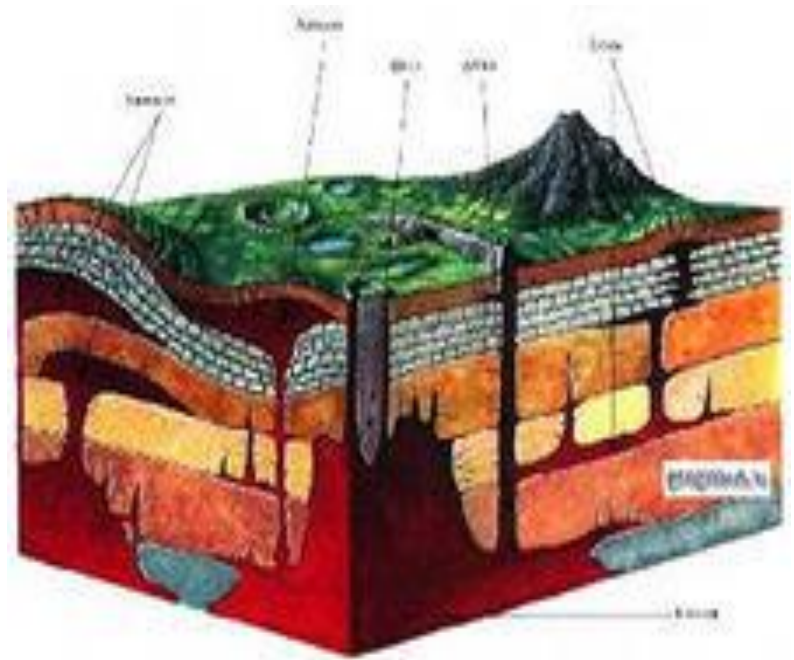


# Тема: Магматизм



# Содержание

1. Понятие о магматизме. Виды магматизма.
2. Глубинный магматизм. Дифференциация магмы. Магматические интрузии. Пегматитовый процесс.
3. Полуглубинный магматизм. Послемагматические процессы: пневматолитовый и гидротермальный процессы.
4. Минералы, горные породы и полезные ископаемые глубинного магматизма.

# Понятие о магме. Дифференциация магмы

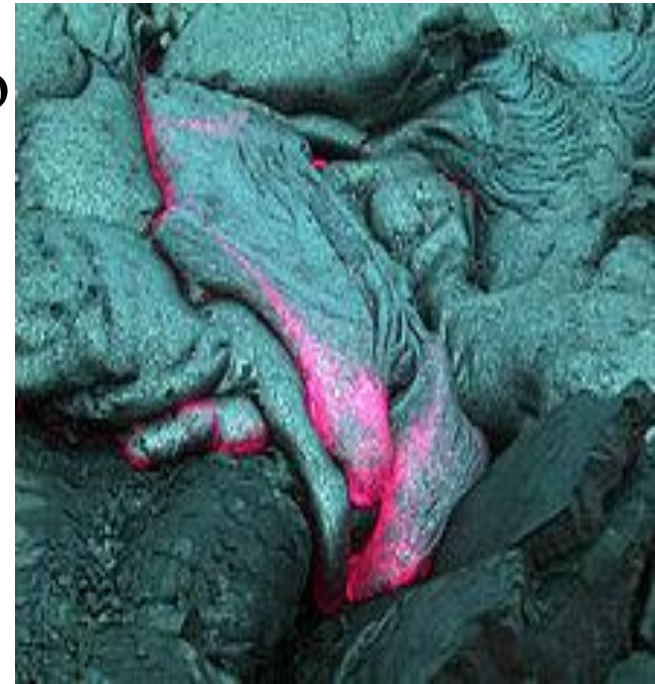
Под **магматизмом** понимают процесс, с которым связано возникновение и движение из глубоких недр к поверхности Земли огненно-жидкого расплава – магмы.

**Магма** – огненно-жидкая масса сложного силикатного расплава. Главный компонент оксид кремния, содержание 40 - 75%.

**2 типа магматизма:**

**глубинный (интрузивный)**

**поверхностный (эффузивный).**



# Магматические процессы минералообразования

## Типы магмы:

- Силикатные
- Сульфидные (Fe, Fe-Ni-Co, Fe-Cu, Fe-Cu-Ni...)
- Карбонатные (Ca, Ca-Mg, Ca-Fe, Ca-Mn, Sr-Ba)
- Пегматитовые расплавы - растворы
- *Силикатные магмы.* В магме существуют простые и комплексные катионы, анионы, а также анионные группы, например,  $(Si_2O_7)^{6-}$ ,  $(SiO_3)^{4-}$ ,  $(Si_6O_{18})^{12-}$ ,  $(SiO_4)^{4-}$  и т.д. Помимо этого присутствуют летучие компоненты (*флюиды*).
- Температура от 1500 до 5500 С, обычно от 1200 до 700-6500 С. Р обычно 0-20 кбар, реже до 50 и более. Высокое Р способствует удержанию в расплаве летучих компонентов магмы.

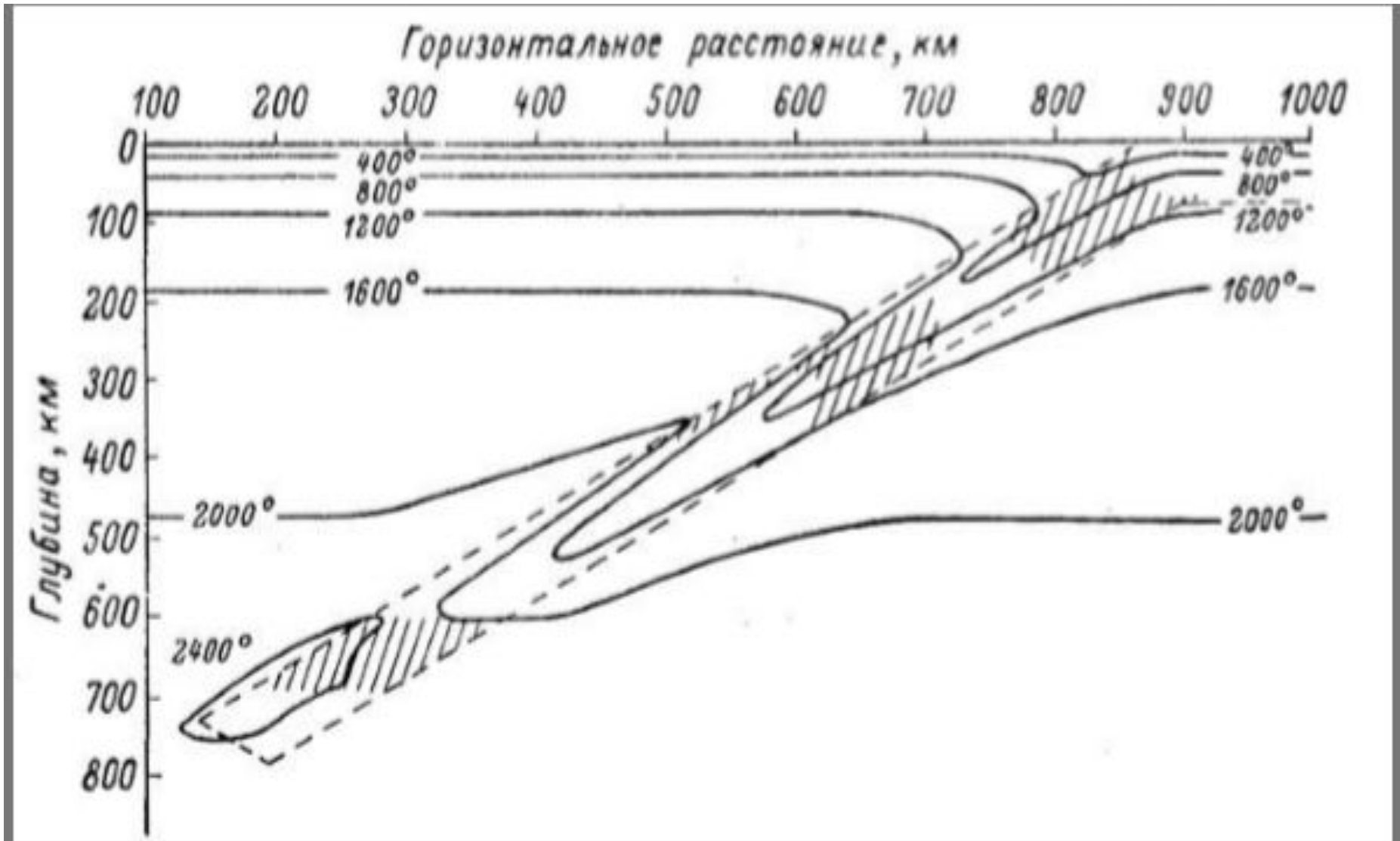
# Магматические процессы минералообразования

- Флюид - надкритическая фаза, в которую переходит жидкость при повышении  $T$ .
- Основными компонентами флюидных систем являются  $H_2O$  и  $CO_2$ , часто значительную роль могут играть  $O_2$ ,  $HF$ ,  $HCl$ ,  $SO_2$ ,  $H_2S$ ,  $H_2$ ,  $CH_4$ . Флюиды снижают  $T$  кристаллизации расплавов ( $T$  кристаллизации Li-F гранитов понижается до  $550^\circ C$ !) и являются важными комплексообразователями.
- Количество флюидов от следов ( $\sim 0.5\%$ ) до  $50\%$  (иногда более) объёма магмы. Нередко флюиды после раскристаллизации рассеиваются, но при этом оставляют «следы» - газы при вулканических извержениях, газовые пузыри в лавах, пенолавы и пемзы, миаролы и пегматиты в интрузивных породах.

# Обстановки проявления магматизма

- Межплитная:
  - 1. В срединноокеанских хребтах – «малоглубинный» магматизм
  - 2. В активных континентальных окраинах – островных дугах, на границах континент – океан – разноглубинный магматизм, главным образом «среднеглубинный»
- Внутриплитный: в зависимости от степени кратонизации (жёсткости) структур глубинный и сверхглубинный магматизм

Распределение  $T$  в плите окенической литосферы толщиной 80 км, заглубляющейся в мантию со скоростью 8 см/год (М. Токсёз, Дж. Минеар, Б. Джулиан, 1971).



Всё разнообразие пород, возникающих из магмы является результатом её расщепления – дифференциации.

**Дифференциация** – сложный физико-химический процесс, который происходит в магме, когда она находится в расплавленном состоянии.

**1. Гравитационная дифференциация.** Характерна для ультраосновных, основных и щелочных магм. Кристаллизующиеся первыми рудные и феррические минералы (существенно Mg-Fe), имеющие большую плотность, чем плотность расплава, под действием сил гравитации могут опускаться на дно магматической камеры. В щелочных магмах возможно иное проявление гравитационной дифференциации. Кристаллизация каркасных алюмосиликатов с низкой плотностью (лейцит, нефелин, ПШ) приводит к их всплыванию и накоплению в верхней части магматической камеры.



## 2. Ликвационная дифференциация

- разделение первоначально однородного состава магмы по способу двух несмешивающихся жидкостей.  
При обогащении магмы некоторыми компонентами (S, P, летучие) в ходе ее кристаллизации может произойти ликвация - разделение единого расплава на две несмешивающиеся жидкости (например, силикатный расплав и сульфидный расплав).  
Эти жидкости будут обладать различной подвижностью и плотностью; дальнейшая их эволюция может вызвать явления гравитационной дифференциации.

### 3. Кристаллизационная дифференциация

когда в процессе постепенного остывания из неё выпадают минералы в виде кристаллов, которые распределяются по плотности. Кристаллизация идёт в определённой последовательности. Вначале выделяются кристаллы более высокотемпературных минералов, затем кристаллизуются более низкотемпературные минералы, богатые кремнезёмом.

#### Ряд Боуэна – порядок кристаллизации минералов в силикатном расплаве нормальной щелочности.

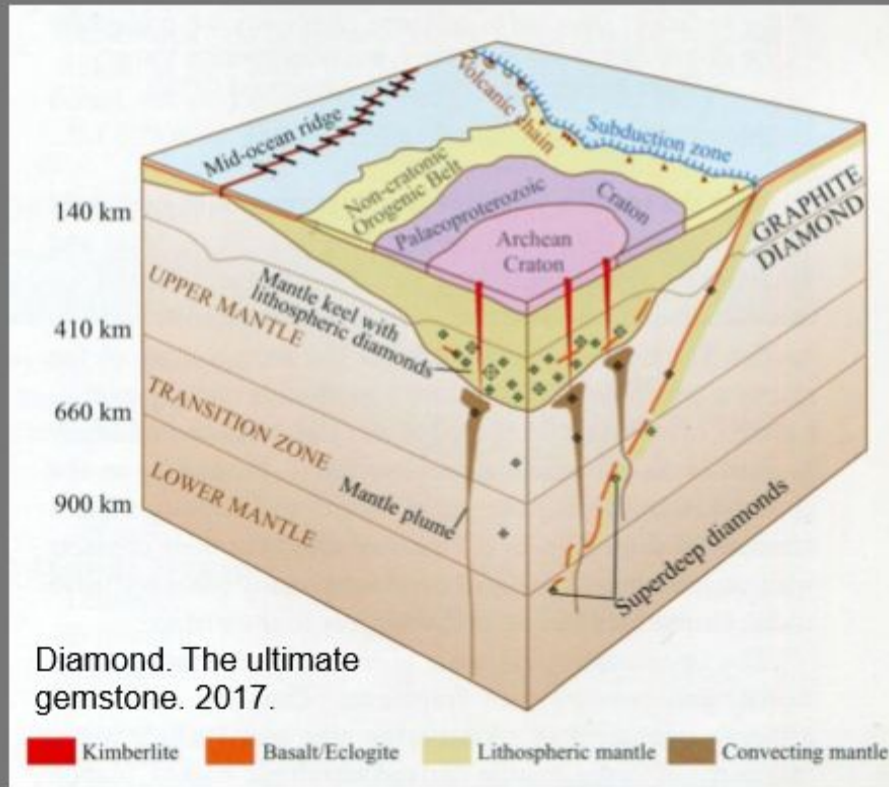


*Признак раннего образования минерала – идиоморфизм*

*Парагенетические ассоциации щелочных пород не находят своего отражения в ряде Боуэна.*

# Магматические процессы

## Кимберлиты



Большинство алмазоносных кимберлитовых тел приурочены к древним кратонам, жестким весьма устойчивым блокам литосферы (правило Клиффорда).

Расплав кимберлитов формируется в астеносфере и внедряется в литосферу, достигая в конечном итоге земной поверхности. Расплав обогащен водой и летучими (в первую очередь,  $\text{CO}_2$ ). При подъеме к поверхности расплав ассимилирует прежде всего мантийные, а затем и коровые компоненты.

*Кимберлиты являются гибридными породами.*

**Кимберлиты и лампроиты** - “лифт”, который транспортирует мантийные алмазы к поверхности Земли.

Изучение включений в алмазах позволило установить кристаллы, сформированные на экстремально больших глубинах, вплоть до **700 километров**. Таковыми оказались алмазы (и захваченные ими минералы) из алмазоносной провинции Juína из Бразилии.

#### **4. Ассимиляция расплавом вмещающих толщ с образованием гибридных пород.**

**Заключительные фазы** кристаллизации магма обогащается низкотемпературными газовыми компонентами и парами воды, становится очень подвижной и легко проникает по трещинам во вмещающие породы с этими фазами связано проявление **пегматитового, пневматолитового и гидротермального** процессов.

**Пегматитовый процесс** сводится к кристаллизации остаточного расплава, насыщенного летучими компонентами и к образованию крупнокристаллических тел (пегматитов) в виде жил, линз, гнёзд.

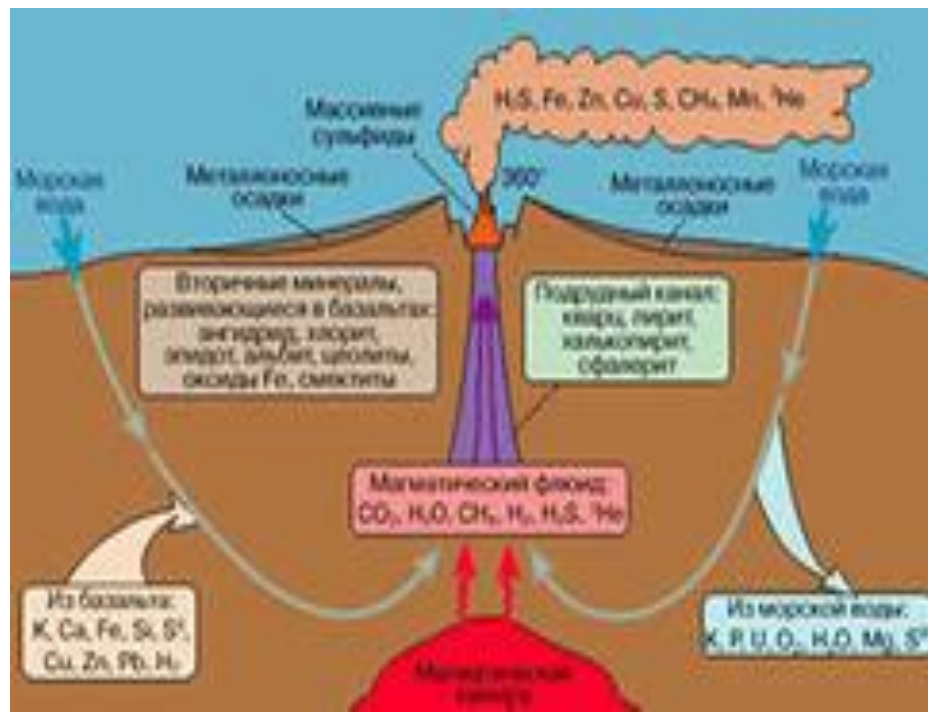
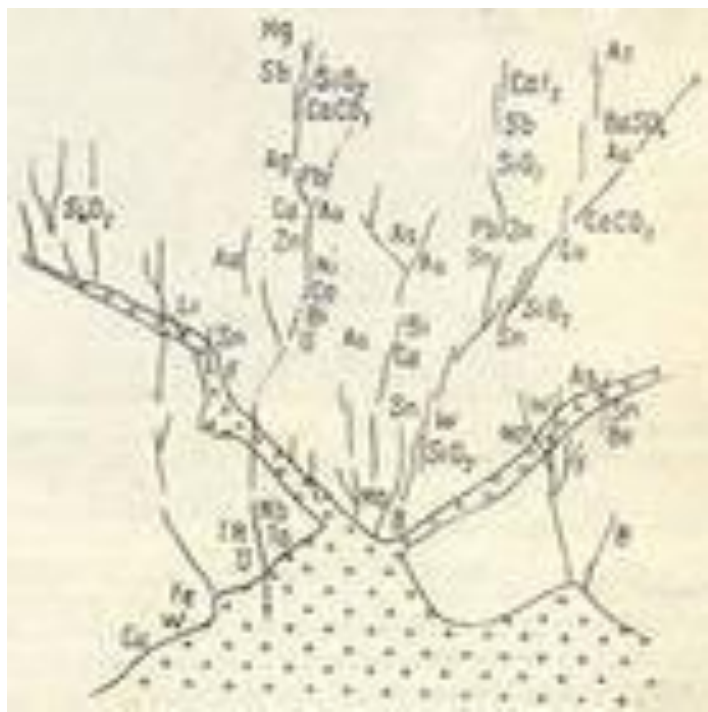


# Послемагматические процессы

- **Пневматолитовый** процесс (от греч. «*пневма*» - газ, пар) - проявляется на контакте внедрившейся магмы с вмещающими породами и выражается в том, что летучие компоненты, выделенные из магмы, либо кристаллизуются в контактовой зоне, либо вызывают метасоматоз – замещение привнесёнными минеральными соединениями минералов контактовой зоны.
- Происходит при активном участии газо- и парообразной фазы, состоящей, прежде всего из паров воды, при температурах 400-500° С. Ведущую роль в пневматолитовой деятельности играют такие «летучие» компоненты, как  $H_2O$ , HF, HCl. В результате взаимодействия этих компонентов с веществом горных пород, в которые они проникают, образуются новые минералы – такие, как флюорит, топаз, турмалин, и другие.

**Гидротермальный** процесс выражается в проникновении в трещины вмещающих пород горячих водных растворов и образовании в них минеральных отложений, возникают так называемые гидротермальные жилы.

Сменяет пневматолитовый, когда  $t$  опускается ниже критической точки воды ( $375^{\circ}\text{C}$ ) и вода переходит в жидкую фазу и начинает циркулировать в виде горячих растворов. Диапазон  $t$   $375\text{-}500^{\circ}\text{C}$ . Чем выше  $t$  гидротермальных растворов, тем выше растворимость в них большинства минеральных веществ.



## Формы залегания интрузивных пород

1) Магма, застывающая в недрах земной коры, образует различающиеся по форме, размерам и условиям залегания тела.

Разделяют на 2 группы:

- **глубинные или абиссальные**
- **полуглубинные или гипабиссальные.**

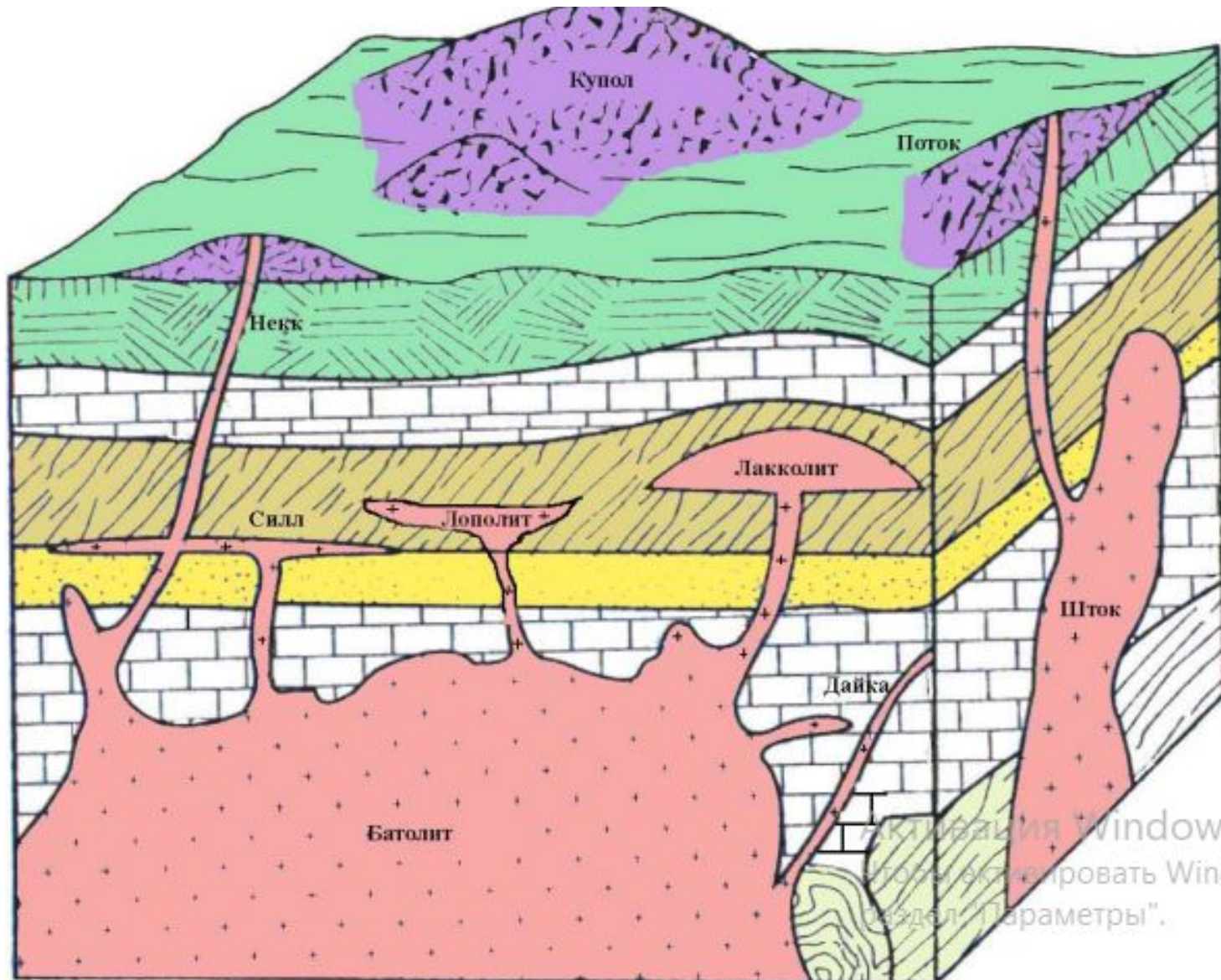
2) Классификация интрузивных тел основывается на соотношениях их формы с залеганием вмещающих пород

– **согласные (конкордантные):** *силлы, лакколиты, факолиты, лополиты*

- **несогласные (секущие, дискордантные):** *батолиты, штоки, дайки, некки, жилы.*

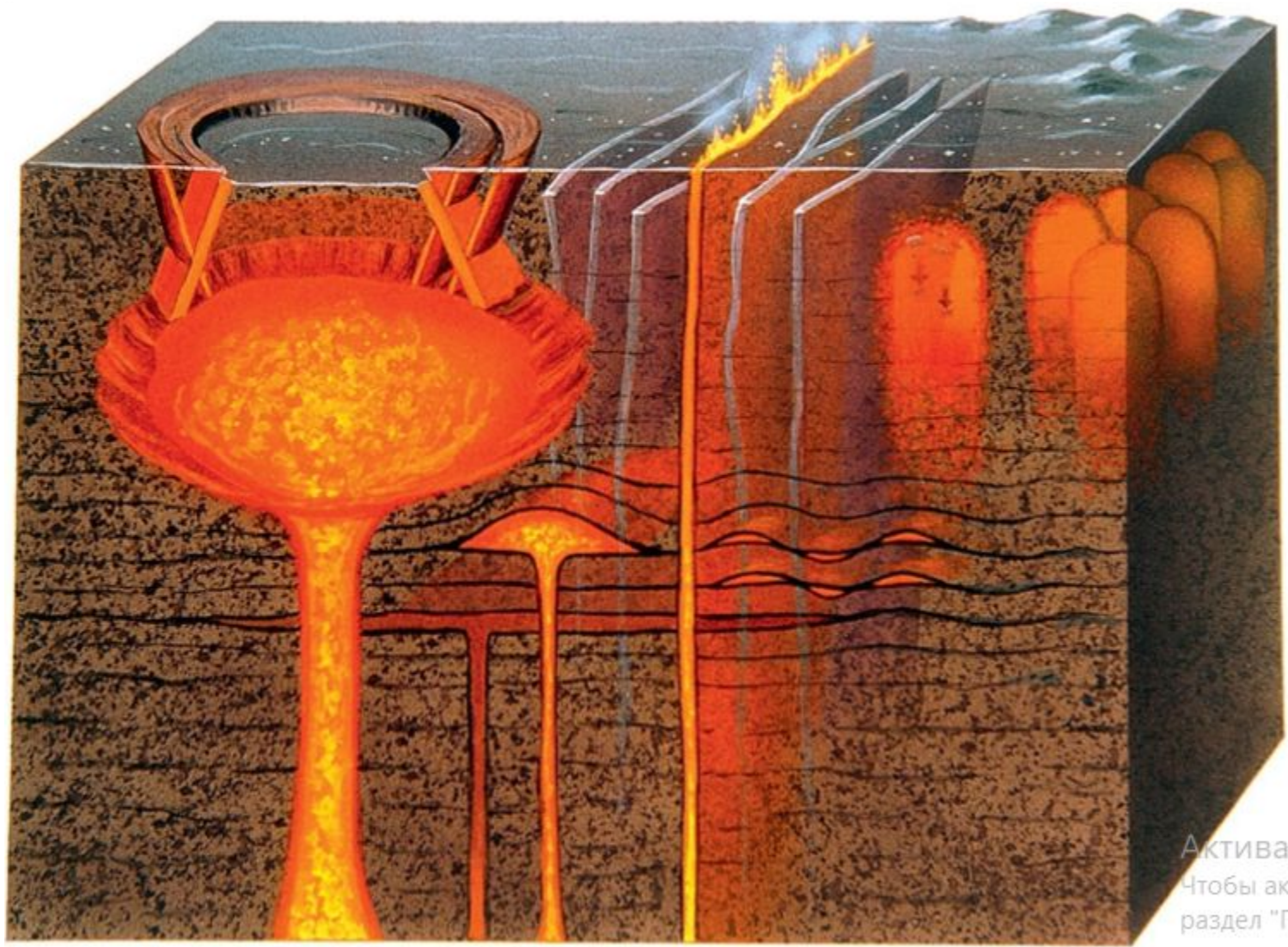


# Формы залегания магматических тел

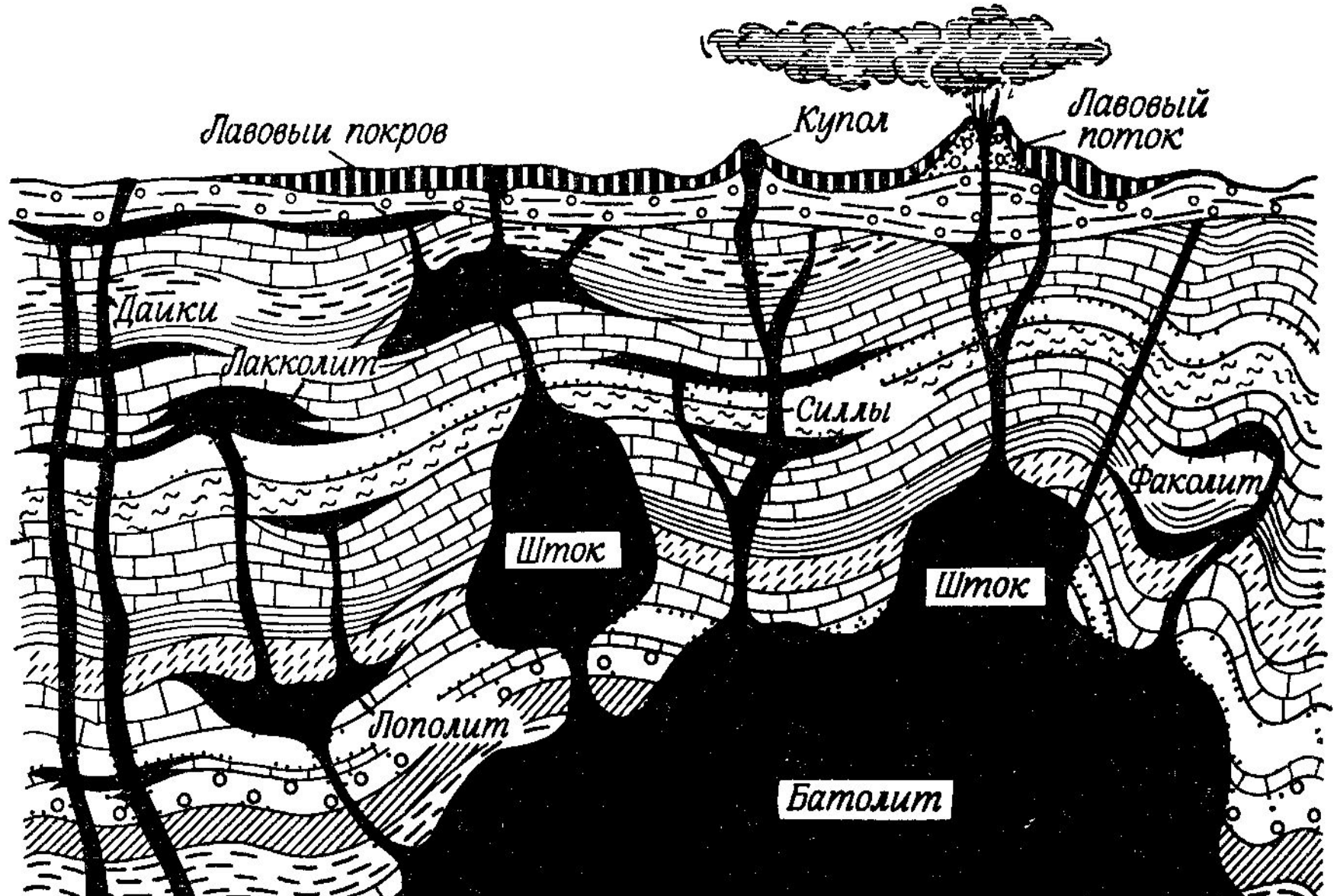


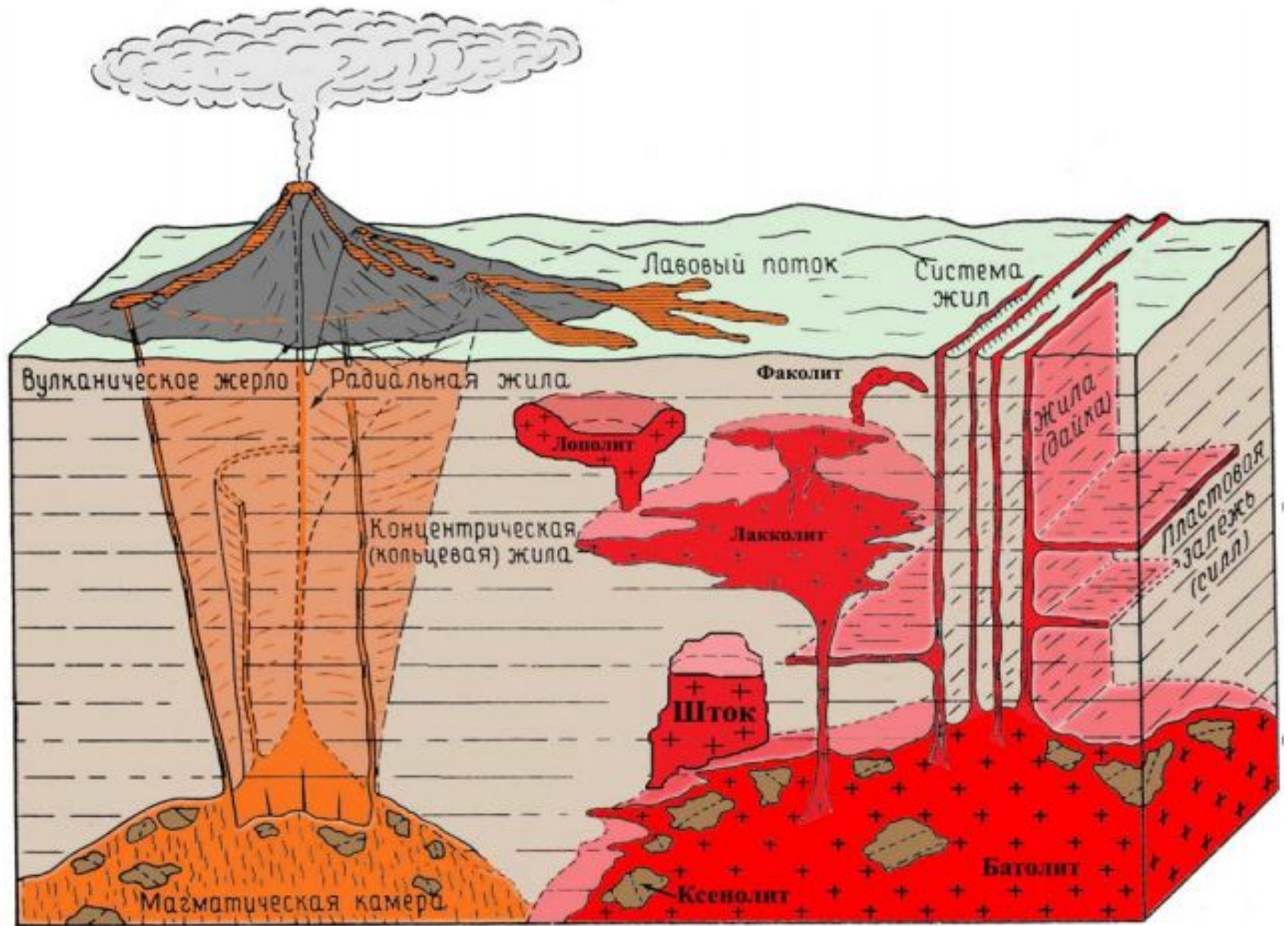
Активация Windows  
чтобы активировать Windows  
сделайте "Параметры".

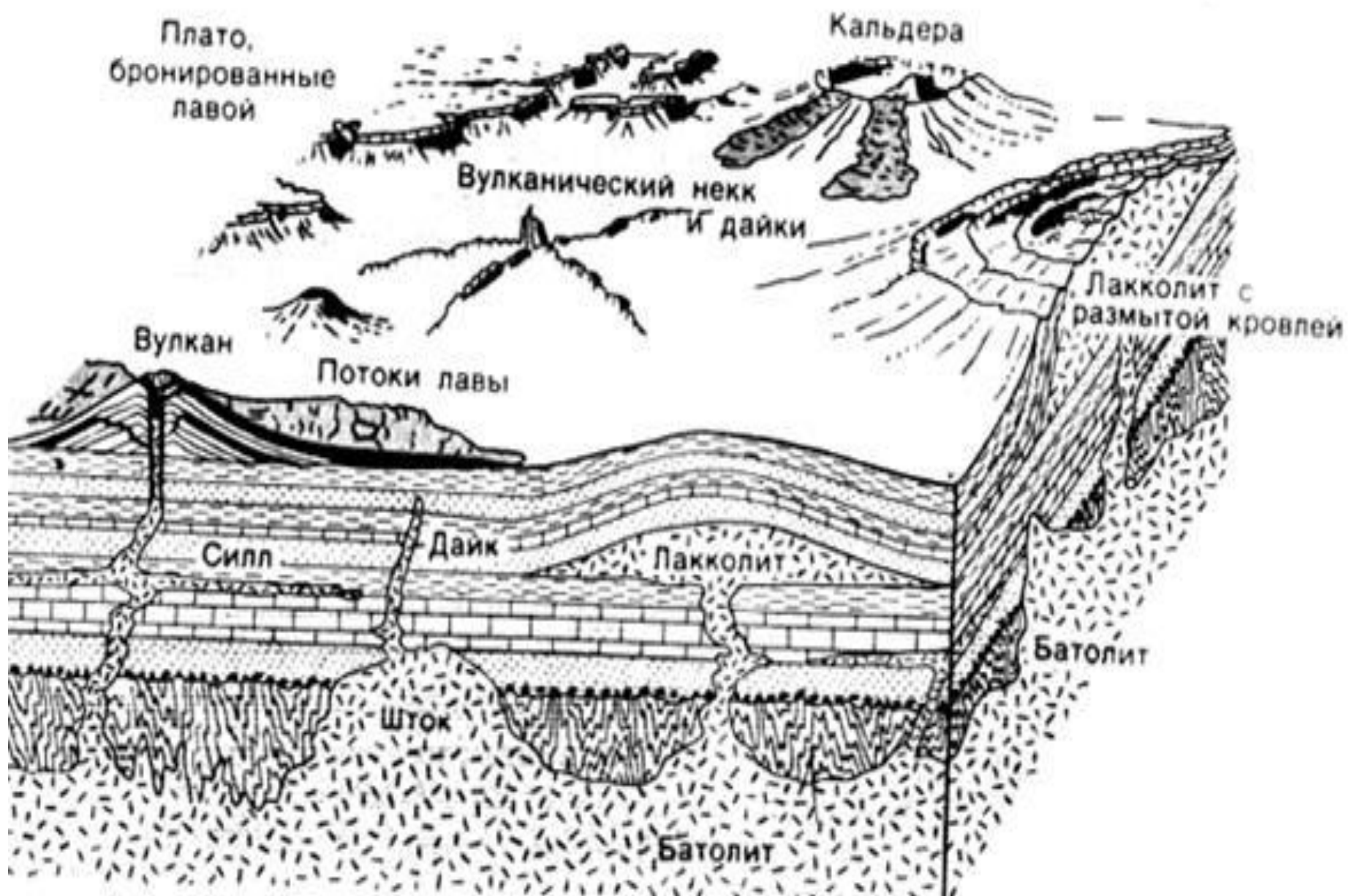
Блок-диаграмма строения магматических интрузий в горных породах весьма разнообразны по форме — кольцевые интрузии (дайки, субвулканы), пластовые (силлы), грибообразные (лакколиты). Справа показаны плутоны — всплывающие в окружающей породе пузыри магмы.



# Формы залегания интрузий







# Глубинные или абиссальные формы залегания интрузии

- **Батолиты** (от греч. «батос» – глубина, «литос» – камень) – крупные массивы интрузивных пород, имеющие площадь выхода на поверхности не менее  $100 \text{ км}^2$  и секущие контакты с вмещающими породами. Распространены чрезвычайно широко. Сложены гранитами, а породы иного состава (гранодиориты, диориты, сиениты или габбро) приурочены обычно к краевым и приконтактовым их частям.
- **Штоки** (от нем. Stock – палка, ствол) – крутопадающие интрузивные тела округлой или вытянутой формы, секущие структуру вмещающих пород и имеющие площадь выхода на поверхности менее  $100 \text{ км}^2$

## Гипабиссальные горные породы

- Располагаются на относительно небольшой глубине и залегают преимущественно согласно с вмещающими – в виде межпластовых тел: лакколит, лополит.
- *Лакколиты* (от греч. «ляккос» - яма, подземелье) – грибообразные или караваеобразные тела, границы которых согласны с поверхностями слоистости вмещающих их пород.



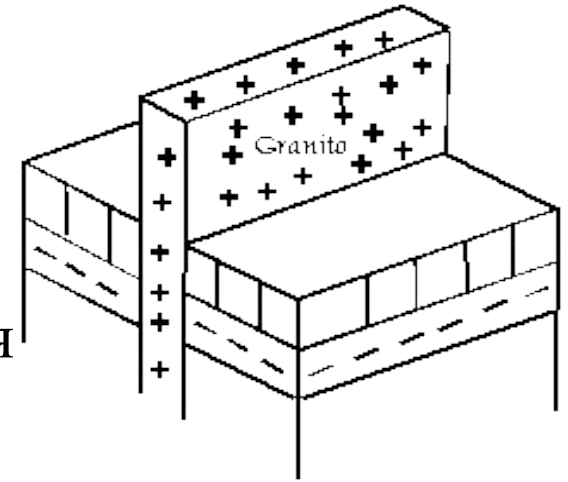
*Гора-лаколит*

- *Лополиты* (от греч. - чаша, плоское блюдо) – согласная межпластовая интрузия блюдцеобразной формы, залегающая в синклиналях и мульдах. В диаметре могут достигать десятков километров, мощность - многих сотен метров. Развиты в платформенных структурах, сложены породами основного состава и формируются в условиях тектонического растяжения и опускания.



# Гипабиссальные горные породы

- **Дайка** (англ. стена из камня) интрузивное тело с секущими контактами, длина которого во много раз превышает ширину, плоскости эндоконтактов практически параллельны. Представляет трещину, которая была заполнена магматическим расплавом. Длина от десятков метров до сотен км и шириной от нескольких см до 5-10 км.



- **Силлы** (*интрузивные залежи, пластовые залежи*) – пластообразные тела, залегающие параллельно напластованию вмещающих пород, образовавшиеся на сравнительно небольшой глубине. Мощность от нескольких сантиметров до нескольких сотен метров, но чаще от 10 до 50 м.

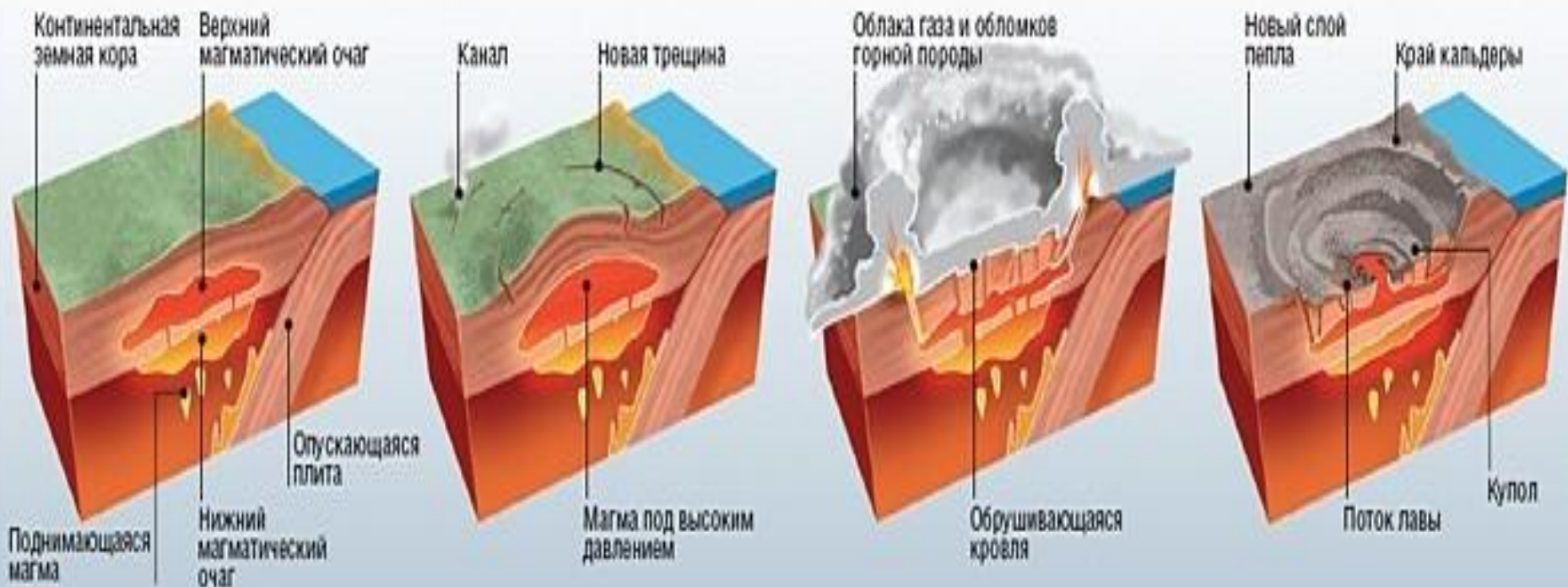


# Минералы, горные породы и полезные ископаемые глубинного магматизма

- В результате кристаллизации магмы на глубине образуются глубинные магматические породы с которыми связаны месторождения хромитов, апатита, магнетита, лабрадора, слюд и др.
- С пегматитовыми процессами связано образование пегматитов к которым приурочены месторождения слюд, драгоценных камней (самоцветов) и др.
- В ходе послемагматических (пневматолитово-гиротермальных) процессов образуются сульфиды, золото и др.



## КАК РАБОТАЕТ СУПЕРВУЛКАН



**1.** Извержение супервулкана начинается с того, что магма расплавляет над собой слой земной коры.

**2.** По мере роста давления магма ищет выход, образуя трещины и жерла.

**3.** Деформированная поверхность Земли в конечном счете обрушивается, выталкивая из недр гигантские объемы магмы, газа и пепла.

**4.** После извержения над частично излившимся очагом образуется впадина—кальдера, которую можно обнаружить через сотни тысяч лет.

# Супервулкан Йеллоустоун

## БОЛЬШИЕ, САМЫЕ БОЛЬШИЕ И ОГРОМНЫЕ

Супервулканы (оранжевые и голубые) разбрасывают пепел на гораздо большие расстояния, чем крупные вулканы (желтый и фиолетовый)

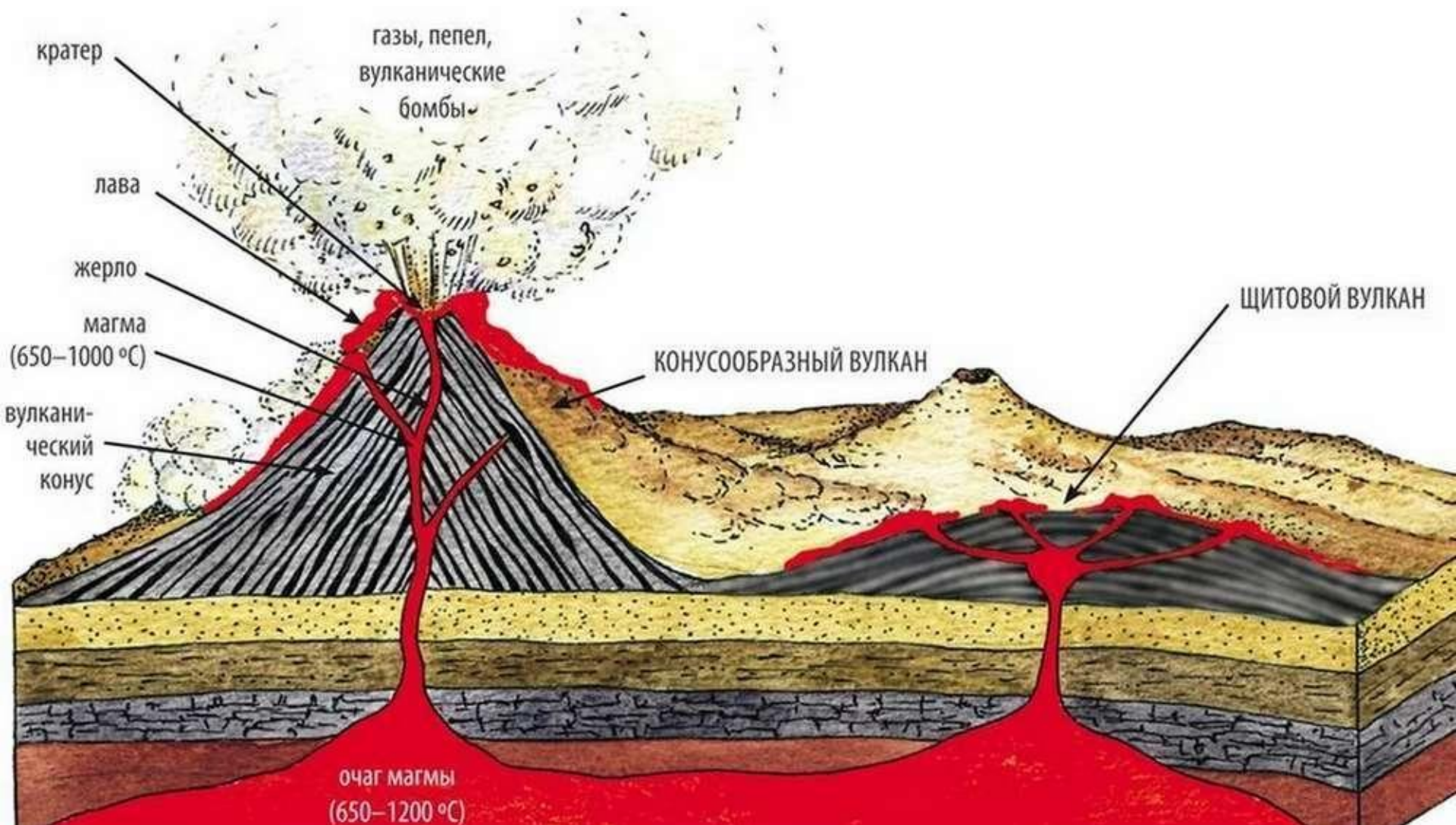
Вулкан Сент-Хеленс:  
извержение 1980 г.  
<0,5 км<sup>3</sup> обломков породы

Национальный парк  
Кратер-Лейк: извержение  
вулкана Мазама  
50 км<sup>3</sup> обломков породы  
7600 лет назад

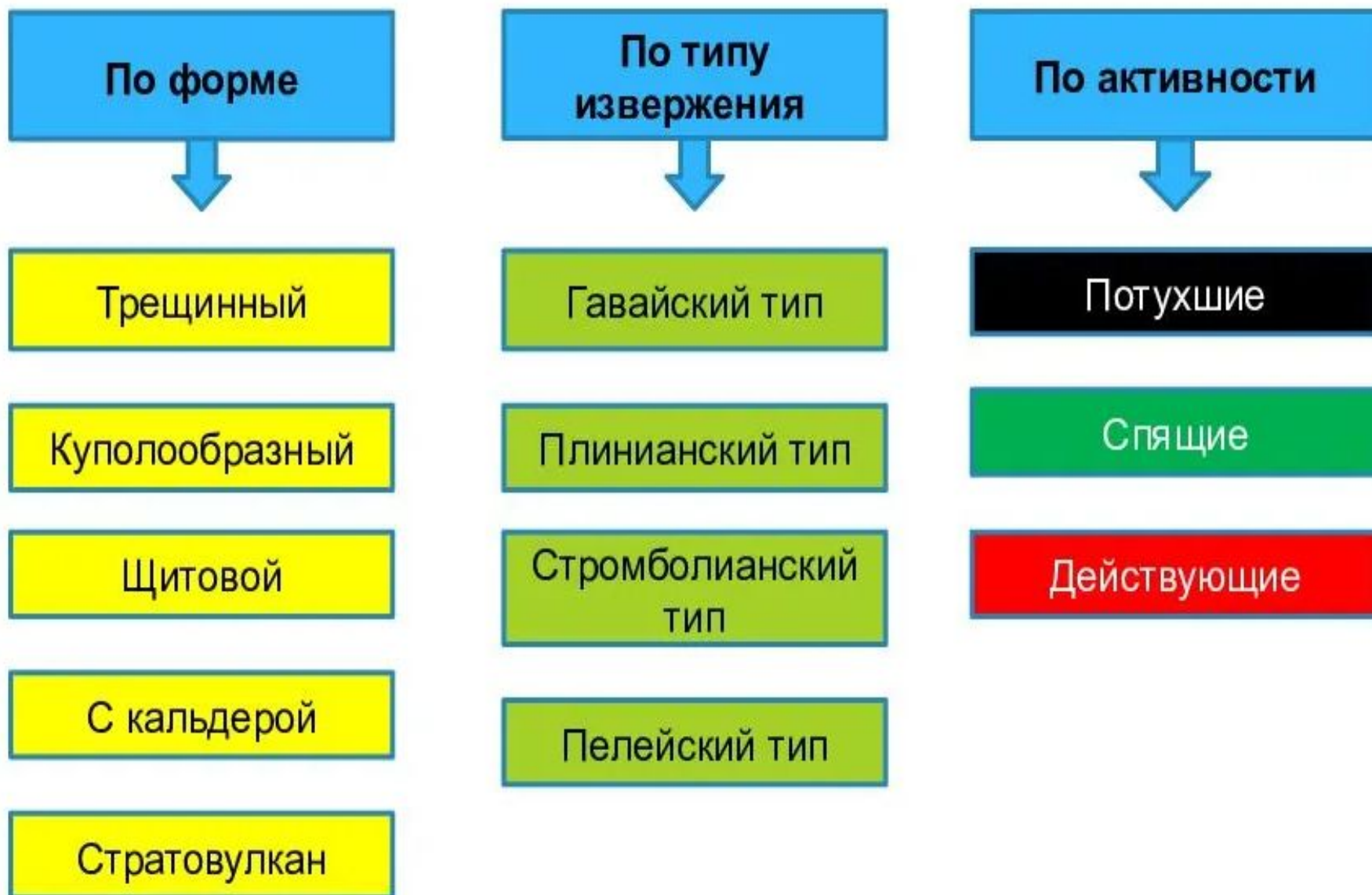
Лонг-Велли:  
вулканический туф  
750 км<sup>3</sup> обломочной  
породы 760 тыс. лет назад

Йеллоустонский национальный парк:  
извержение вулканического туфа  
1 тыс. км<sup>3</sup> обломков породы  
640 тыс. лет назад

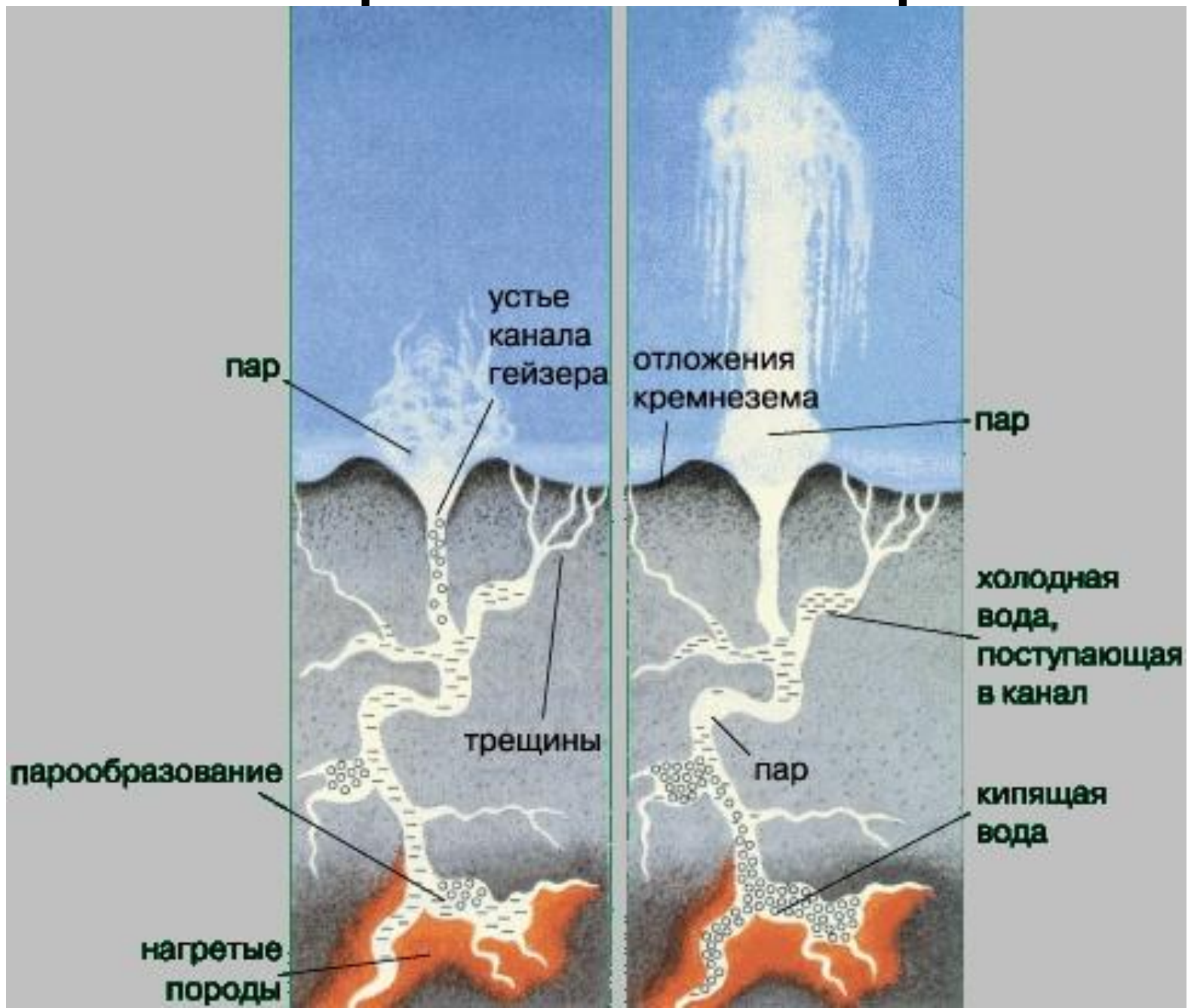
# Эффузивный магматизм



# Классификация вулканов



# Строение гейзера



# Карта размещения вулканов

