



ФОНД ИНФРАСТРУКТУРНЫХ  
И ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ  
ПРОГРАММ  
*работаем из дома*

# SCIENCE Bar Hopping

Бумага  
[paperpaper.ru](http://paperpaper.ru)

## Что с нами будет? Письма ученых о самом важном

Это письмо об элементарных частицах из космоса



Привет!

Меня зовут Виктор Романенко. Я астрофизик и сотрудник Института ядерных исследований РАН. Это письмо я пишу из поселка Нейтрино, где живу уже четвертый год. Да, такое поселение существует, причем недалеко от Эльбруса, но обо всём по порядку.

В письме речь пойдет о фундаментальной науке — физике элементарных частиц. Я объясню, как мы изучаем невидимые частицы, на основе информации о которых можно делать предположения о том, что происходит в космосе. Приступим.

## Как появилась Баксанская нейтринная обсерватория и почему она находится под землей

В горах Кавказа на высоте почти 1700 метров над уровнем моря расположен поселок Нейтрино. В нем живет примерно 500 человек. Большинство из них — сотрудники [Баксанской нейтринной обсерватории](#) (БНО), созданной для изучения крошечных элементарных частиц — нейтрино.

Экспериментально эту частицу открыли в 1956-м и изучают до сих пор. Ее главная особенность в том, что ежеминутно миллиарды нейтрино проходят через тело человека и другие объекты, никак не взаимодействуя с другими элементарными частицами. Образуются нейтрино на Солнце, при термоядерных реакциях, в верхних слоях атмосферы, а также в глубине Земли.



Открытка из села Нейтрино

Баксанскую нейтринную обсерваторию построили в 70-х годах прошлого века. За несколько лет под горой Андырчи метростроевцы пробили тоннель длиной 4 километра, в котором установили детекторы, измеряющие поток нейтрино, идущий от Солнца. В память о строителях над входом в обсерваторию до сих пор находится буква «М» — знак метростроя.

Сейчас БНО — это комплекс подземных лабораторий, где проводятся научные исследования. Например, там изучают физику высоких энергий, сейсмическую активность, температуру горных пород и занимаются поисками темной материи. А один из последних экспериментов обсерватории — [BEST](#) — посвящен поиску стерильных нейтрино.

Большинство экспериментов в Баксанской нейтринной обсерватории проходят под землей, так как туда практически не проникает космическое излучение, которое может помешать исследованиям. То есть если вы проводите сверхточный эксперимент, то внезапно возникший, к примеру, мюон — элементарная частица, одной из характеристик которой является высокая проникающая способность, — может вам всё испортить. Вы подумаете, что это сигнал, который вас интересует, а на самом деле это обычная частица космического излучения. Чтобы этого избежать, подобные эксперименты проводят в подземных лабораториях.

Тем не менее некоторые установки находятся и на поверхности — одна из них «Ковер-3». На ней работает наша исследовательская группа, потому что мы изучаем как раз космическое излучение.

## **Как из одной элементарной частицы возникает широкий атмосферный ливень и что можно узнать благодаря ему**

Научная область, в которой я работаю, — гамма-астрономия сверхвысоких энергий. Вообще, когда говорят об астрономии, большинство из нас обычно сразу же представляет себе телескоп и звезды. Но в науке о небесных телах есть разные направления. Например, радиоастрономия — область, изучающая космические объекты с помощью наземных установок, похожих на антенны, которые регистрируют радиоизлучение от космических объектов. Точно так же и в гамма-астрономии сверхвысоких энергий — с помощью наземных установок, состоящих из детекторов элементарных частиц, мы регистрируем такие явления, как широкие атмосферные ливни.

Что это такое? Широкий атмосферный ливень — это каскад элементарных частиц, который вызван первичной частицей высоких энергий из космоса — чаще всего протоном — и развивается в атмосфере. Происходит это примерно так: элементарная частица высоких энергий, попадая в атмосферу, производит каскад взаимодействий и до Земли вместо одной частицы доходит «блинчик» из их множества толщиной примерно 1 метр и радиусом несколько сотен метров. Вот [здесь](#) или [здесь](#) можно посмотреть примерную схему того, как происходит это явление.

С помощью детекторов элементарных частиц мы регистрируем подобные ливни и, используя специальные алгоритмы, восстанавливаем параметры первичной частицы. Это дает возможность, к примеру, определить, откуда она прилетела, и делать предположения о том, в результате чего она образовалась в космосе.

Для регистрации широких атмосферных ливней мы используем установку «Ковер-3». Впервые она была запущена в 1974 году и состояла из 400 детекторов 70 x 70 x 30 сантиметров, расположенных на поверхности как ковер, — отсюда и название. Изначально «Ковер» построили как прототип одной из установок внутри обсерватории, но со временем он стал самостоятельным объектом, который используется для исследований. За годы работы установку не раз модернизировали и расширяли, в результате чего сейчас она называется «Ковер-3».

## **Как мы предположили, что в регионе созвездия Лебедя работает космический ускоритель элементарных частиц**

Одно из наших последних [исследований](#) посвящено возможной вспышке в области созвездия Лебедя, связанной с зарегистрированным в том же регионе нейтрино высоких энергий. Расскажу об этом подробнее.

Основная проблема, связанная с нейтрино высоких энергий астрофизического происхождения, заключается в том, что на данный момент отсутствуют подтвержденные модели их точного образования. Мы знаем, откуда берутся нейтрино с меньшими энергиями, а откуда с высокими — нет. Эта задача

до сих пор не решена. Где ускоряются заряженные частицы, при столкновениях которых рождаются нейтрино высоких энергий, и в результате каких именно процессов это происходит, еще предстоит выяснить.

Предлагается множество вариантов, но все они требуют подтверждения. И здесь сложность в том, что нейтрино высоких энергий фиксируются редко. Поэтому, чтобы доказать ту или иную гипотезу, нужны очень большие установки и много разных экспериментов.

Начиная с 2018 года такие исследования проводятся и на нашем «Ковре». Мы регистрируем атмосферные ливни, а потом сравниваем результаты с событиями, зарегистрированными другими установками. Так, в ноябре прошлого года нейтринная обсерватория [IceCube](#), которая находится на южном полюсе, зафиксировала нейтрино высоких энергий. Мы посмотрели на наши результаты за тот же период времени и обнаружили, что было зарегистрировано превышение как обычных космических лучей, так и так называемых фотоноподобных событий. То есть что-то произошло в космосе, и мы на своей установке зарегистрировали превышение частиц.

В результате оказалось, что это первое одновременное наблюдение фотонов и нейтрино высоких энергий. То есть можно предположить, что в регионе созвездия Лебедя работает, по сути, ускоритель элементарных частиц, рождающий нейтрино и фотоны высоких энергий.

## **Для чего изучать элементарные частицы из космоса и почему это важно для будущего**

Подобные исследования можно сравнить с работой физиков прошлых веков, когда все эксперименты были направлены на то, чтобы заполнить пробелы в нашем знании. То есть объяснить, по каким законам происходят те или иные процессы, — к примеру, как возникают нейтрино высоких энергий. Поставить эксперимент на Земле, чтобы воспроизвести этот процесс, мы не можем, потому что даже самый большой коллайдер не способен породить частицы таких энергий. В итоге остается смотреть на небо и пытаться разобраться, что происходит там.

# Что еще почитать и посмотреть об астрофизике и физике элементарных частиц

- Книгу «[Астрофизика начинающим. Как понять Вселенную](#)» американского астрофизика и популяризатора науки Нила Деграсс Тайсона.
- [Выступление](#) Нила Деграсса Тайсона, записанное в Вашингтонском университете в мае 2011 года, о роли науки в жизни.
- Книги Карла Сагана. Вот, например, одна из [подборок](#).
- [Лекции](#) по физике лауреата Нобелевской премии по квантовой электродинамике Ричарда Фейнмана.

На этом всё. Привет из НейтриноМира!

Виктор

---

Science Bar Hopping — это научный фестиваль, который организуют [Фонд инфраструктурных и образовательных программ \(Группа РОСНАНО\)](#) и [«Бумага»](#). Также мы делаем [научную рассылку](#) и YouTube-шоу «[Заходит ученый в бар](#)».

Вы получили это письмо, потому что подписались на рассылку проекта [Science Bar Hopping](#). Спасибо!

[Отписаться](#)