

Ледяная криптография - как пузырьки воздуха становятся носителями секретных сообщений

Дата публикации: 19.06.2025

Ученые из Пекинского технологического института разработали инновационный метод хранения информации с использованием структуры льда. Вдохновленные природными процессами образования воздушных пузырьков в ледниках, исследователи научились кодировать сообщения, контролируя форму и расположение газовых включений при замерзании воды. Этот подход особенно перспективен для экстремально холодных регионов, где традиционные методы хранения данных ненадежны или экономически нецелесообразны.

Технология основана на точном управлении процессом кристаллизации. Быстрое замораживание создает яйцевидные пузырьки, постепенное снижение температуры формирует игольчатые структуры, а чередование режимов позволяет создавать сложные слоистые конструкции. Для кодирования информации различные параметры пузырьков (размер, форма, положение) сопоставляются с символами двоичного кода или азбуки Морзе, причем двоичная система демонстрирует десятикратное преимущество по информационной плотности.

Процесс декодирования включает несколько этапов: фотографирование **ледяного** образца, преобразование в градации серого, автоматическое распознавание пузырьков специальным алгоритмом и финальную расшифровку сообщения. Точность метода достигает 98%, что делает его надежным средством хранения данных.

Потенциальные применения технологии разнообразны: создание маркировочных знаков в полярных регионах, новые методы резки льда для промышленности, исследования газообразования в металлургии, борьба с обледенением техники, создание художественных инсталляций со скрытыми посланиями. Особый интерес представляет долговременное хранение информации в естественных ледниках - такие "ледяные диски" не требуют энергии и могут сохранять данные столетиями.

Перспективы исследования включают изучение влияния различных газов на формирование пузырьков, разработку трехмерных моделей хранения, увеличение емкости носителей и упрощение декодирования. Эта работа демонстрирует, как фундаментальные исследования физических процессов могут привести к неожиданным практическим применениям, потенциально становясь частью систем аварийного хранения или "вечных" архивов в полярных

регионах.

Ключевые преимущества технологии: энергонезависимость, долговечность в холодном климате, скрытность передачи информации, устойчивость к электромагнитным помехам. В отличие от электронных носителей, ледяные сообщения не требуют специального оборудования для считывания - достаточно обычной фотокамеры и программного обеспечения. Метод также открывает новые возможности для изучения процессов кристаллизации и газообразования в различных материалах, от воды до металлических сплавов.

Ссылка: «Манипулирование пузырьками воздуха, захваченными во льду, для хранения сообщений в холодных регионах» DOI: [10.1016/j.xcrp.2025.102622](https://doi.org/10.1016/j.xcrp.2025.102622).