



The CLEAN PAPER

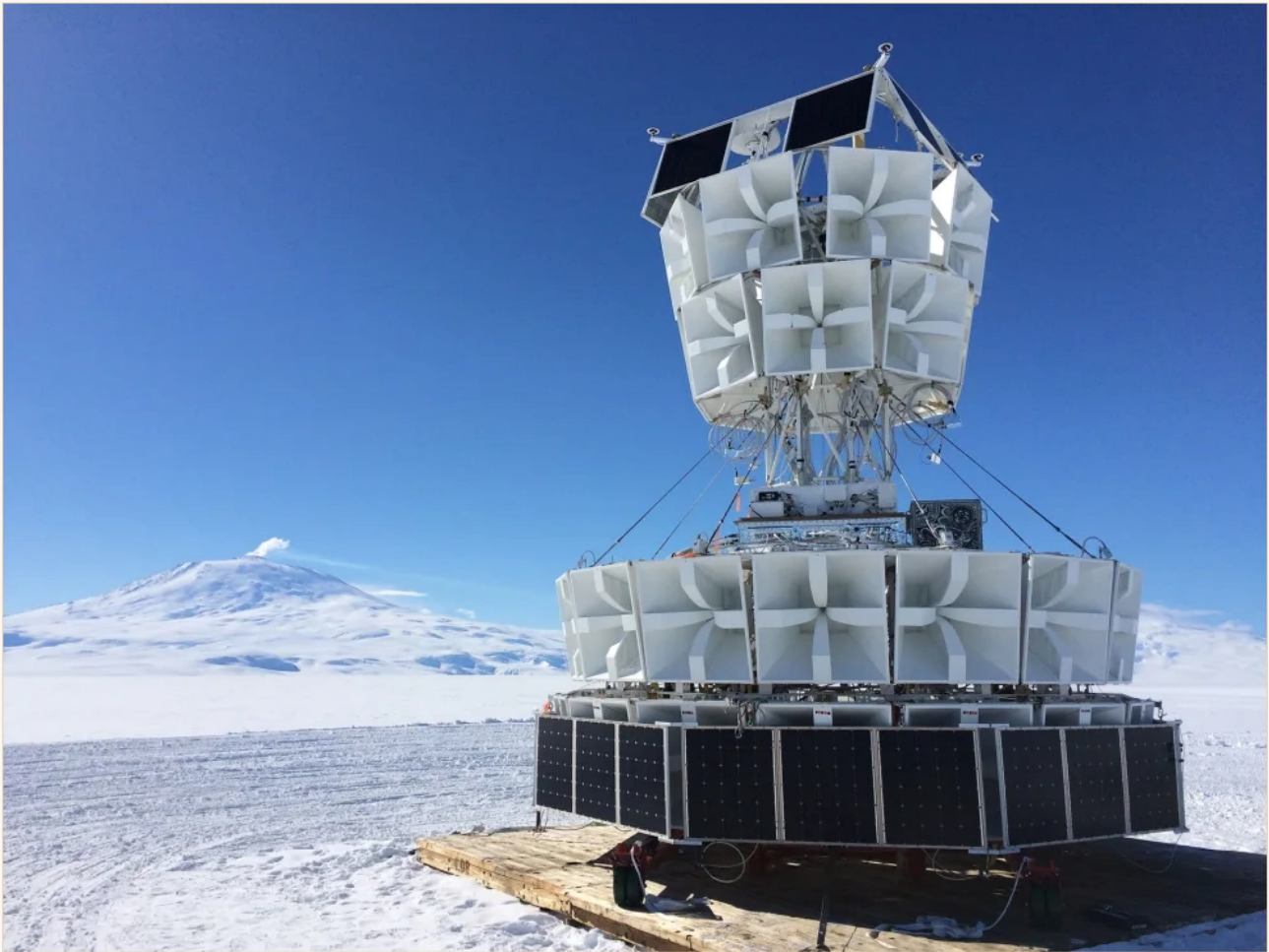
WHAT THE PAPER SAYS · WHAT IT DOESN'T · WHY IT MATTERS

Два аномальні радіоімпульси над Антарктидою залишаються незрозумілими — а пояснення через «нову частинку» втрачає підтримку

Два незвичні радіоімпульси, давно зафіксовані аеростатним антарктичним експериментом, усе ще не мають загальноприйнятого пояснення; спеціальний пошук Pierre Auger не знайшов слідів каскадів, які мали б супроводжувати таку інтерпретацію, роблячи екзотичне пояснення через «нову частинку» значно менш імовірним, але залишаючи саму аномалію нерозв'язаною.

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 антен ANITA спрямовані вниз, на антарктичний лід, і встановлені на гондолі заввишки близько 25 футів.

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

Аеростат, лід і два імпульси знизу

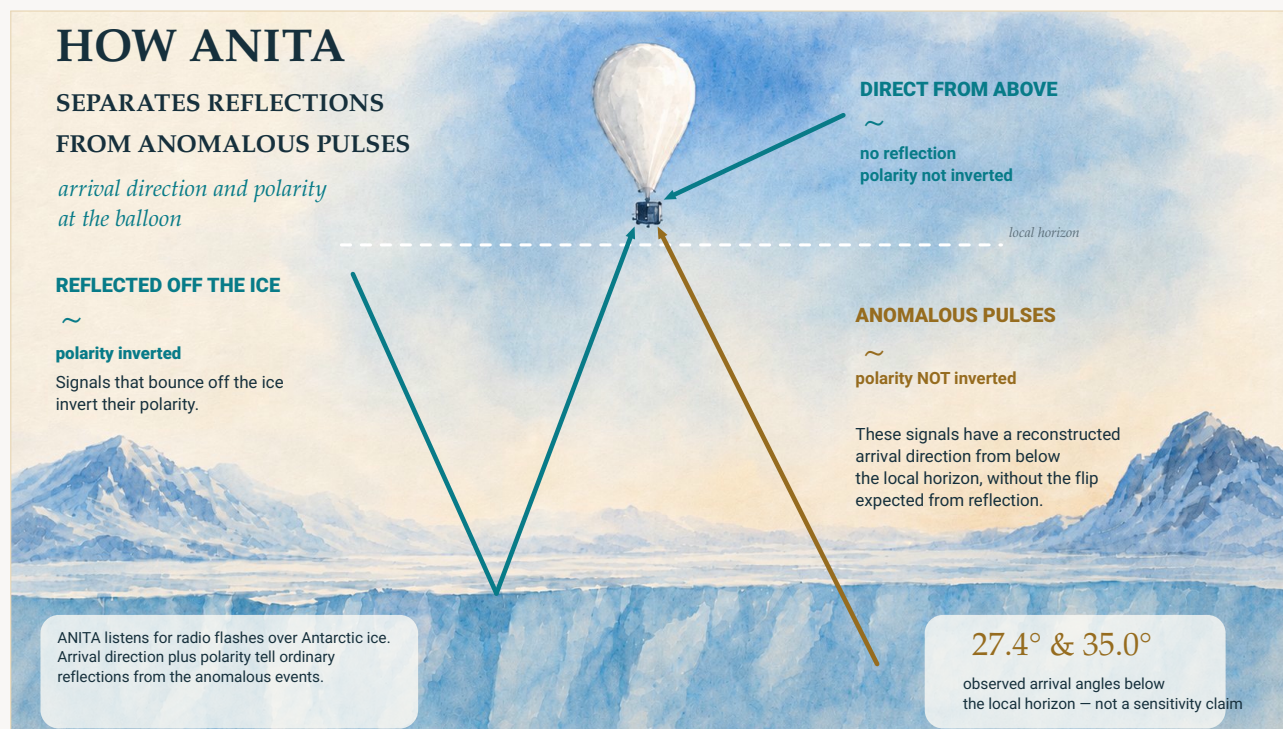
Більшу частину свого робочого життя Antarctic Impulsive Transient Antenna — ANITA — висить під аеростатом NASA на висоті трохи понад тридцять кілометрів і тижнями дрейфує над найпорожнішим місцем на Землі, слухаючи.

Вона слухає радіосигнали з космосу. Коли частинка дуже високої енергії — космічний промінь або нейтрино — врізається в атмосферу чи лід, вона породжує каскад дрібніших частинок, а цей каскад випускає короткий спалах радіовипромінювання. Антарктида майже ідеальна для їх реєстрації: кілометри чистого холодного льоду, крізь який радіохвилі проходять майже як крізь скло, і сотні кілометрів без нічого, що захаращувало б сигнал. Завдання ANITA — зловити ці спалахи й за їхньою формою та часом зрозуміти, що їх створило.

Більшість сигналів поводить ся слухняно. Деякі спалахи приходять прямо згори. Значно більше ковзають по льоду, відбиваються й повертаються до антени — і

мають характерну ознаку: відбиття перевертає хвилю догори дригом, тобто змінює *полярність* сигналу. Фізики впізнають це майже з першого погляду. Так відрізняють відбиття від прямого сигналу.

Двічі прийшло щось, що порушило цей патерн.



На висоті аеростата імпульс, що приходить прямо згори, має незмінену полярність, а відбитий від льоду — перевернутий, що є звичайною ознакою відбиття. Два аномальні імпульси натомість мають *реконструйований* напрямок приходу круто з-під місцевого горизонту — але без такого перевертання там, де відбиття мало б його створити. «Знизу» тут описує напрямок приходу сигналу, а не частинку, яка буквально вилізла із Землі.

Original hybrid diagram — The Clean Paper CC BY 4.0

Під час одного польоту 2006 року й іншого 2014-го ANITA зафіксувала імпульс, що надходив круто з-під горизонту — відповідно на 27,4° і 35,0° нижче нього — наче сигнал піднявся з континенту, і при цьому без інверсії. Отже, не відбиття. Щось нібито справді рухалося вгору, з льоду до аеростата.

Ось чому це майже скандально для фізики. Щоб досягти антени під таким крутим висхідним кутом, те, що породило імпульс, мало пройти вгору крізь тіло планети — шість або сім тисяч кілометрів суцільної породи. Майже ніщо так не може. Єдина відома частинка, яка проходить крізь звичайну матерію так, ніби її майже немає, — нейтрино; воно здатне пролетіти крізь уся Землю майже не помітивши її. Тож природна ідея така: нейтрино пройшло крізь породу, зіткнулося з атомом прямо під льодом і породило каскад частинок, що понісся вгору, а ANITA спіймала його радіоспалах. Проблема в повороті сюжету: нейтрино з достатньою енергією, щоб створити *такий* сигнал, насправді вже занадто легко поглинається. У такій товщі породи воно мало б бути зупинене багато разів. А потік нейтрино настільки сильний,

щоб два з них усе-таки пройшли, мав би проявитися у величезних детекторах, спеціально побудованих для їх пошуку. Жодне акуратне пояснення не закривало всі кінці.

Тому два імпульси залишилися лежати в даних і відмовлялися поводитися. Не відкриття — два випадки ніколи не є відкриттям, — але й не ніщо. Справжня аномалія: цікава саме тому, що ніхто не міг сказати, чи це тріщина в Стандартній моделі фізики, чи лише примха льоду, антени або обчислень.

Саме тут певний тип популярного переказу хапається за слово *таємничий*, приглушує світло й питає, що може жити під Антарктидою. Не варто. Справжнє питання ніколи не було *яке чудовисько ховається в льоді*. Воно було терплячим і неефективним — тим, що насправді рухає науку вперед: **як це перевірити?**

Що зробили автори

Є прямий спосіб перевірити захоплені пояснення. Якщо імпульси ANITA походять від реального, повторюваного потоку висхідних каскадів — чи то звичайних тау-нейтрино, чи запропонованої нової частинки, — достатньо великий детектор, який шукає саме такі події, має зловити свою частку.

Pierre Auger Observatory в Аргентині — найбільший у світі детектор космічних променів — добре підходить для такої перевірки. За допомогою Fluorescence Detector колаборація шукала висхідні атмосферні каскади — події, що приходять знизу, із зенітними кутами понад 110° та енергіями понад 0,1 EeV — у даних 2004–2018 років. Важливо, що всі критерії відбору були зафіксовані до перегляду повного набору даних — це «сліпий» аналіз, тож результат не можна було непомітно підганяти під бажану відповідь.

Що вони виявили

Після розкриття даних залишилася **одна** кандидатна подія — повністю сумісна з очікуваними 0.27 ± 0.12 випадками звичайних космічних променів, які іноді помилково реконструюються як висхідні. Іншими словами, справжнього висхідного сигналу не видно; є лише той невеликий фон, який і мав бути.

Сила результату — в порівнянні. Якби імпульси ANITA походили від сталого потоку висхідних каскадів, Auger мав би зафіксувати **багато** подій — приблизно від 34 до 69 для одного правдоподібного енергетичного спектра й щонайменше близько 8 навіть за навмисно консервативних припущень. Він знайшов одну, сумісну з фоном. Автори називають це «сильною невідповідністю» інтерпретації через висхідні каскади.

Що це, ймовірно, означає

Невиявлення такого масштабу не є порожнім результатом. Якби події ANITA походили від реальної популяції частинок із цих напрямків — звичайних тау-нейтрино чи гіпотетичних нових частинок, запропонованих для їх пояснення, — довга експозиція Auger мала б дати помітну кількість подій. Не дала. Це фактично виключає пояснення через «дифузний потік висхідних каскадів» — категорію, до якої потрапляє більшість ідей за межами Стандартної моделі, — якщо не вводити штучно підібрані спеціальні умови.

Залишаються пояснення, які *не* є потоком частинок, що породжують каскади: найчастіше обговорюють особливий ефект відбиття або поширення радіохвиль у льоді та геометрії поблизу горизонту, а також інструментальний чи аналітичний артефакт. Жодне не підтверджено. Тож чесний підсумок такий: найзахопливіша інтерпретація отримала серйозний удар, а причина все ще невідома.

Чого це не доводить

- Це **не** визначає, чим є два імпульси. «Сильно не підтримує нову фізику» не означає «проблему розв'язано».
- Це **не** підтверджує буденну причину. Один із провідних кандидатів — відбиття з-під поверхні Антарктиди — залишається гіпотезою, а не результатом.
- Це **не** виявлення чогось «з-під льоду» в буквальному сенсі. Антени ANITA висять на аеростаті *над* Антарктидою; «знизу» описує реконструйований напрямок приходу радіоімпульсу, а не звук, голос чи щось, що випромінюється зсередини льоду.
- Це **не** підтримує твердження про підтверджену нову частинку. Найпоширеніша вірусна версія історії рухається в протилежний бік від даних.

Наскільки сильні докази?

Помірні — і саме так їх слід описувати.

- Інтерес до фізики за межами Стандартної моделі спирається фактично на **дві** події з двох польотів ANITA.
- Ця стаття — **нульовий результат**: дуже корисний для виключення можливостей, але він не може сказати, чим події є.
- Виключення кількісне й сильне — очікувалися десятки подій, спостерігалася одна фоноподібна, — але воно стосується інтерпретації через «потік висхідних каскадів», а не всіх мислимих причин.
- Провідне буденне пояснення — приповерхнєве відбиття — правдоподібне, але не

доведене; деякі інші альтернативи, зокрема певні моделі перехідного випромінювання, були ослаблені іншими роботами.

- Жоден експеримент незалежно не відтворив початкову аномалію.

Це гостре обмеження, накладене на маленьку й уперту загадку, — не відкриття.

Чому це важливо

Запропоновані пояснення доходили аж до екзотичних нових частинок. Замість того щоб ганятися за найефектнішим, галузь зробила неефектну річ: перевірила ідею на незалежному й набагато більшому детекторі — і дані сказали «ні». Більший і чутливіший наступник, PUEO, будують, щоб подивитися ще раз.

Аномалія цілком може виявитися буденною. Це не зробить історію провалом. Звужувати незрозуміле вимірювання доти, доки воно або розчиниться, або змусить до справжнього відкриття, і є науковою роботою — і саме тому за нею варто стежити, поки чесна відповідь залишається: «ми не знаємо».

Короткий підсумок

Два радіоімпульси, зафіксовані ANITA під час польотів над Антарктидою у 2006 і 2014 роках, мають напрямки приходу круто з-під горизонту, які важко пояснити в межах Стандартної моделі. Спеціальний пошук 2025 року в Pierre Auger Observatory знайшов лише одну кандидатну подію, сумісну з фоном, тоді як за гіпотези потоку висхідних каскадів очікувалися десятки. Це сильно послаблює екзотичне пояснення через «нову частинку» й спрямовує увагу до ефекту відбиття, поширення радіохвиль або інструментальної особливості ANITA — але справжня причина все ще невідома. Не підтверджена нова частинка й не таємничий сигнал ізсередини льоду.

Твереза оцінка

Що показує стаття: сліпий пошук Pierre Auger за 2004–2018 роки для висхідних атмосферних каскадів знайшов одного кандидата, сумісного з очікуваним фоном космічних променів у 0,27 події. Якби аномалії ANITA походили від потоку таких каскадів, Auger мав би побачити приблизно 34–69 подій або щонайменше близько 8 за консервативних припущень. Це сильно не підтримує інтерпретацію через висхідний каскад, включно зі сценаріями «нових частинок» за межами Стандартної моделі.

Що правдоподібно, але не доведене: ефект відбиття чи поширення радіохвиль

поблизу льоду та горизонту або інструментальний/аналітичний артефакт, специфічний для ANITA.

Чого це не показує: що події спричинені новою частинкою; що це сигнали з-під льоду; що тут є щось паранормальне, штучне або чутне; що причина тепер відома.

Основні обмеження: інтерес до фізики за межами Стандартної моделі спирається приблизно на дві події; це нульовий результат, який обмежує, але не ідентифікує; виключення стосується конкретно інтерпретації «потік каскадів»; незалежного відтворення початкової аномалії немає.

Наскільки впевненим може бути звичайний читач? Висока впевненість, що це *не* підтверджена нова частинка й *не* сигнал ізсередини льоду, а екзотична інтерпретація через потік тепер сильно послаблена. Низька впевненість щодо справжньої причини, яка залишається відкритою. Правильна позиція — цікавість до нерозв'язаної аномалії, яка найімовірніше має буденне пояснення.

Джерела

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>