

Искусственный интеллект раскрыл скрытую сейсмическую активность Йеллоустона: более 86 тысяч землетрясений зафиксировано под супервулканом

Дата публикации: 23.07.2025

Йеллоустонская кальдера, один из самых узнаваемых супервулканов Земли, стала объектом новейшего научного открытия, полностью меняющего понимание её внутренней активности. Используя передовые методы машинного обучения, исследователи выявили более 86 000 ранее не зарегистрированных землетрясений в регионе — в десять раз больше, чем фиксировалось ранее. Эти данные существенно расширяют представление о сейсмической активности, происходящей на глубине, и открывают новые горизонты в изучении динамики земной коры.

Кальдера Йеллоустона, охватывающая части Вайоминга, Айдахо и Монтаны, сформировалась в результате катастрофического извержения, после которого опустошённая магматическая камера вызвала обрушение поверхности. Это образование представляет собой геологический аналог мощной энергетической батареи, содержащей нестабильную магму и сверхгорячие жидкости. Именно эти глубинные процессы и вызывают регулярные землетрясения, отражающие подповерхностные тектонические и гидротермальные изменения.

Исследование, опубликованное в журнале *Science Advances*, опирается на 15 лет архивных сейсмологических данных, собранных Геологической службой США. Применение алгоритмов глубокого обучения позволило обнаружить скрытые сигналы слабых и маломасштабных землетрясений, которые ранее были недоступны для анализа вручную. Особый интерес представляет характер зарегистрированных событий: свыше половины из них входят в так называемые сейсмические рои — группы взаимосвязанных землетрясений, которые возникают в ограниченных по размеру зонах и в течение короткого времени. Эти рои, в отличие от последовательностей афтершоков, указывают на иные механизмы происхождения, связанные, вероятно, с медленным движением жидкостей и напряжением в хрупких геологических структурах.

Авторы исследования также установили, что активность в Йеллоустоне происходит вдоль геологически «незрелых» линий разломов — то есть по структурам, ещё не стабилизировавшимся в зрелые тектонические формы. Это выявлено через фрактальный анализ землетрясений, позволяющий описывать пространственные закономерности в терминах самоподобия. Фрактальные

структуры, как известно, характерны для сложных природных систем — от береговых линий до сосудистых сетей. Их применение в геофизике позволяет не только описывать распределение землетрясений, но и интерпретировать их как проявление скрытых подповерхностных процессов.

Йеллоустоун, благодаря этим новым данным, предстает не просто как вулканическая зона повышенной активности, но как динамическая система, находящаяся в состоянии постоянного микроразрушения и переноса флюидов. Такие процессы могут иметь как локальные, так и глобальные последствия — от перераспределения термической энергии до возможного влияния на геотермальные системы, используемые для получения энергии. Понимание этих закономерностей важно не только для прогноза возможной активности супервулкана, но и для разработки безопасных подходов к эксплуатации геотермальных источников.

Кроме того, это исследование подчёркивает значение технологий ИИ в геонауках. Машинное обучение позволяет обрабатывать терабайты сейсмоданных и выявлять слабые, но структурно значимые сигналы. Это радикально повышает эффективность мониторинга в реальном времени и делает возможным создание более точных моделей прогноза сейсмической опасности. Примеры успешного применения ИИ уже стимулируют переоценку архивных сейсмических данных в других регионах мира, где могут быть скрыты аналогичные паттерны.

В случае Йеллоустона расширенный каталог землетрясений служит ключевым ресурсом для дальнейших исследований, позволяя количественно оценивать закономерности сейсмической миграции, взаимное влияние событий и энергетический вклад различных процессов. Эти знания становятся основой как для фундаментальной геофизики, так и для практической сейсмической безопасности, особенно в регионах с высокой плотностью населения и инфраструктуры.

Таким образом, Йеллоустон продолжает удивлять: под слоем гейзеров, красочных термальных источников и природной красоты скрывается сеть геологических взаимодействий, теперь значительно более понятная благодаря интеллектуальным алгоритмам. Это шаг вперёд не только в изучении супервулканов, но и в интеграции науки, данных и технологий для управления природными рисками и ресурсами будущего.

Ссылка: «Долгосрочная динамика групп землетрясений в кальдере Йеллоустона» DOI: [10.1126/sciadv.adv6484](https://doi.org/10.1126/sciadv.adv6484).