

Скорость формирования Сибирской трапповой вулканической провинции (Норильский регион, Тунгусская синеклиза) и проблема массовых вымираний в истории планеты

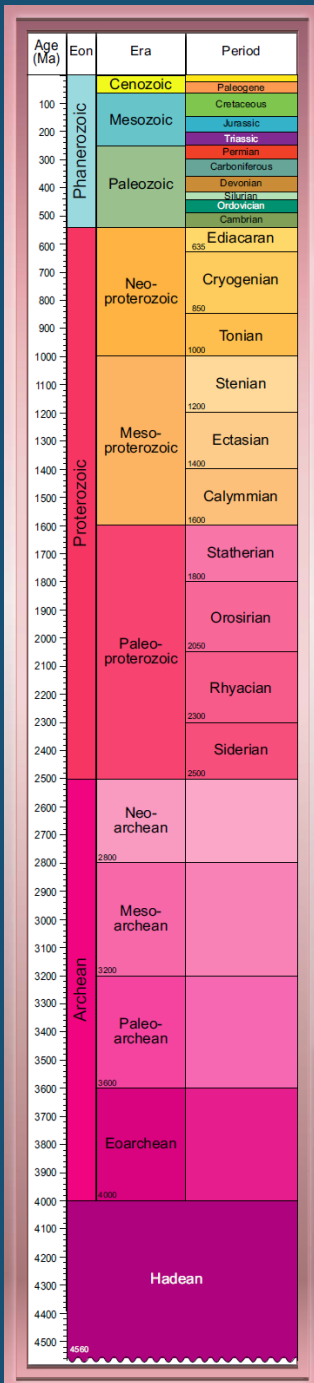


В. Павлов

ИФЗ РАН

ФАНЕРОЗОЙ

КРИПТОЗОЙ



КЕМБРИЙСКИЙ ВЗРЫВ ЖИЗНИ

Эдиакарская фауна

эукариоты
МНОГОКЛЕТОЧНЫЕ
водоросли, грибы

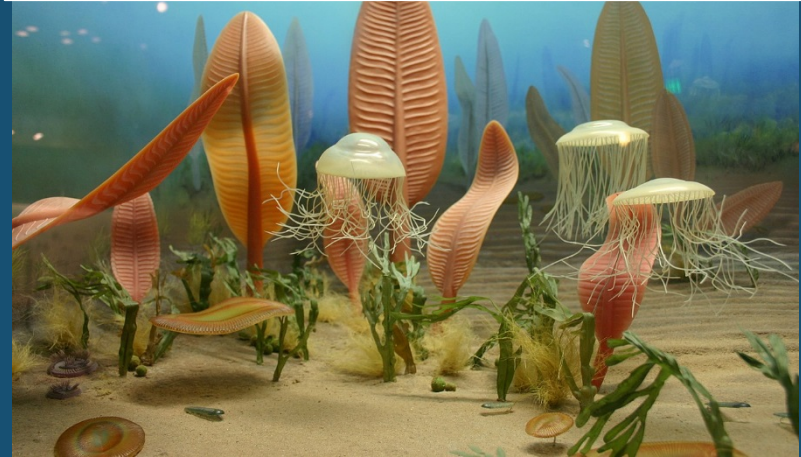
прокариоты
ОДНОКЛЕТОЧНЫЕ
бактерии

Первые явные следы

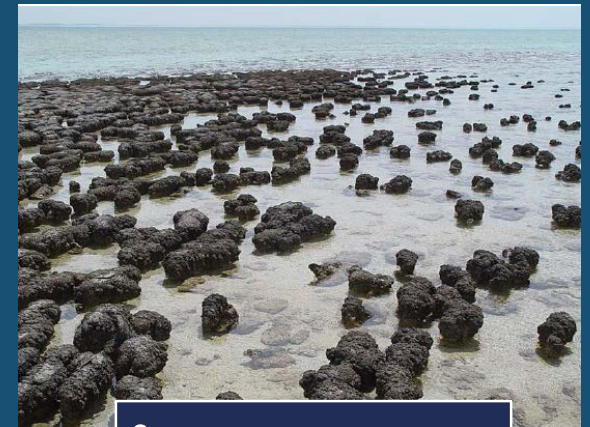
Первые следы жизни

Формирование планеты

Эдиакарская фауна – первые(?) животные, бесскелетные, червеобразные, медузообразные, не имеющие аналогов...



Строматолиты, формации Дрессер, Австралия, 3.5 Ga

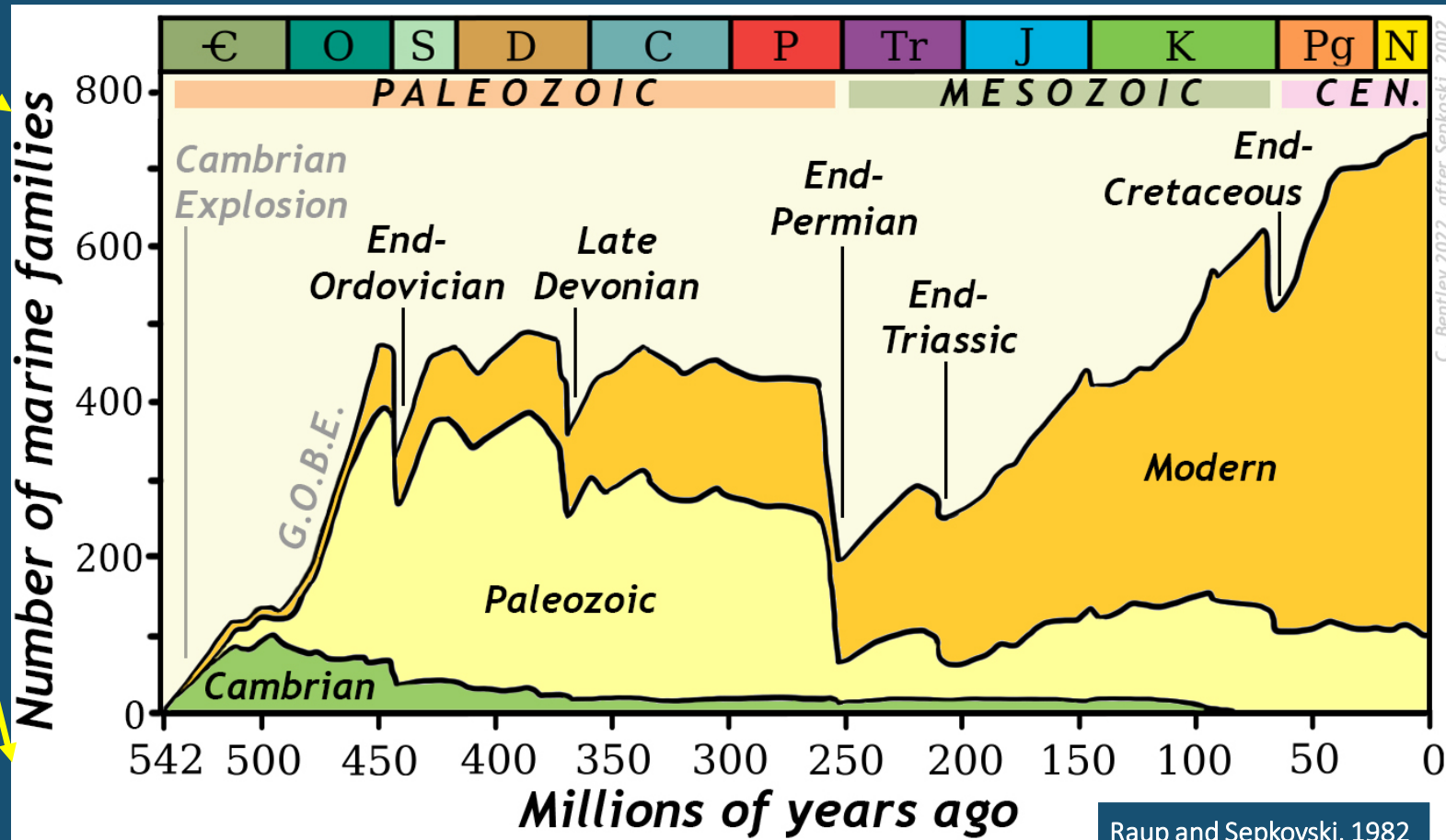
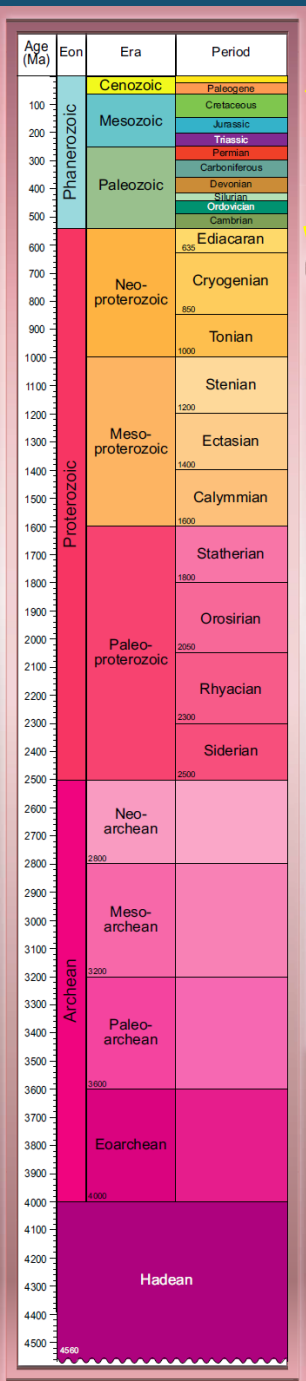


Современные строматолиты, бухта Shark bay, Австралия



Геохимические метки, метаосадочная формация Исуа, Гренландия, 3.7 Ga

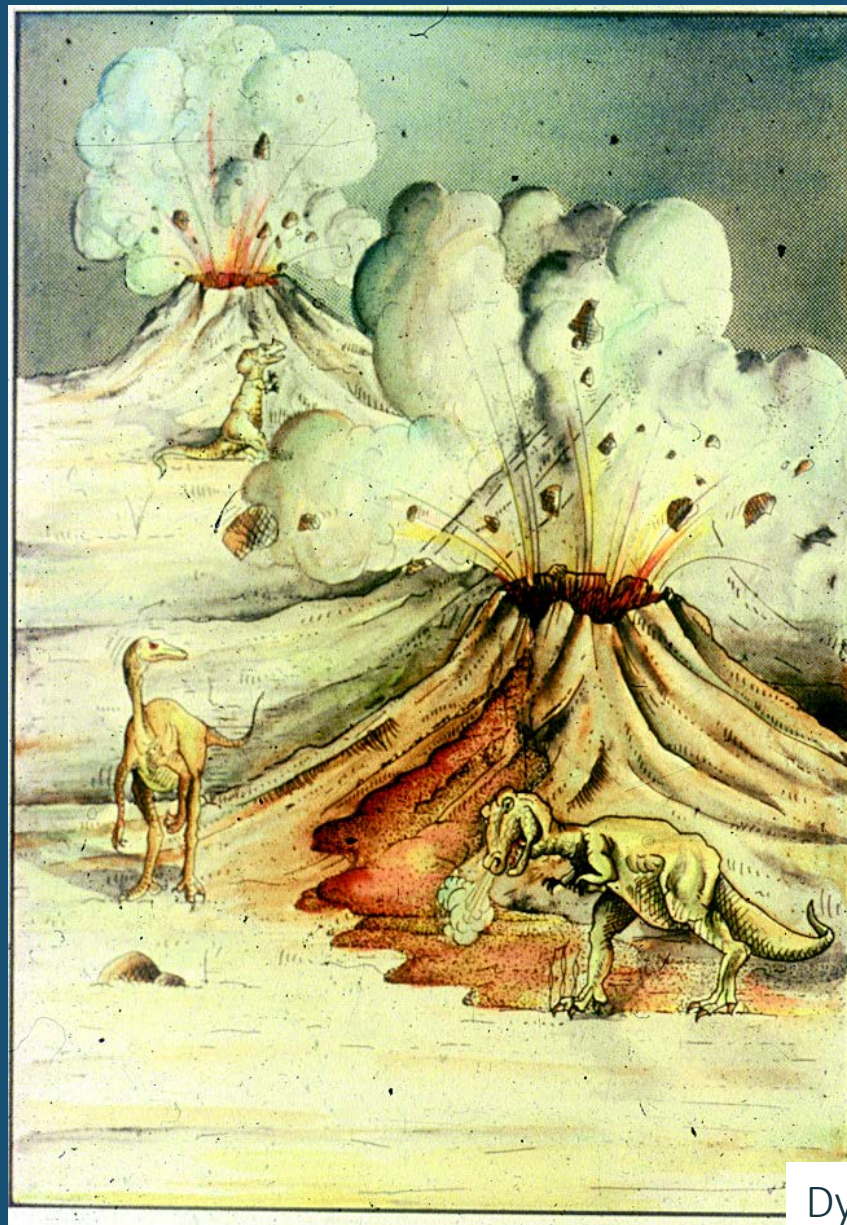
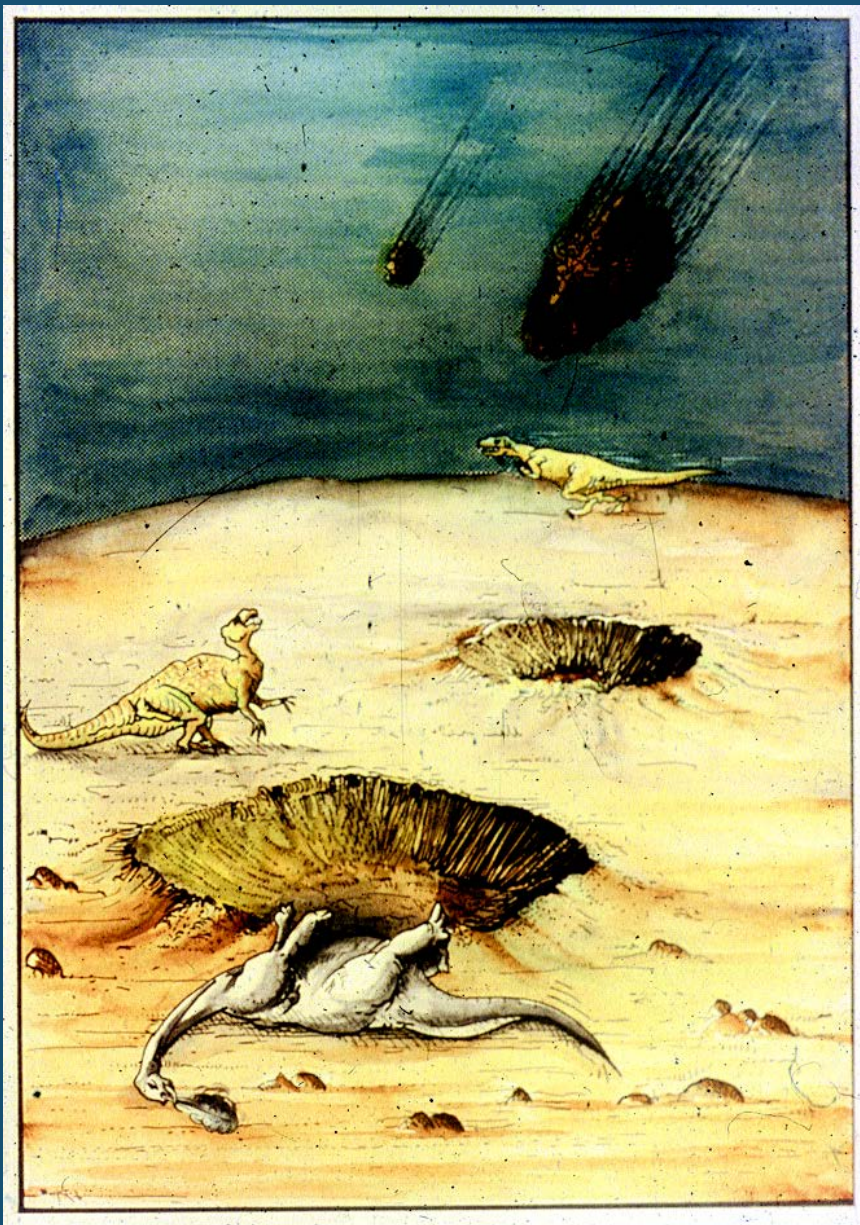
5 крупнейших массовых вымираний в истории Земли



~252 млн лет назад почти мгновенно в геологическом масштабе времени (возможно, в течение нескольких тысяч лет) произошло полное исчезновение 90% видов животных. Вероятно, что при этом погибло не менее 99% живших в этот момент на Земле живых существ [Courtillot, 1999].

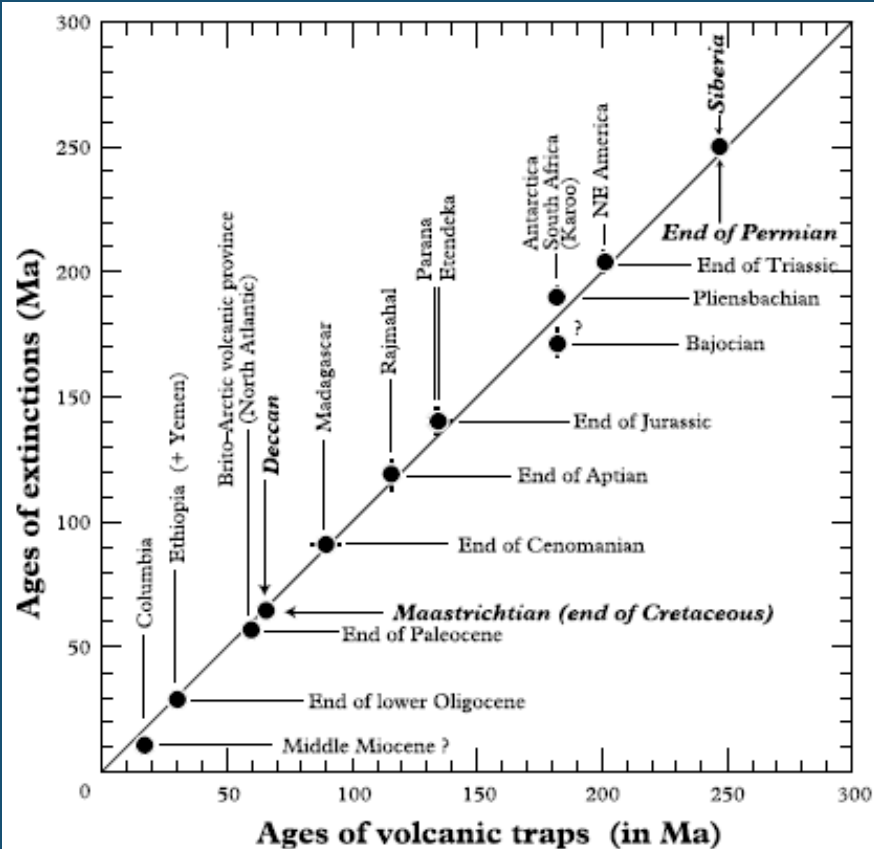
Пермо-триасовое массовое вымирание – величайшая катастрофа в истории жизни на нашей планете.

Две основные гипотезы для объяснения массовых вымираний

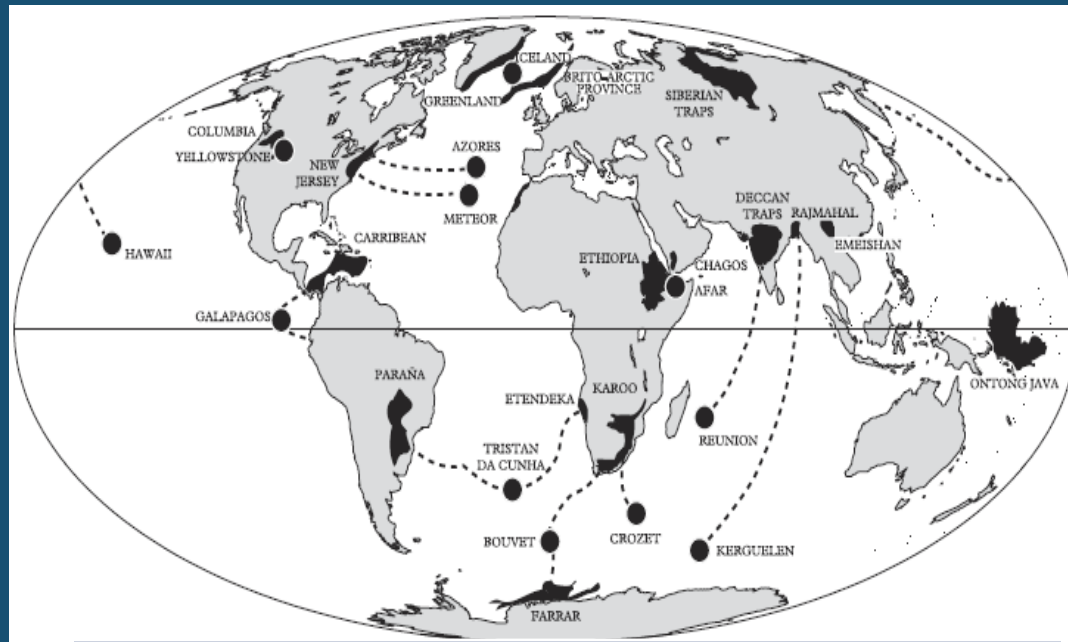


Две основные гипотезы для объяснения массовых вымираний

	ИМПАКТНОЕ СОБЫТИЕ	ВУЛКАНИЗМ
ЗА	Иридиевая аномалия- К/Т, ударные зерна кварца и др. минералов, сферулы (микро-тектиты) - К/Т, кратер Чиксулуб – К/Т	Совпадение по времени массовых вымираний и крупных вулканических событий, огромные объемы и кратковременность извержений
ПРОТИВ	Селективность. Нет уверенных указаний на иридиевые аномалии, ударные зерна минералов, микротектиты, кратеры на других границах	Иридиевая аномалия- К/Т, ударные зерна кварца и др. минералов, сферулы (микротектиты) - К/Т, кратер Чиксулуб – К/Т



Совпадения времени массовых вымираний и формирования крупных вулканических провинций (траппов)



Крупнейшие трапповые вулканические провинции

Текущее состояние:

1. Для К/Т массового вымирания возможны обе гипотезы;
2. Для остальных массовых вымираний вулканическая гипотеза кажется предпочтительнее.

Сибирская трапповая провинция

Площадь: 2-7 млн кв км

Объем: не менее 3-5 млн куб км
(З.Сибирь, Таймыр, денудация)

Возраст: ~251-252 Ма (?)
(Р-Т граница – 251.9 Ма)

Длительность: < 1 млн лет (?)
(Р-Т вымирание - 60 ± 48 Ка)



Сибирские траппы











Отобрано более 800 образцов:

1. Карьер «Медвежий ручей» - рудоносная интрузия «Норильск-1»;
2. Рудники Скалистый и Октябрьский – рудоносные интрузии «Галнахская» и «Хараелахская»;
3. Слабо рудоносные и безрудные интрузии, апофизы рудоносных интрузий – в естественных обнажениях





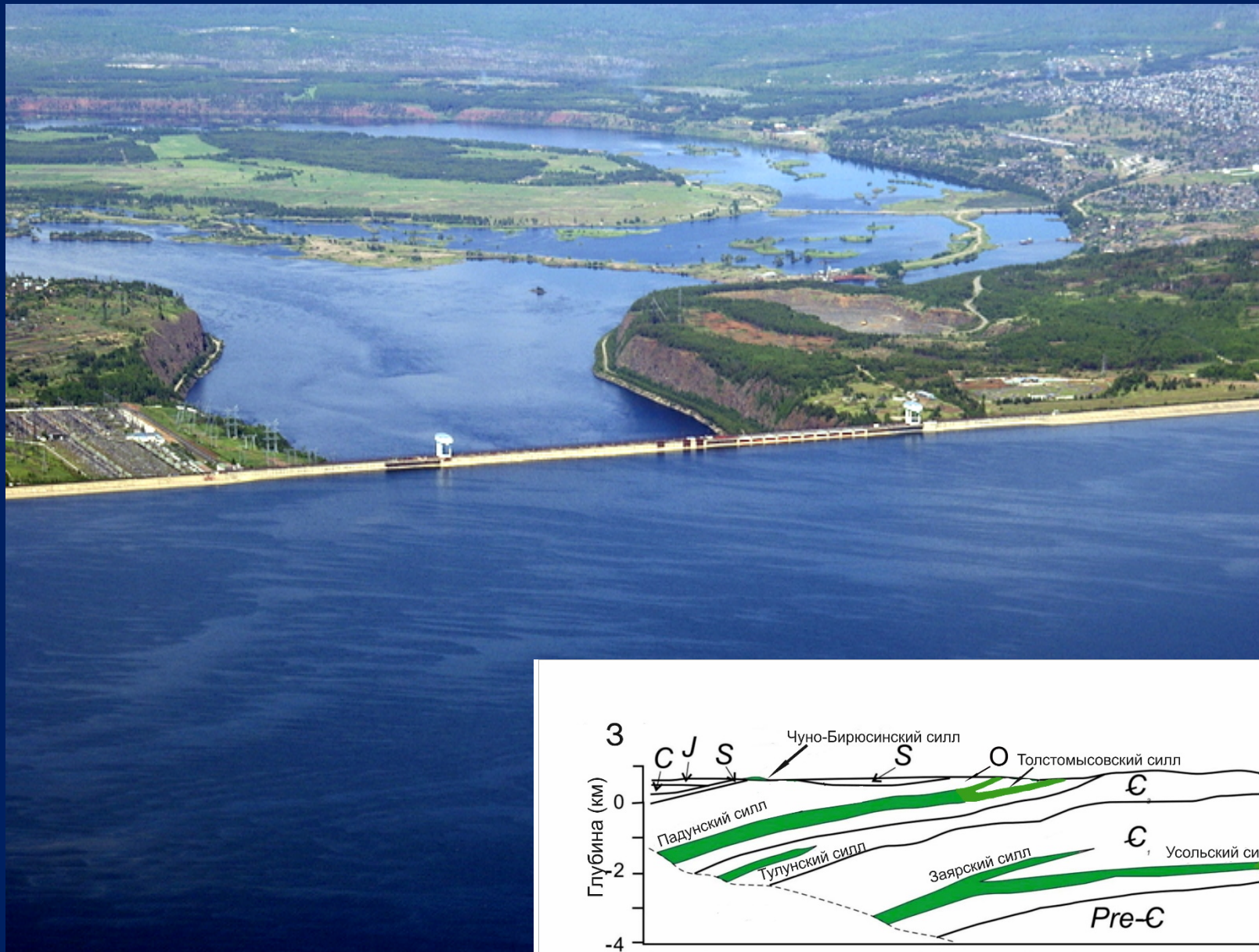








Силлы Сибирской трапповой провинции



Схематический разрез через Ангаро-Тасеевскую синеклизу
(по Ivanov et al., 2009)

Общая проблема – причины массовых вымираний.
Конкретная проблема:

Могли ли Сибирские траппы быть причиной пермо-триасового массового вымирания?

Оценка объема : ~ 3-5 Mkm³

Длительность излияний : ~1 Муг

} → Годовой объем : 3-5 km³/год

~ годовой объем излияний лав в срединно-океанических хребтах (2-20 km³)

~ 5-7 раз меньше, чем излилось во время извержения вулкана Laki ~15 km³ (1783, Iceland)

Это дает основание сомневаться в существовании связи между Сибирскими траппами и пермо-триасовым массовым вымиранием.

ОДНАКО ... нет никаких оснований считать, что излияние траппов происходило равномерно. Напротив, можно ожидать, что извержения происходили в форме вулканических пульсов, длившихся относительно короткие промежутки времени.

Конкретная научная задача – проверить существование вулканических пульсов в Сибирских траппах, определить их число и масштабы.

Это можно сделать изучая палеомагнитную запись в вулканических потоках.

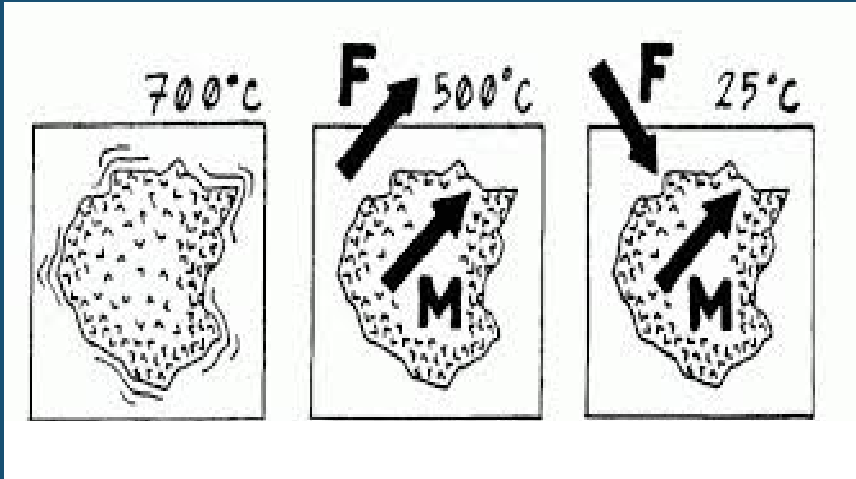
Формирование палеомагнитной записи в магматических породах

Магматические тела (напр., вулканические потоки, дайки, силлы): при остывании ниже точки Кюри, содержащиеся в них магнитные минералы приобретают **термоостаточную намагниченность**, которая фиксирует направление геомагнитного поля в месте излияния потока. Эта намагниченность может сохраняться в породах сотни миллионов лет и даже больше.

ИЗВЕРЖЕННЫЕ
ПОРОДЫ

ТЕРМОСТАТОЧНАЯ
НАМАГНИЧЕННОСТЬ

МАГНИТНАЯ ПАМЯТЬ
ГОРНЫХ ПОРОД



Метод распознавания вулканических пульсов основывается на анализе геомагнитных вековых вариаций, записанных в вулканических потоках.

Каждый поток записывает направление геомагнитного поля времени его остывания.

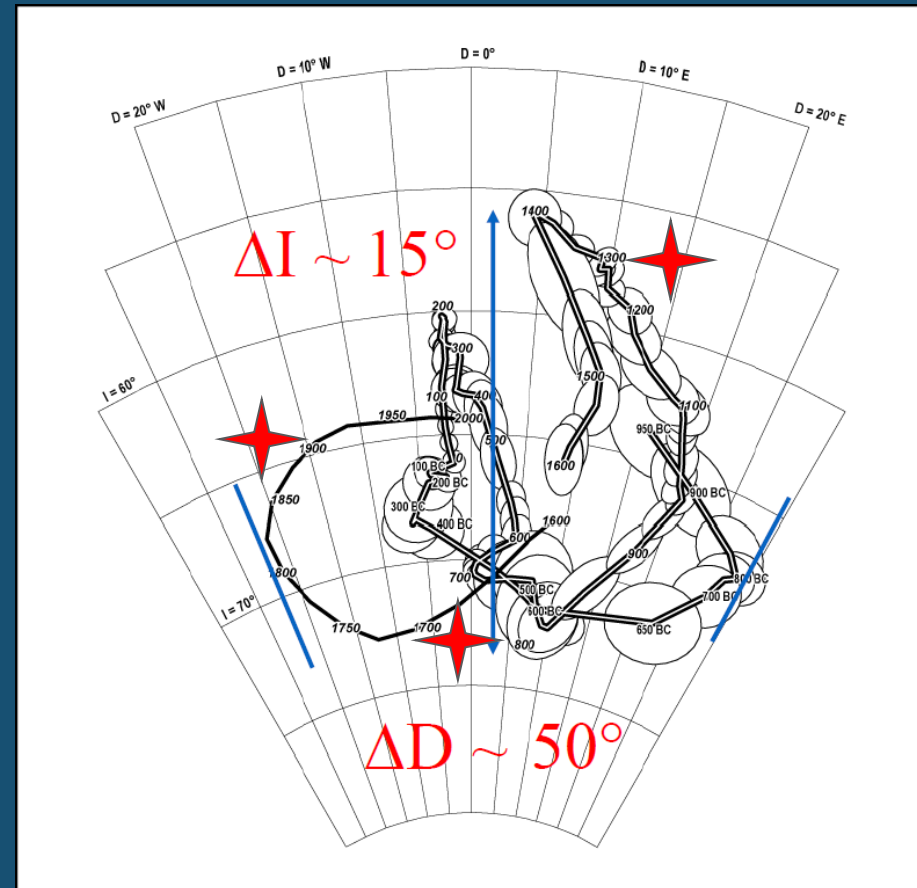
Средняя скорость геомагнитных вековых вариаций - порядка 2° за 100 лет.

Средняя точность определения палеомагнитного направления в потоках - порядка $5-7^\circ$.

Следовательно:

Мы можем различить потоки, излившиеся с промежутком в 3-4 сотни лет;

и напротив – потоки, которые были сформированы внутри такого временного интервала будут давать статистически неразличимые палеомагнитные направления, образуя ДИРЕКЦИОННЫЕ ГРУППЫ, отвечающие ВУЛКАНИЧЕСКИМ ПУЛЬСАМ.



Изменение направления геомагнитного поля (склонения и наклонения во Франции в течение последних 3000 лет (Gallet et al, 2002)

Ограничения на длительность формирования вулканических последовательностей

Мы принимаем (вслед за Chenet et al., 2008, 2009), что соседние потоки со статистически неразличимыми направлениями сформировались за время, недостаточное для записи заметных вековых вариаций – в течение нескольких столетий или менее.

Дирекционная группа \Rightarrow Вулканический пульс \Rightarrow <300-400 years

Вулканологические данные (Self et al., 2006), указывают на то, что единичный поток (cooling unit, flow field) остывает не более 50 лет (вероятно, значительно быстрее).

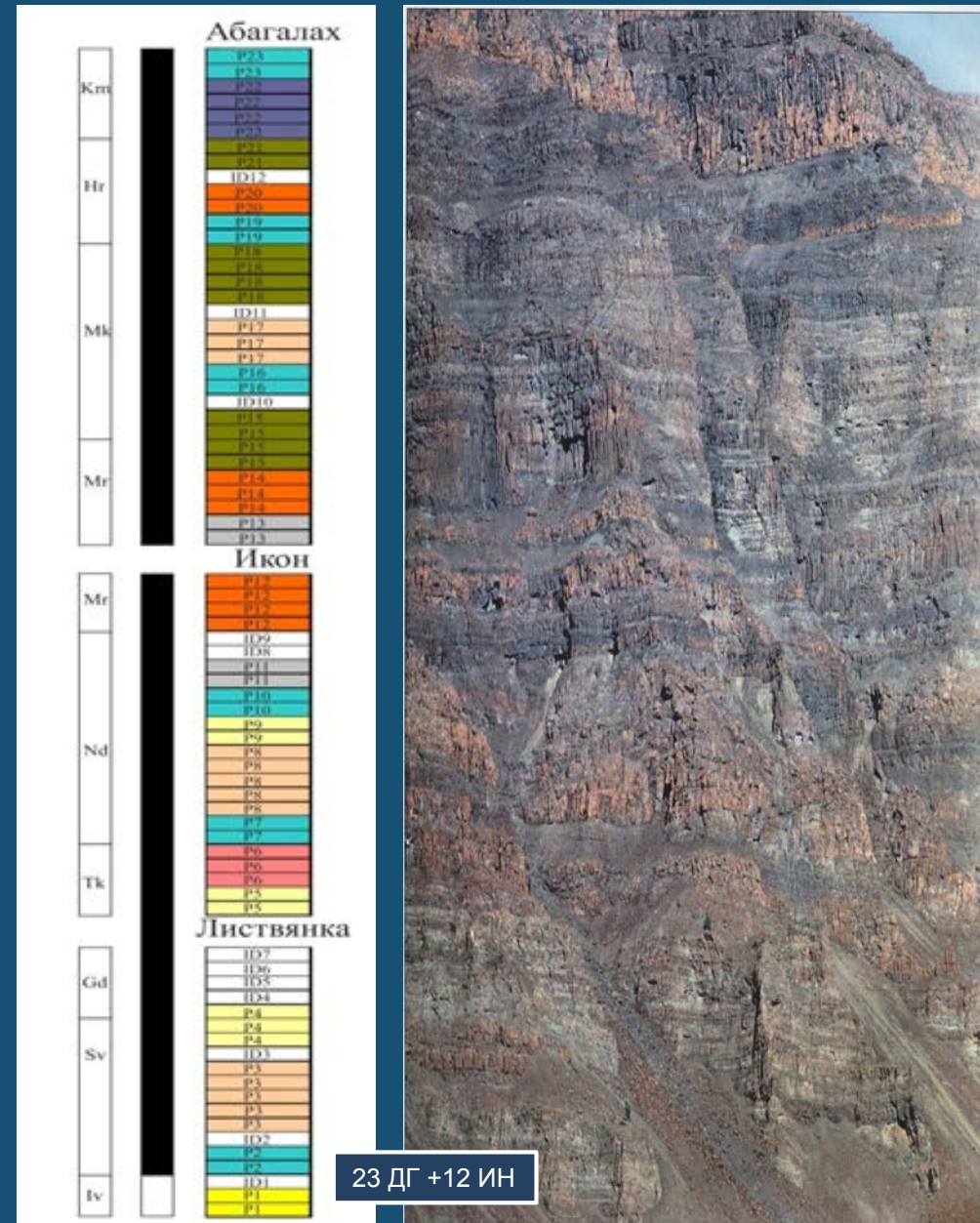
Индивидуальное направление \Rightarrow Индивидуальное извержение \Rightarrow <50 лет

Норильский регион

Композитный разрез Норильского региона

На основе палеомагнитных показано:

- 1) Формирование туфолавовой толщи Норильского района представляло собой чередование пульсов вулканической активности с периодами покоя.
 - 2) Всего в композитном разрезе Норильского региона (без самой верхней самоедской свиты) выделено 23 пульса и 12 индивидуальных извержения → Длительность вулканической активности в Норильском районе составляла 10-11 тысяч лет без учета периодов покоя между вулканическими пульсами.
- Отсутствие кор выветривания и осадочных прослоев между вулканическими потоками указывает на относительно небольшую длительность перерывов между вулканическими пульсами.



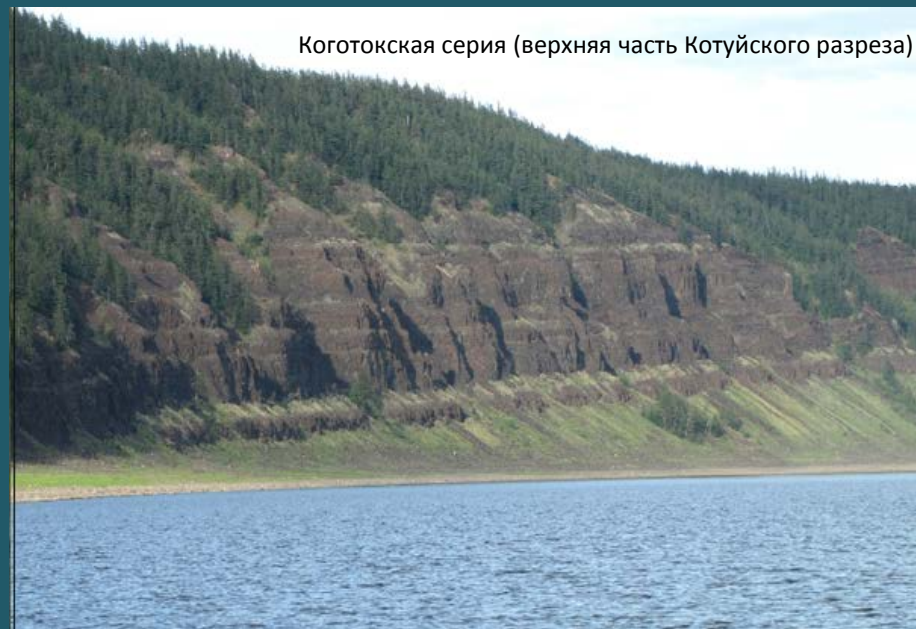
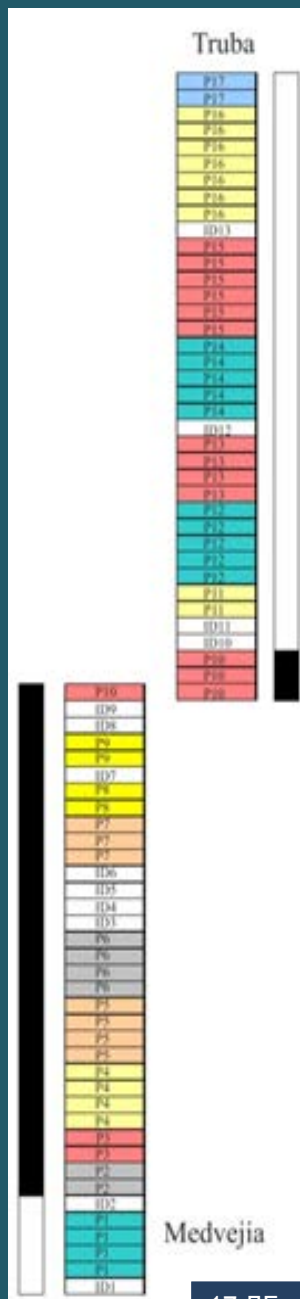
Котуйский регион

На основе палеомагнитных
показано:

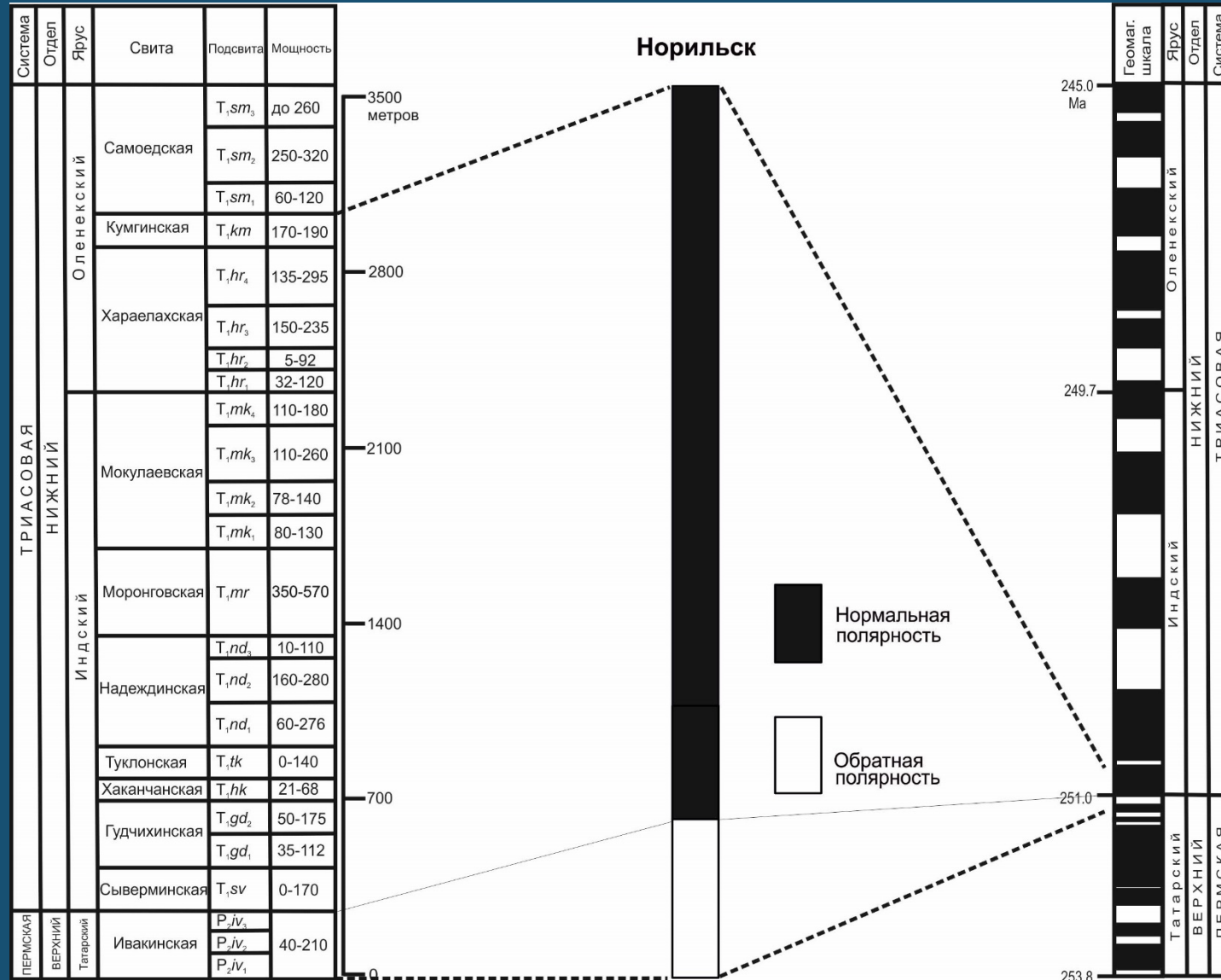
- 1) Формирование туфолавовой толщи Котуйского региона представляло собой чередование пульсов вулканической активности с периодами покоя.
- 2) Всего в трапповой вулканической толще Котуйского региона выделено 17 пульсов и 13 индивидуальных извержений → Длительность вулканической активности в Котуйском районе составляла ~ 8 тысяч лет без учета периодов покоя между вулканическими пульсами.

Нет кор выветривания и осадочных прослоев

Композитный разрез Котуйского региона



Сравнение магнитостратиграфического разреза Норильской туфолавовой толщи с планетарной шкалой магнитной полярности указывает на очень быстрое формирование толщи



Запись геомагнитной инверсии в норильской туфолоавовой толще

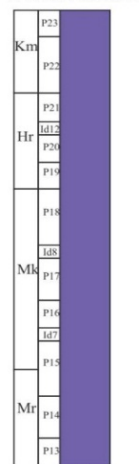
Норильский регион

1) Детальное изучение показывает, до трети норильского разреза (общей мощностью порядка 1 км) сформировалась во время геомагнитной инверсии и последующего за ней экскурса, за период времени, не более 10000, вероятно, быстрее, чем за 2-7 тыс. лет.

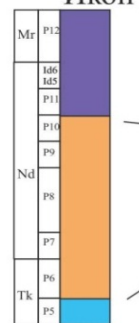
1) Объем излившейся лавы, отвечающий инверсионному интервалу только в районе Норильска составлял > 1000 км³. Этот объем излился во время нескольких вулканических пульсов (3-4) и индивидуальных извержений (3-4).



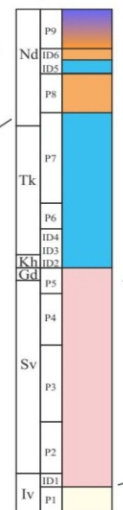
Абагалах



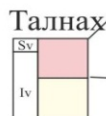
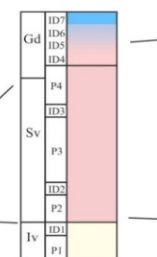
Икон



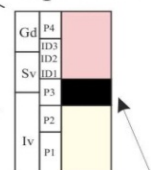
Сундук



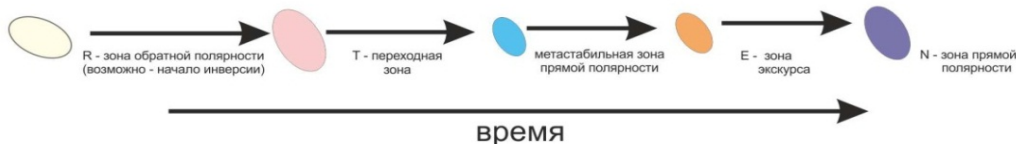
Листвянка



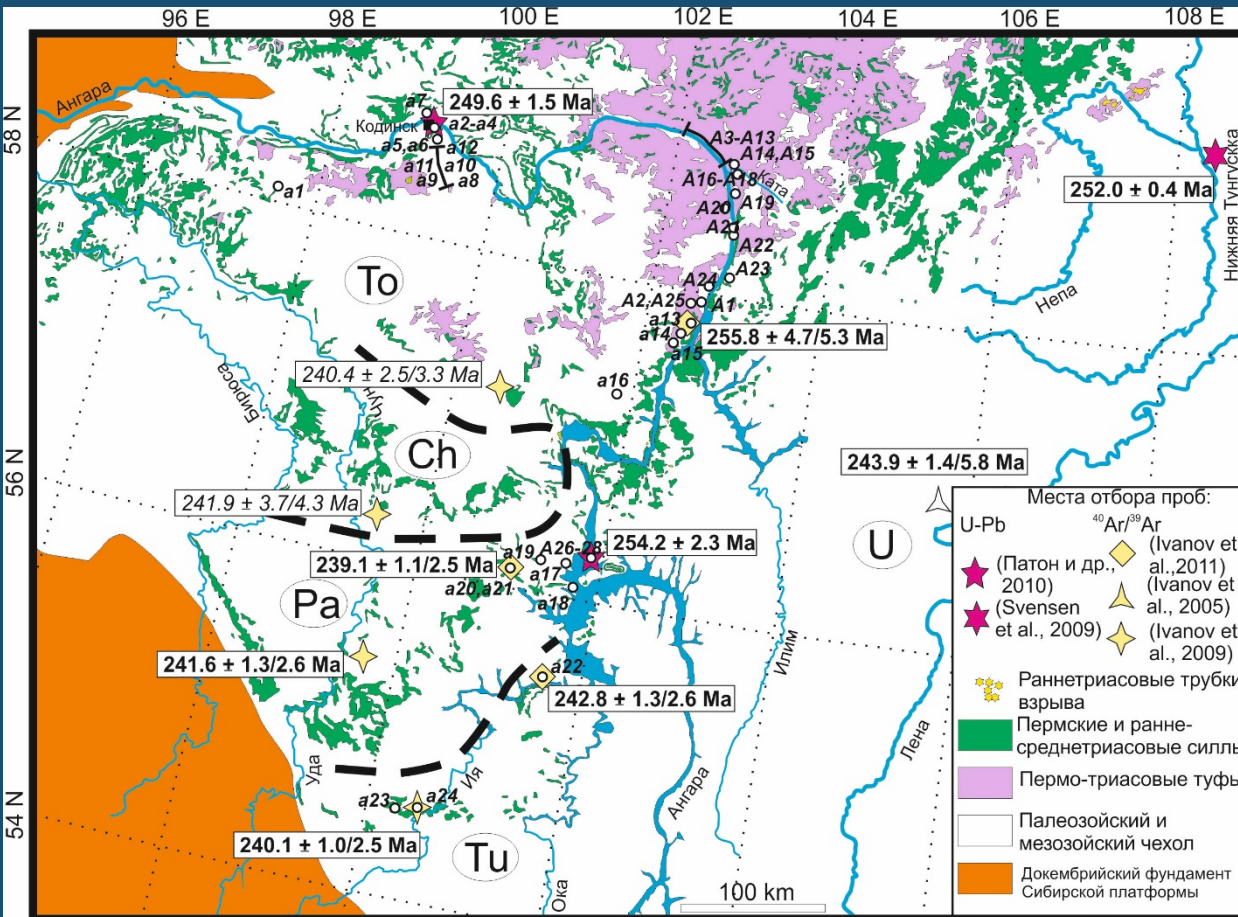
Ергаллах



потоки, перемангнитные интрузии Норильск-2



Длительность формирования силлов, обрамляющих (и подстилающих?) Тунгусскую синеклизу.



Долеритовые силлы: U - Усольский, Tu - Тулунский, Pa - Падунский, To - Толстомысовский, Ch - Чуно-Бирюсинский

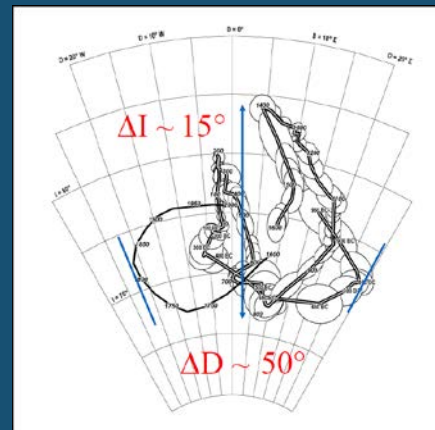
Рассматриваемые силлы, фактически, представляют собой вулканическо-субвулканические комплексы, включающие в себя мощные туфолоавовые поля и серии даек. Протяженность силлов до 500 км, мощность до 250 м.



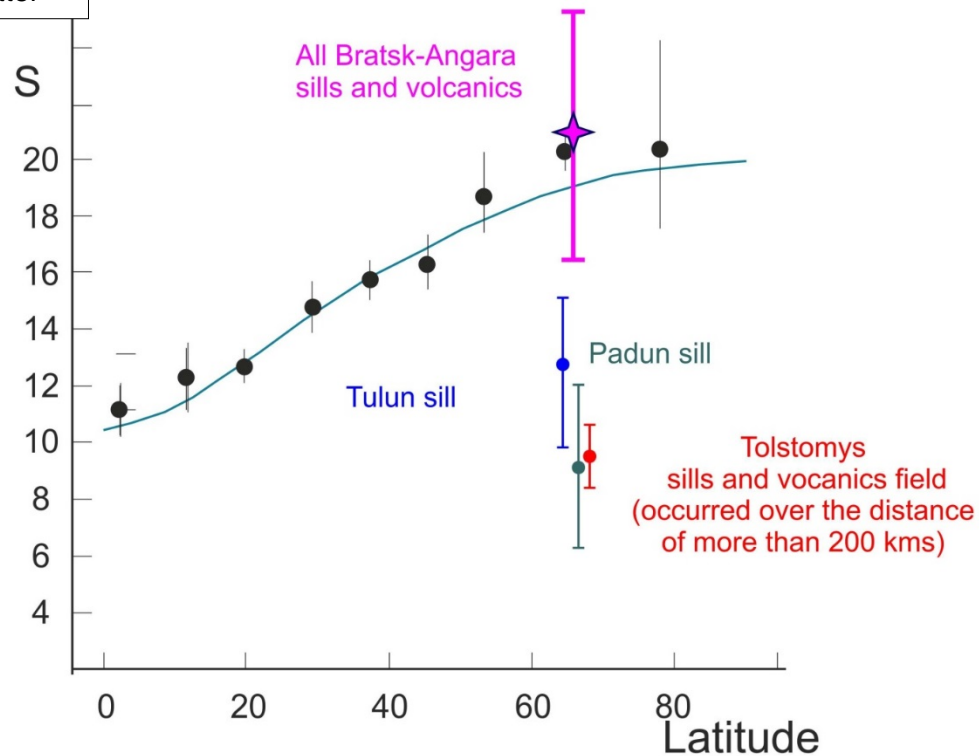
Схематический разрез по Иванову А.В

Изучение древних вековых вариаций позволяет получить ограничения на длительность формирования этих силлов

Параметр Sb (разброс VGP), записанный в толстомысовском, падунском и тулунском силлах значительно ниже, чем ожидаемый для данной широты для Р-Т границы. Это четкое указание на краткую длительность их внедрения..

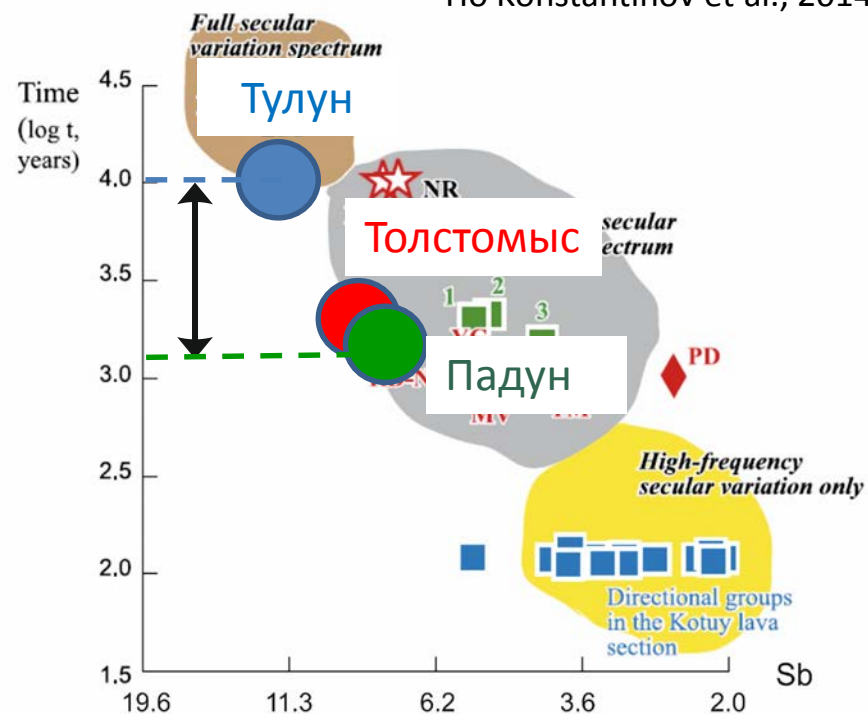


S = VGP scatter



Широтная зависимость разброса VGP (черные кружки - McElhinny and McFadden, 1997, синяя линия - model Tk03 -Tauxe and Kent, 2004. Эти зависимости могут быть использованы для Р-Т границы (Pavlov et al., 2019)

По Konstantinov et al., 2014



Согласно Konstantinov et al., 2014, полученные оценки Sb отвечают времени формирования силлов не более нескольких тысяч лет

Выводы

- 1) На примере туфолововых толщ Норильского и Котуйского региона показано, что формирования вулканогенных пород Сибирской трапповой провинции происходило в виде **серии мощных вспышек вулканической активности**. Суммарное продолжение этих вспышек не **превышало время порядка 10 тысяч лет**, а перерывы между этими вспышками, вероятно, не были продолжительными.
- 2) Наличие записи геомагнитной инверсии в нижней трети туфолововой толщи Норильского разреза, указывает, что ее формирование происходило в **течение времени порядка не более первых тысяч лет**.
- 3) На примере крупных силлов юга Тунгуской синеклизы показано, что формирование этих силлов, а также сопутствующих им обширных полей туфов и даек, происходило в течение **малого числа кратких и интенсивных вулкано-магматических событий, каждый длительностью не более 10 тысяч лет** и, возможно, меньше. Сходные данные получены по другим регионам Сибирской платформы (Мойеро, Уджа и проч. – Konstantinov et al., 2014).

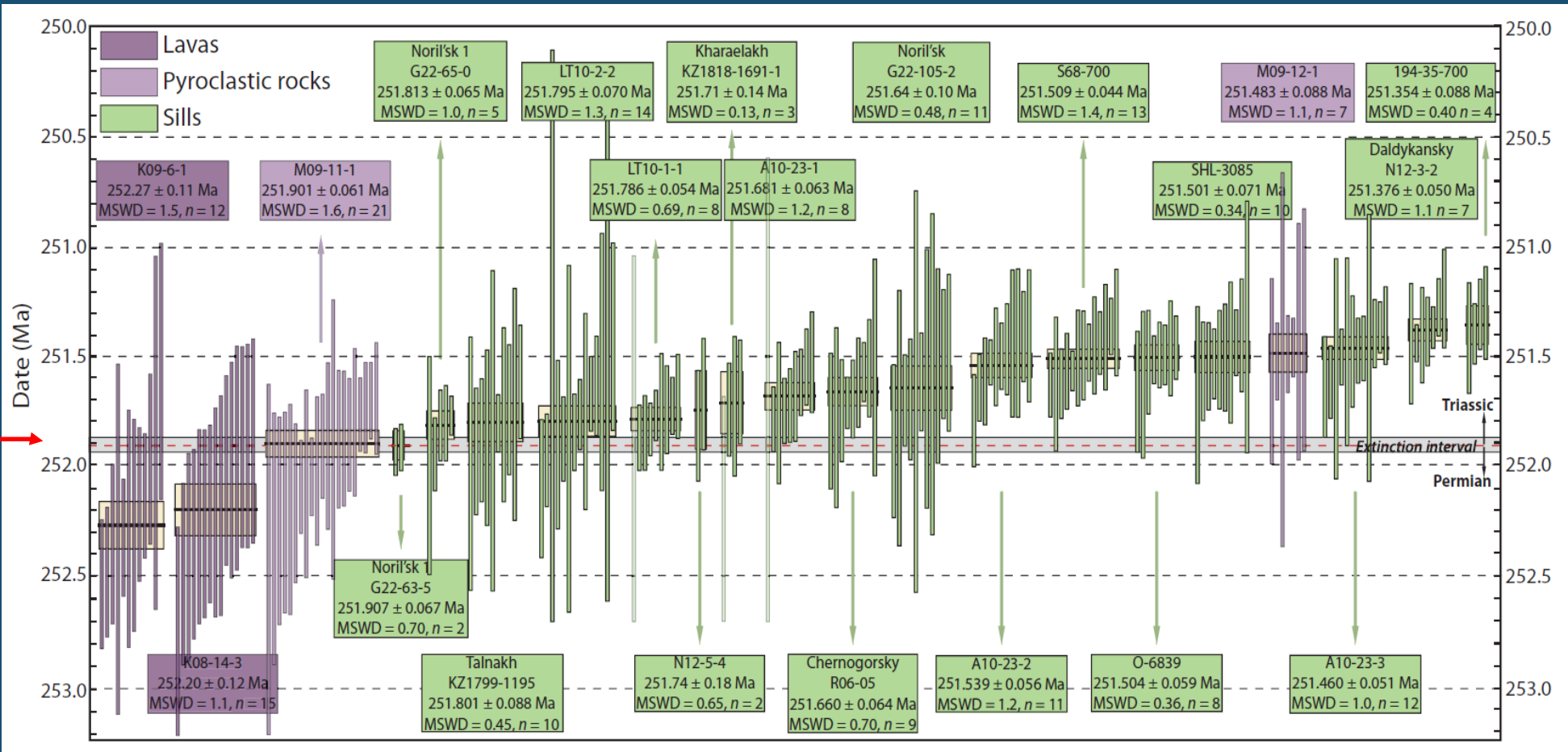
Полученные данные поддерживают гипотезу связи Р-Т массового вымирания с извержением Сибирских траппов и, вместе с этим, вулканическую гипотезу причины массовых вымираний.

ОДНАКО: для того, чтобы вызвать Р-Т катастрофу, излияния Сибирские траппов должны были происходить накануне и во время этой катастрофы.

До начала нашего совместного проекта с NSF **“The Siberian Traps and the end-Permian Extinction: Coincidence and Causality”** точность имевшихся изотопных датировок не позволяла проверить это принципиально важное условие.



Излияние Сибирских траппов происходило накануне, во время и после Р-Т вымирания



Р-Т вымирание между 251.941 ± 0.037 and 251.880 ± 0.031 млн. л. назад, длительность 60 ± 48 тыс лет.

Палеомагнитные и геохронологические данные поддерживают гипотезу связи Р-Т массового вымирания с извержением Сибирских траппов и, вместе с этим, вулканическую гипотезу причины массовых вымираний.

СПАСИБО!

