

# Лекция 26

## Карбонатитовые месторождения

**Карбонатитами** называются эндогенные скопления кальцита, доломита и других карбонатов, которые пространственно и генетически ассоциированы с интрузивами ультраосновного щелочного состава (УЩК) центрального типа, формирующимися в обстановке платформенной активизации (ТМА или горячие точки, стадия континентального рифтогенеза).

**Карбонатиты** размещаются на площади древних (допалеозойских) платформ и имеют различный геологический возраст.



## Размещение карбонатитов

**Россия** - север и юг Сибири, Карело-Кольская провинция, Казахстан.

**За рубежом** - США, Канада, Бразилия, Боливия, ФРГ, Швеция, Норвегия, Финляндия, Гренландия, Австралия, Индия, Афганистан, пятнадцать стран Африки.

## Возраст карбонатитов

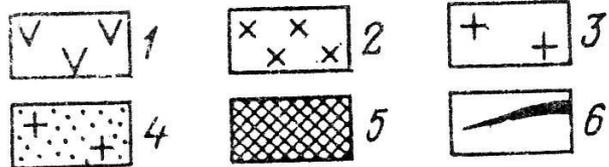
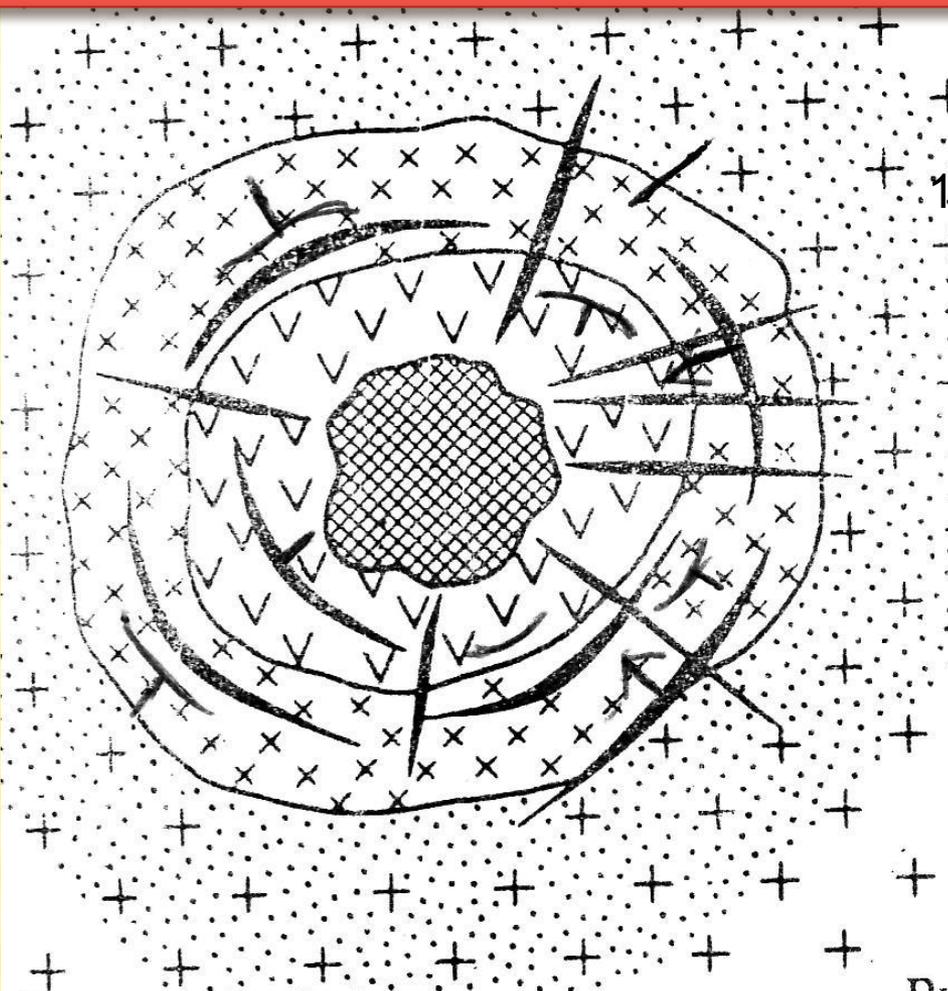
**Докембрийский** (Сибирь, Африка, Северная Америка), **каледонский** (юг Сибири, Скандинавия), **герцинский** (Карело-Кольский регион), **киммерийский** (Сибирь, Бразилия, Канада), **альпийский** (большинство карбонатитов Африки, Азии).

**Карбонатиты** образуют обособленную группу эндогенных месторождений, что связано, во-первых, с оригинальными особенностями их состава, во-вторых, с резко специфическими геологическими условиями их образования.

Все выявленные до сих пор карбонатитовые месторождения связаны исключительно с платформенным этапом геологического развития и ассоциируются только с комплексами ультраосновных щелочных пород.

Эти интрузивы имеют трубообразную форму, отчетливо дифференцированный состав и концентрически-зональное строение.

# Строение карбонатитовых месторождений

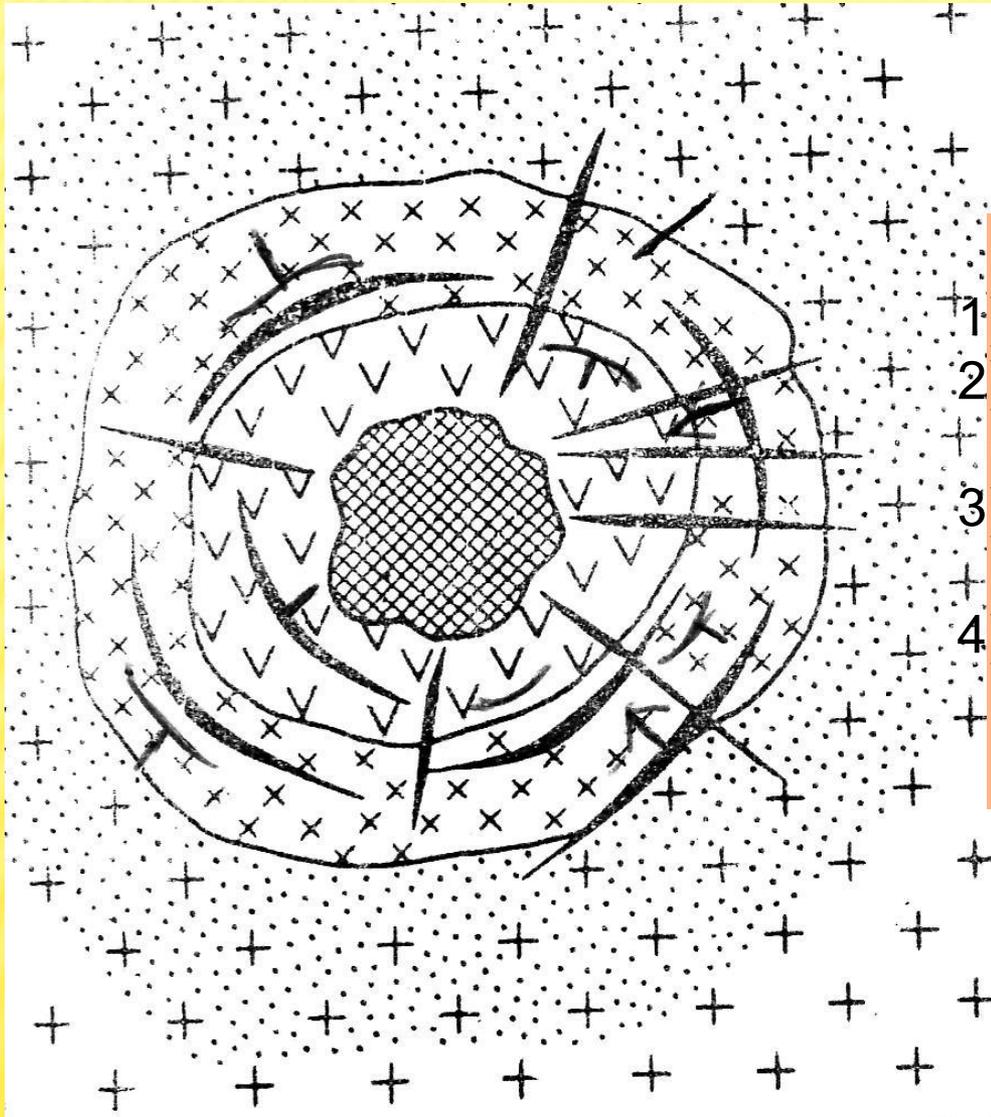


- В них выделяются четыре главные разновидности пород:
- 1) ранние ультраосновные породы (дуниты, перидотиты, пироксениты, щелочные пироксениты);
  - 2) последующие щелочные породы (мельтейгит-ийолиты, щелочные и нефелиновые сиениты);
  - 3) фениты – ореолы вмещающих пород, подвергшихся щелочному метасоматозу;
  - 4) карбонатиты.

Рис. 32. Общая схема строения карбонатитового месторождения:

1 – щелочные породы; 2 – ультраосновные породы; 3 – гнейсы; 4 – фениты; 5 – шток карбонатитов; 6 – жилы карбонатитов

# Карбонатитовые тела



Типы залежей карбонатитов:

- 1) Штоки
- 2) Конические жилы, падающие к центру массива
- 3) Кольцевые жилы, падающие от центра массива
- 4) Радиальные дайки.

# Минеральный состав карбонатитов

Минералы	
Главные (80-99%)	Акцессорные (типоморфные)
кальцит	Флогопит, апатит, флюорит
доломит	бадделеит $ZrO_2$ ,
анкерит	пирохлор $(Na, Ca, Ce)_2(Nb, Ti, Ta)_2O_6(O, OH, F)$
сидерит	гатчетолит – урансодержащий пирохлор
	перовскит-кнопит-дизаналит $(Ca, Ce)(Ti, Fe^{3+}, Nb)O_3$
	карбонаты редких земель: паризит $Ca, (Ce, La)_2(CO_3)_3F_2$ бастнезит $(Ce, La)(CO_3)F$

Для большинства карбонатитов установлен стадийный характер накопления минералов:  
в первую стадию формируется кальцит с минералами титана и циркония, иногда урана и тория,  
во вторую – кальцит–доломитовый агрегат с характерной ниобиевой минерализацией,  
в третью – доломит-анкеритовый агрегат с редкоземельными карбонатами.

**Текстура** карбонатитов преимущественно массивная, иногда полосчатая, узловатая и плейчатая.

**Структура** зернистая с различной крупностью слагающих минералов.

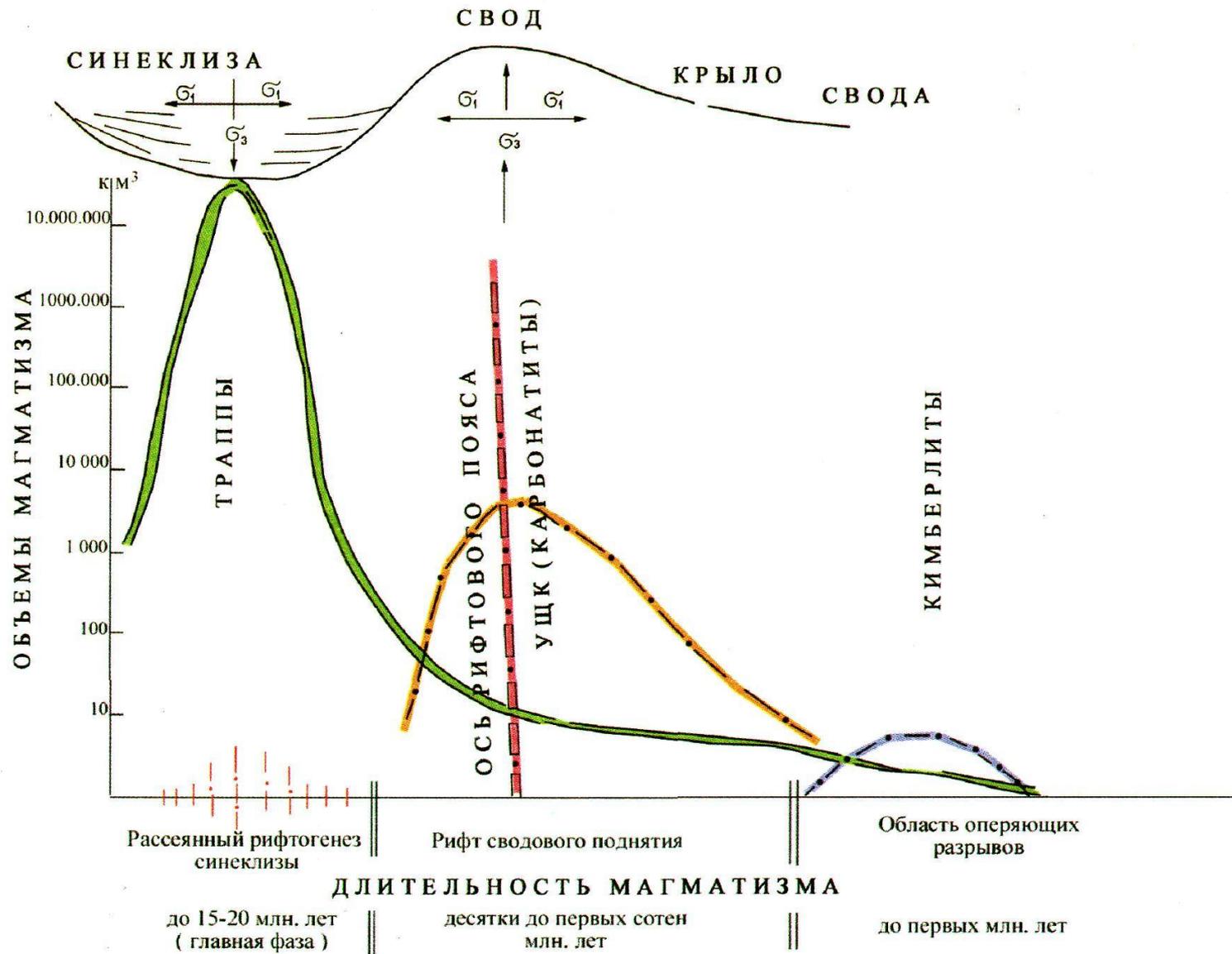


Рис.2.4. Тектоническая позиция, карбонатитов, кимберлитов и траппов относительно рифта, объёмы и длительность магматизма.

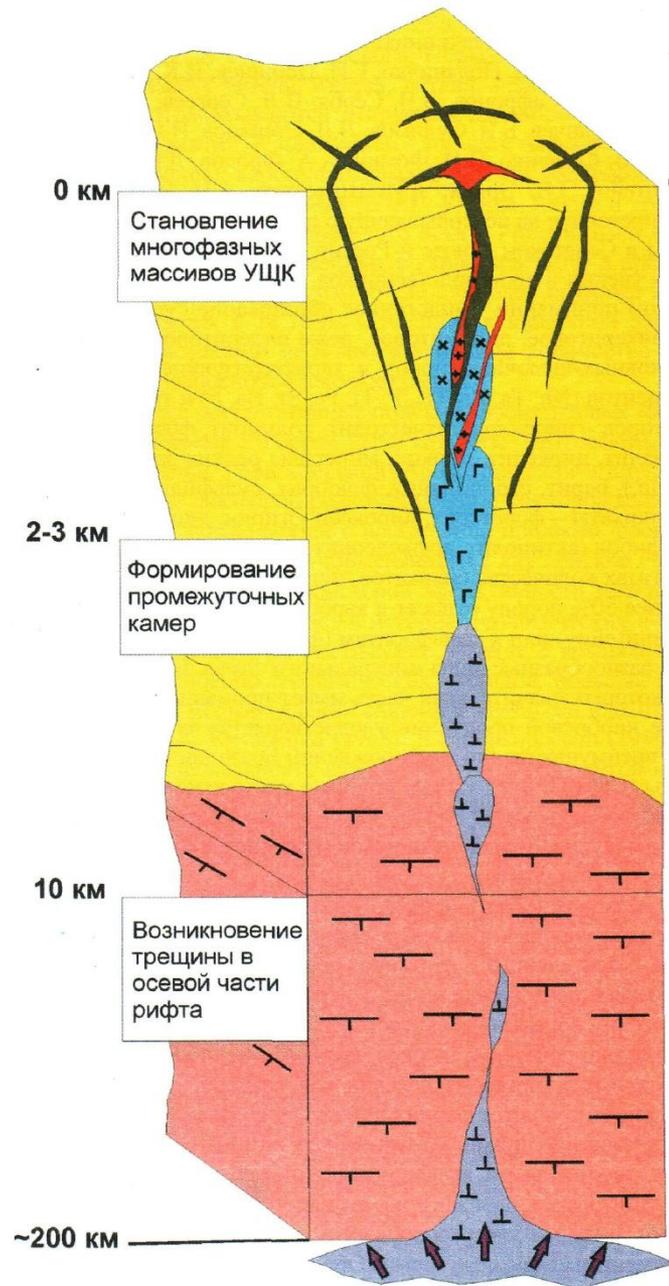


Рис.2.1. Схема формирования массивов УЩК.  
Верхние части литосферы – желтое; низы литосферы – малиновое; оливиниты, пироксениты – фиолетовое; породы серии якупирангит, мельтейгит, ийолит, уртит – синее; нефелиновые сиениты и меллитовые породы – красное; карбонатиты – чёрное.

# Геологические структуры

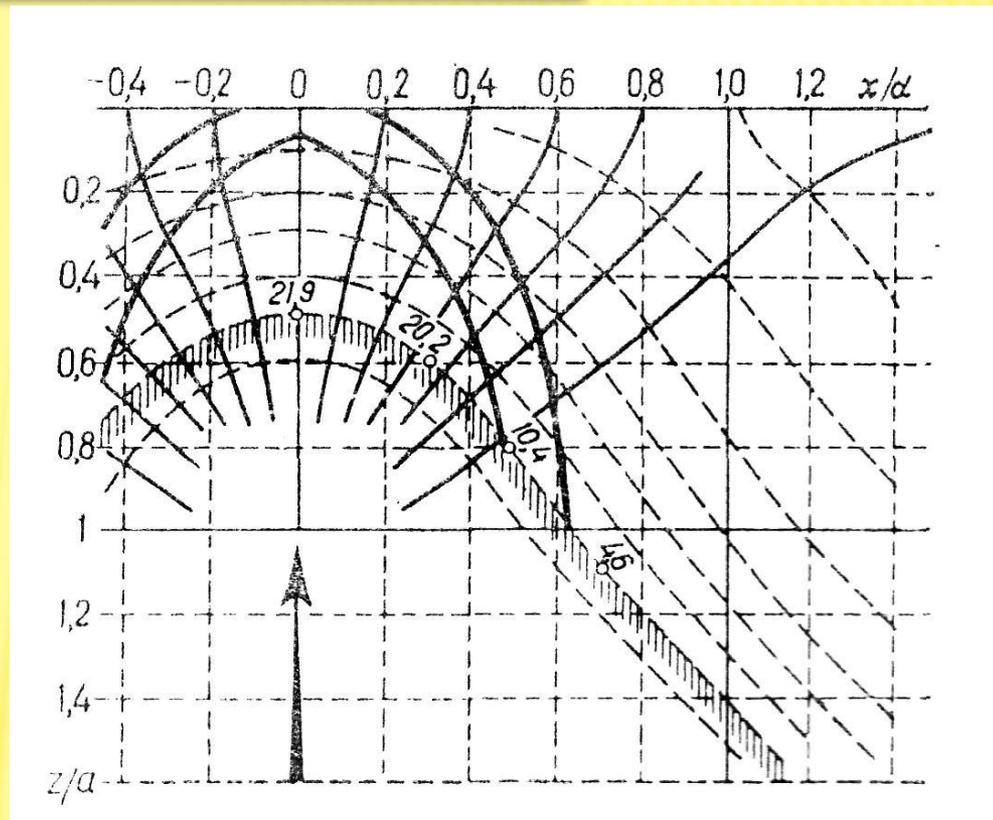


Рис. 35. Образование конических и кольцевых трещин карбонатитовых месторождений. По Е. Андерсону.

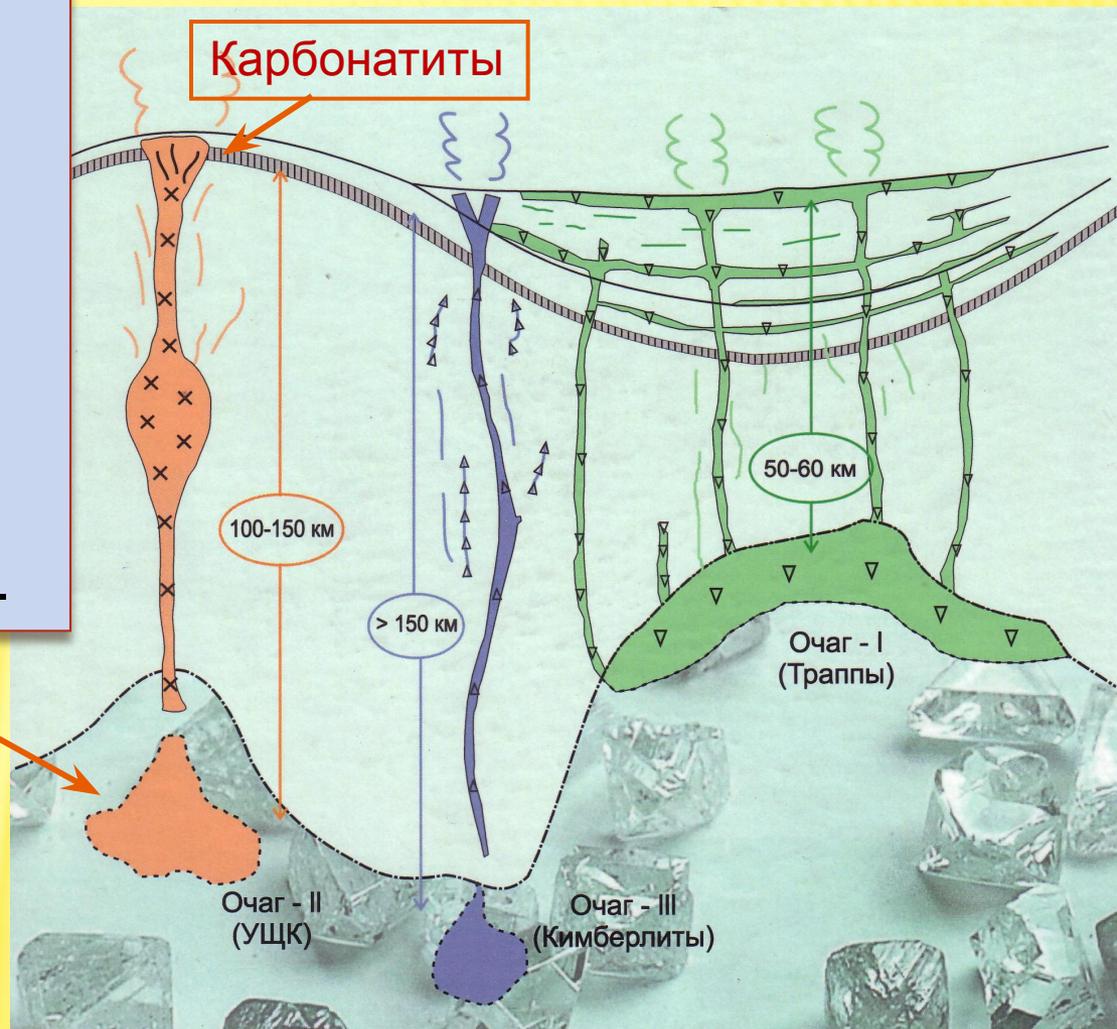
$z/a$  — напряжение по оси  $z$ ;  $x/a$  — напряжение по оси  $x$ ; стрелка — направление осевого давления

# Карбонатитовые месторождения. Генезис.

Карбонатиты формируются в большом интервале глубин:

- 1) В жерлах вулканов (на поверхности земли)
- 2) На больших глубинах:
  - 1500 м – Таймыр,
  - 2000 м – Ально (Швеция)(глубина эрозионного среза).

Глубинные очаги – базальтоидная верхнемантийная подкоровая магма



Т режим: 650-550°C (начало), 100-50°C (конец процесса)

Первоначально считали, что карбонатиты – это известняки, т.е. ксенолиты известняков в массивах ультраосновных щелочных пород

1. В толщах вмещающих горных пород отсутствовали карбонатные осадочные горные породы.
2. Цилиндрическая и дайкообразная форма, секущие контакты.
3. Многостадийность образования карбонатитов.
4. Метасоматическое замещение вмещающих пород.
5. Наличие редкоземельных минералов – в осадочных породах их нет.
6. Повышенные значения отношений изотопов  $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$  и  $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$  – свидетельствуют об их ювенильной природе и высокой  $T^\circ$  их образования.

**Считать карбонатиты ксенолитами известняков нельзя!**

# Две гипотезы образования карбонатитов

## I гипотеза – «магматическая»

Карбонатиты образуются при раскристаллизации магматического расплава

(зарубежные геологи – шведы, норвежцы; русские – Егоров)

## II гипотеза – «гидротермальная»

Карбонатиты образуются как гидротермально-метасоматические месторождения

(зарубежные геологи - Сэттер, Гольдшмидт; русские - Гинзбург, Бородин)

## АРГУМЕНТЫ

Наблюдения над телами:

- Наличие типичных ксенолитов окружающих пород (ультраосн. щелочных, фенитов)
- Флюидальная текстура, ориентировка удлиненных минералов по простиранию (а не контактам)

$T_{пл} CaI = 1339^{\circ}C$ ,  $P > 1000$  атм ( $\neq$  для природных расплавов)

Эксперимент:  $T=650^{\circ}C$ ,  $P$  низкие – тройная система с  $H_2O$  или четверная с  $Ca(OH)_2$

Излияния карбонатитовой лавы (Африка)

**Остаточный расплав – конечный продукт кристаллизации щелочной перидотитовой магмы**

Признаки метасоматоза:

- Реликты измененных вмещающих г.п.
- Проникновение карбонатитов по трещинам
- Изменение карбонатитов в зависимости от изменения вмещающих пород.
- Избирательный характер замещения (легче гипербазиты и ийолит-мельтейгиты, чем нефелиновые сиениты)
- Метасоматическая зональность
- Формирование в несколько стадий (последующая развивается по предыдущей)

**Это однозначное свидетельство метасоматического формирования**

## II гипотеза – Бородин – крайняя точка зрения



Единственные изверженные породы – это пироксениты (гипербазиты, т.е. ультраосновные породы), щелочные породы образовались при нефелинитизации пироксенитов (т.е. в процессе метасоматоза).

При карбонатитообразовании вещество проходит длинный путь в резком изменении РТ условий.

Большую роль играла  $\text{CO}_2$  – она и агент транспортировки, и растворитель.

Ее поведение отлично от поведения  $\text{H}_2\text{O}$ .

При больших Р -  $\text{CO}_2$  жидкость, при  $h < 300$  м – газ.

При движении снизу вверх на больших глубинах  $\text{CO}_2$  жидкость и приближается к обстановке углекислого магматического расплава, т.е. на больших глубинах формируются магматические тела карбонатитов.

При приближении к поверхности  $\text{CO}_2$  вскипает и идут метасоматические процессы.

У самой поверхности  $\text{CO}_2$  улетучивается, давление  $\text{CO}_2$  низкое и опять существует расплав.

Смена условий по вертикали, влияющих на состояние  $\text{CO}_2$ , приводит к формированию то магматических, то метасоматических карбонатитов.

Возможно позднее метасоматическое изменение карбонатитов – вначале кристаллизация из расплава, потом переработка метасоматическим путем.



Спасибо за внимание