешнего проекта, но для докторской его необходимо сначала осуществить, затем получить первые результаты измерений и проанализировать их. Тогда и посмотрим.

Юрий ДРИЗЕ

Фото предоставлены О.Щеголевым