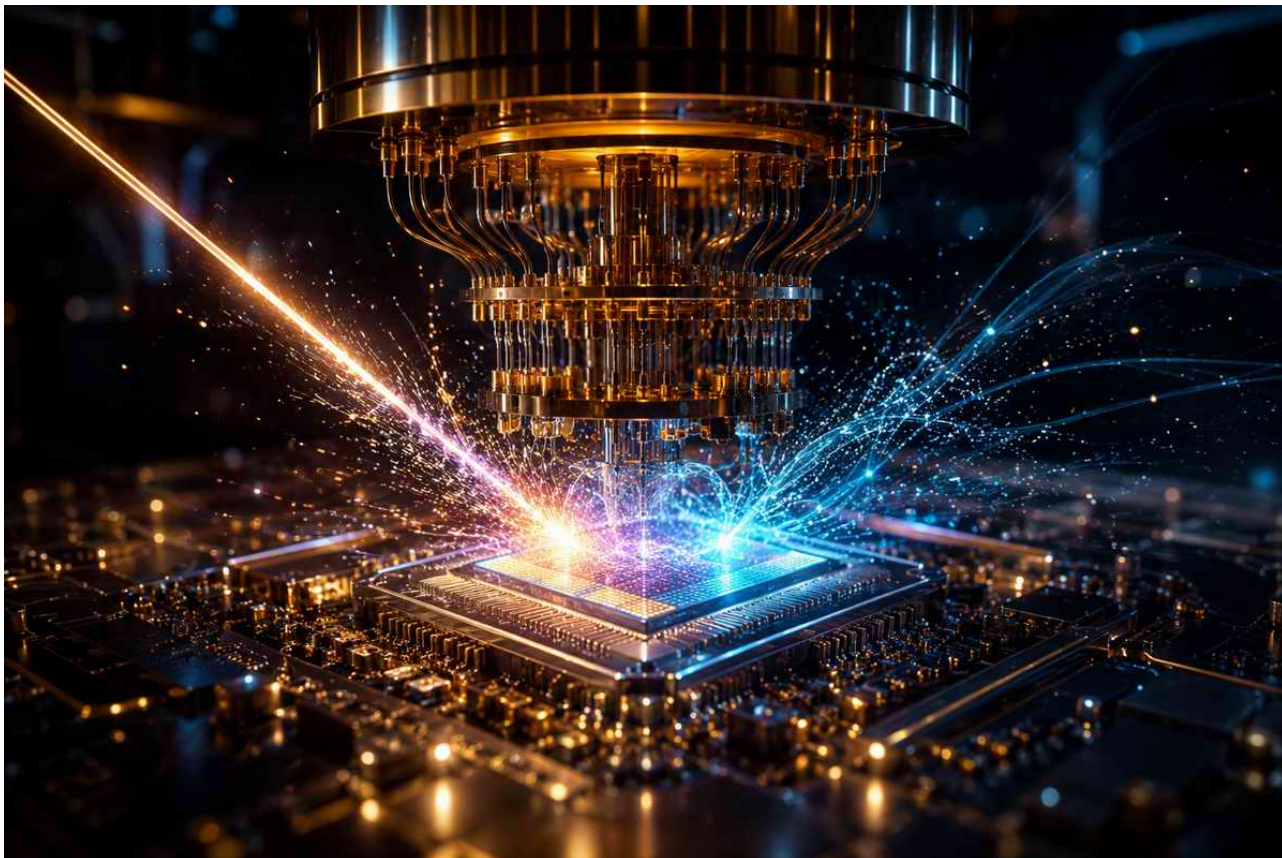


## Скрытая ошибка квантовых компьютеров раскрыта: как излучение нарушает работу кубитов



Дата публикации: 07.05.2026

Сверхпроводящие квантовые компьютеры считаются одной из самых перспективных технологий вычислений, однако их развитие долгое время сдерживалось труднообъяснимыми ошибками, возникающими даже при наличии встроенных механизмов защиты. Новое исследование, опубликованное в *Physical Review X*, проливает свет на природу этих сбоев и предлагает более точное понимание того, как внешние физические факторы влияют на стабильность квантовых систем.

Одним из ключевых источников ошибок оказалось ионизирующее излучение, поступающее из окружающей среды и космического пространства. Когда высокоэнергетические частицы взаимодействуют с подложкой квантового чипа, обычно выполненной из кремния, они вызывают образование квазичастиц, способных нарушать работу кубитов. Эти квазичастицы распространяются по сверхпроводящему материалу и вмешиваются в квантовые состояния, приводя к ошибкам в вычислениях.

Ранее для защиты от подобных воздействий применялся метод, известный как инженерия энергетической щели. Он предполагает создание барьеров в сверхпроводящем материале, которые должны препятствовать проникновению квазичастиц в чувствительные области кубитов. Несмотря на эффективность этого подхода, полностью устранить проблему не удавалось: наблюдались так называемые всплески ошибок, одновременно затрагивающие большое количество кубитов, что указывало на наличие неизвестного механизма.

Для более детального анализа исследователи из Google Quantum AI разработали специальный протокол измерений, позволяющий отслеживать поведение кубитов в реальном времени. Используя 72-кубитный процессор Willow, они проводили частые измерения с интервалом в несколько микросекунд, фиксируя моменты возникновения сбоев и анализируя их структуру.

Результаты показали, что даже при наличии энергетических барьеров квазичастицы могут вызывать новый тип ошибки, не связанный напрямую с проникновением в кубиты. Вместо этого они влияют на частоту колебаний кубитов, вызывая ее смещение до нескольких мегагерц. Это приводит к рассинхронизации между кубитами и управляющими микроволновыми импульсами, в результате чего возникают фазовые ошибки, представляющие собой некорректные изменения квантового состояния.

Особенность обнаруженного явления заключается в его коррелированном характере. Ошибки возникают не изолированно, а затрагивают сразу группы кубитов, что делает их особенно сложными для обнаружения и исправления. Именно такие коррелированные фазовые ошибки, как показало исследование, могут объяснять ранее наблюдаемый порог логической ошибки, при котором дальнейшее улучшение системы перестает давать результат.

Понимание природы этих ошибок имеет важное значение для развития квантовых вычислений. Оно позволяет пересмотреть подходы к коррекции ошибок и разработке архитектуры квантовых процессоров. В частности, исследователи предложили использовать дополнительные управляющие операции, известные как эхо-импульсы, которые компенсируют фазовые сдвиги и повышают устойчивость системы к внешним воздействиям.

Практическое значение открытия заключается в том, что оно устраняет одно из ключевых препятствий на пути масштабирования квантовых компьютеров. Более точное понимание механизмов ошибок позволяет создавать более надежные системы и приближает реализацию полноценных квантовых вычислений в реальных задачах.

В более широком контексте результаты подчеркивают важность учета внешних физических факторов при проектировании высокоточных вычислительных систем. Даже редкие события, такие как взаимодействие с космическим излучением, могут оказывать значительное влияние на работу квантовых устройств, что требует комплексного подхода к защите и коррекции ошибок, включающего материалы, архитектуру, алгоритмы, методы управления.

**Ссылка:** «Коррелированные вспышки фазовых ошибок в сверхпроводящем массиве кубитов с регулируемой шириной запрещенной зоны» DOI: [10.1103/1b14-b2f7](https://doi.org/10.1103/1b14-b2f7).