

ВВЕДЕНИЕ К ЦИКЛУ ЛЕКЦИЙ ВТОРОГО СЕМЕСТРА 2015-2016 гг.

Процессы, изменяющие мантию, земную кору и поверхность Земли, принято делить на :

эндогенные (процессы внутренней Земли) и

экзогенные (процессы внешней динамики)

Эндогенные процессы происходят в недрах Земли под действием внутренней энергии, внутреннего тепла Земли и силы тяжести

Экзогенные процессы протекают на поверхности Земли под действием солнечной энергии и силы тяжести

Магматизм: вулканизм и плутонизм

Лекция 11
10 февраля 2016 г.

Содержание лекции

- Извержение вулкана в Исландии в 2010 г.
- Что такое магма?
- Летучие компоненты магм – флюиды
- Последовательность кристаллизации минералов при остывании магматического расплава
- Вязкость магматического расплава
- Глубины и характер зарождения магм
- Типы магм
- Источник тепла для магм Земли
- Вулканизм
- Межплитные и внутриплитные источники вулканизма
- Самые известные вулканы Земли

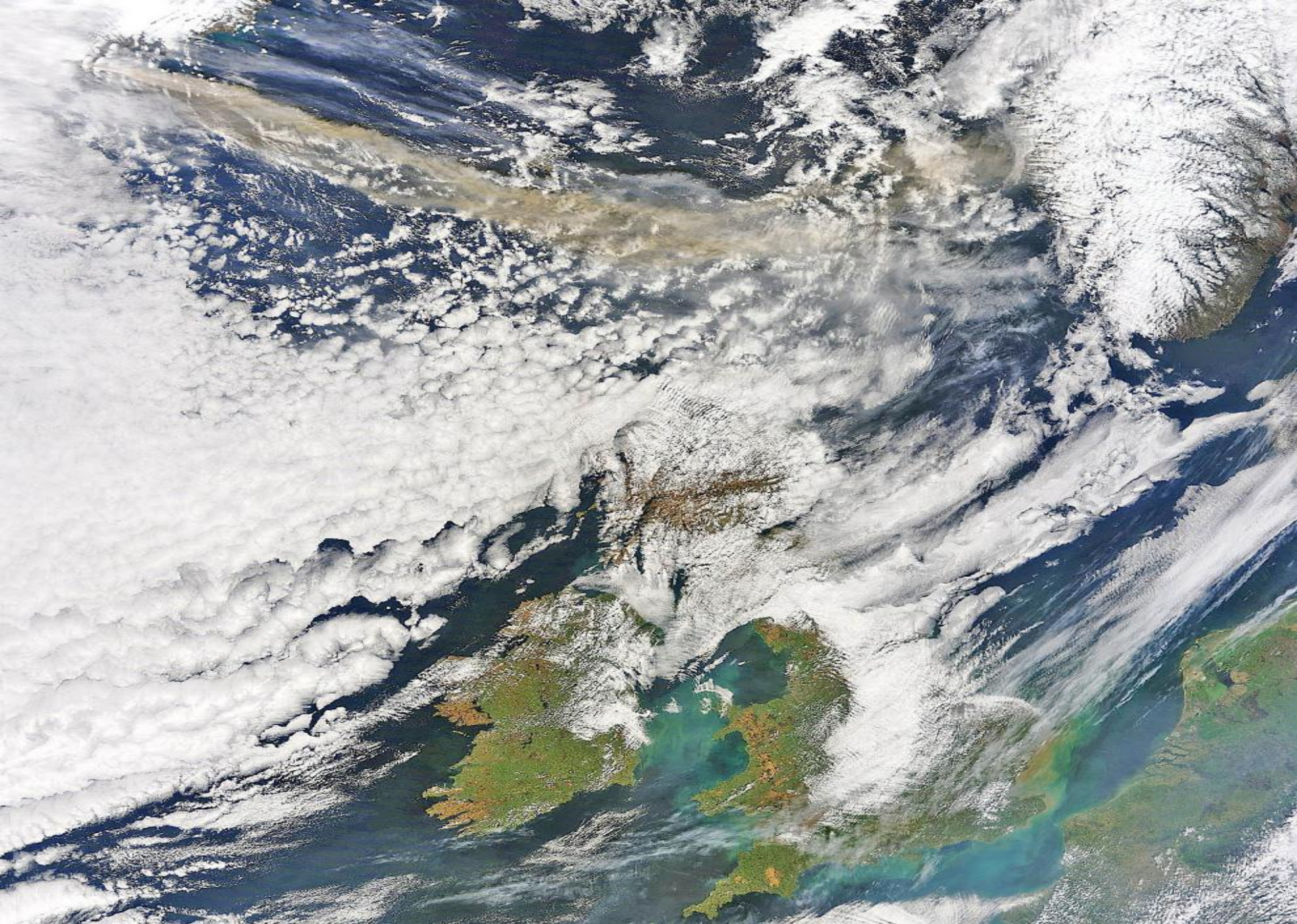




Исландия 10 апреля 2010 года, вулкан Эйяфьятолайокудль



Вулкан Эйяфьятолайокудль



Облака пепла над Европой

Содержание лекции

- Извержение вулкана в Исландии в 2010 г.
- Что такое магма?
- Летучие компоненты магм – флюиды
- Последовательность кристаллизации минералов при остывании магматического расплава
- Вязкость магматического расплава
- Глубины и характер зарождения магм
- Типы магм
- Источник тепла для магм Земли
- Вулканизм
- Межплитные и внутриплитные источники вулканизма
- Самые известные вулканы Земли

Магма

Магма (греч.) – густая мазь.

Магма представляет собой расплав, состоящий главным образом из оксидов кремния, алюминия, кальция, железа, магния, титана, натрия и калия.

В магматическом расплаве растворены разнообразные флюиды – летучие компоненты (пары воды, углекислота и другие газы).

При охлаждении и затвердевании (кристаллизации) в магме образуются различные минералы – соли кремниевой кислоты.

Преимущественно – это минералы класса силикатов, из которых состоят магматические горные породы.

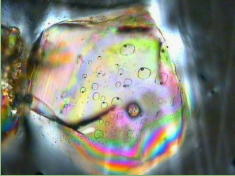
Источники информации о магме:



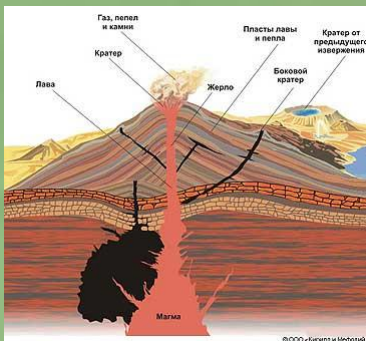
1. Наблюдаемые извержения.



2. Разнообразные магматические породы. Состав которых сохраняет пропорции химических элементов, свойственные расплавам, за исключением летучих компонентов, потерянных при затвердевании.



3. Данные экспериментальной петрологии.



4. Геофизические данные о строении земных недр.

Магматические горные породы.

Горные породы – природные минеральные агрегаты более или менее постоянного минерального состава, образующие самостоятельные тела в земной коре.

Магматические горные породы по залеганию делятся на:

- 1). **Интрузивные** (внедрившиеся, плутонические) – образуются в глубокой части земной коры.
- 2). **Эффузивные** (излившиеся, вулканические) – образуются на поверхности земной коры в морских или наземных условиях.
- 3). **Субвулканические** – застывшие в земной коре в виде даек, некков, жил, силлов на малой глубине.

Магматизм – процесс **образования и перемещения** из глубоких недр Земли к её поверхности горячих силикатных расплавов (**магм**), содержащих в растворённом виде летучие компоненты (**пары воды и различные газы**).

Интрузивный магматизм (лат. «интрузио» - проникать, внедрять) - глубинный.



Магма не достигает поверхности Земли и затвердевает на глубине.

Интрузивное магматическое тело гора Аюдаг в Крыму.

Магматические горные породы.

Вулканоогенно-обломочные породы (пирокластические) – образуются в результате осадчения на поверхности Земли обломочного вулканоогенного материала выброшенного в атмосферу при взрывных извержениях.

Вулканоогенно-осадочные породы – образуются при переотложении вулканического материала водными потоками.

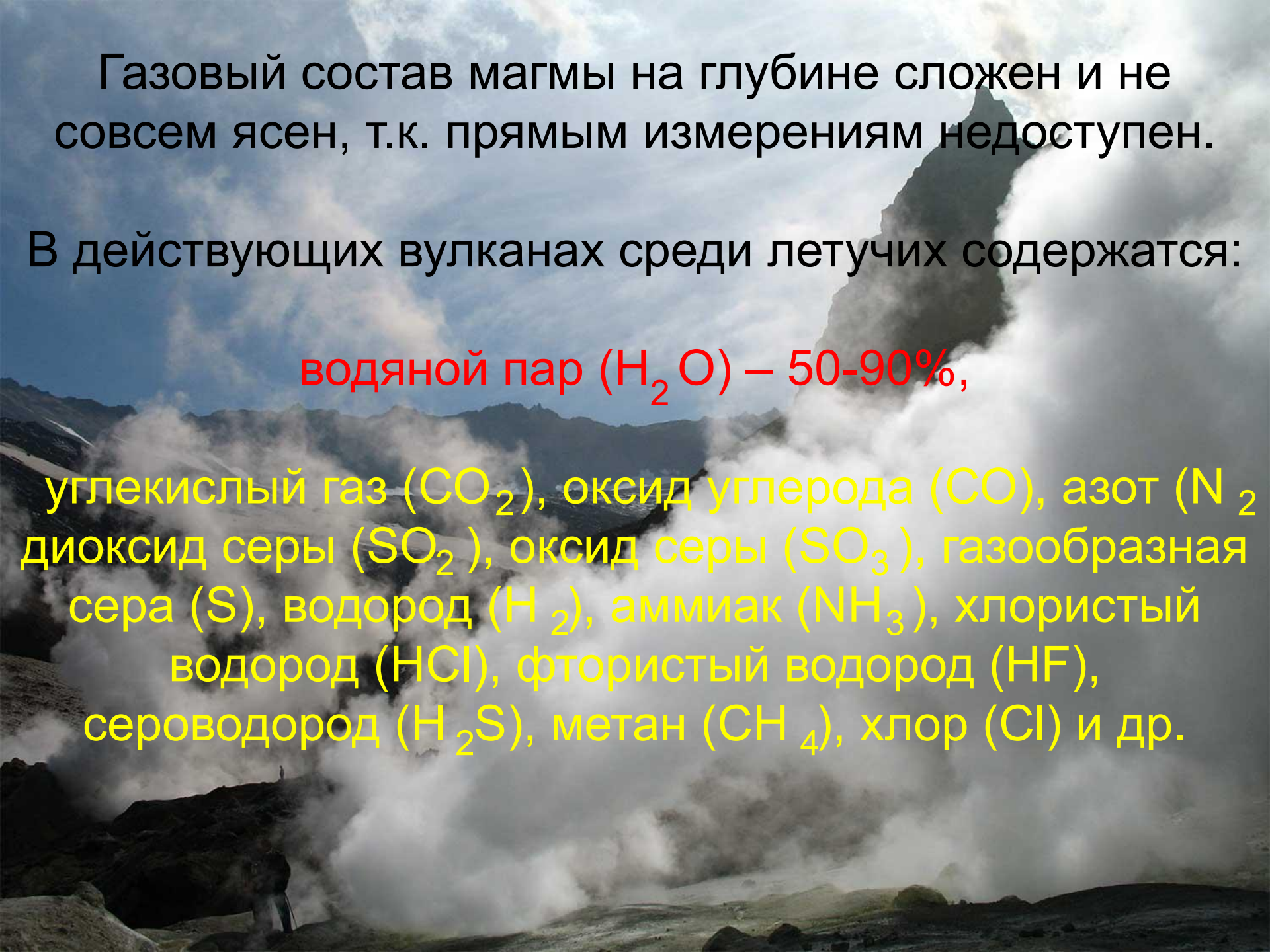
Содержание лекции

- Извержение вулкана в Исландии в 2010 г.
- Что такое магма?
- Летучие компоненты магм – флюиды
- Последовательность кристаллизации минералов при остывании магматического расплава
- Вязкость магматического расплава
- Глубины и характер зарождения магм
- Типы магм
- Источник тепла для магм Земли
- Вулканизм
- Межплитные и внутриплитные источники вулканизма
- Самые известные вулканы Земли

Летучие компоненты магмы (флюиды).



Отбор проб вулканических газов.



Газовый состав магмы на глубине сложен и не совсем ясен, т.к. прямым измерениям недоступен.

В действующих вулканах среди летучих содержатся:

водяной пар (H_2O) – 50-90%,

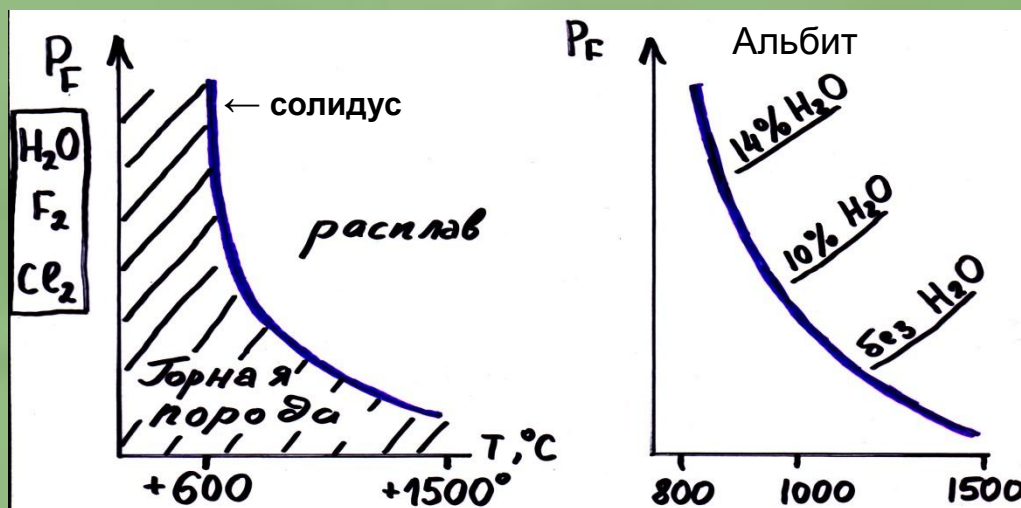
углекислый газ (CO_2), оксид углерода (CO), азот (N_2), диоксид серы (SO_2), оксид серы (SO_3), газообразная сера (S), водород (H_2), аммиак (NH_3), хлористый водород (HCl), фтористый водород (HF), сероводород (H_2S), метан (CH_4), хлор (Cl) и др.

Часть летучих плохо растворяются и легко отделяются от расплава.

Другие хорошо растворяются и трудно отделяются от расплава.

«Сухие» расплавы (лишенные летучих) затвердевают (кристаллизуются) при высоких температурах 1500-1600 С

Содержащие летучие (вода, фтор, хлор, литий и др.) природные магмы основного состава кристаллизуются при температурах 1200-1300 С, а кислые – менее 1000 .

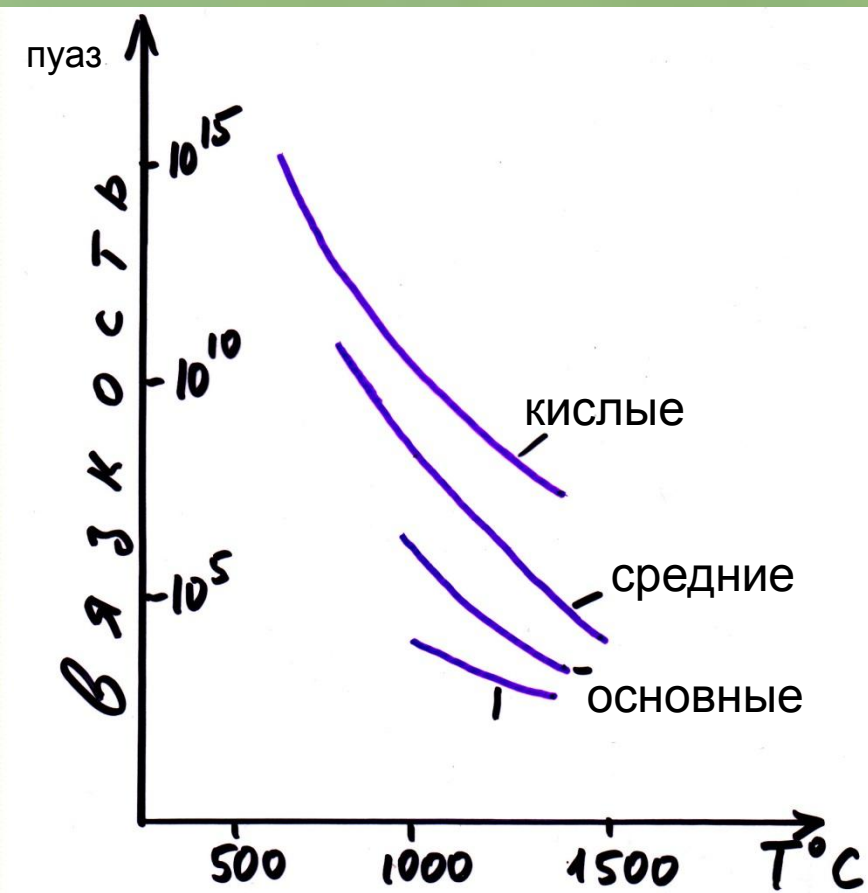


Графики плавления пород и альбита под давлением воды.

Флюидное давление снижает температуру кристаллизации магмы.

Вязкость магм зависит от их температуры и химического состава

Повышение температуры всегда ведет к понижению вязкости и повышению подвижности расплава.



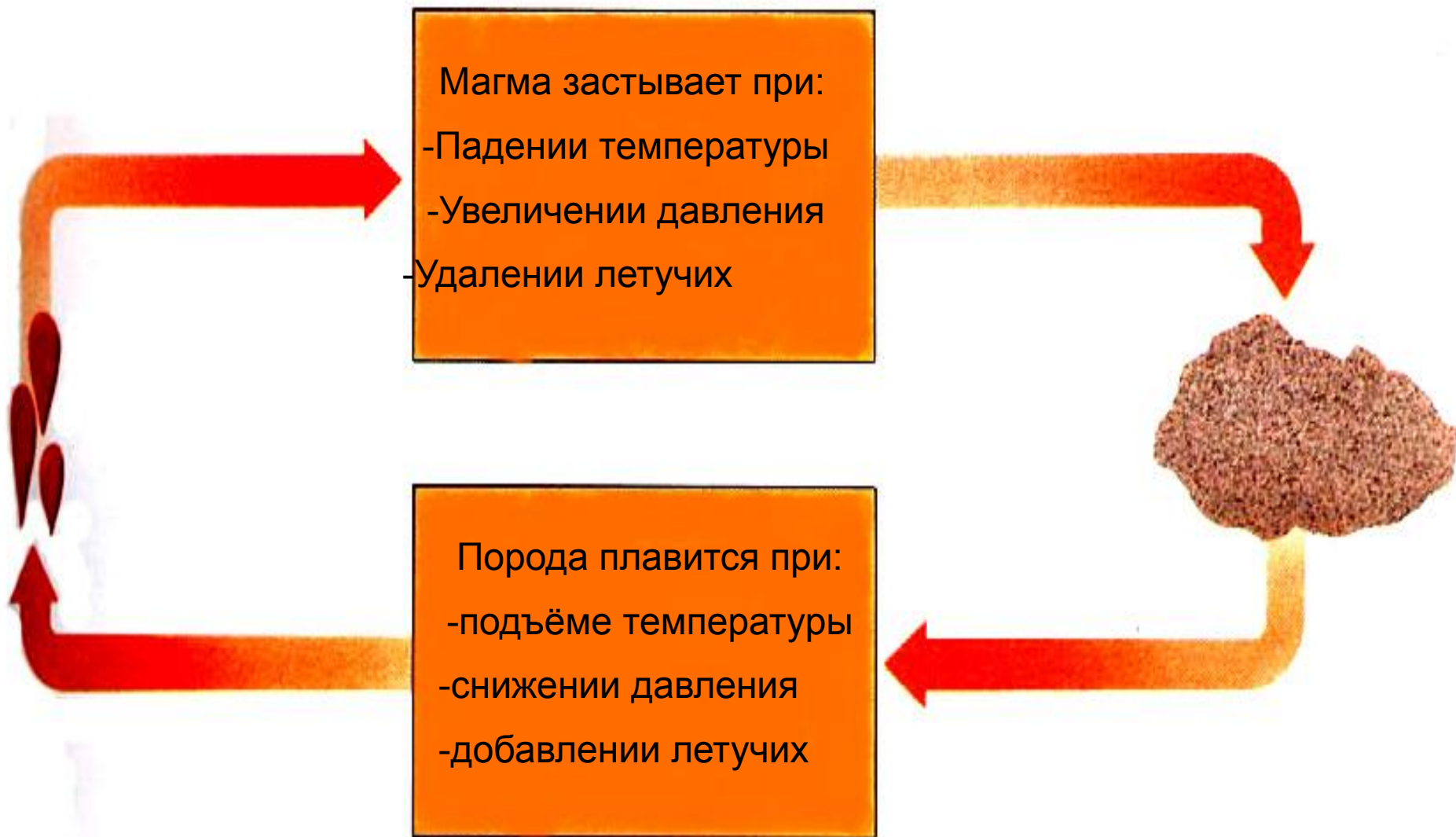
Вязкость магм, находящихся при одинаковой температуре, **возрастает от основных расплавов к кислым**. Рост вязкости вызван увеличением степени полимеризации расплавов по мере роста содержания SiO_2 . **Повышается доля прочных связей Si – O, подвижность расплава уменьшается.**

Растворение воды приводит к замещению анионов кислорода на группу OH, связанную с катионом Si слабее. **Вязкость расплава понижается, подвижность увеличивается.**

Содержание лекции

- Извержение вулкана в Исландии в 2010 г.
- Что такое магма?
- Летучие компоненты магм – флюиды
- Последовательность кристаллизации минералов при остывании магматического расплава
- Вязкость магматического расплава
- Глубины и характер зарождения магм
- Типы магм
- Источник тепла для магм Земли
- Вулканизм
- Межплитные и внутриплитные источники вулканизма
- Самые известные вулканы Земли

Условия остывания магмы и превращения её в горную породу и плавления породы с образованием магмы.



Последовательность кристаллизации минералов при остывании магматического расплава (по Н.Л. Боуэну).



Природная магма — это расплав, всегда состоящий из трёх фаз: жидкой, газообразной и твёрдой.

Содержание лекции

- Извержение вулкана в Исландии в 2010 г.
- Что такое магма?
- Летучие компоненты магм – флюиды
- Последовательность кристаллизации минералов при остывании магматического расплава
- Вязкость магматического расплава
- Глубины и характер зарождения магм
- Типы магм
- Источник тепла для магм Земли
- Вулканизм
- Межплитные и внутриплитные источники вулканизма
- Самые известные вулканы Земли

Характер вулканических **извержений** зависит от **вязкости** магматического **расплава**.

Вязкость магматических расплавов **повышается**, а их **подвижность падает** при:

1). **увеличении** содержания **кремнезёма** (SiO_2). **Кислые** магмы самые **вязкие, малоподвижные**, создают пробки в

2

подводящих каналах вулканов
Извержения взрывные, иногда с образованием экструзивных обелисков или куполов.

Вулкан Шивелуч, экструзивный купол.



2). **понижении температуры.** Чем ниже температура расплава, тем **больше** в нём твёрдых **кристаллов**, **меньше** растворённых **флюидов**, соответственно **выше вязкость** и **меньше подвижность** расплава.

3). **уменьшение количества растворённых летучих (флюидов)** Чем меньше в расплаве растворённых летучих, тем **выше** его **температура кристаллизации**, **выше вязкость** и **меньше подвижность**.

Вязкость магматических расплавов **понижается**, а **подвижность** **возрастает** при:

1). **понижении** содержания **кремнезёма** (SiO_2). Маловязкие **магмы основного состава** спокойно изливаются и **растекаются в виде лавовых потоков** протяженностью в **десятки и сотни км.**

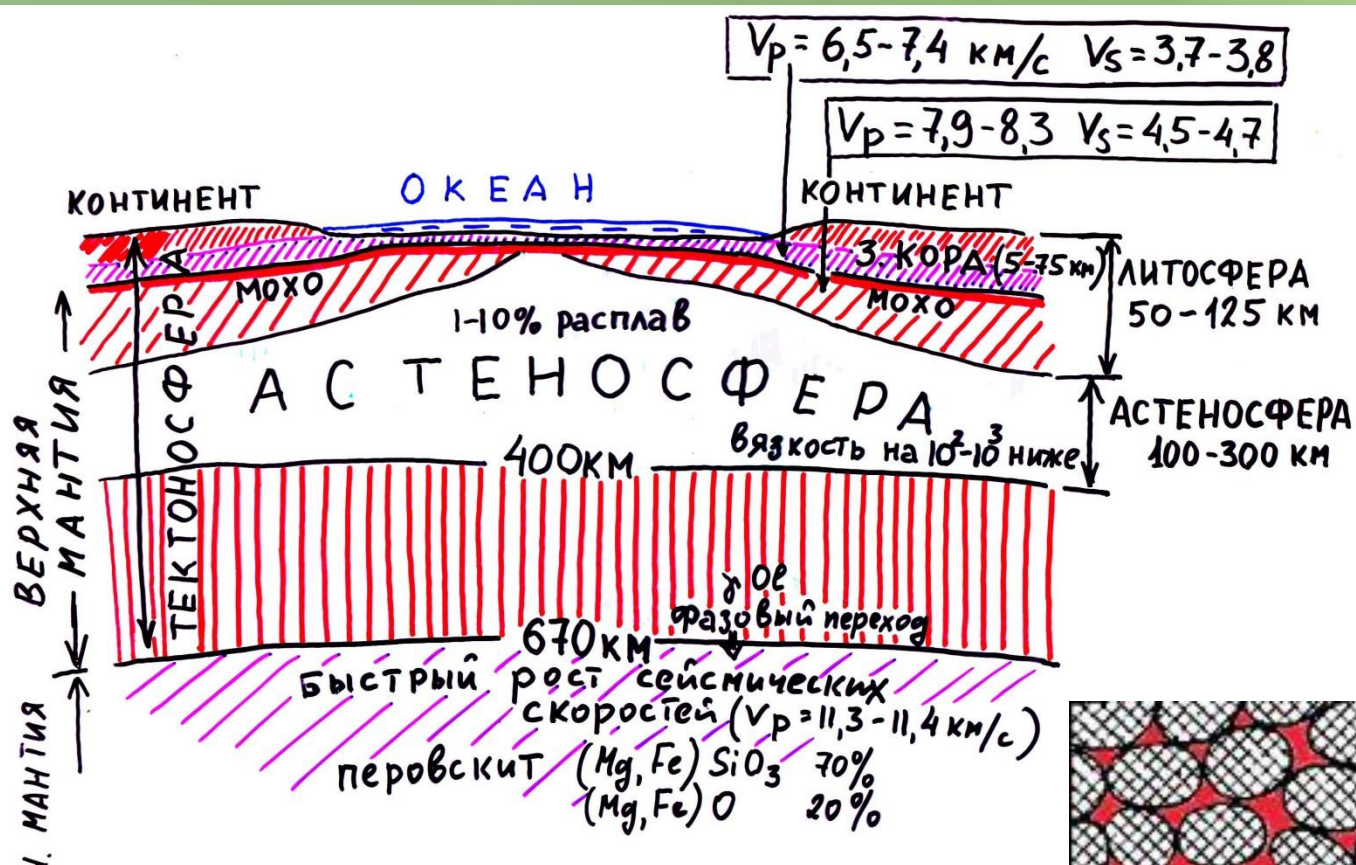


2). **повышении температуры.** Чем **выше температура** магмы, тем **меньше** в расплаве **твёрдой кристаллической фазы** и **больше летучих (флюидов)**, соответственно **ниже вязкость** и **больше подвижность** расплава.

3). **увеличении количества растворённых в расплаве летучих (флюидов).** Чем **больше** в расплаве **растворённых флюидов**, тем **ниже его температура кристаллизации**, **ниже вязкость** и **больше подвижность**.

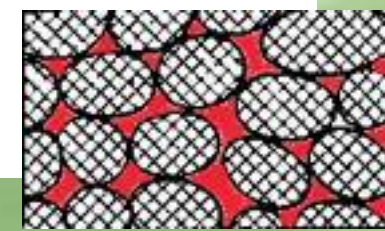
Глубины зарождения магм

Магматические расплавы зарождаются в континентальной земной коре и верхней мантии Земли в интервале глубин от 10-15 до 250-300 км.



Поверхность астеносферы – главная область генерации магмы.

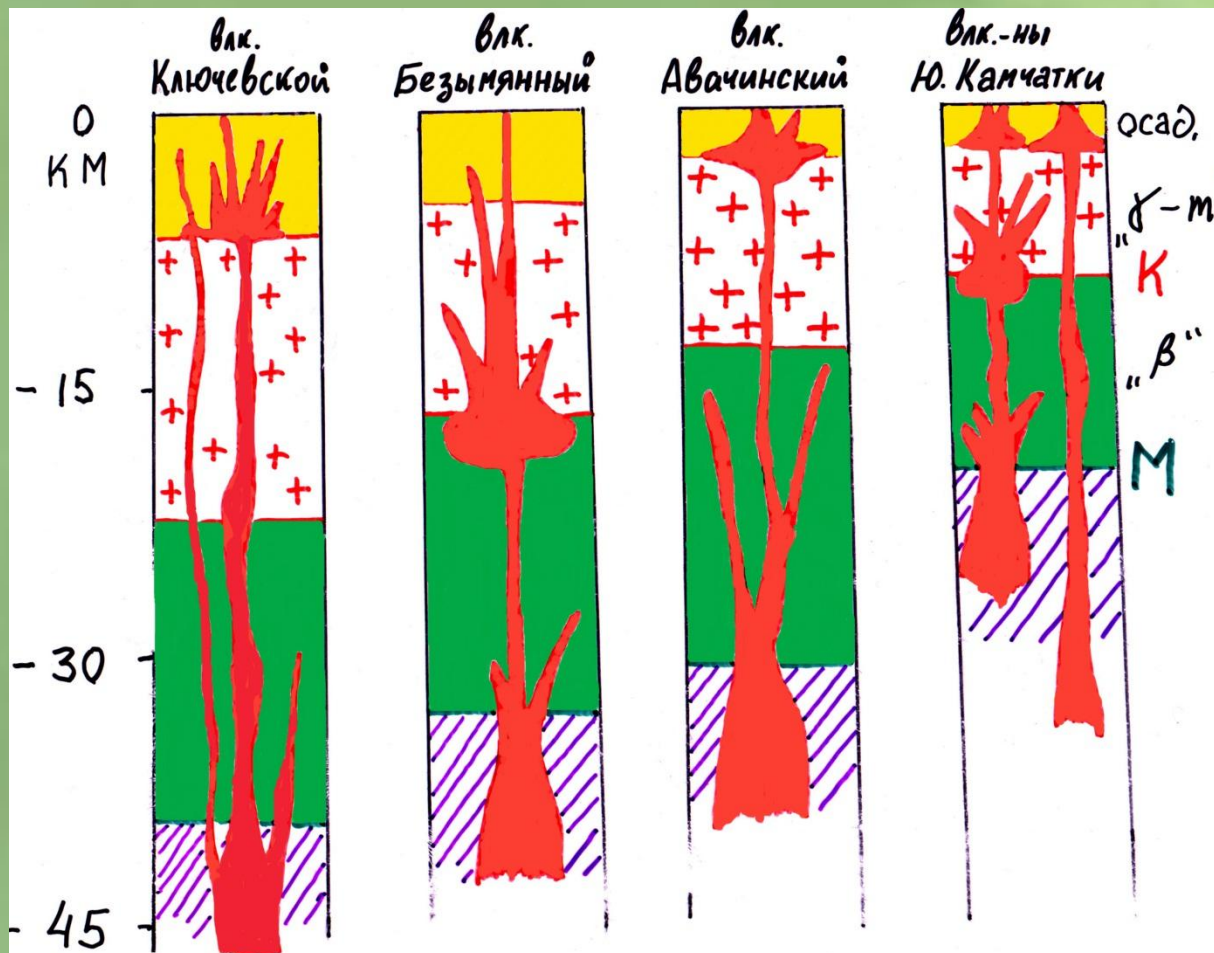
Астеносфера находится в эффективно твёрдом состоянии. Это среда, в которой расплав (1-5%) заполняет только межзерновое пространство.



Содержание лекции

- Извержение вулкана в Исландии в 2010 г.
- Что такое магма?
- Летучие компоненты магм – флюиды
- Последовательность кристаллизации минералов при остывании магматического расплава
- Вязкость магматического расплава
- Глубины и характер зарождения магм
- Типы магм
- Источник тепла для магм Земли
- Вулканизм
- Межплитные и внутриплитные источники вулканизма
- Самые известные вулканы Земли

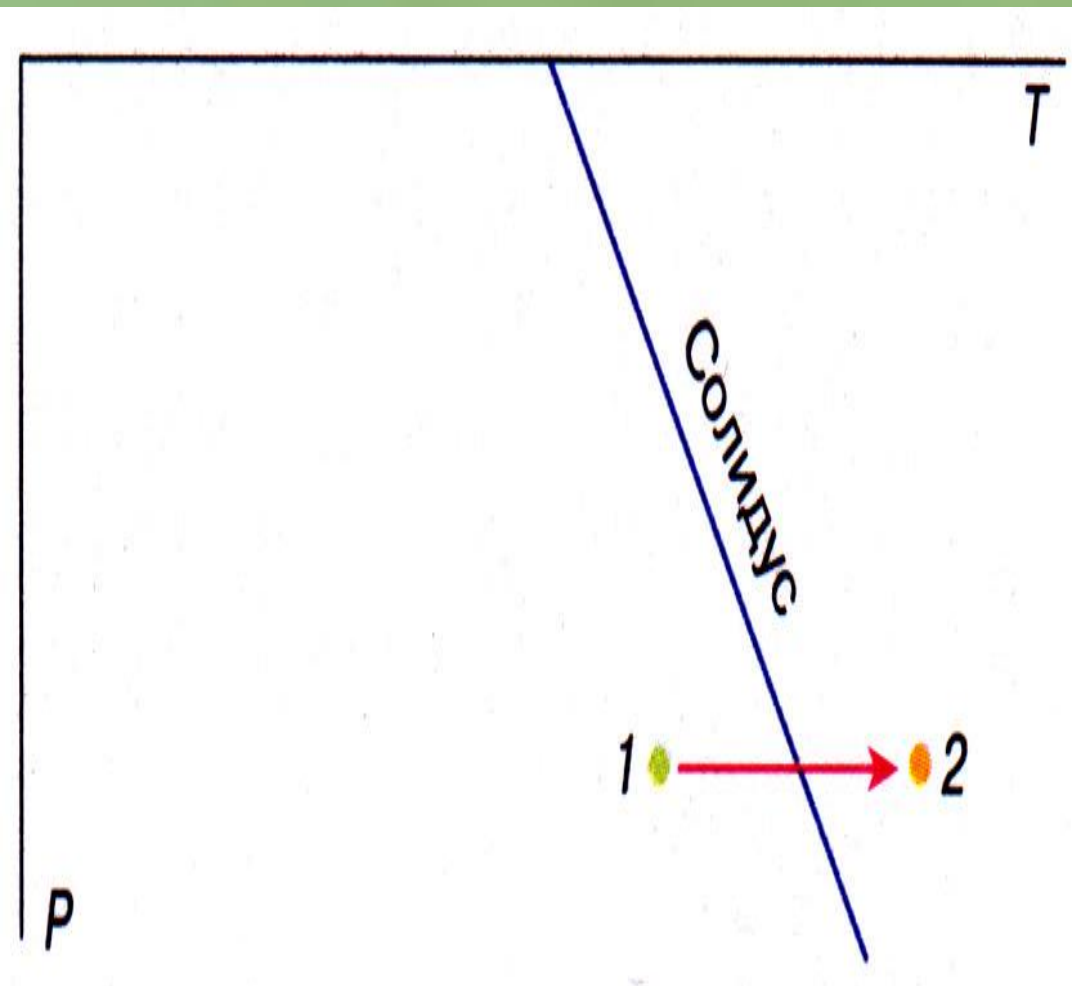
Геофизические данные и состав некоторых магматических расплавов свидетельствуют о том, что магматические очаги могут формироваться и в земной коре.



Магматические очаги вулканов Камчатки (по В.А. Ермакову и др.).

Три главных механизма плавления, приводящих к образованию магм.

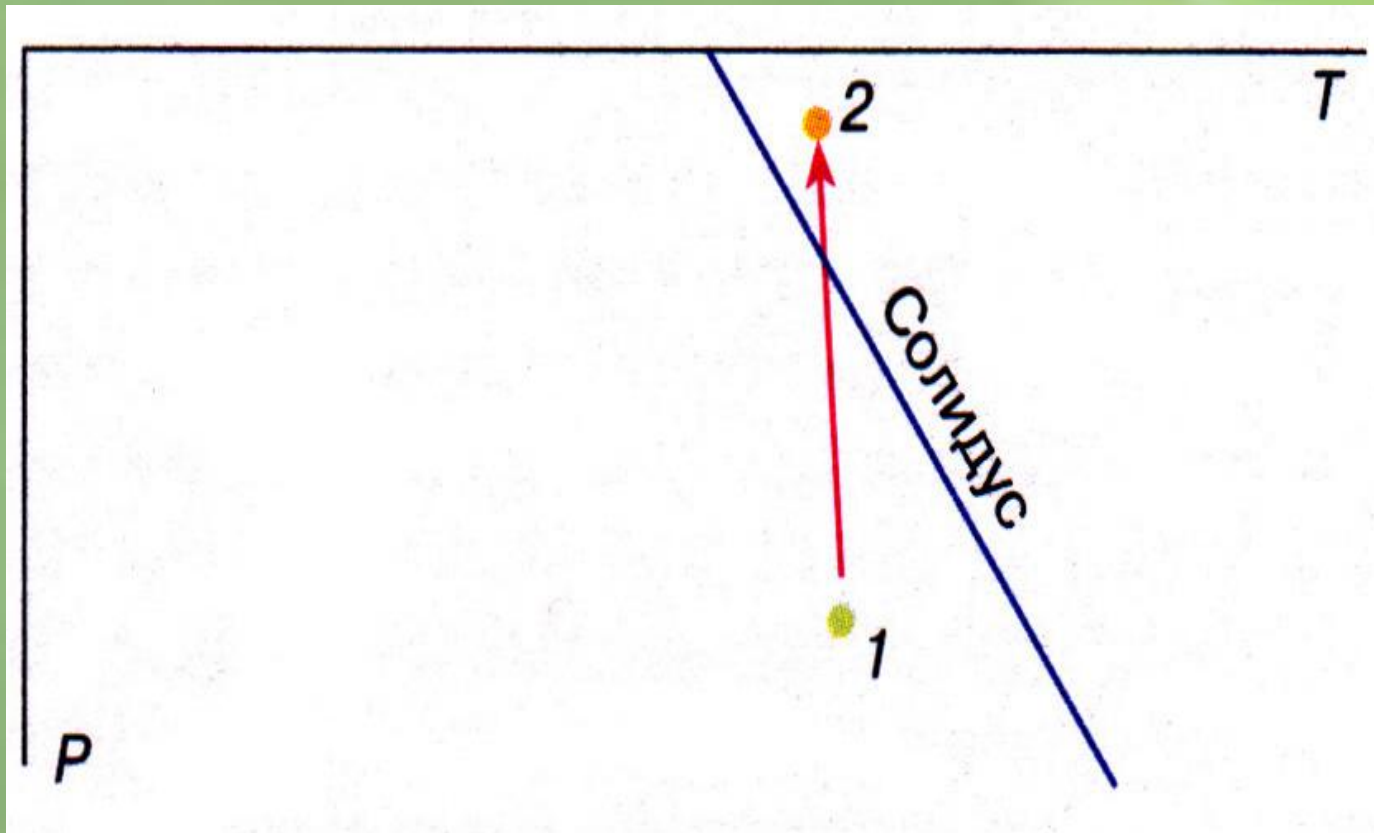
1). **Нагревание** выше температуры плавления глубинного вещества, т.е. выше **температуры солидуса**.



Источники тепла для литосферных очагов – тепловое воздействие мантийных магматических масс, нагретых до высокой температуры.

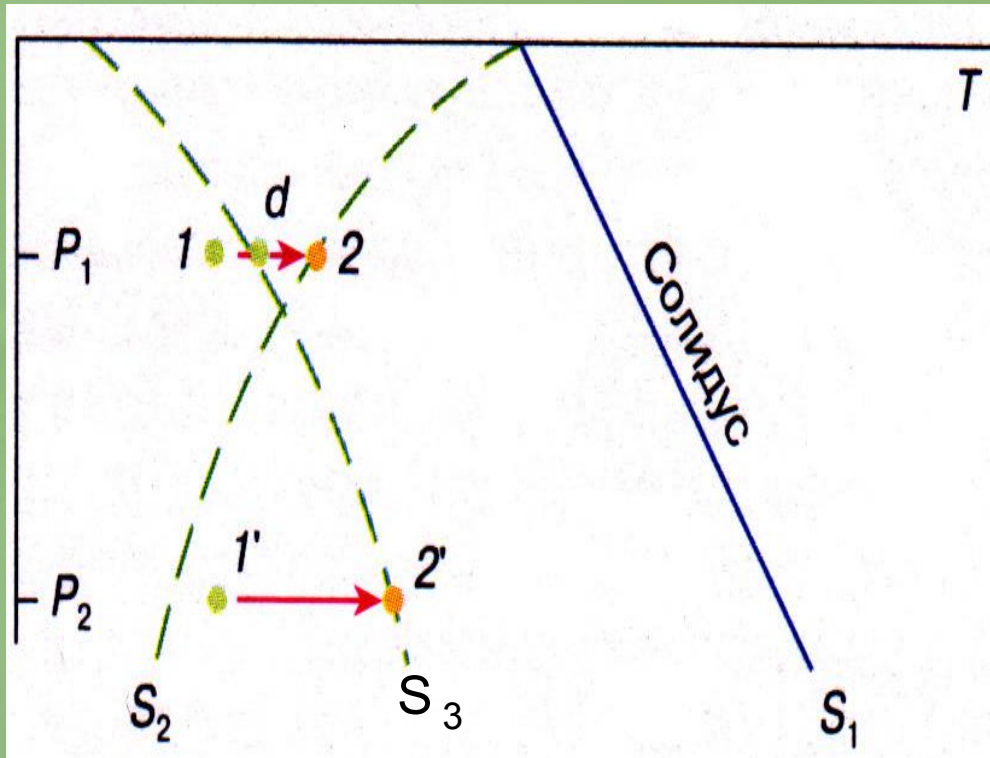
Причины эпизодического и локального нагрева мантийного вещества не ясны.

2). Почти изотермический **подъём нагретого вещества литосферы** до достижения на некоторой глубине температуры плавления (солидуса).



Механизм реализуется при быстром (в геологическом масштабе времени) перемещении крупных масс нагретого и пластичного глубинного материала.

3). **Плавление при дегидратации гидроксид-содержащего минерала** (например, слюды при нагревании выделяют до 4 мас % воды.)



S_1 - солидус при отсутствии воды.

S_2 - солидус насыщенного водой расплава.

S_3 - солидус недосыщенного водой расплава.

d – кривая дегидратации минерала.

При нагревании на уровне P_1 в точке d происходит разложение минерала с выделением воды, которая растворяется в насыщенном водой расплаве в точке 2.

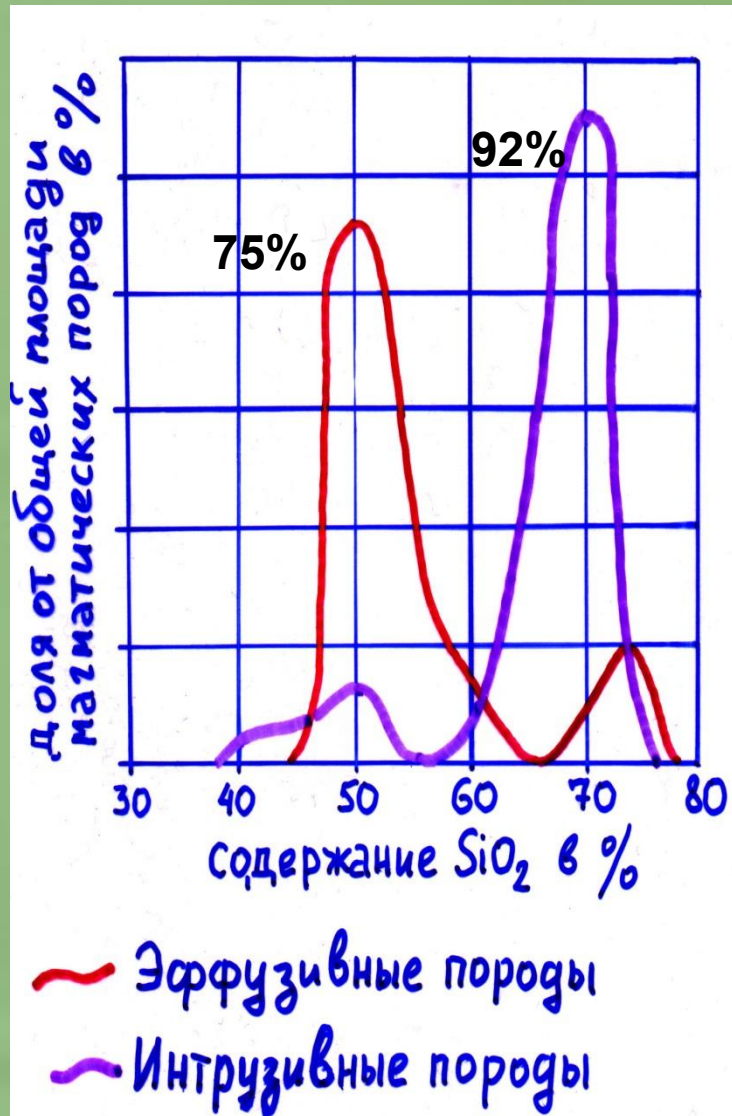
При нагревании на уровне P_2 дегидратация происходит в точке 2', образуется расплав, содержащий воду, но не насыщенный ею.

Если в магматическом очаге есть вода, то температура плавления силикатного вещества понижается на десятки и сотни градусов.

Содержание лекции

- Извержение вулкана в Исландии в 2010 г.
- Что такое магма?
- Летучие компоненты магм – флюиды
- Последовательность кристаллизации минералов при остывании магматического расплава
- Вязкость магматического расплава
- Глубины и характер зарождения магм
- Типы первичных магм (источники магм)
- Источник тепла для магм Земли
- Вулканизм
- Межплитные и внутриплитные источники вулканизма
- Самые известные вулканы Земли

Типы первичных магм



Ф. Ю. Левинсон-Лессинг — все известные магматические породы образовались за счет **двух** родоначальных **магм**: **основной** (базальтовой), богатой Mg, Fe и Ca с содержанием SiO_2 от 45 до 52% и **кислой** (гранитной), богатой щелочными металлами, содержащей от 65 до 78% SiO_2

А. Холмс предполагал ещё и наличие ультраосновной магмы.

Н. Боуэн — все магматические породы образовались из **одной основной** магмы в результате кристаллизационной дифференциации расплава. Затем допустил возможность образования **кислой** магмы в условиях высокого давления, присутствия воды (2-4%), при температуре $\sim 600^\circ\text{C}$.

Содержание лекции

- Извержение вулкана в Исландии в 2010 г.
- Что такое магма?
- Летучие компоненты магм – флюиды
- Последовательность кристаллизации минералов при остывании магматического расплава
- Вязкость магматического расплава
- Глубины и характер зарождения магм
- Типы магм
- Источник тепла для магм Земли
- Вулканизм
- Межплитные и внутриплитные источники вулканизма
- Самые известные вулканы Земли

Fig. 1.1 Variations in heat production through geological time of the four important naturally occurring radioactive isotopes, expressed in mean surface heat now. ^{40}K and ^{235}U have both declined sharply in importance.

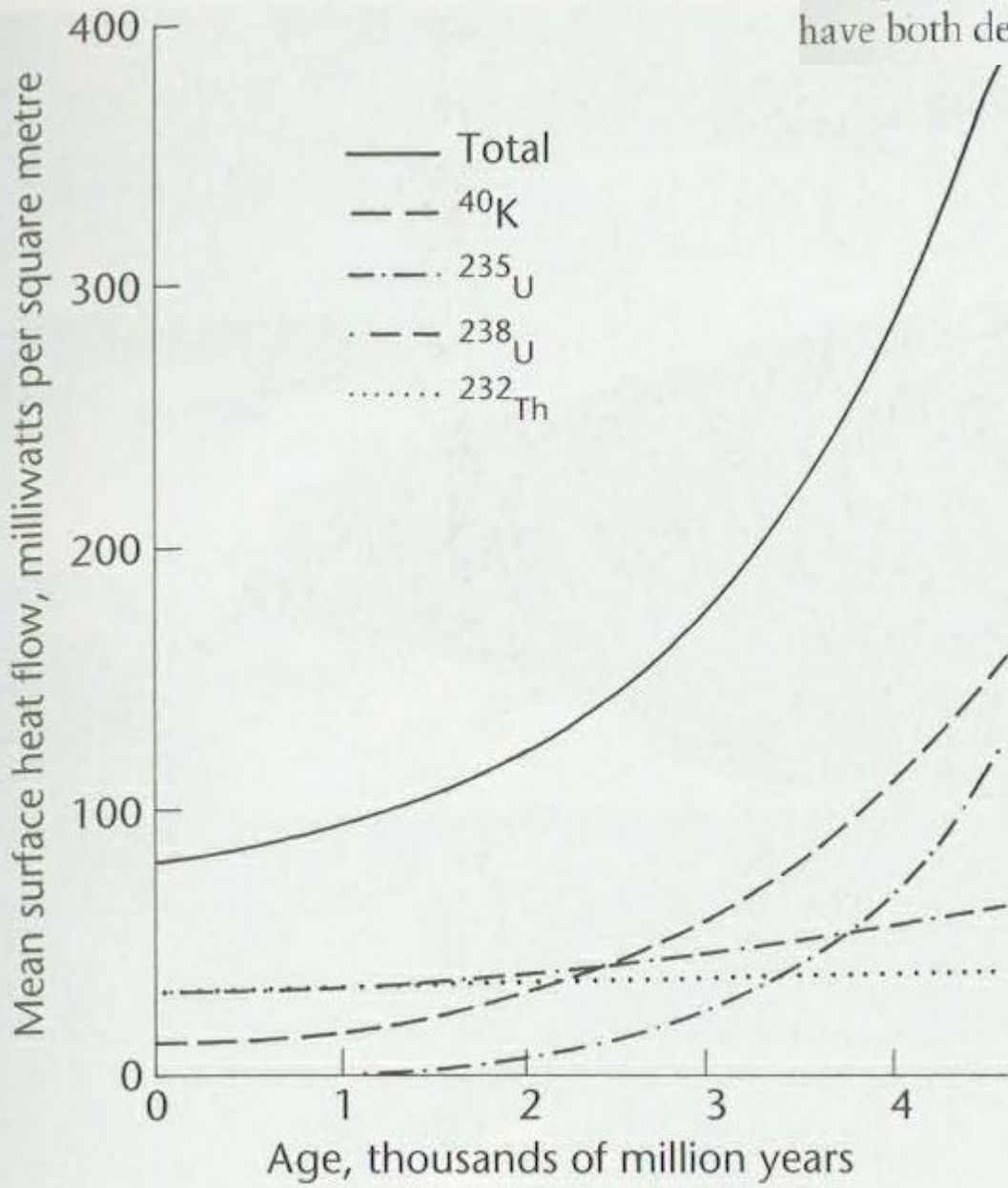
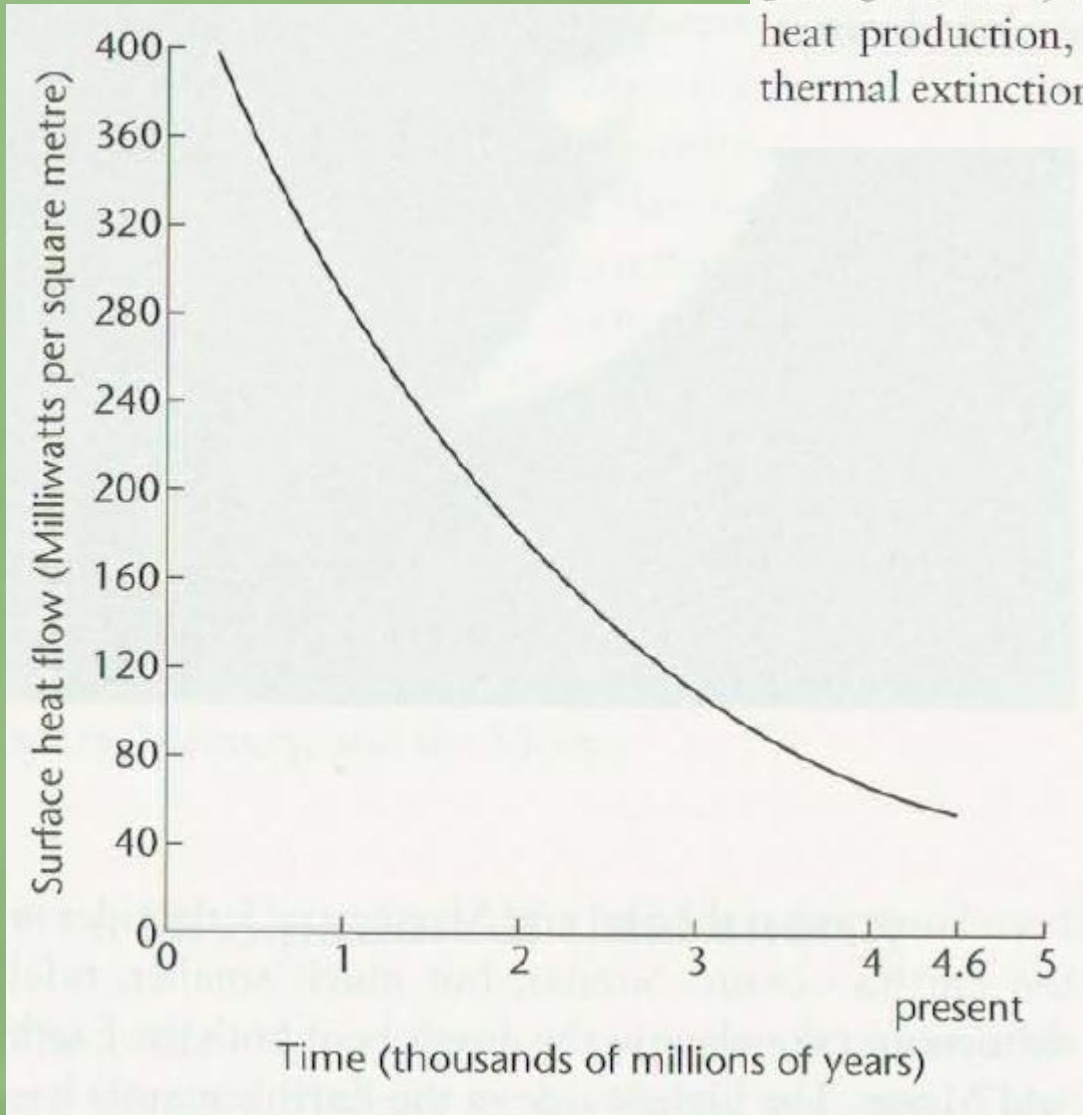


Fig. 1.5 Decline of the Earth's surface heat flow through geological time; a consequence of decreasing radioactive heat production, and indicative of the Earth's eventual thermal extinction.



Содержание лекции

- Извержение вулкана в Исландии в 2010 г.
- Что такое магма?
- Летучие компоненты магм – флюиды
- Последовательность кристаллизации минералов при остывании магматического расплава
- Вязкость магматического расплава
- Глубины и характер зарождения магм
- Типы магм
- Источник тепла для магм Земли
- **Вулканизм**
- Межплитные и внутриплитные источники вулканизма
- Самые известные вулканы Земли

Вулкан Вулкан, Эолийские острова, Южная Италия

Название «вулкан» происходит от древнего римского бога Вулкана. Вулкан был кузнецом богов (богом огня) - сыном богов Юпитера и Юноны. Несколько столетий назад, римляне приняли извержение на острове у берегов Сицилии как свидетельство громыхания в его кузнице с ночным свечением огней. Этот маленький остров был назван Вулканом (рис.).

Вулкан представляет собой отверстие в земной коре, из которой лава, пепел, и горячие газы выбрасываются при извержении. Сегодня вулканы ассоциируются с расплавленными породами, огромными шлейфами дыма, взрывами, пеплом и разрушениями.

Изучением вулканов и связанных с ними явлений занимается наука «Вулканонология». Она включает в себя изучение происхождения, структуры и состава материала, который находится в пределах вулканической постройки или выбрасывается из нее.

Volcanoes,
2011



Вулканизм - магматизм на земной поверхности.



Остров Вулькано (Эолийские острова) – **кузница Вулкана**, древнеримского бога огня и металлических ремёсел.



Вулканизм – одно из самых впечатляющих проявлений внутренней энергии Земли.

Земля всегда была магматически активна. Только за фанерозой на её поверхность было вынесено >600 млн. км³ вулканического материала.

Вулканизм – процесс конструктивный!

Создаёт вулканические горы.

Вулкан Ключевской, Камчатка.



Вулканические поля и плато.

Плоскогорье Декан. Индия.

Площадь 1,5 млн. км².

Объём базальтов 512 000 км³.

Дно Мирового океана, сложенное базальтами – результат вулканической деятельности.



Извержения вулканов способствовали созданию современной атмосферы и гидросферы.

Таблица Состав газов из вулканов, изверженных пород и избытка летучих, вес. %

| Газ | Килауа и Мауна-Лоа | Базальт и диабаз | Обсидиан, андезит и гранит | Фумаролы, горячие источники и гейзеры | Избыток летучих |
|-----------------------|--------------------|------------------|----------------------------|---------------------------------------|-----------------|
| H ₂ O | 57,8 | 69,1 | 85,6 | 99,4 | 92,2 |
| C как CO ₂ | | | | | |
| CO ₂ | 23,5 | 16,8 | 5,7 | 0,33 | 5,1 |
| S ₂ | 12,6 | 3,3 | 0,7 | 0,03 | 0,13 |
| N ₂ | 5,7 | 2,5 | 1,7 | 0,05 | 0,24 |
| Ar | 0,3 | Следы | Следы | Следы | Следы |
| Cl ₂ | 0,1 | 1,5 | 1,9 | 0,12 | 1,7 |
| F ₂ | 0,04 | 6,6 | 4,4 | 0,03 | Следы |
| H ₂ | 0,04 | 0,1 | 0,04 | 0,05 | 0,07 |
| Другие | — | — | — | — | — |
| | 100,4 | 100,0 | 100,4 | 100,01 | 100,04 |

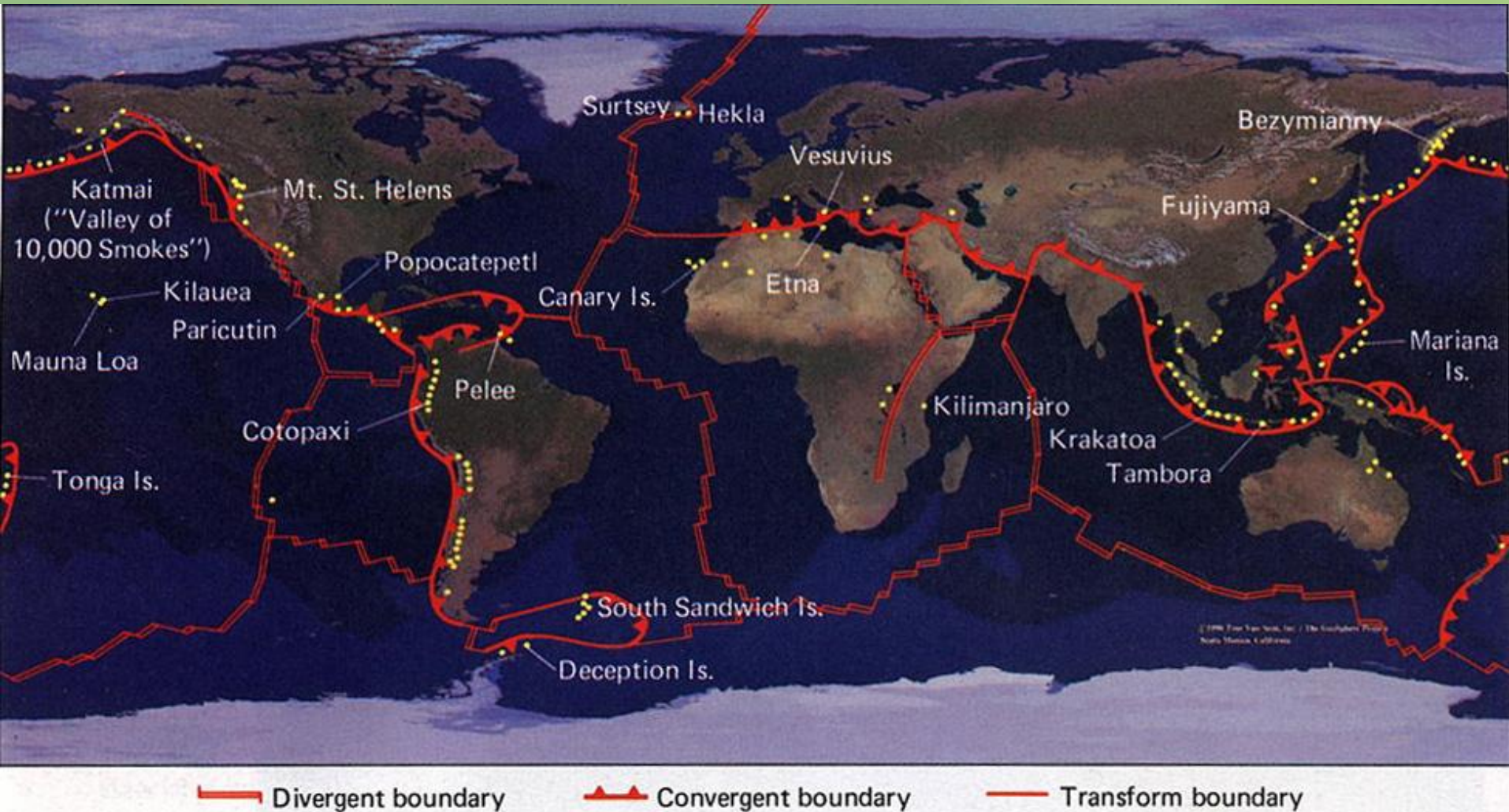
Извержение Сент-Хелен, 1982 г.

Содержание лекции

- Извержение вулкана в Исландии в 2010 г.
- Что такое магма?
- Летучие компоненты магм – флюиды
- Последовательность кристаллизации минералов при остывании магматического расплава
- Вязкость магматического расплава
- Глубины и характер зарождения магм
- Типы магм
- Источник тепла для магм Земли
- Вулканизм
- Межплитные и внутриплитные источники вулканизма
- Самые известные вулканы Земли

Вулканическая деятельность на Земле идёт постоянно.

На суше известно ~ 600 вулканов, действовавших в историческое время.



Содержание лекции

- Извержение вулкана в Исландии в 2010 г.
- Что такое магма?
- Летучие компоненты магм – флюиды
- Последовательность кристаллизации минералов при остывании магматического расплава
- Вязкость магматического расплава
- Глубины и характер зарождения магм
- Типы магм
- Источник тепла для магм Земли
- Вулканизм
- Межплитные и внутриплитные источники вулканизма
- Самые известные вулканы Земли

Парикутин (Мексика) – вулкан, возникший на глазах человека.

20.02. 1943г. – 09.03. 1952г. Возник на кукурузном поле Доминика Пулидо
1 день – конус 10 м из шлака и пепла,
Через неделю – 150 метров.



Через год – 336 м
Последовательность:
выбросы пепла и газа,
образование конуса,
затем кратера,
Наконец лавы в июле
1944 года.

Катастрофы, которые помнят



о. Санторин

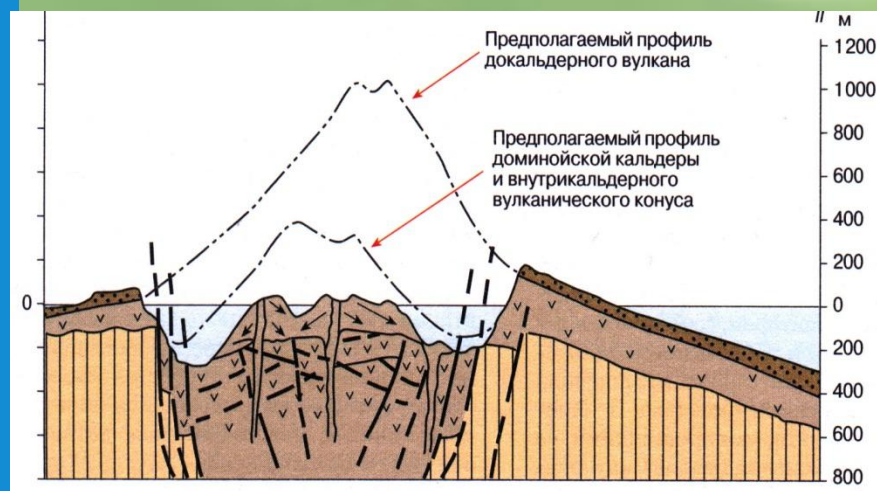
Сейчас -
вулканический
архипелаг в
Эгейском море, в
120-130 км к северу
от Крита.

Кальдера
площадью 83 кв.
км, глубиной
300-400 м.

Санторин до катастрофы 1500-1400 гг. до н. э.



Мощнейшее взрывное извержение в 1400-1500 году до н.э. Гибель Крито-Минойской цивилизации.

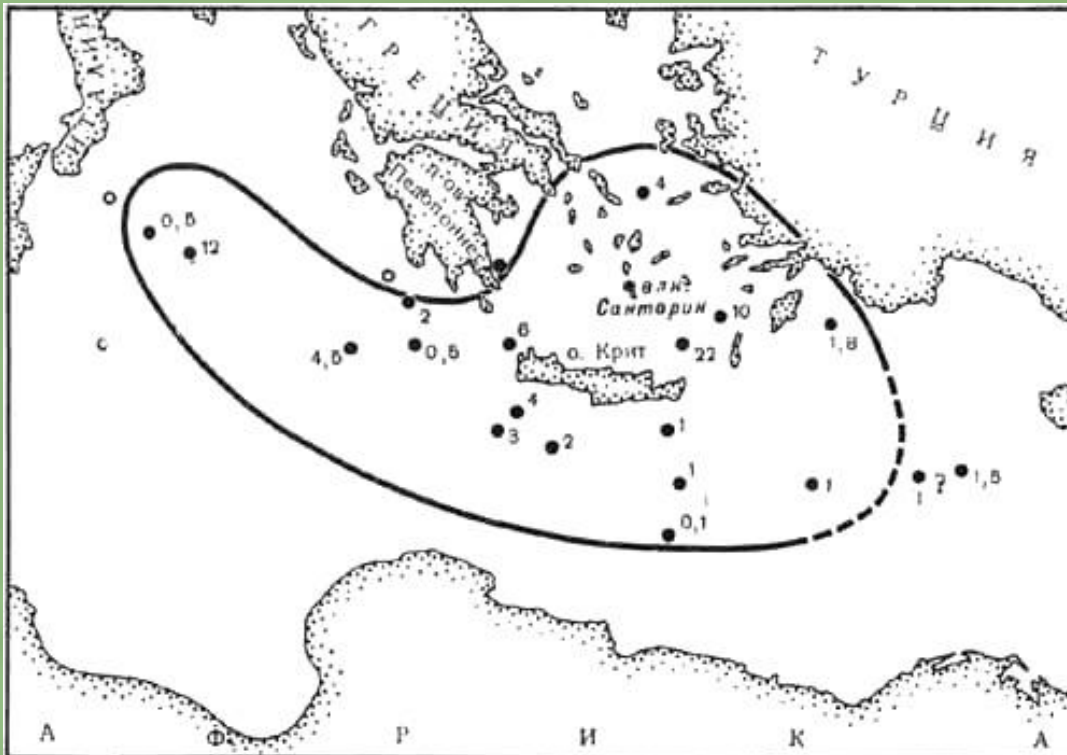


Разрез Санторина

Возможно, что с катастрофой Санторина связаны 4 главных доисторических события, описанных Платоном и Библией.

1). Гибель Атлантиды.

2). Сгустившаяся ночь, которая позволила сынам Израилевым бежать из Египта.



3). Расступившееся Красное море.

4). Упадок и исчезновение Крито-Минойской культуры.

Площадь распространения тефры (объём 28-30 куб. км) в донных осадках.



Санторини



Санторини





Санторини

Санторини

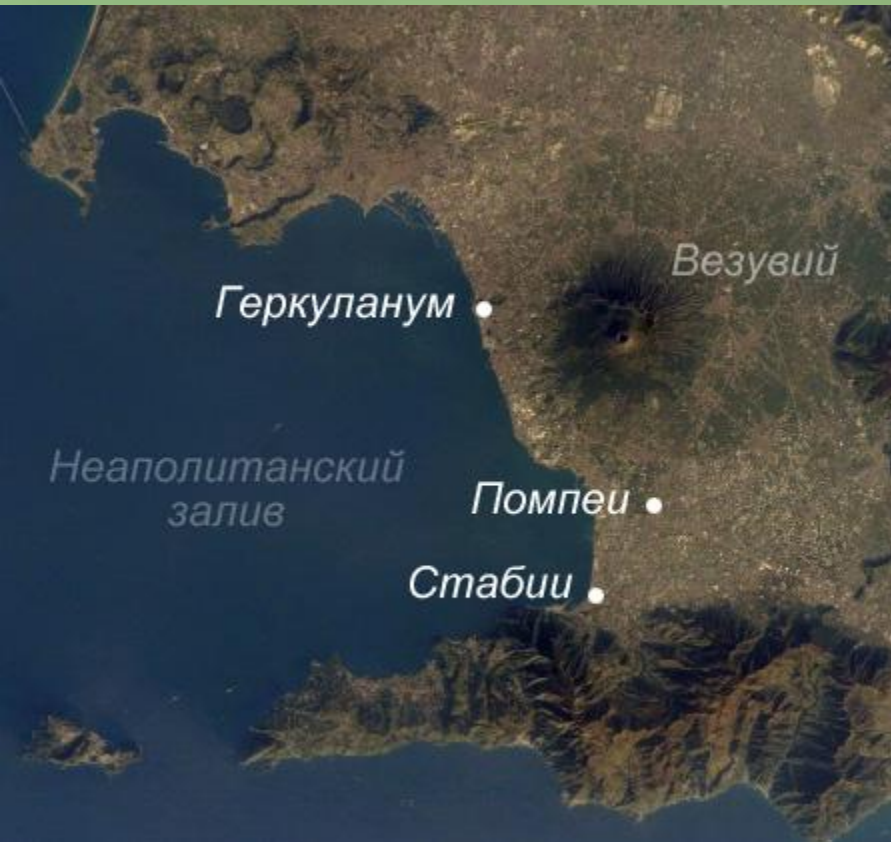


Санторини

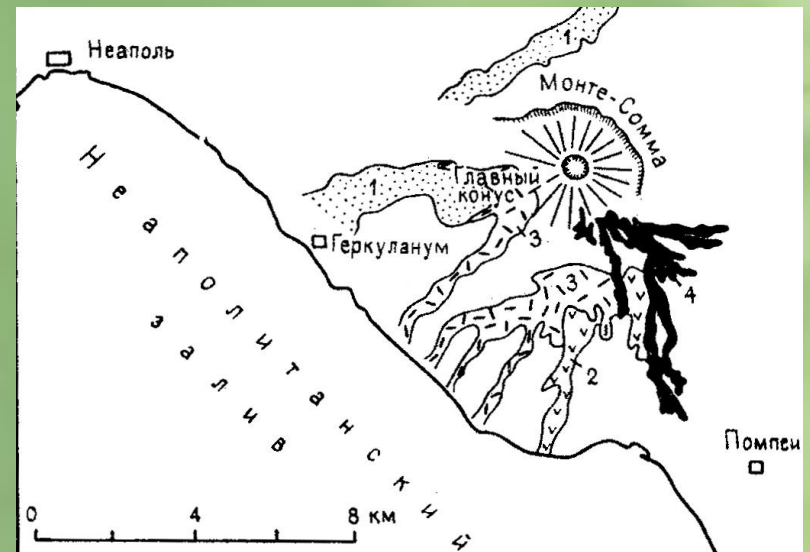


Везувий.

Единственный действующий вулкан континентальной Европы. Находится на юге Италии в ~ 15 км от Неаполя. Высота 1281 м. Известно о более чем 80 извержениях. Сильнейшие – в **1631**, 1779, 1794, 1822, 1872 и 1906 гг.



Последнее – в 1944 году.



1. **Лавовый поток 17 века.**
2. Лавовый поток 18 века.
3. лавовый поток 19 века.
4. Лавовый поток 1906 г.

Легендарное извержение 24 августа 79 года.

Описано римскими авторами, в том числе Плинием-младшим в письме к Тациту.



From the Discovery Channel's "Pompeii", courtesy of Crew Creative, Ltd.

В результате взрыва образовалась кальдера (Сомма) диаметром 15 км.
Уничтожены несколько городов: Помпеи и Стабия засыпаны пеплом,
Геркуланум стёрт лахарами.
В Помпеи погибло ~ 20 тыс. чел.



Сомма и кратер Везувия.

К.П. Брюлов (1792-1871) Последний день
Помпеи (1830-1833).

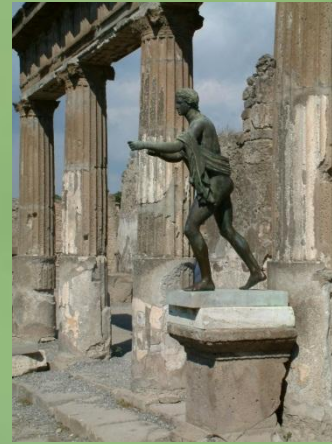
Помпеи.

Город основан в VI веке до н.э.



Вид на храм Юпитера

В **1592** г. архитектор Доменико Фонтана, прокладывая канал от р. Сарно, обнаружил часть городской стены. Планомерные раскопки начались только в **1748** году. Сейчас раскопано ~ 75% площади.





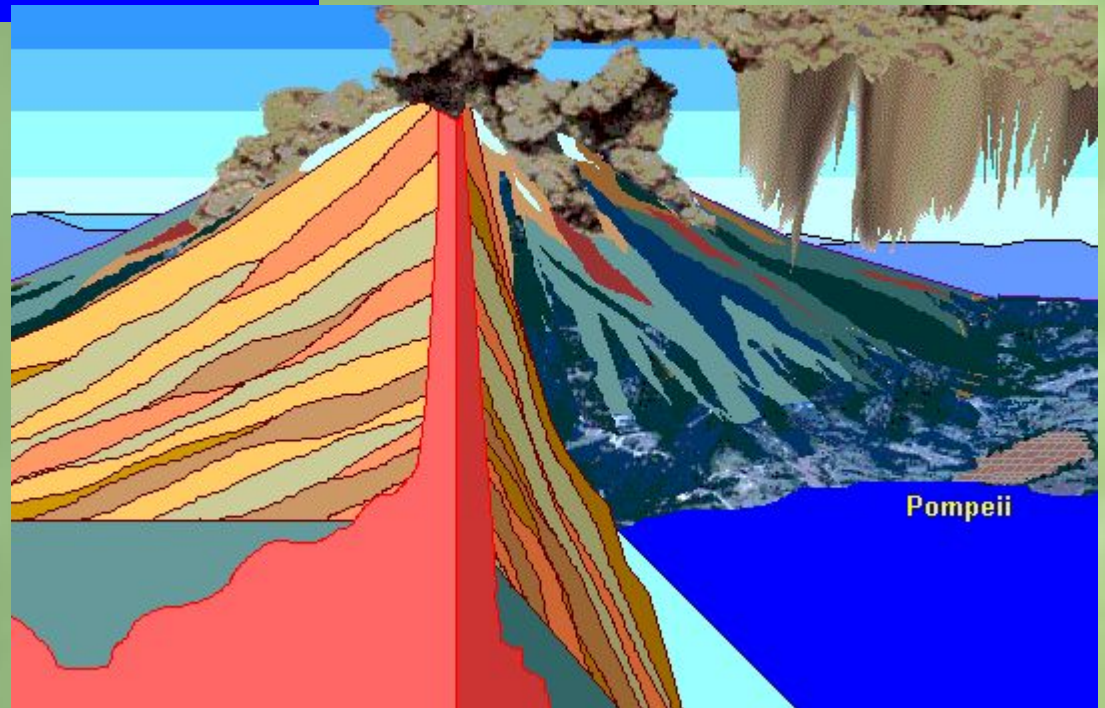
Днем
24 августа 79 года.

Начало извержения –
сейсмические толчки и
выбросы пепла.

Помпеи и Геркуланум – города
на берегу моря.



Пиния.

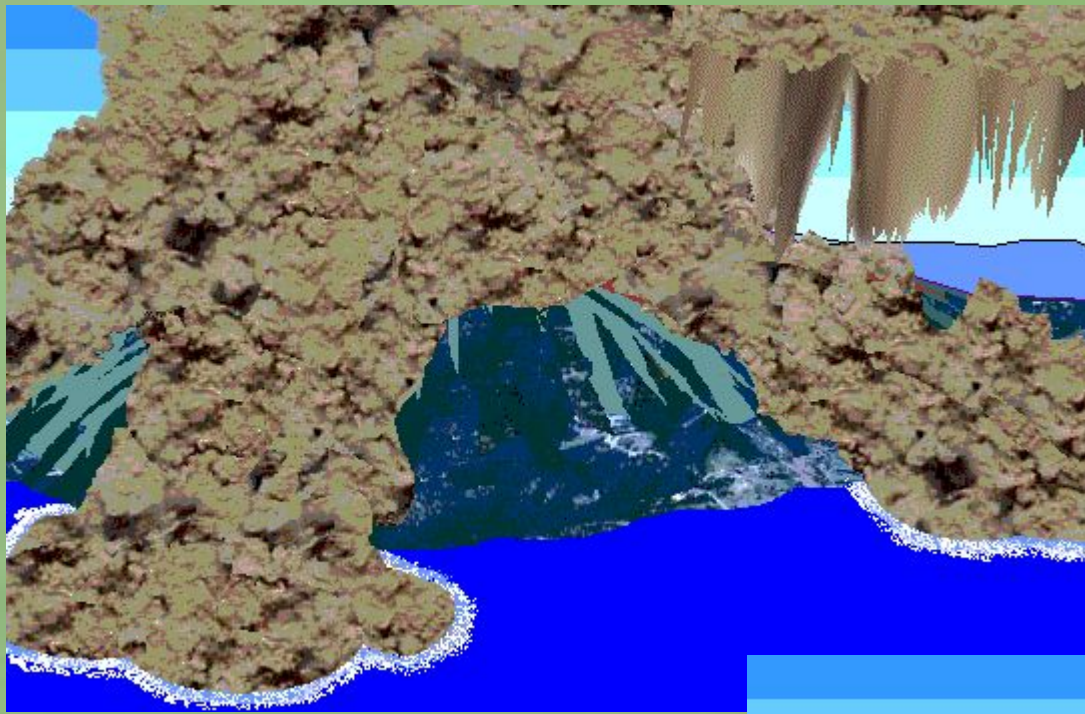




Затем сильнейший взрыв, выброс громадной тучи из горячих газов, пепла, мелких обломков и бомб.

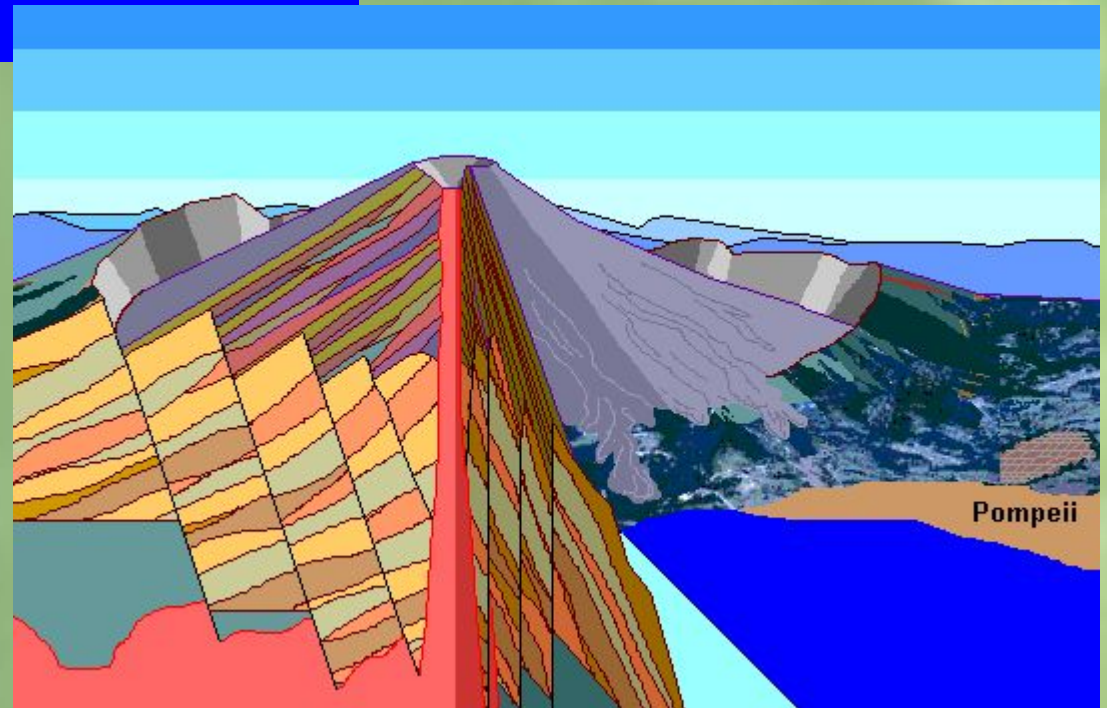
Лахар уничтоживший Геркуланум.





Пеплопад продолжался в течение нескольких дней. Слой пепла толщиной в 6 метров.

Сейчас Помпеи находится далеко от моря



Кракатау 26-27 августа 1883 года.

о. Сертунг

о. Раката-Кечил

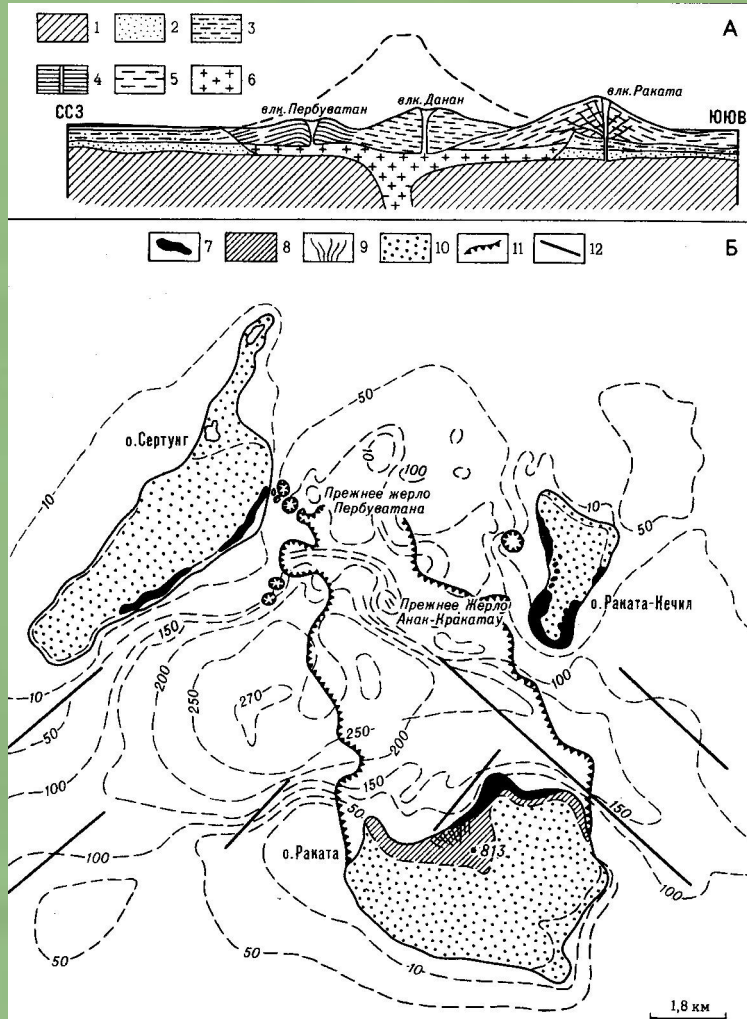
Анак-Кракатау

о. Раката



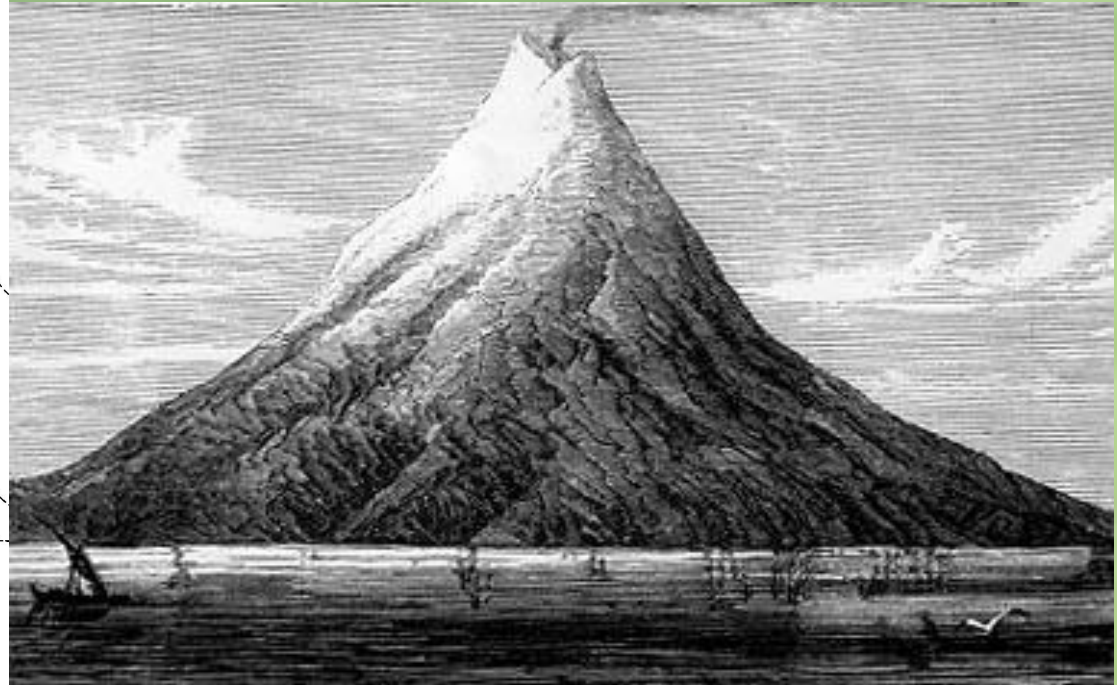
1). Образование кальдеры Кракатау на месте голоценового вулкана (~10 тыс. лет).

2) Историческое время: рост влк. Раката (813 м), Данан (450 м), Пербуватан (120 м). В результате слияния конусов образовался остров Кракатау длиной 9 км, шириной 5 км.



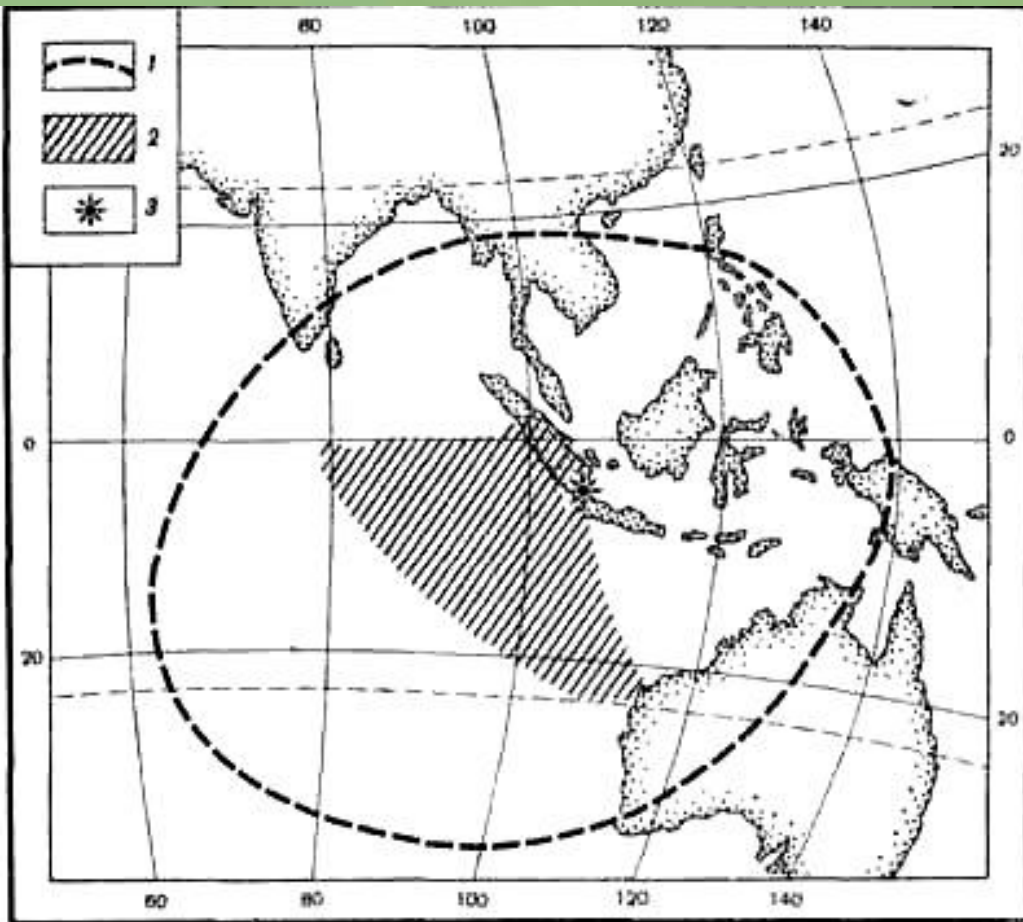
3) Взрыв вулканов в 1883 г. Данан и Пербуватан уничтожены, образовалась подводная кальдера 5,5x4,0 км и глубиной 300м

Раката потерял северную половину.



Раката в начале 19 века.

- 1) Зона распространения звука взрыва (до 5000 км). Ударная волна 3 раза обошла вокруг Земли, отмечалась сейсмостанциями Европы.
- 2) Пепел и мелкие обломки пемзы (18 км³) были подняты на высоту 70-80 км, площадь пеплопада составила 825 600 кв. км.



3). Несколько цунами (до 40 м) уничтожили всё на побережьях Явы, Суматры и других островов. Погибло более 36 000 чел.

В 1927 г. Начался рост нового конуса Анак-Кракатау.



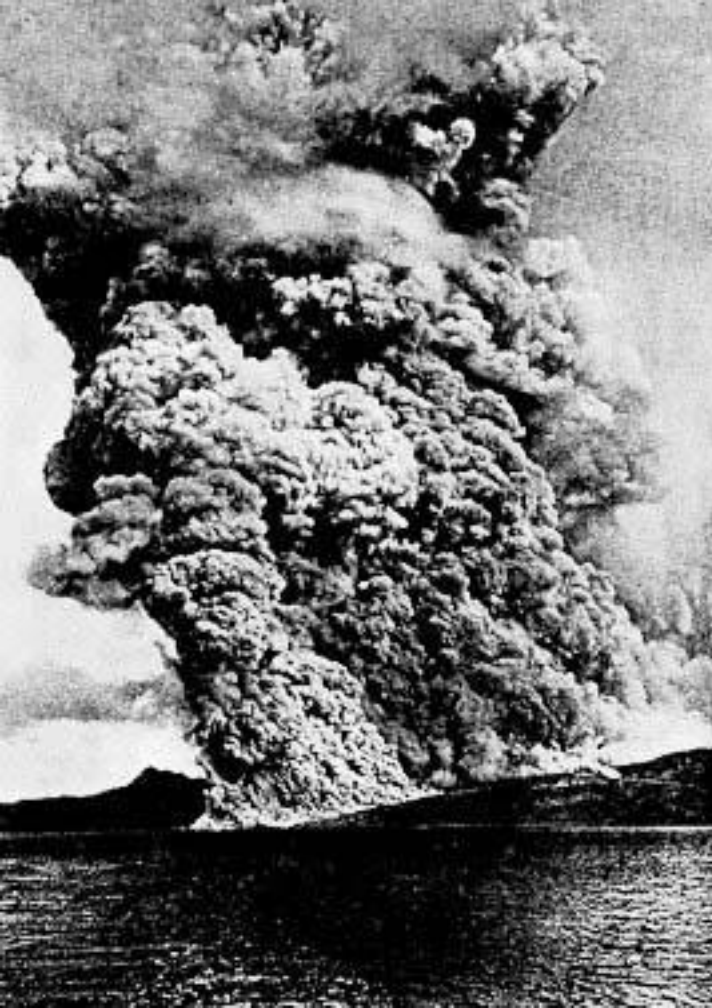
2009 г.

Мон-Пеле 8 мая 1902 года.

(о. Мартиника, Малые Антильские острова).

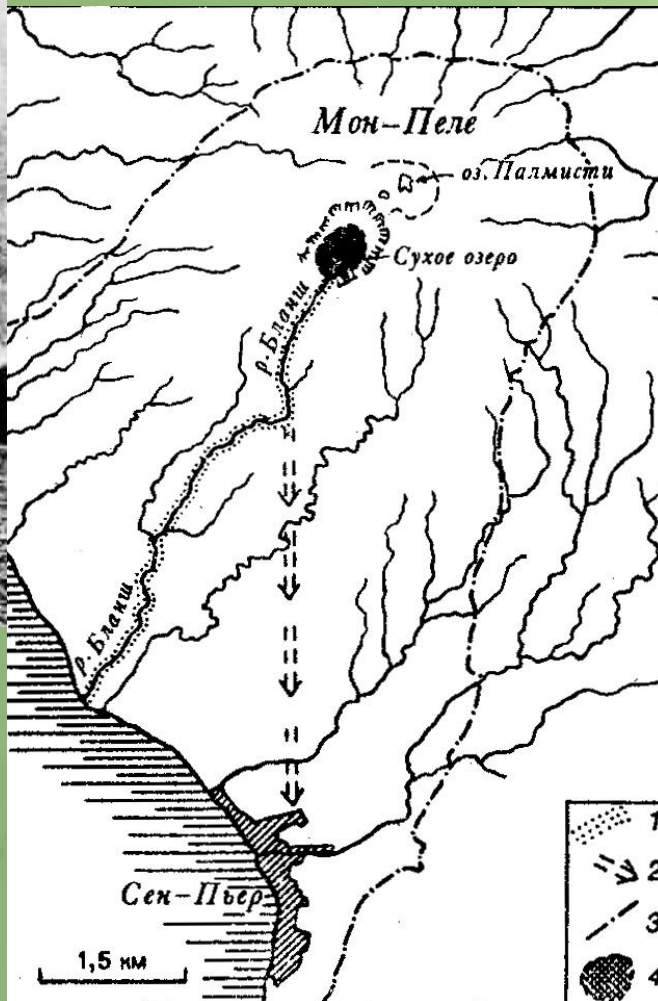
Вид на Мон-Пеле со стороны г. Сен-Пьер.





Путь раскалённой лавины и палящей тучи 8 мая 1902 г. По А. Лакруа.

1) Путь раскаленной лавины (газово-пирокластическая масса, $350 - 450^{\circ}\text{C}$) по долине р. Бланш.



2). Направление движения палящей тучи ($250-350^{\circ}\text{C}$).

3). Граница района опустошения.

4). Приблизительная площадь купола.

Скорость движения палящей тучи ~ 150 м/сек.

Палящая туча над Мон-Пеле.

Предыдущие извержения 1792 и 1851 годов.



700°C ?



Сен-Пьер после извержения.

Погибли все 30тыс. человек, сгорели
все 18 кораблей на рейде.

Спасся один **Аугусте Кипарис**.

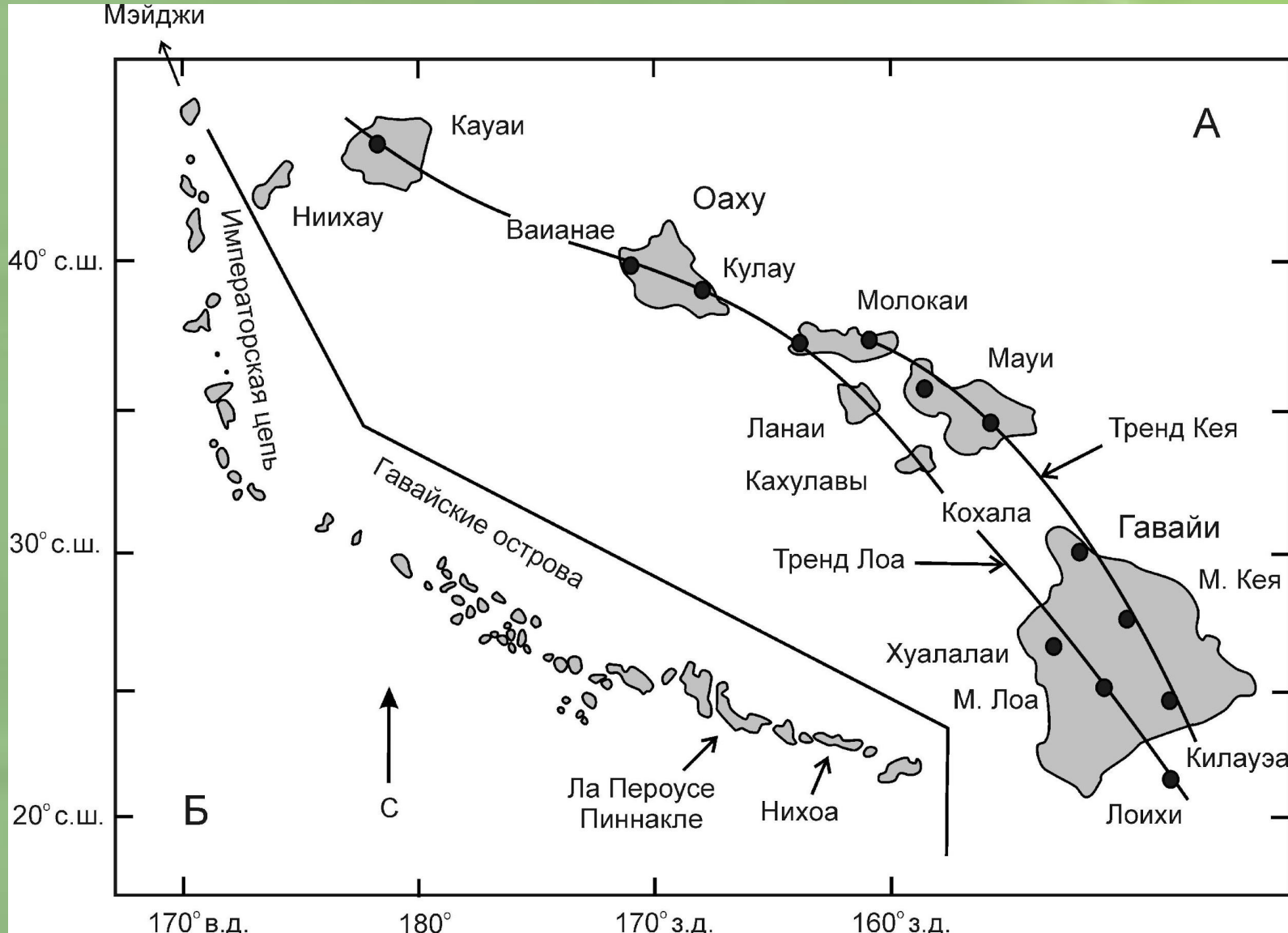


Обелиск вязкой лавы. Высота ~
330 м, диаметр 100-170 м.

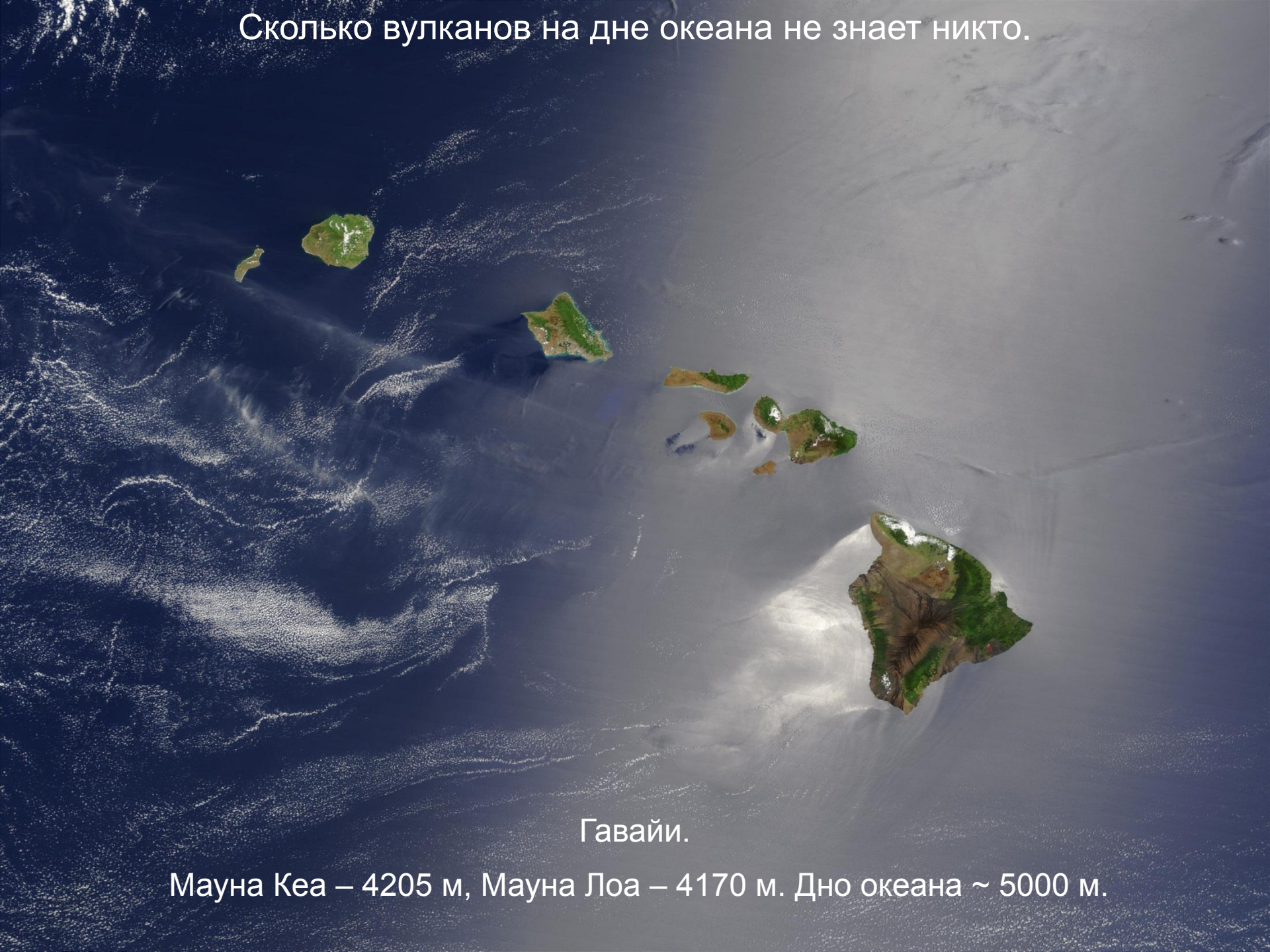


Тюрьма.

Схема вулканов Гавайских о-вов (А), о-вов и подводных гор Гавайской и Императорской цепочек о-вов (Б). Вулканы Гавайских о-вов образуют линейные пояса Лоа и Кеа. Возраст горных пород увеличивается с 0 млн лет (Лоихи, Мауна-Лоа, Килауэа) до 85 млн лет (гайот Мэйджи северного окончания океанической части Императорской цепочки находится непосредственно за северной рамкой схемы рис. Б



Сколько вулканов на дне океана не знает никто.



Гавайи.

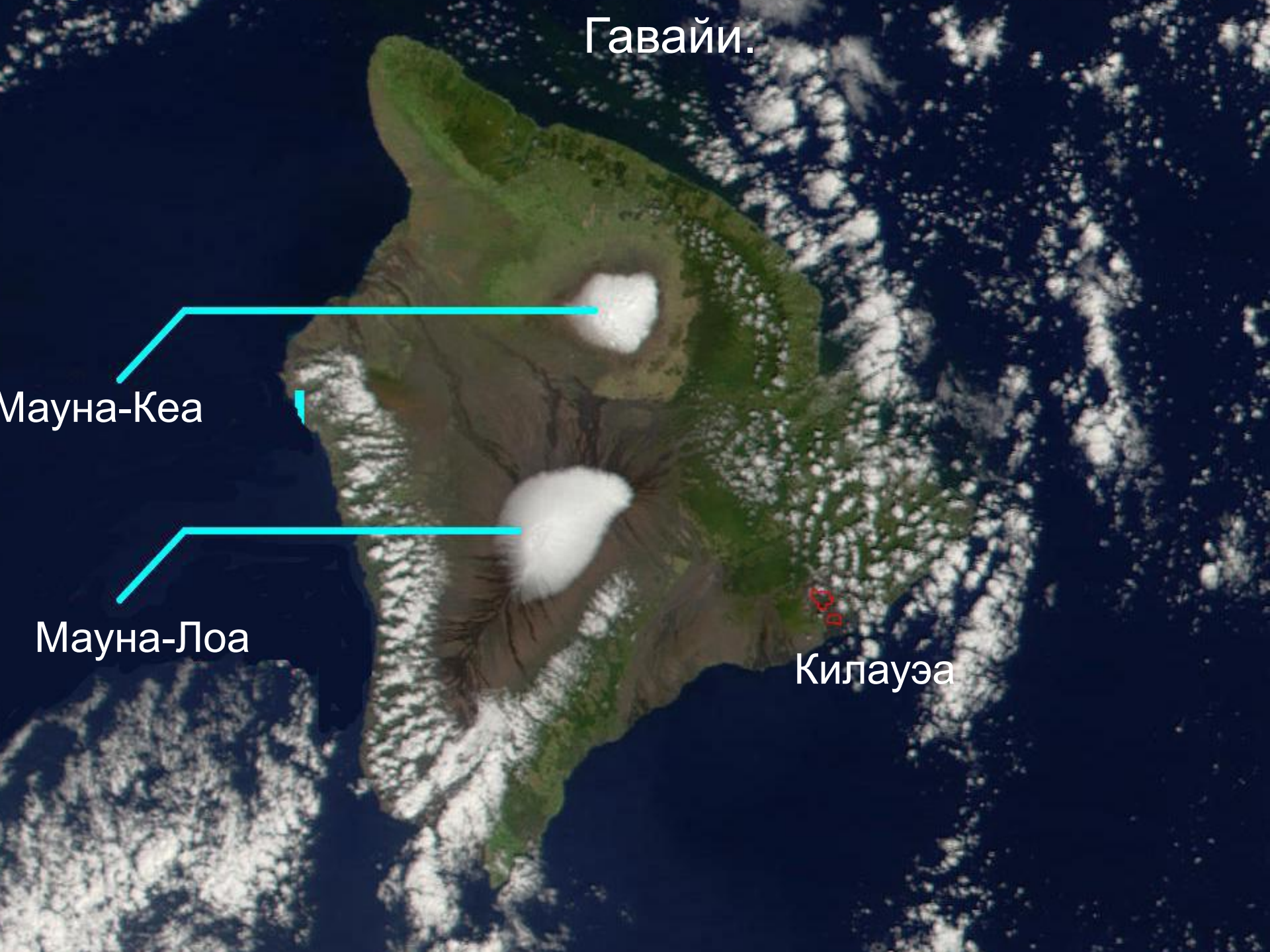
Мауна Кеа – 4205 м, Мауна Лоа – 4170 м. Дно океана ~ 5000 м.

Гавайи.

Мауна-Кеа

Мауна-Лоа

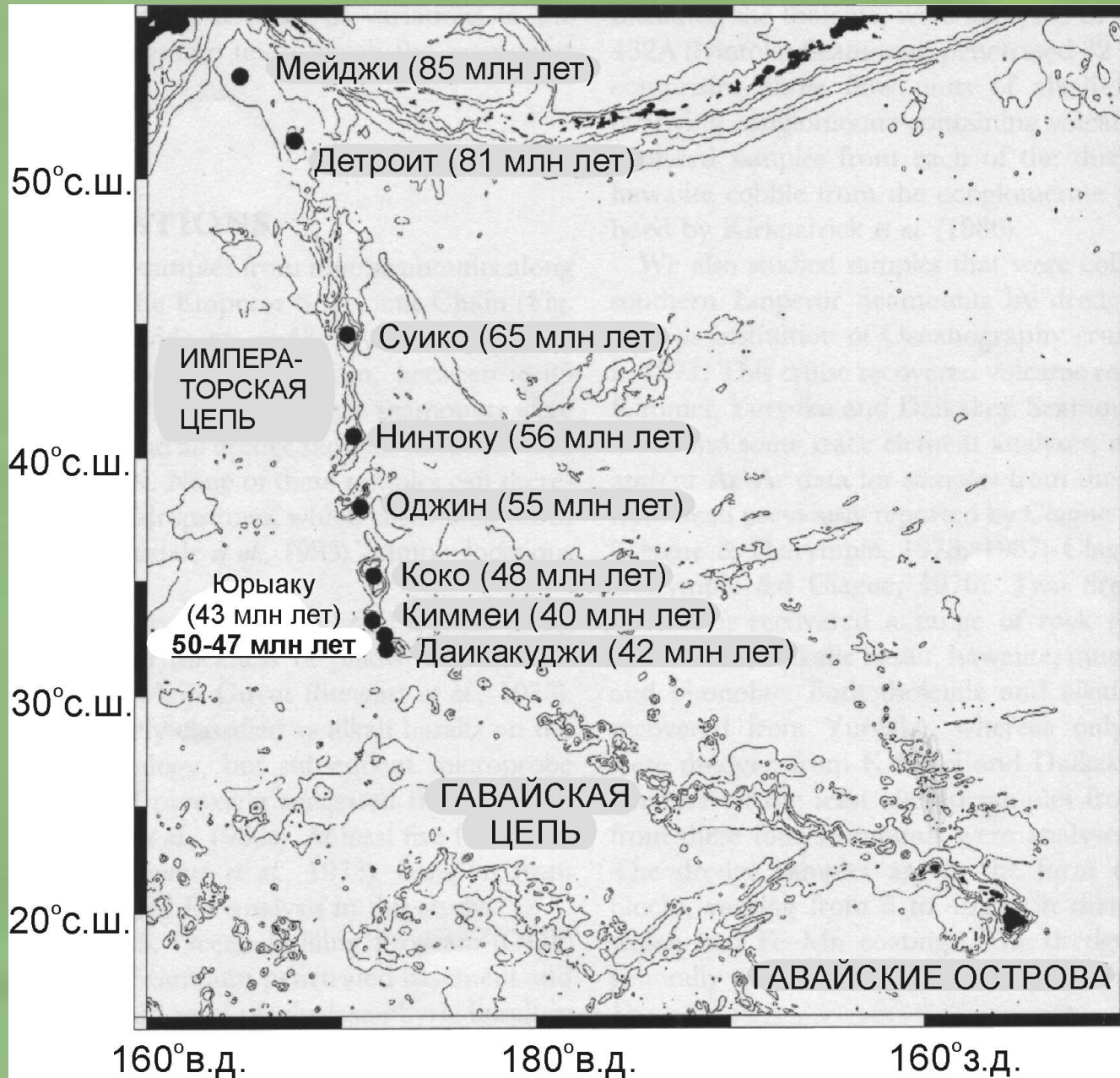
Килауэа





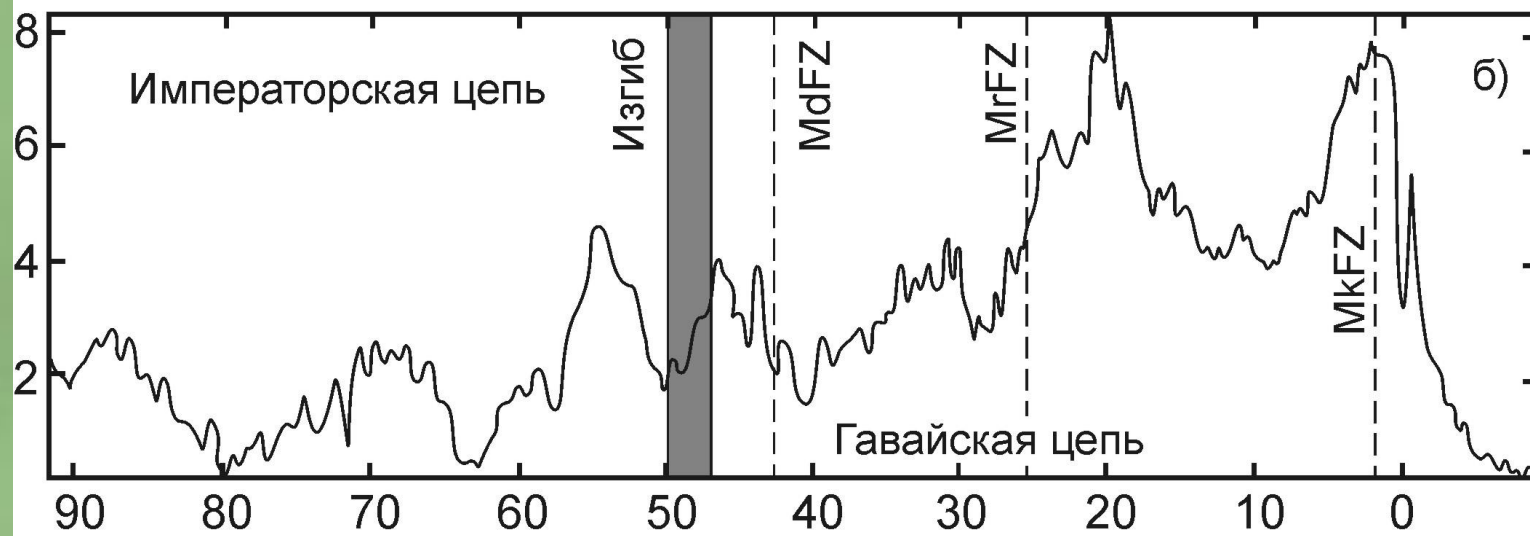
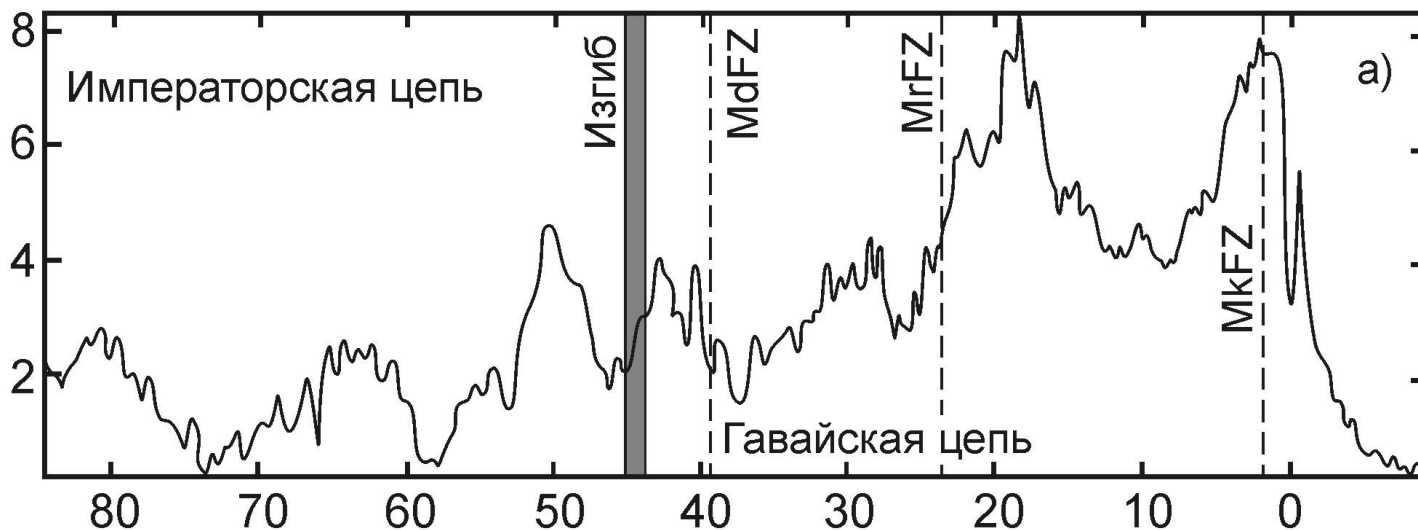
Спокойные, без взрывов излияния лавы с образованием потоков и лавовых озёр. Эффузивный процесс (лат. «эффузио» - излияние).

Батиметрия северной части Тихого океана (контур глубин 1500 м)



Временные вариации объёма продуктов вулканических извержений

Объем ($\text{м}^3/\text{с}$)



Время, млн лет назад

Заключение

- Магма представляет собой расплав с растворенными летучими компонентами
- При остывании и кристаллизации магматического расплава, в зависимости от его состава, могут образоваться разные последовательности минералов
- Магматические расплавы образуются в широком диапазоне глубин Земли и имеют различные температуры и вязкость
- Самые известные вулканы Земли: Вулкан, Парикутин, Санторини, Везувий, Кракатау, Мон-Пеле, вулканы о-ва Гавайи, Ключевской