



Современные открытия в науках о Земле

Государственный
геологический музей
им. В.И. Вернадского РАН
Исхак Фархутдинов

Современные геологические открытия не только сугубо геологические

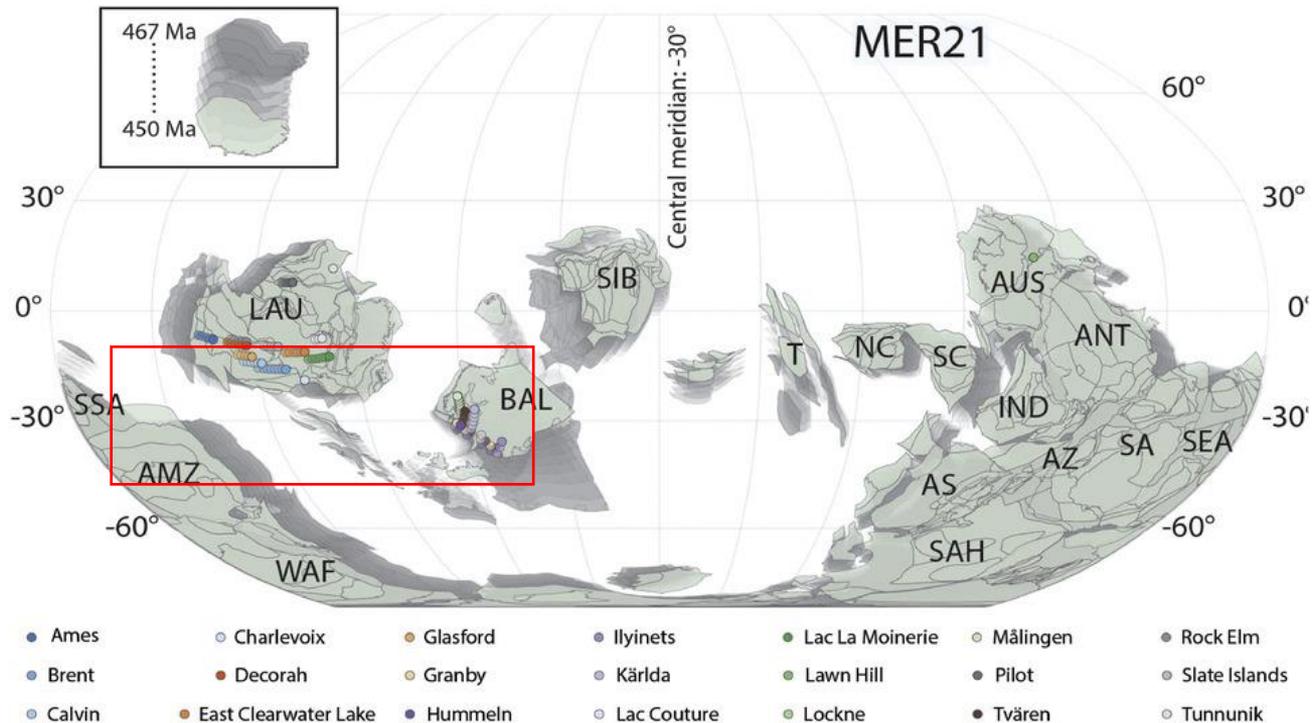


Как определили наличие колец у Земли 460 млн лет назад как у Сатурна:

- По анализу колец планеты, подобной Земле
- По расположению метеоритных кратеров
- По химическому анализу метеоритов
- По бурению сверхглубокой скважины



Расположение вдоль экватора метеоритных кратеров 467-450 млн лет назад



Как установили, откуда прилетел «динозавровый» метеорит:

- По размеру
- По изотопам рутения
- По форме кратера
- По дате падения



Рутений говорит о происхождении метеоритов

Концентрации изотопов рутения ^{100}Ru и ^{102}Ru зависят от **расстояния от Солнца до места формирования астероидов** в ранней Солнечной системе.

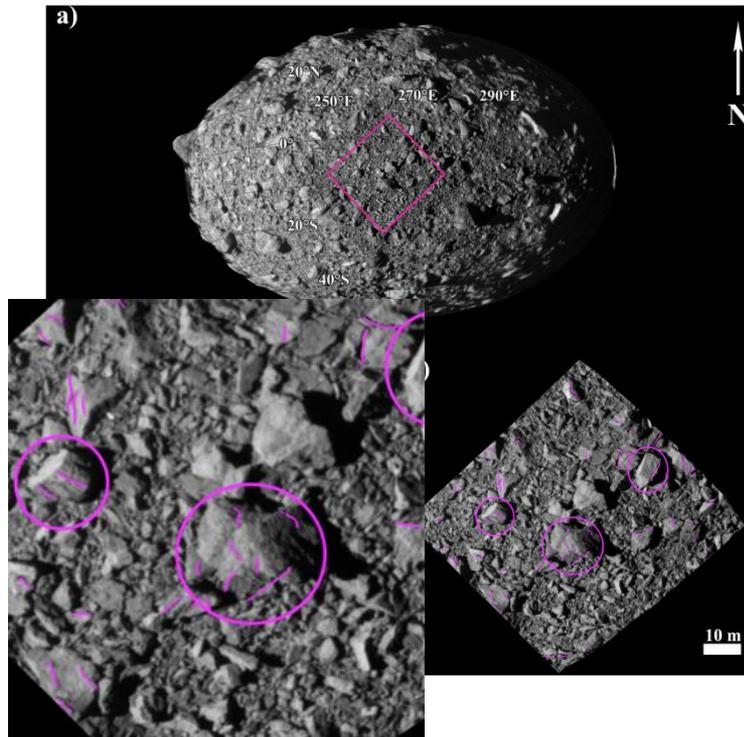
Анализировали образцы пород из границы мел-палеоген (66 млн лет). Их взяли в Дании, Италии и Испании: из 7 ударных структур, которые возникли 3,5 млрд – 36 млн лет назад.



Fischer-godde et al., 2024

Сеть трещин на валунах астероида Диморф сформировалась за счет

- Смены дня и ночи
- Падения других метеоритов
- Магнитных бурь на Солнце
- Влияния силы притяжения крупных планет – Юпитера, Сатурна и Нептуна



Космическое выветривание

Трещины обнаружены на валунах астероида **Диморф** – первое такое открытие для каменных астероидов. Они возникли из-за перепадов температуры во время смены дня и ночи.



NASA

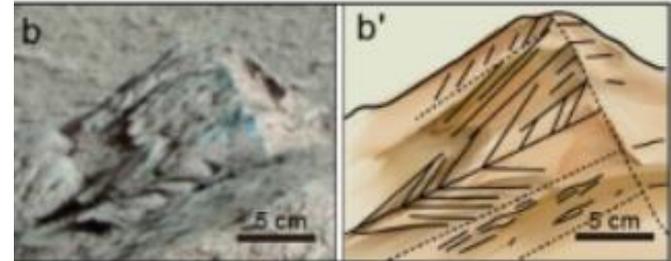
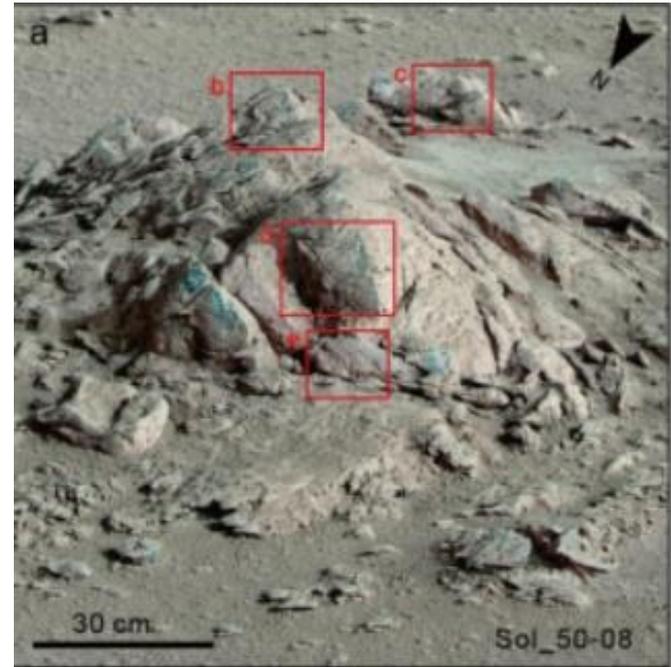
Это один из основных процессов космического выветривания, приводящий к образованию реголита - **космической коры выветривания**.



starcatalog.ru

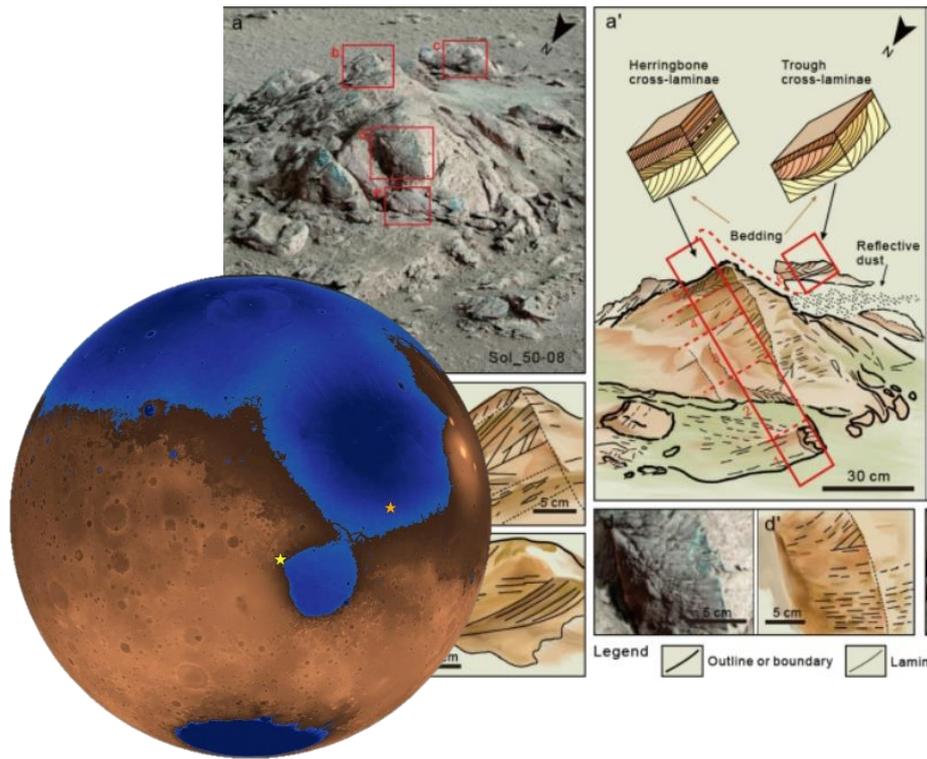
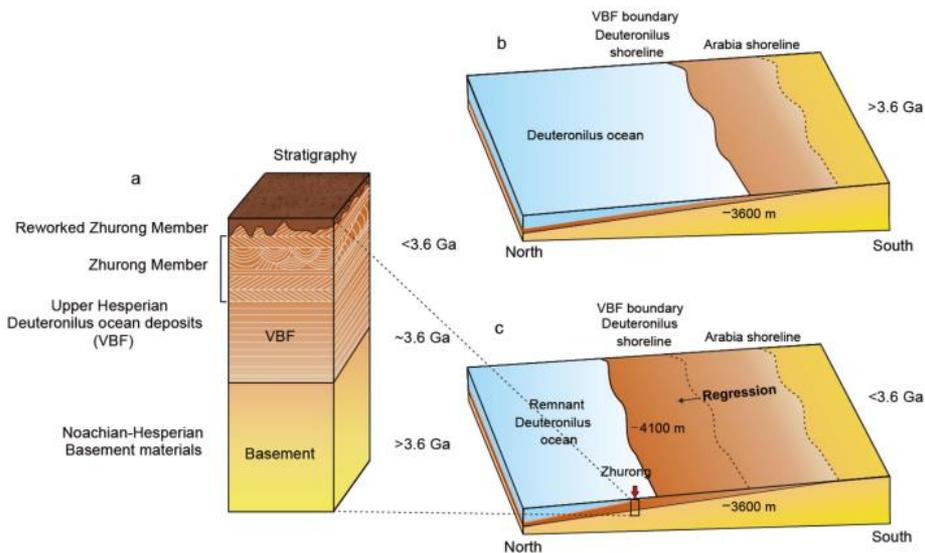
На фото

- Древний вулкан на Луне
- Следы береговой линии на Марсе
- Обломки метеорита на Меркурии
- Ископаемый динозавр на Земле



Марсианские «пляжи» возрастом 3 млрд лет

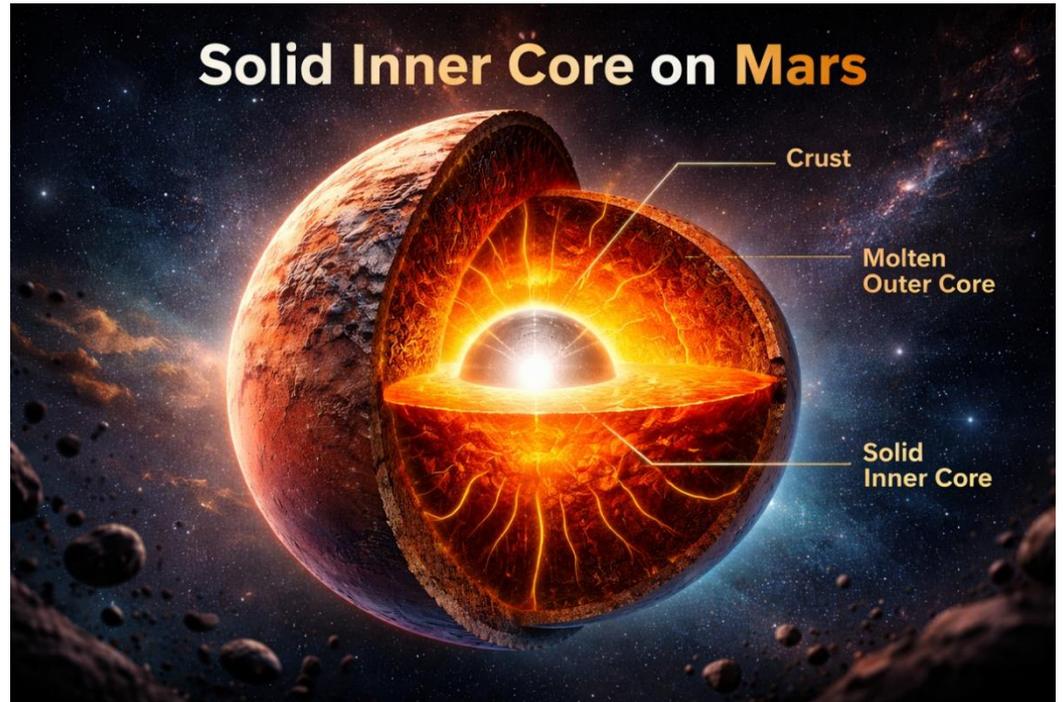
Марсоход «Чжужун» в 2023 г. обнаружил следы береговой линии северного марсианского океана, существовавшего 3 млрд лет назад



Long Xiao et al., 2023

Что помогло определить наличие твердого ядра на Марсе:

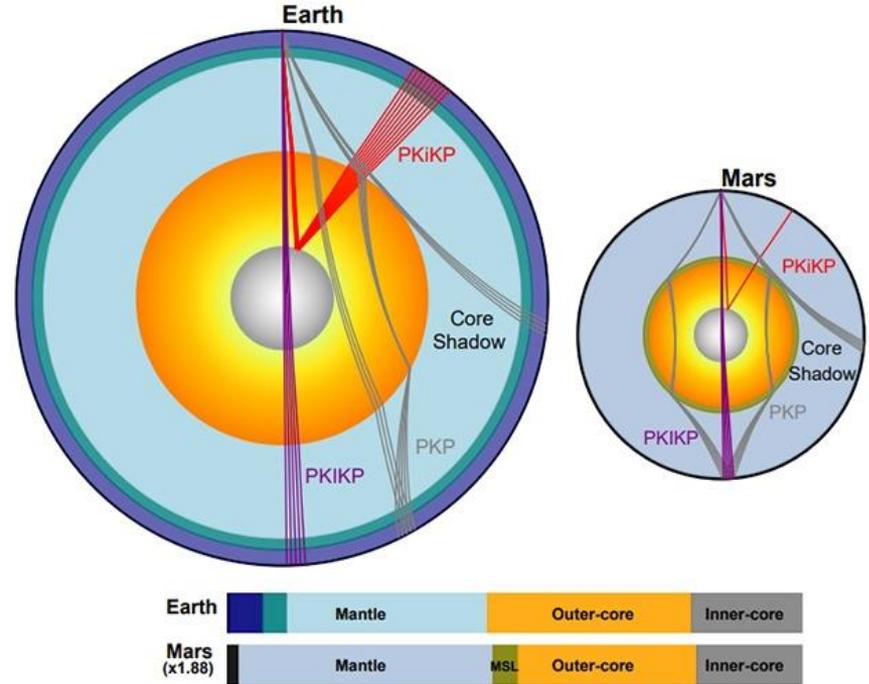
- Анализ марсотрясений
- Космический сканер
- Гиперспектральная съемка
- Взрывы на Марсе



Марсотрясения вскрыли глубины планеты

Открытие сделано на основе изучения марсотрясений - сейсмических волн, проходящих через недра планеты.

Анализ отражённых и преломлённых волн показал, что ядро Марса не полностью жидкое, как считалось ранее.



Астрономы определили взрыв сверхновой звезды 2,5 млн лет назад за счет

- Наблюдений в сверхмощном телескопе
- Математического моделирования
- Открытия нового типа волн
- Изучения осадков дна океана



NASA

Звёздная катастрофа в летописи океанского дна

Изотопы железа-60 были найдены в отложениях на океанском дне возрастом 2,5 миллиона лет.

Ряд редких изотопов, таких как железо-60 с периодом полураспада в 2,6 миллиона лет позволяет говорить о космических событиях.



Рекордно древние солнечные циклы были доказаны благодаря:

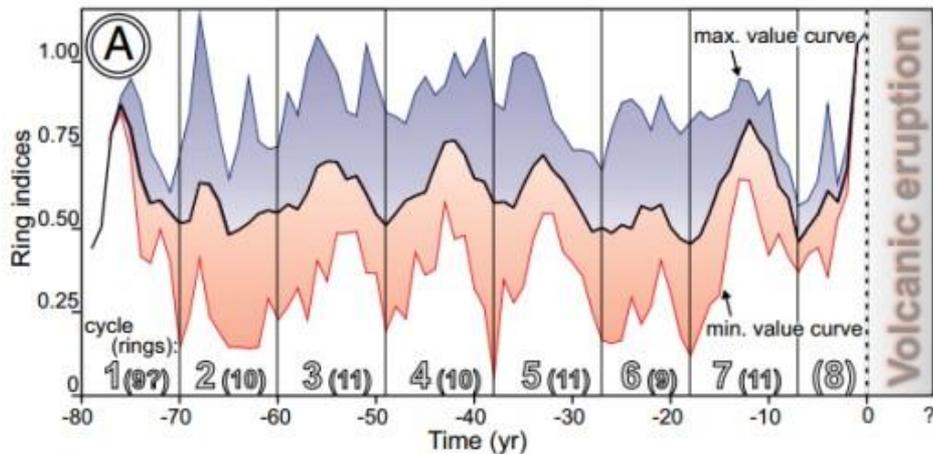
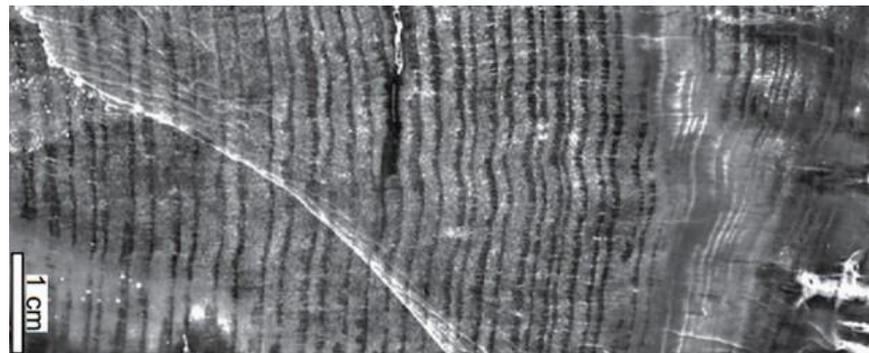
- Палеозойским деревьям
- Донным отложениям Тихого океана
- Анализу солнечной активности
- Исследованиям сопоставимой с Солнцем звезды



Пермские леса записали солнечную активность

Обнаружены свидетельства 11-летнего солнечного цикла активности в годовичных кольцах древних окаменелых деревьев возрастом ~290 млн лет (ранний пермский период)

Данные по 43 деревьям, 2000 колец за 79 лет



Как определили, откуда принесены камни для Стоунхеджа:

- По радиоизотопному и химическому анализу
- По направлению древней дороги от Стоунхеджа
- По иероглифам на камнях
- По записям в старинных книгах

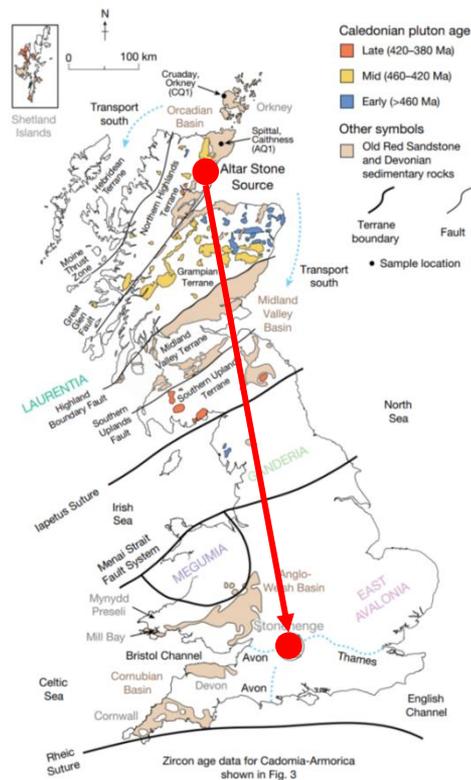


750 километров ради древнего календаря

- Возраст самой постройки 3 тыс. лет до н.э.
Возраст песчаника 470 млн лет
- Использовали уран-свинцовый метод определения возраста и химический анализ
- Аналогичные по возрасту и составу горных пород находятся в 750 км – в Шотландии.
- Камни доставляли по морю



Фото: Matt Cardy / Getty Images



Clarke et al., 2024

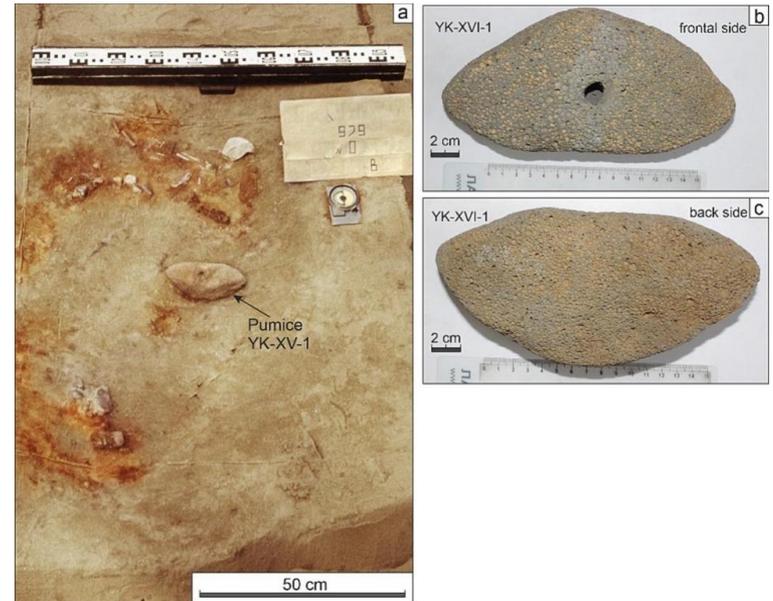
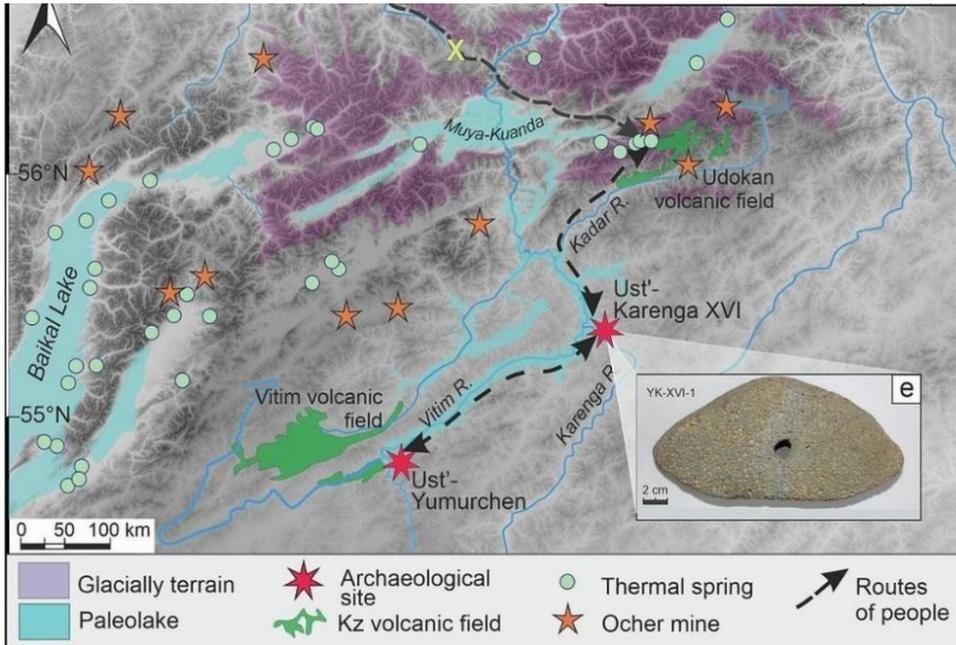
Какое расстояние готовы были пройти древние сибиряки 13 тысяч лет назад ради пемзы?

- 10 км
- 50 км
- 100 км
- 1000 км



Пемза как стратегический ресурс древности

Анализ пемзы из археологических памятников, расположенных в Забайкалье, показал, что **древние сибиряки преодолевали расстояние более чем в 1000 километров**, чтобы добыть этот материал



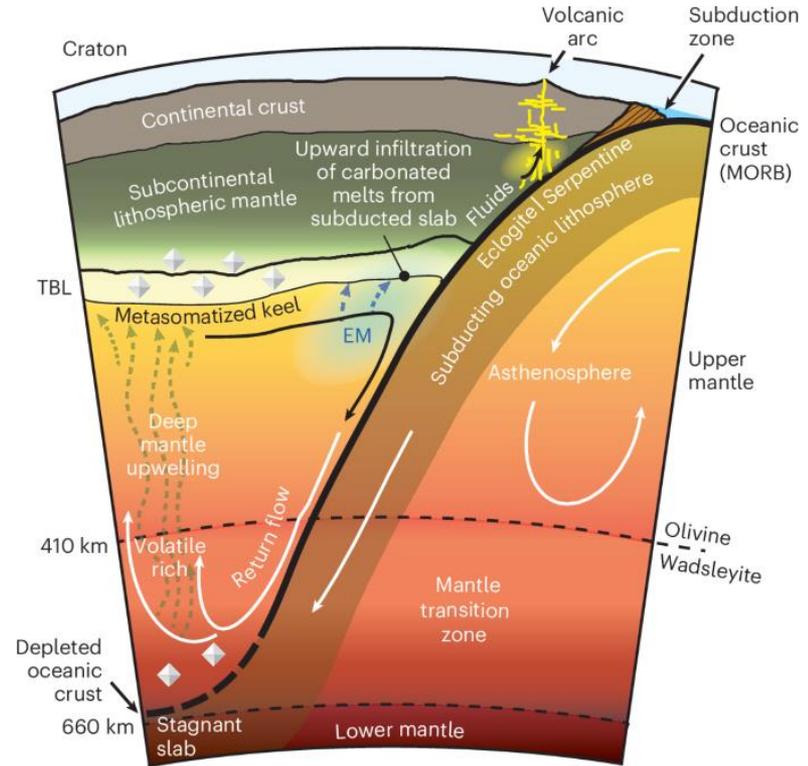
Новый открытый механизм разрушения континентов – это

- Разрушение под действием выветривания
- Разрушение под действием рек
- Отслоение на границе кора-мантия
- Поглощение в зонах субдукции



Континенты распадаются глубже, чем мы думали

Континенты не только расходятся по поверхности, но и **медленно отшелушиваются** от своей «глубокой коры», отправляя куски материковой коры в мантии под океанами



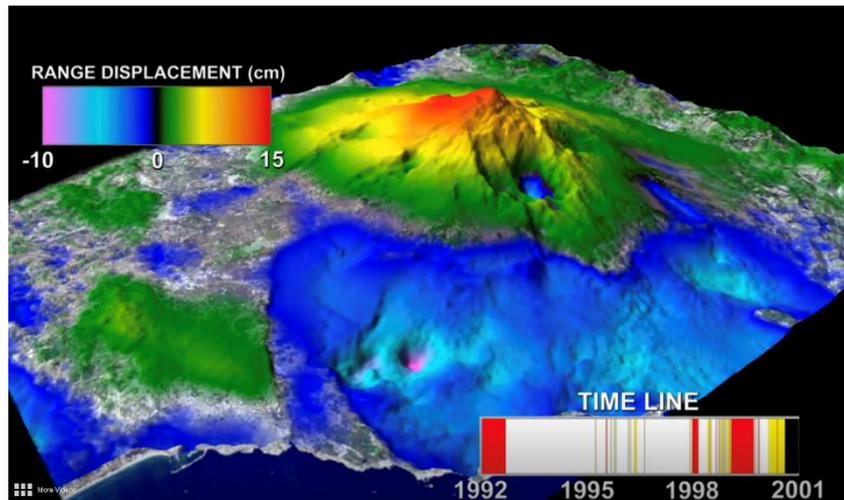
Скрытый «кольцевой разлом» у вулкана Campi Flegrei в Италии был обнаружен благодаря:

- Горным выработкам
- Новому извержению
- Искусственному интеллекту
- Сверхглубокой скважине

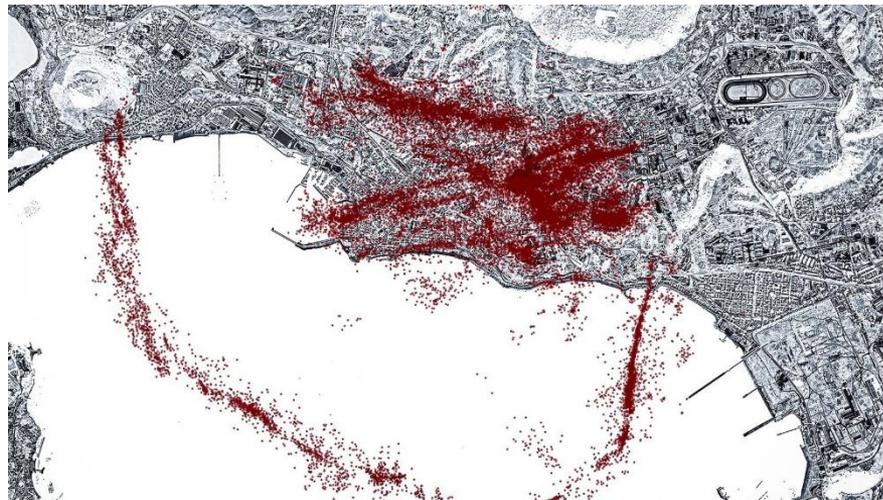


ИИ увидел то, что не замечали сейсмологи

AI выявил тысячи ранее не зафиксированных небольших землетрясений и на их основе **реконструировал структуру недр.**



Модель обнаружила кольцевой разлом, который ранее не был замечен традиционными методами анализа.



Будущее геологии

Главные открытия
рождаются на стыке
дисциплин

Будущее отрасли
за междисциплинарными
командами

**Кто управляет данными –
управляет недрами**



Спасибо за внимание

