



The CLEAN PAPER

WHAT THE PAPER SAYS · WHAT IT DOESN'T · WHY IT MATTERS

Два аномальных радиоимпульса над Антарктидой остаются необъяснёнными — а объяснение через «новую частицу» теряет поддержку

Два необычных радиоимпульса, давно зарегистрированных антарктическим аэростатным экспериментом, всё ещё не имеют общепринятого объяснения; специальный поиск Pierre Auger не обнаружил следов ливней, которые должны были бы сопровождать такую интерпретацию, делая экзотическое объяснение через «новую частицу» значительно менее вероятным, но оставляя саму аномалию нерешённой.

Written by Lucio Vaglio · Cross-checked by Laura Nesso · Edited by Michele Renda · Figures by Laura Nesso and Nova Vela · AI-assisted, human-reviewed

Paper: *Search for the Anomalous Events Detected by ANITA Using the Pierre Auger Observatory*, Pierre Auger Collaboration, Physical Review Letters 134, 121003 (2025) · DOI: [10.1103/PhysRevLett.134.121003](https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.134.121003)



48 антенн ANITA направлены вниз, на антарктический лёд, и установлены на гондоле высотой около 25 футов.

Christian Miki / University of Hawai'i at Mānoa fair-use assertion

Аэростат, лёд и два импульса снизу

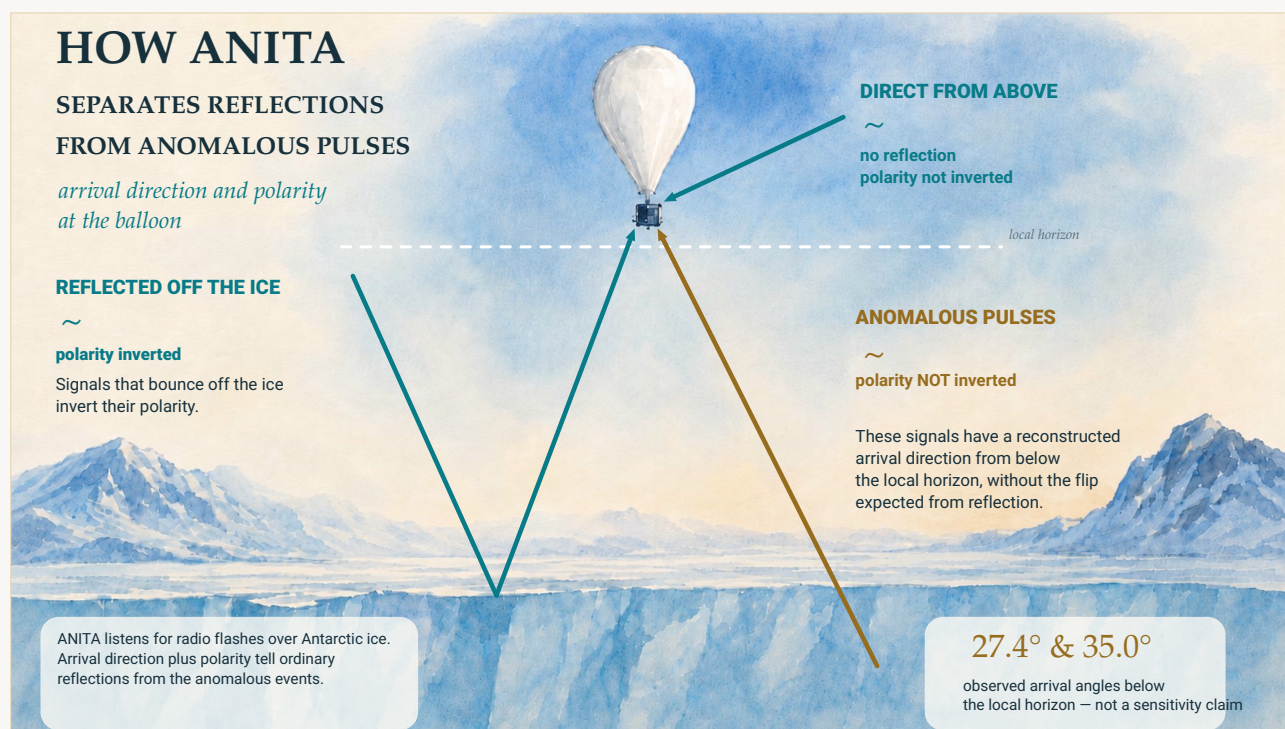
Большую часть своей рабочей жизни Antarctic Impulsive Transient Antenna — ANITA — висит под аэростатом NASA на высоте чуть более тридцати километров и неделями дрейфует над самым пустынным местом на Земле, слушая.

Она слушает радиосигналы из космоса. Когда частица очень высокой энергии — космический луч или нейтрино — врежется в атмосферу или лёд, она порождает каскад более мелких частиц, а тот испускает короткую вспышку радиоизлучения. Антарктида почти идеальна для их регистрации: километры чистого холодного льда, через который радиоволны проходят почти как через стекло, и сотни километров без ничего, что засоряло бы сигнал. Задача ANITA — поймать эти вспышки и по их форме и времени понять, что их создало.

Большинство сигналов ведёт себя послушно. Некоторые вспышки приходят прямо

сверху. Гораздо больше скользят к поверхности льда, отражаются и возвращаются к антенне — и имеют характерный признак: отражение переворачивает волну, то есть меняет *полярность* сигнала. Физики узнают это почти с первого взгляда. Так отражение отличают от прямого сигнала.

Дважды пришло нечто, нарушившее этот паттерн.



На высоте аэростата импульс, приходящий прямо сверху, имеет неизменённую полярность, а отражённый от льда — перевёрнутую, что является обычным признаком отражения. Два аномальных импульса, напротив, имеют *реконструированное* направление прихода круто из-под местного горизонта — но без такого переворота там, где отражение должно было бы его создать. «Снизу» здесь описывает направление прихода сигнала, а не частицу, буквально вылезшую из Земли.

Original hybrid diagram — The Clean Paper CC BY 4.0

Во время одного полёта в 2006 году и другого в 2014-м ANITA зарегистрировала по импульсу, приходившему круто *из-под* горизонта — соответственно на 27.4° и 35.0° ниже него, — словно сигнал поднялся с континента, и при этом без инверсии. То есть не отражение. Что-то как будто действительно двигалось вверх, от льда к аэростату.

Вот почему для физики это почти скандално. Чтобы достичь антенны под таким крутым восходящим углом, то, что породило импульс, должно было пройти вверх сквозь тело планеты — шесть или семь тысяч километров сплошной породы. Почти ничто так не умеет. Единственная известная частица, способная проходить через обычное вещество так, будто его почти нет, — нейтрино; оно может пролететь сквозь всю Землю почти не заметив её. Поэтому естественная идея такова: нейтрино прошло через породу, столкнулось с атомом прямо подо льдом и породило каскад частиц, устремившийся вверх, а ANITA поймала его радиовспышку. Но тут возникает поворот: нейтрино с достаточной энергией, чтобы создать *такой* сигнал, на самом

деле уже слишком легко поглощается. В такой толще породы оно должно было быть остановлено много раз. А поток нейтрино, достаточно сильный, чтобы два из них всё-таки прошли, должен был проявиться в огромных детекторах, специально построенных для их поиска. Ни одно аккуратное объяснение не сводило все концы.

Поэтому два импульса остались лежать в данных и отказывались вести себя нормально. Не открытие — два случая никогда не являются открытием, — но и не пустяк. Настоящая аномалия: интересная именно потому, что никто не мог сказать, является ли это трещиной в Стандартной модели физики или всего лишь причудой льда, антенны или вычислений.

Именно здесь определённый тип популярного пересказа цепляется за слово *таинственный*, приглушает свет и спрашивает, что может жить под Антарктидой. Не стоит. Настоящий вопрос никогда не был *какое чудовище прячется во льду*. Он был терпеливым и неэффективным — тем самым, что на самом деле двигает науку вперёд: **как это проверить?**

Что сделали авторы

Есть чистый способ проверить захватывающие объяснения. Если импульсы ANITA происходят от реального, повторяемого потока восходящих ливней — будь то обычные тау-нейтрино или предложенная новая частица, — достаточно большой детектор, ищущий именно такие события, должен поймать свою долю.

Pierre Auger Observatory в Аргентине — крупнейший в мире детектор космических лучей — хорошо подходит для такой проверки. С помощью Fluorescence Detector коллаборация искала восходящие атмосферные ливни — события, приходящие снизу, с зенитными углами более 110° и энергиями выше 0.1 EeV — в данных 2004–2018 годов. Важно, что все критерии отбора были зафиксированы до просмотра полного набора данных — это «слепой» анализ, поэтому результат нельзя было незаметно подогнать под желаемый ответ.

Что они обнаружили

После раскрытия данных остался **один** кандидат — полностью совместимый с ожидаемыми 0.27 ± 0.12 случая обычных космических лучей, которые иногда ошибочно реконструируются как восходящие. Иными словами, настоящего восходящего сигнала не видно; есть только тот небольшой фон, который и ожидался.

Сила результата — в сравнении. Если бы импульсы ANITA происходили от постоянного потока восходящих ливней, Auger должен был зарегистрировать **много** событий — примерно от 34 до 69 для одного правдоподобного энергетического спектра и

не менее примерно 8 даже при намеренно консервативных предположениях. Он нашёл одно, совместимое с фоном. Авторы называют это «сильным несоответствием» интерпретации через восходящие ливни.

Что это, вероятно, означает

Необнаружение такого масштаба — не пустой результат. Если бы события ANITA происходили от реальной популяции частиц из этих направлений — обычных тау-нейтрино или гипотетических новых частиц, предложенных для их объяснения, — длительная экспозиция Auger должна была дать заметное число событий. Не дала. Это фактически исключает объяснение через «диффузный поток восходящих ливней» — категорию, в которую попадает большинство идей за пределами Стандартной модели, — если не вводить специально подобранные особые условия.

Остаются объяснения, которые *не* являются потоком частиц, порождающих ливни: чаще всего обсуждают необычный эффект отражения или распространения радиоволн во льду и геометрии вблизи горизонта, а также инструментальный или аналитический артефакт. Ни одно из них не подтверждено. Поэтому честный итог таков: самая захватывающая интерпретация получила серьёзный удар, а причина всё ещё неизвестна.

Чего это *не* доказывает

- Это **не** определяет, чем являются два импульса. «Сильно не поддерживает новую физику» не значит «проблема решена».
- Это **не** подтверждает обычную причину. Один из ведущих кандидатов — отражение из-под поверхности Антарктиды — остаётся гипотезой, а не результатом.
- Это **не** обнаружение чего-то «из-под льда» в буквальном смысле. Антенны ANITA висят на аэростате *над* Антарктидой; «снизу» описывает реконструированное направление прихода радиоимпульса, а не звук, голос или что-то, излучаемое изнутри льда.
- Это **не** поддерживает утверждение о подтверждённой новой частице. Самая распространённая вирусная версия истории движется в противоположную от данных сторону.

Насколько сильны доказательства?

Умеренные — и именно так их следует описывать.

- Интерес к физике за пределами Стандартной модели фактически опирается на **два**

события из двух полётов ANITA.

- Эта статья — **нулевой результат**: очень полезный для исключения возможностей, но он не может сказать, чем события *являются*.
- Исключение количественное и сильное — ожидалось десятки событий, наблюдалось одно фоновое, — но оно относится к интерпретации через «поток восходящих ливней», а не ко всем мыслимым причинам.
- Ведущее обычное объяснение — приповерхностное отражение — правдоподобно, но не доказано; некоторые другие альтернативы, включая определённые модели переходного излучения, были ослаблены другими работами.
- Ни один эксперимент независимо не воспроизвёл исходную аномалию.

Это жёсткое ограничение, наложенное на маленькую и упрямую загадку, — не открытие.

Почему это важно

Предлагаемые объяснения доходили до экзотических новых частиц. Вместо того чтобы гоняться за самым эффективным, область сделала неэффективную вещь: проверила идею на независимом и гораздо более крупном детекторе — и данные сказали «нет». Более крупный и чувствительный преамп, PUEO, строят, чтобы посмотреть ещё раз.

Аномалия вполне может оказаться обыденной. Это не сделает историю провалом. Сужать пространство объяснений непонятного измерения до тех пор, пока оно либо не растворится, либо не вынудит к настоящему открытию, *и есть* научная работа — и именно поэтому за ней стоит следить, пока честный ответ остаётся: «мы не знаем».

Краткий итог

Два радиоимпульса, зарегистрированные ANITA во время полётов над Антарктидой в 2006 и 2014 годах, имеют направления прихода круто из-под горизонта, которые трудно объяснить в рамках Стандартной модели. Специальный поиск 2025 года в Pierre Auger Observatory нашёл лишь одно событие-кандидат, совместимое с фоном, тогда как при гипотезе потока восходящих ливней ожидалось десятки. Это сильно ослабляет экзотическое объяснение через «новую частицу» и направляет внимание на эффекты отражения, распространения радиоволн или инструментальную особенность ANITA — но истинная причина всё ещё неизвестна. Не подтверждённая новая частица и не таинственный сигнал изнутри льда.

Проверка без прикрас

Что показывает статья: слепой поиск Pierre Auger за 2004–2018 годы восходящих атмосферных ливней нашёл одного кандидата, совместимого с ожидаемым фоном космических лучей в 0.27 события. Если бы аномалии ANITA происходили от потока таких ливней, Auger должен был увидеть примерно 34–69 событий или как минимум около 8 при консервативных предположениях. Это сильно не поддерживает интерпретацию через восходящий ливень, включая сценарии «новых частиц» за пределами Стандартной модели.

Что правдоподобно, но не доказано: эффект отражения или распространения радиоволн возле льда и горизонта либо инструментальный/аналитический артефакт, специфичный для ANITA.

Чего это не показывает: что события вызваны новой частицей; что это сигналы из-под льда; что здесь есть что-то паранормальное, искусственное или слышимое; что причина теперь известна.

Основные ограничения: интерес к физике за пределами Стандартной модели опирается примерно на два события; это нулевой результат, который ограничивает, но не идентифицирует; исключение относится конкретно к интерпретации «поток ливней»; независимого воспроизведения исходной аномалии нет.

Насколько уверен может быть обычный читатель? Высокая уверенность в том, что это *не* подтверждённая новая частица и *не* сигнал изнутри льда, а экзотическая интерпретация через поток теперь сильно ослаблена. Низкая уверенность относительно истинной причины, которая остаётся открытой. Правильная позиция — интерес к нерешённой аномалии, у которой, вероятнее всего, окажется обычное объяснение.

Источники

Phys. Rev. Lett. 134, 121003 (2025)

<https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.134.121003>

Original ANITA-I event (Gorham et al. 2016)

<https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.117.071101>

Original ANITA-III event (Gorham et al. 2018)

<https://arxiv.org/abs/1803.05088>

Subsurface-reflection explanation (Shoemaker et al. 2020)

<https://arxiv.org/abs/1905.02846>

PUEO successor instrument — white paper (2021)

<https://arxiv.org/abs/2010.02892>