

КРУПНЫЕ РАССЛОЕННЫЕ ИНТРУЗИВЫ

- От маломощных силлов к крупным телам
- Главные признаки расслоенных интрузивов
- Типы магматической расслоенности
- Понятие кумулуса и кумулатов
- Структуры кумулатов и их интерпретация

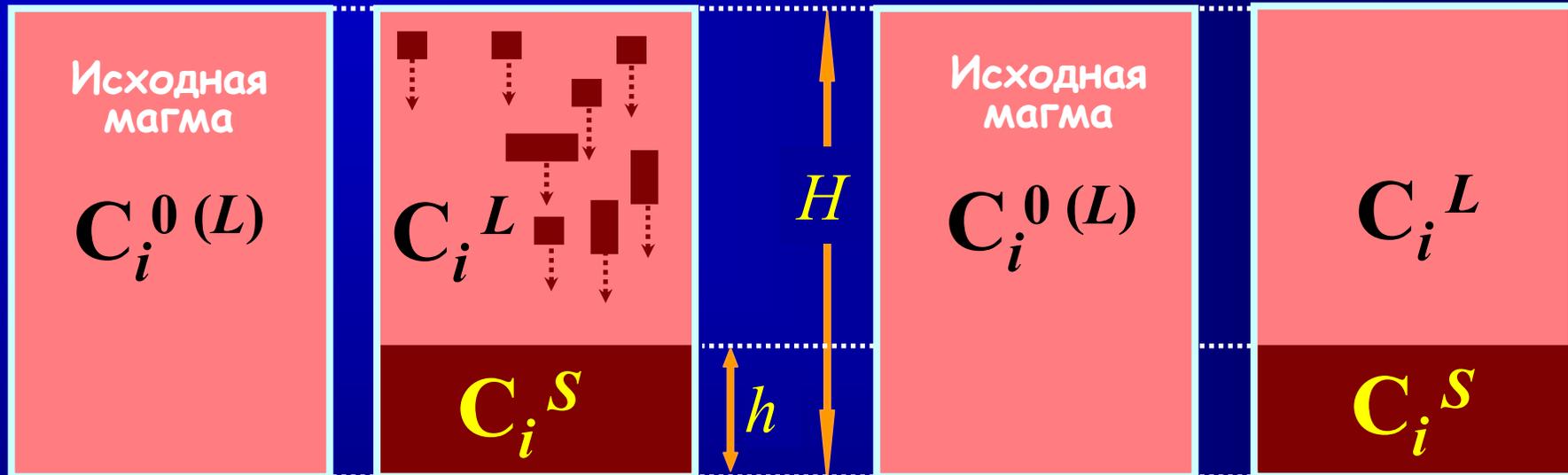
СКЕРГААРДСКИЙ ИНТРУЗИВ

- Петрогенетическое значение
- Закономерности строения
- Методы интерпретации состава кумулатов

СХЕМЫ ВНУТРИКАМЕРНОЙ ДИФФЕРЕНЦИАЦИИ МАГМЫ ПРИ ИДЕАЛЬНОМ ФРАКЦИОНИРОВАНИИ

Оседание кристаллов

Направленная кристаллизация



Остаточный расплав

Остаточный расплав

$$C_i^L = C_i^0(L) (1 - \varphi)^{K-1}, \quad C_i^S = K C_i^L,$$

где $\varphi = h / H$

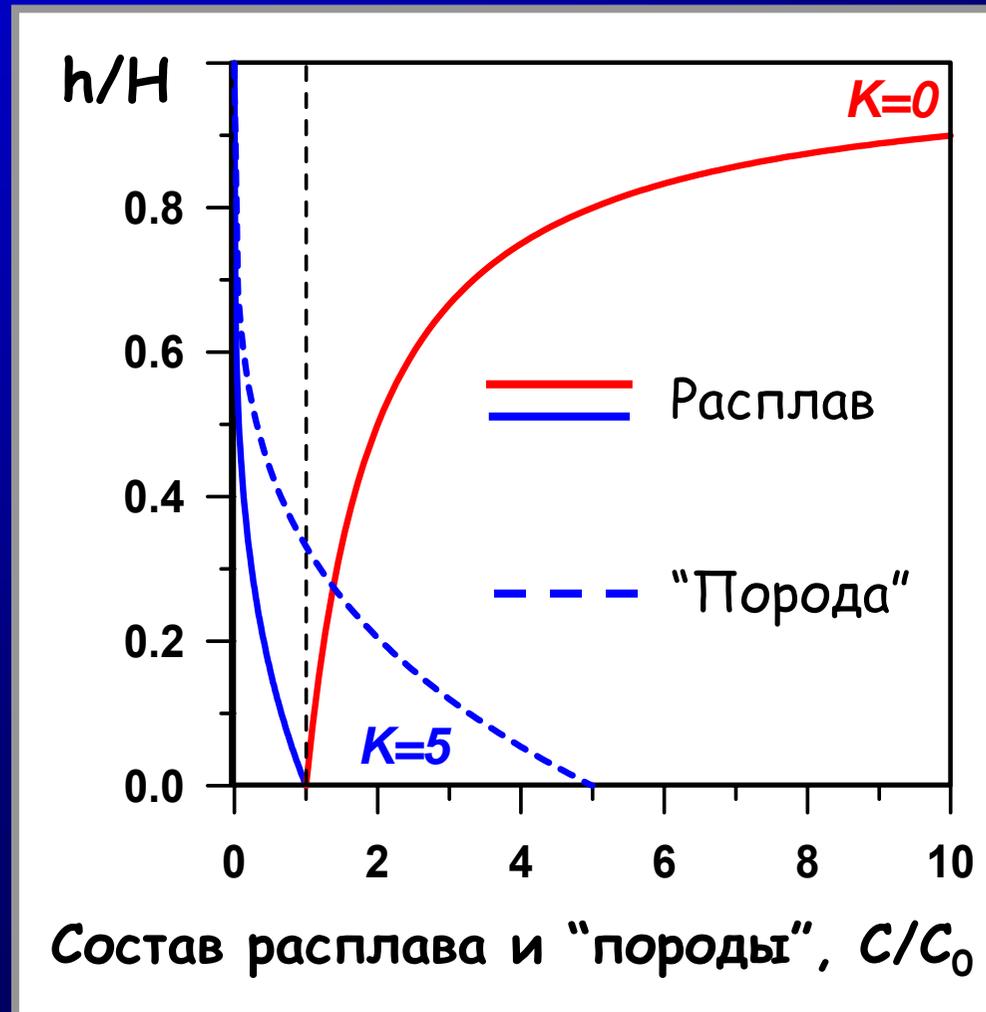
ЭВОЛЮЦИЯ СОСТАВА РАСТПЛАВА И "ПОРОДЫ" ПРИ ИДЕАЛЬНОМ ФРАКЦИОНИРОВАНИИ

Оседание кристаллов

Направленная кристаллизация

Состав
расплава

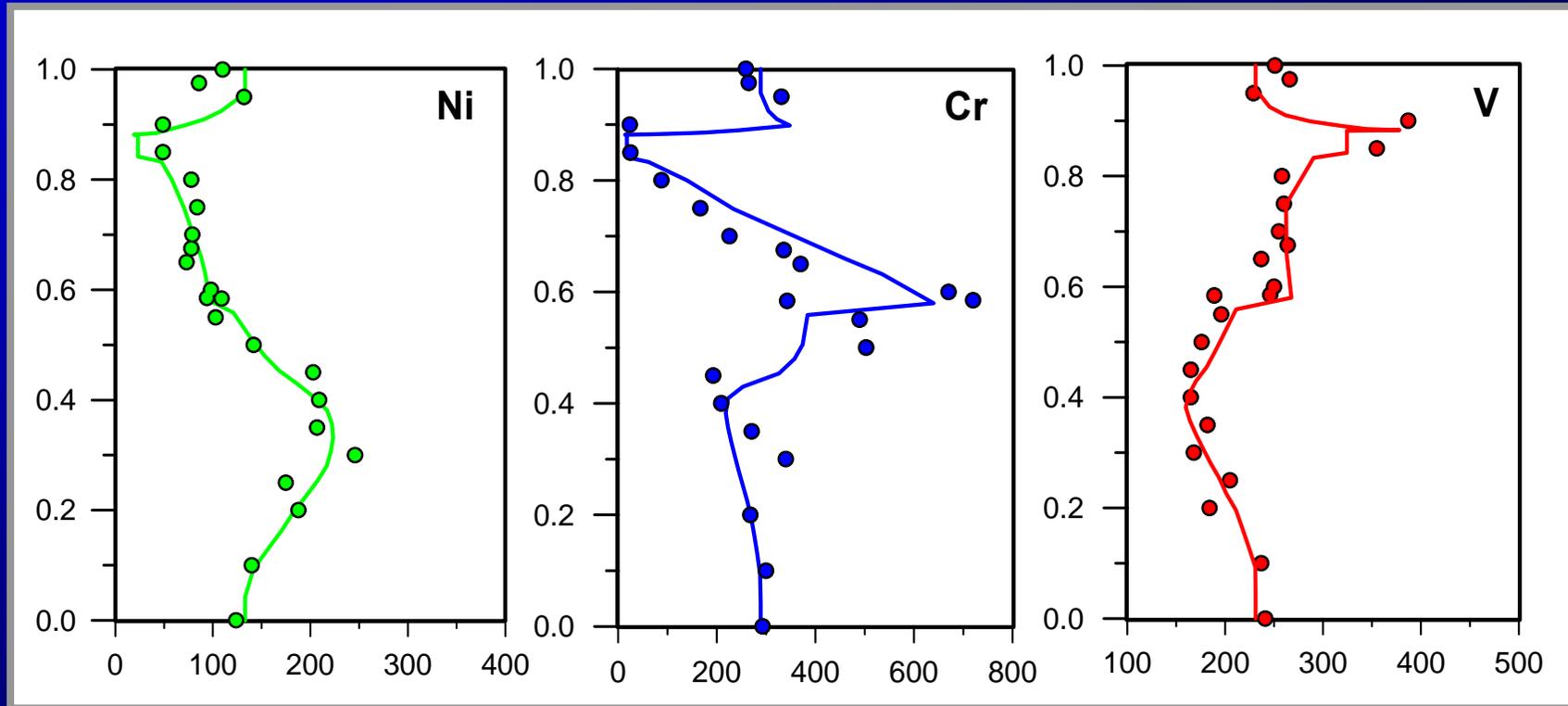
$$C_i^L$$



Состав
"породы"
 C_i^S

РЕАЛЬНЫЕ РАСТРЕДЕЛЕНИЯ ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ ПО РАЗРЕЗАМ ДИФФЕРЕНЦИРОВАННЫХ СИЛЛОВ

Относительная высота, h/H

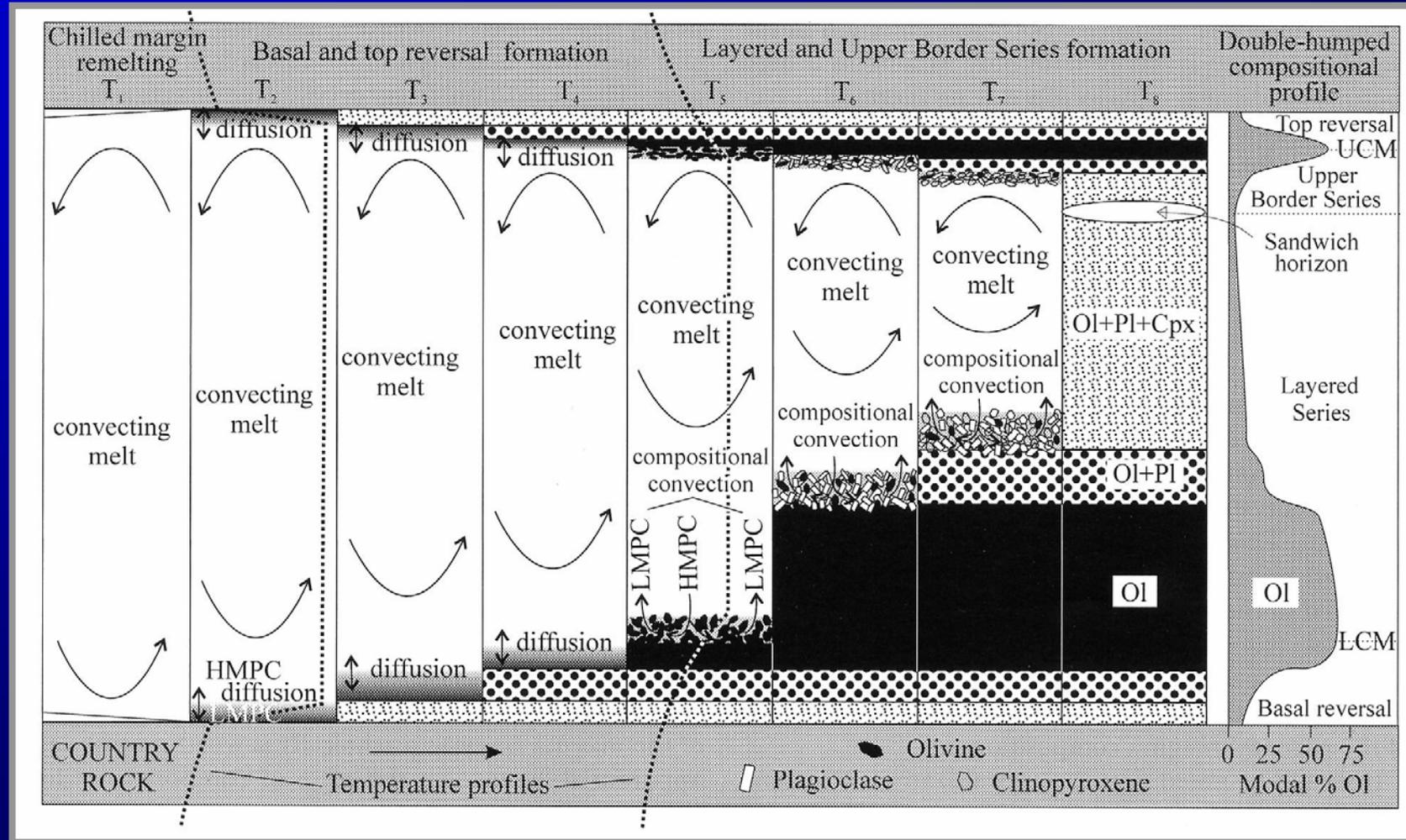


Содержания микроэлементов в породах, ppm

Отсутствие монотонных вариаций составов и концентрационных скачков указывают на гравитационное разделение кристаллов и жидкости внутри главного объема магматического расплава.

СХЕМА КОНВЕКЦИОННО-КУМУЛЯЦИОННОЙ МОДЕЛИ ВНУТРИКАМЕРНОЙ ДИФФЕРЕНЦИАЦИИ

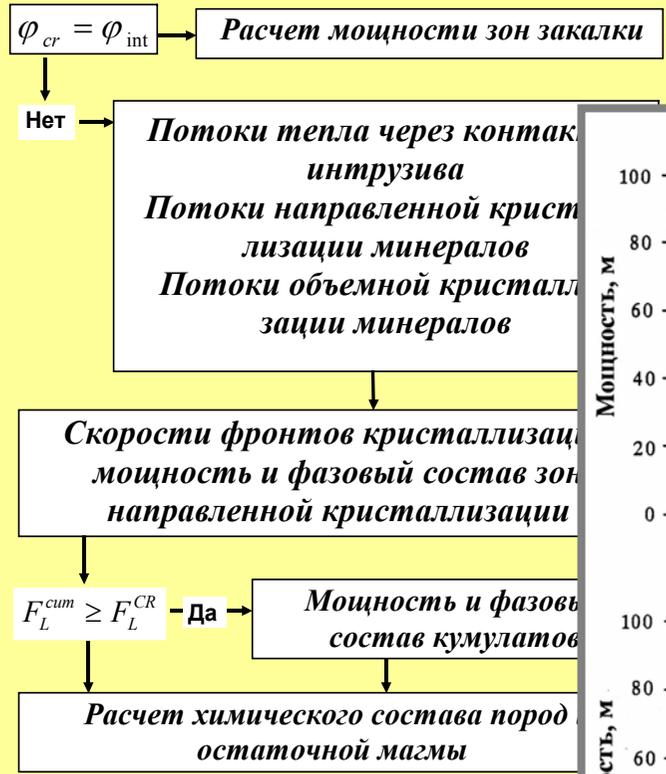
Разрез магмы



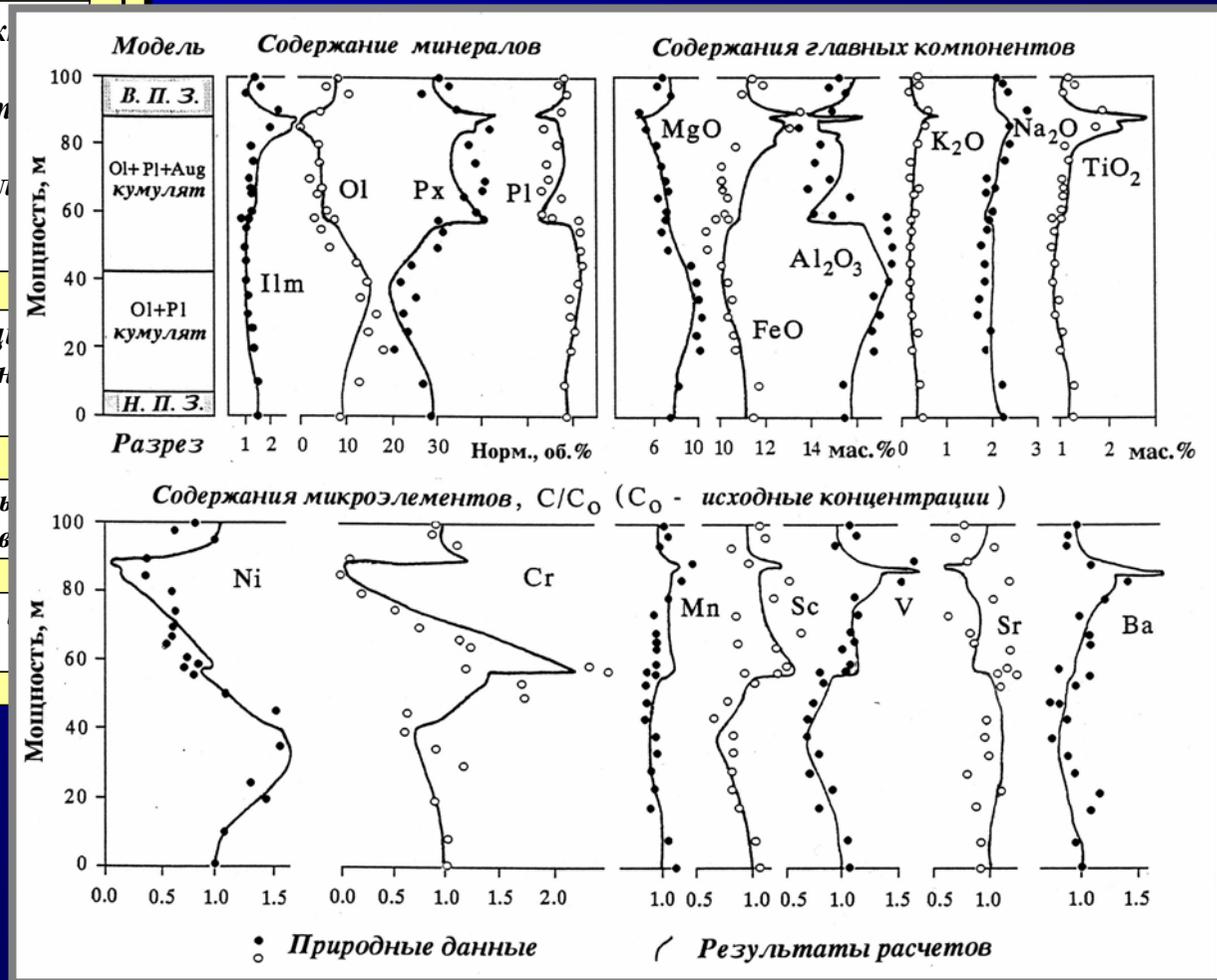
Время

РЕЗУЛЬТАТЫ ЭВМ-МОДЕЛИРОВАНИЯ СТРОЕНИЯ СИЛЛА ВАВУКАН ПРИ ПОМОЩИ ПРОГРАММЫ КОМАГМАТ

Блок ДИНАМИКА (программа ИНТРУЗИВ)



Модельные и природные распределения



Динамический блок
модели КОМАГМАТ

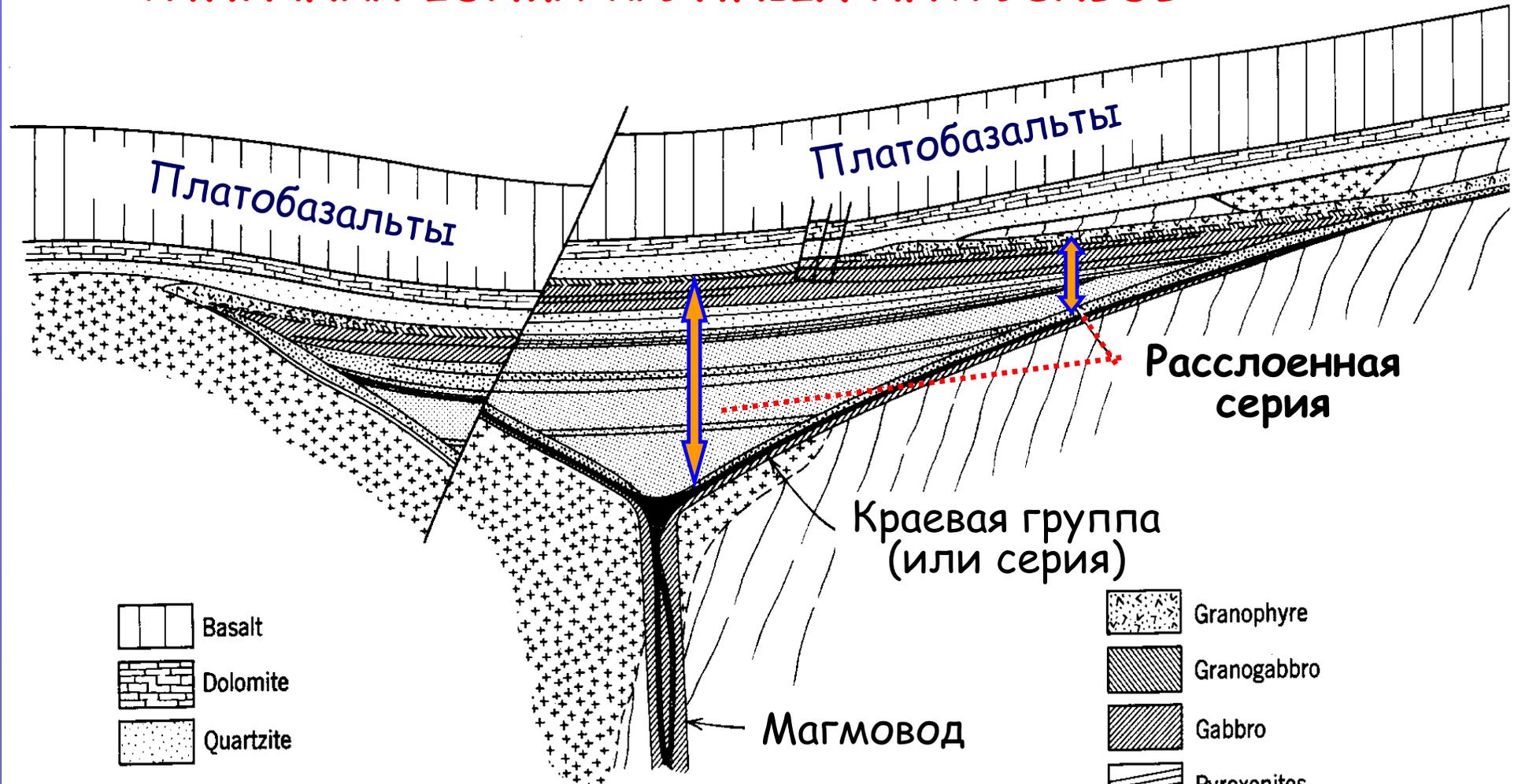
ПРИМЕРЫ КРУПНЫХ РАССЛОЕННЫХ ИНТРУЗИВОВ

Интрузив	Место-положение	Возраст, млн. лет	Площадь выходов, км ²	Мощность, км
Скергаардский	Гренландия	56	55	3.5
Рам	Шотландия	61-58	115	> 2
Дулутский комплекс	Миннесота, США	1100	5000	< 12 крупных интрузивов
Маскокс	С-З Канады	1270	< 1500	?
Киглапейт	Лабрадор	1400	< 500	9
Бушвельд	ЮАР	2050	65000	7-9
Бураковско-Аганозерский	Заонежье, Россия	2500	630	6-8
Стиллуотер	Монтана, США	2700	450	7

ГЛАВНЫЕ ПРИЗНАКИ РАССЛОЕННЫХ ИНТРУЗИВОВ

1. **Мощность** - от 1 до 10 км
2. **Форма тел** - лопполиты, воронки
3. **Возраст** - чаще Докембрий (>570 млн. лет)
4. **Расположение** - на платформах (комагматичны
формациям платобазальтов)
5. **Состав пород** - мафит - ультрамафитовый
6. **Структуры** - кумулятивные
7. **Расслоенность** - фазовая, модальная, скрытая,
ритмическая и пульсирующая

ТИПИЧНАЯ ФОРМА КРУПНЫХ ИНТРУЗИВОВ

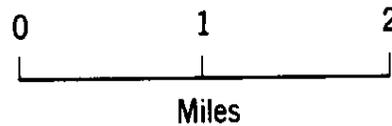


-  Basalt
-  Dolomite
-  Quartzite

-  Granite
-  Metasediments

-  Granophyre
-  Granogabbro
-  Gabbro
-  Pyroxenites
-  Dunite
-  Peridotite
-  Picrite

Интрузив МАСКОКС



СЛОИ ПОРОД И ИХ РАЗНОВИДНОСТИ

Слой: любой пласт пород, различимый на основании состава и/или структуры:

- ☞ **однородные** по структуре и минеральному составу

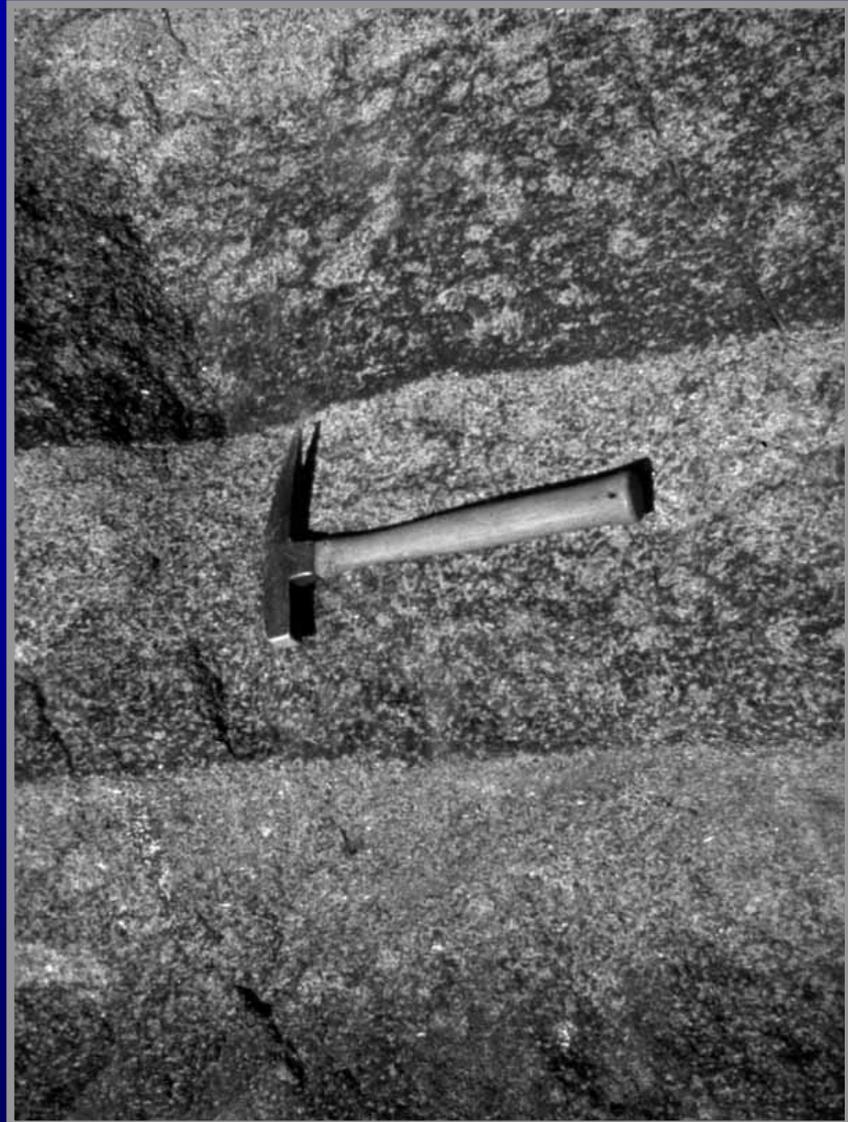


Однородные слои хромита между пластами обогащенных плагиоклазом пород (Бушвельдский комплекс, Южная Африка)

СЛОИ ПОРОД И ИХ РАЗНОВИДНОСТИ

- ☞ **неоднородные** варьируют вдоль или поперек расслоенности (часто демонстрируют **постепенные переходы** к породам другого **минерального состава** или отличающимся размером минеральных индивидов)

Расслоенность по модальному минеральному составу



СЛОИ ПОРОД И ИХ РАЗНОВИДНОСТИ

- **неоднородные** варьируют вдоль или поперек расслоенности (часто демонстрируют **постепенные переходы к породам** другого минерального состава или **отличающимся размером минеральных индивидов**)

Гранулометрическая
расслоенность



ТИПЫ (ГЕНЕТИЧЕСКОЙ) РАССЛОЕННОСТИ КРУПНЫХ ИНТРУЗИВОВ

Явление расслоенности включает последовательность слоев, происхождение которых связано с определенными механизмами разделения продуктов эволюции магмы в камере

1. Модальная - вариации пропорций одних и тех же минералов

Результат сортировки и перераспределения зерен минералов, представляющих постоянный набор котектических фаз (Ol+Pl или Ol+Pl+Crх)

2. Фазовая – характеризует смену набора первичных котектических фаз

Результат появления нового минерала или исчезновения одной из фаз минерального парагенезиса.

Может быть связана с кристаллизацией или процессами метасоматического воздействия поровых расплавов на минеральный каркас кристаллического осадка

3. Скрытая – включает вариации состава минералов или распределение микроэлементов, недоступное наблюдению в полевых условиях

Обычно указывает на процессы внутрикамерного фракционирования исходной магмы и заполнение камеры твердой фазой снизу вверх

4. **Ритмическая** – включает **регулярно повторяющиеся** слои пород или их последовательности

Макроритмы объединяют структурные единицы мощностью от первых метров до нескольких десятков метров.

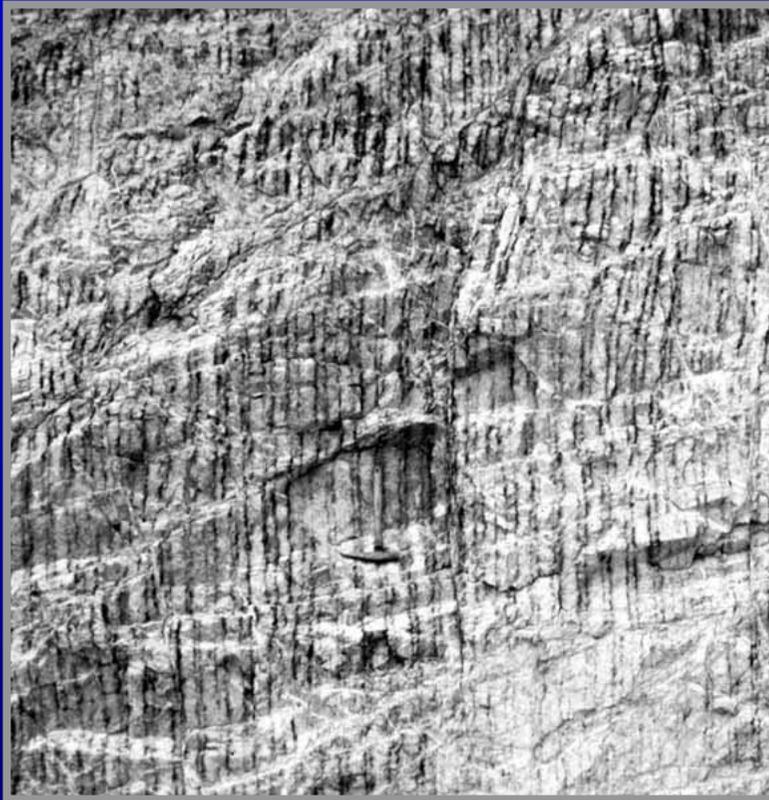
Микроритмы представлены слоями мощностью в несколько сантиметров.

Природа не установлена.

5. **Пульсирующая** – характеризует появление слоев, случайным образом нарушающих установленные ритмические последовательности

Природа не установлена.

ПРИМЕРЫ РИТМИЧЕСКОЙ И ТУЛЬСИРУЮЩЕЙ РАССЛОЕННОСТИ КРУПНЫХ ИНТРУЗИВОВ



Вертикальная расслоенность см-масштаба за счет вариаций относительных пропорций P_1 и P_x (Стиллуотер комплекс)

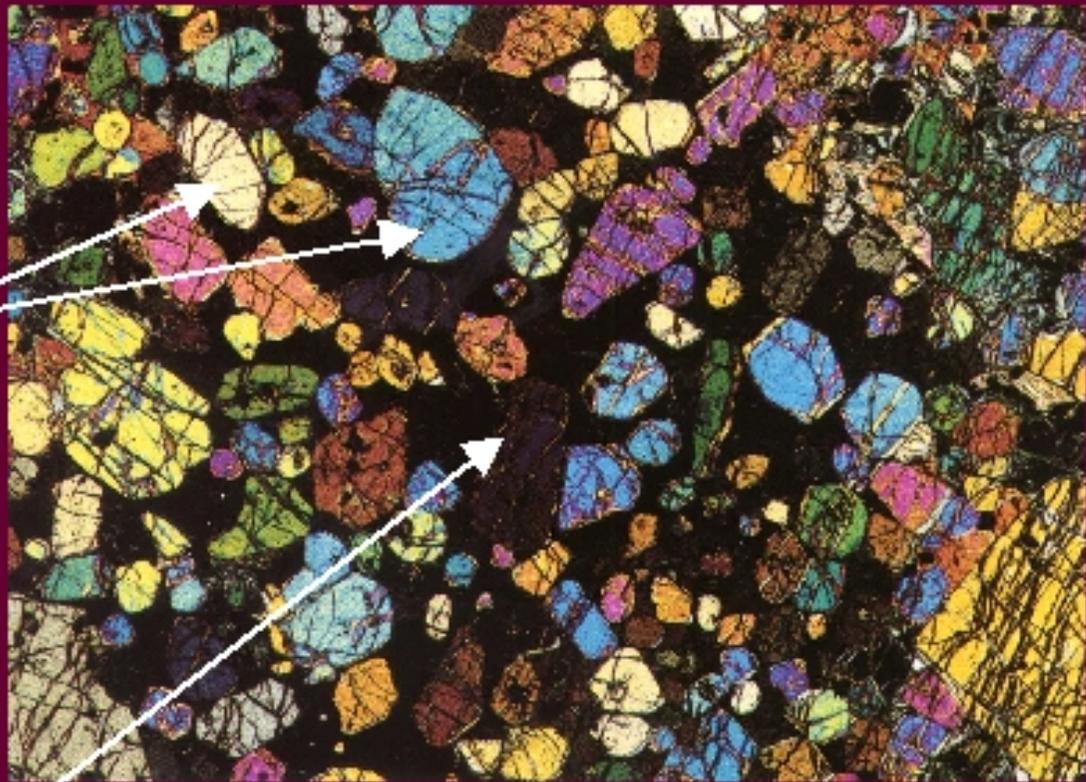


Тульсирующая расслоенность в виде градационных слоев, разделенных прослоями постоянного минерального состава (Скергаардский интрузив)

ПОНЯТИЕ КУМУЛУСА И ОПРЕДЕЛЕНИЕ КУМУЛАТА

Кумулус - результат осаждения (всплывания) кристаллов в магме
Интеркумулус - поровое пространство между зернами минералов кумулуса, заполненное (интеркумулусным) расплавом

Кумулат - порода, представляющая продукт затвердевания магматического осадка после полной кристаллизации интеркумулусной жидкости



Augite oikocryst at extinction

ТЕРМИНОЛОГИЯ И НОМЕНКЛАТУРА КУМУЛАТОВ

Кумулятивные породы (кумуляты) обычно подразделяются по набору кумулюсных минералов, например ОI-РI или РI-Рх-Мт кумулат.

Эти парагенезисы кумулюсных минералов рассматриваются как набор котектических фаз – аналогично ассоциациям фенокристаллов в вулканических породах.

Однако не всегда удается адекватно классифицировать кумулаты только на основании набора минералов кумулуса.

В ряде случаев приходится привлекать данные о составе, структуре и относительном количестве интеркумулусного материала.

ТЕРМИНОЛОГИЯ И НОМЕНКЛАТУРА КУМУЛАТОВ

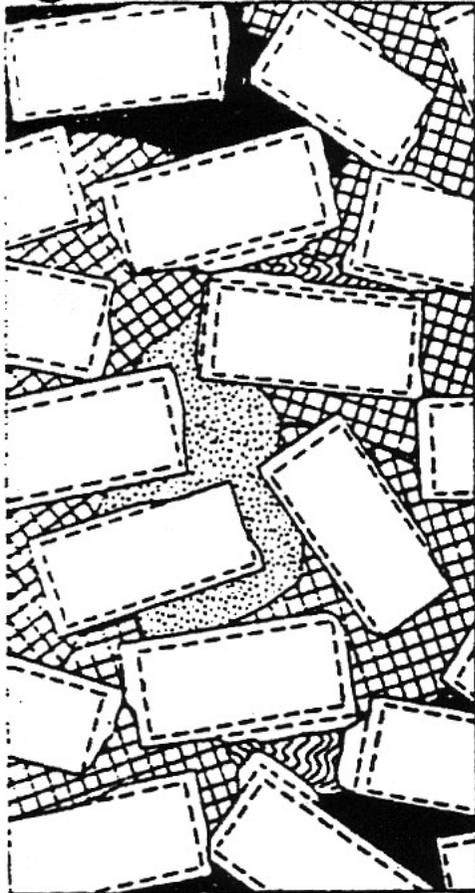
В 60-х годах Уэйджер (Wager, 1960) предложил разделить кумулаты на три главные группы:

ОРТОКУМУЛАТЫ – породы, включающие много интеркумулусного материала, где зерна первичных кумулусных фаз сохраняют исходные кристаллографические очертания.

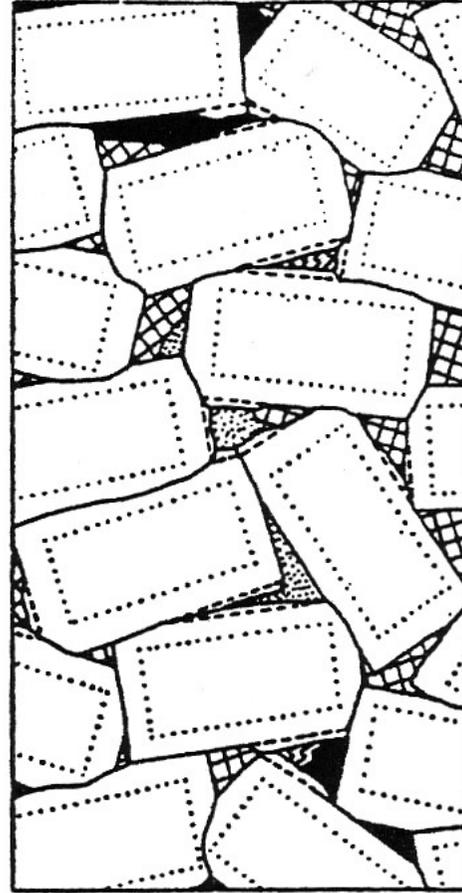
МЕЗОКУМУЛАТЫ – содержат меньше интеркумулусного материала (чаще в виде интерстиций), а зерна первичных кумулусных фаз за счет дорастания начинают соприкасаться, формируя ажурный каркас породы.

АДКУМУЛАТЫ – почти не содержат интеркумулусного материала (частично за счет дорастания, частично за счет уплотнения кумулятивного каркаса породы и экстракции интрекумулусной жидкости).

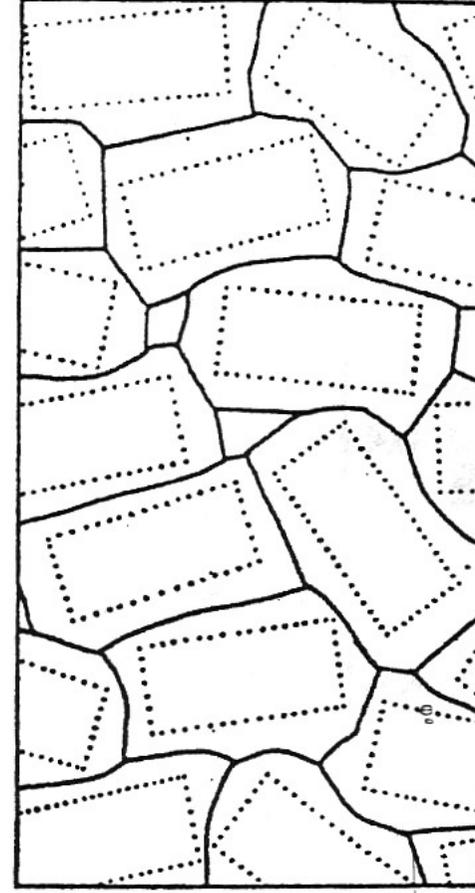
ПРИМЕРЫ ГЛАВНЫХ ТИПОВ КУМУЛАТОВ



ОРТОКУМУЛАТ



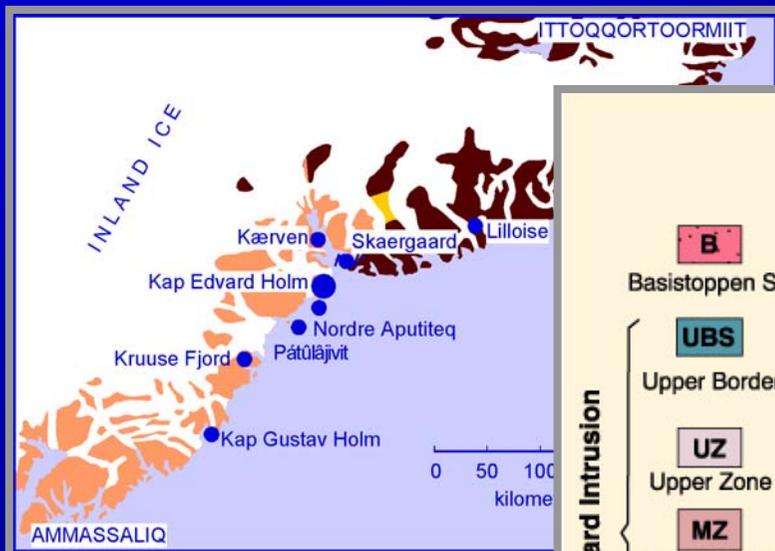
МЕЗОКУМУЛАТ



АДКУМУЛАТ

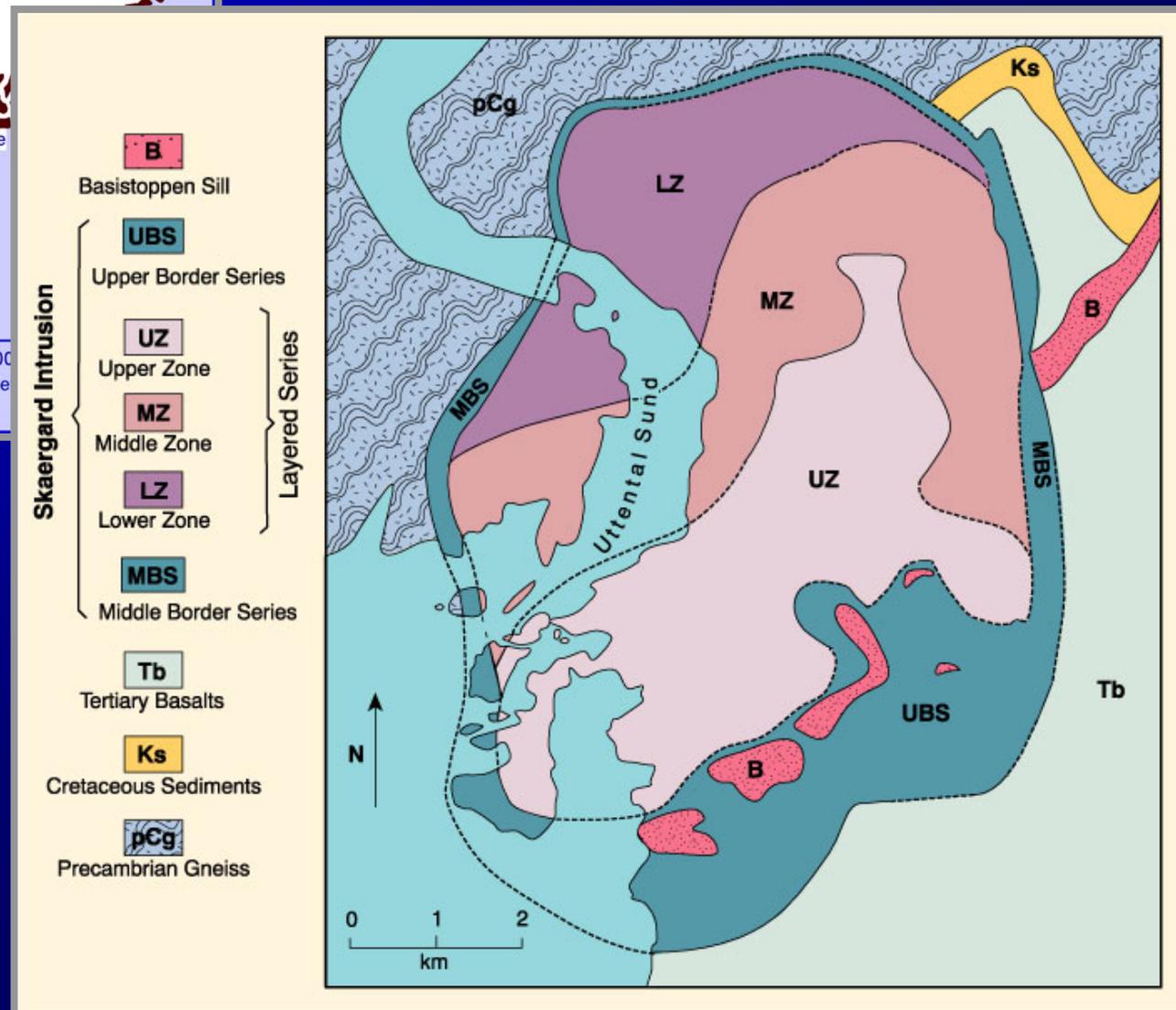
Понижение доли интеркумулуса 

СКЕРГААРДСКИЙ ИНТРУЗИВ В ГРЕНЛАНДИИ

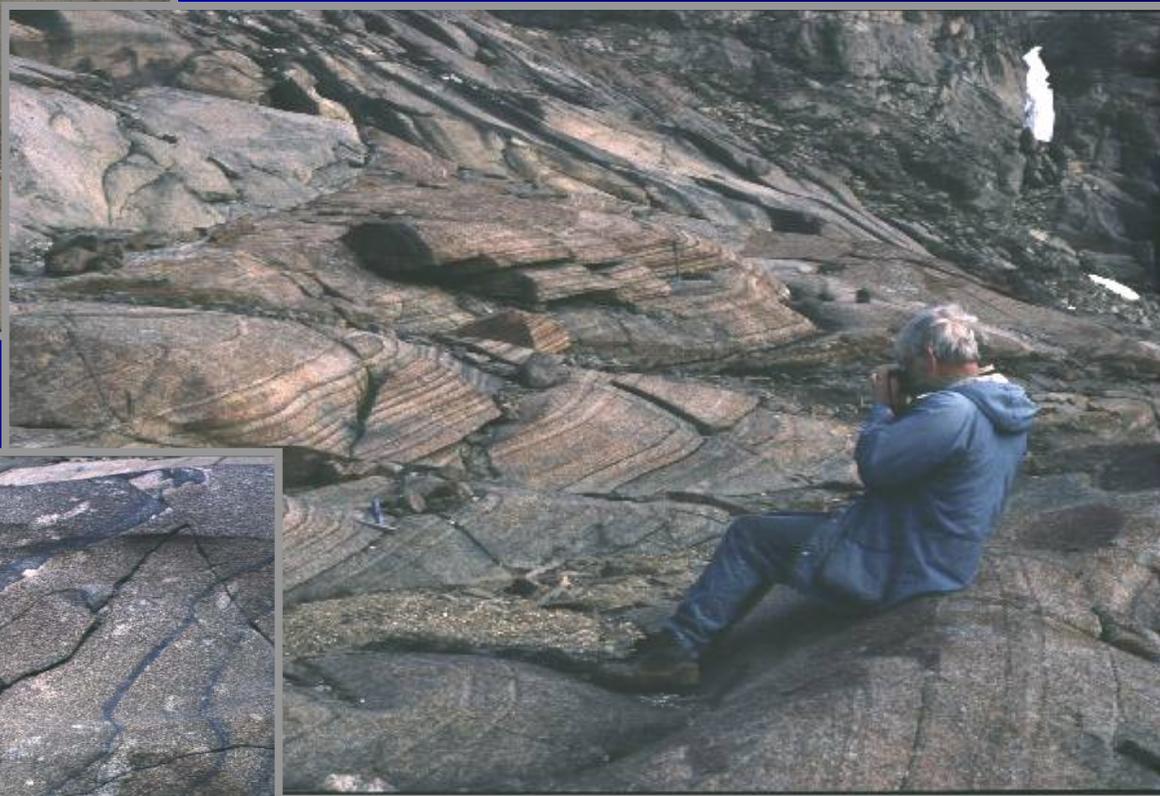


Положение пос.
Скергаард

Карта строения
Скергаардского
интрузива



РИТМИЧЕСКАЯ РАССЛОЕННОСТЬ СКЕРГААРДСКОГО МАССИВА



РИТМИЧЕСКАЯ РАССЛОЕННОСТЬ СКЕРГААРДСКОГО МАССИВА

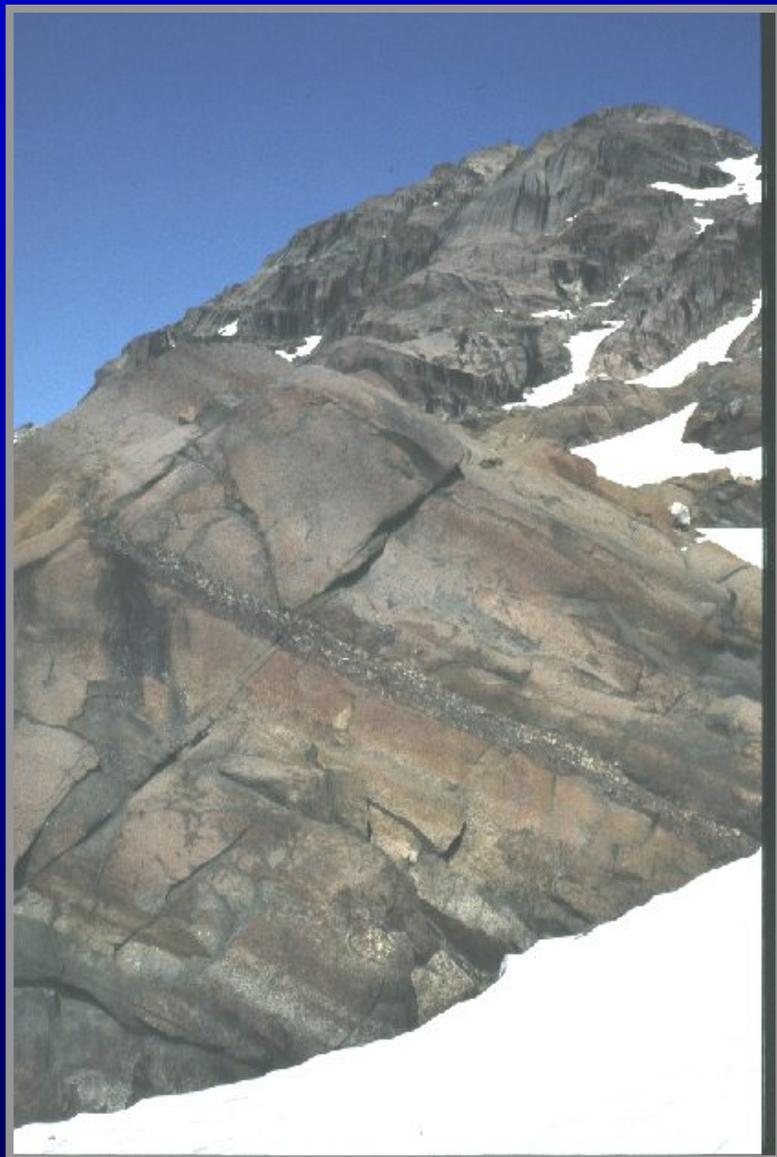
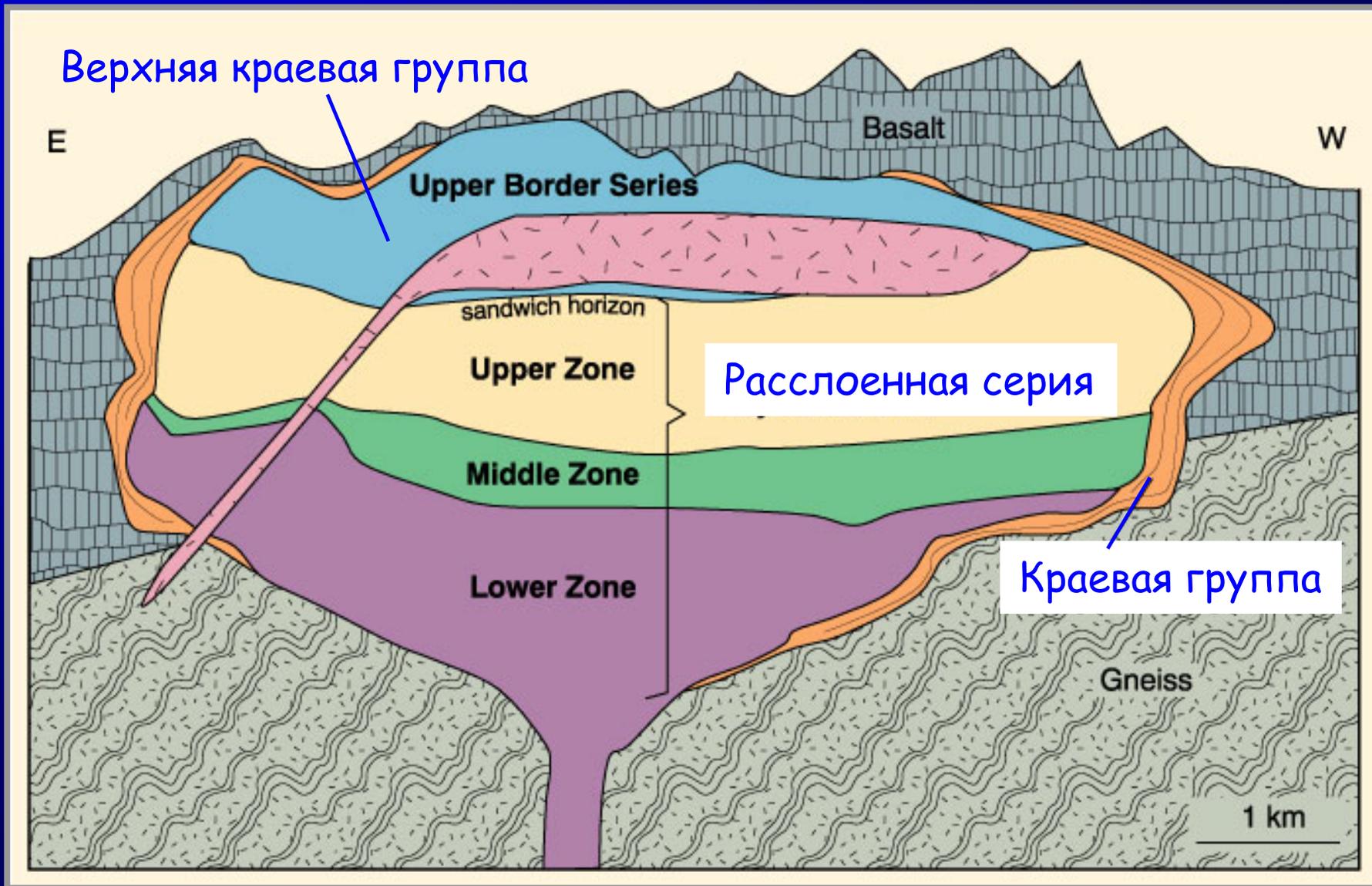
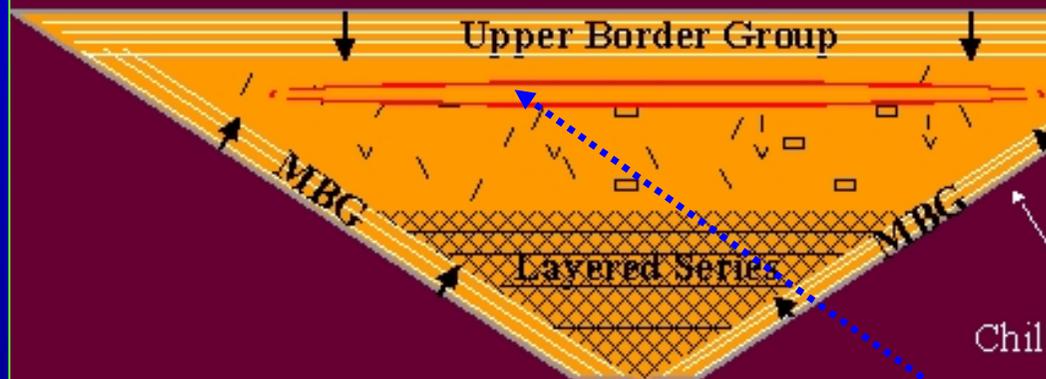


СХЕМА СТРОЕНИЯ СКЕРГААРДСКОГО ИНТРУЗИВА



СОСТАВ И ЗНАЧЕНИЕ САНДВИЧЕВА ГОРИЗОНТА

Crystallization



Это группа пород, кристаллизовавшихся из наиболее фракционированных расплавов

ФЕРРОГАББРО - Na-Plag + Fe Ol и пироксены

ГРАНОФИР - сегрегации кварца и полевого шпата

Last Liquid was trapped at the "Sandwich Horizon"

Предполагается, что **ФЕРРОГАББРО + ГРАНОФИР** представляют продукт ликвации осточной магмы на самых поздних стадиях внутрикамерной дифференциации

СВОДНЫЙ РАЗРЕЗ СКЕРГААРДСКОГО ИНТРУЗИВА

РАССЛОЕННАЯ СЕРИЯ

Верхняя зона (UZ)

Появление OI

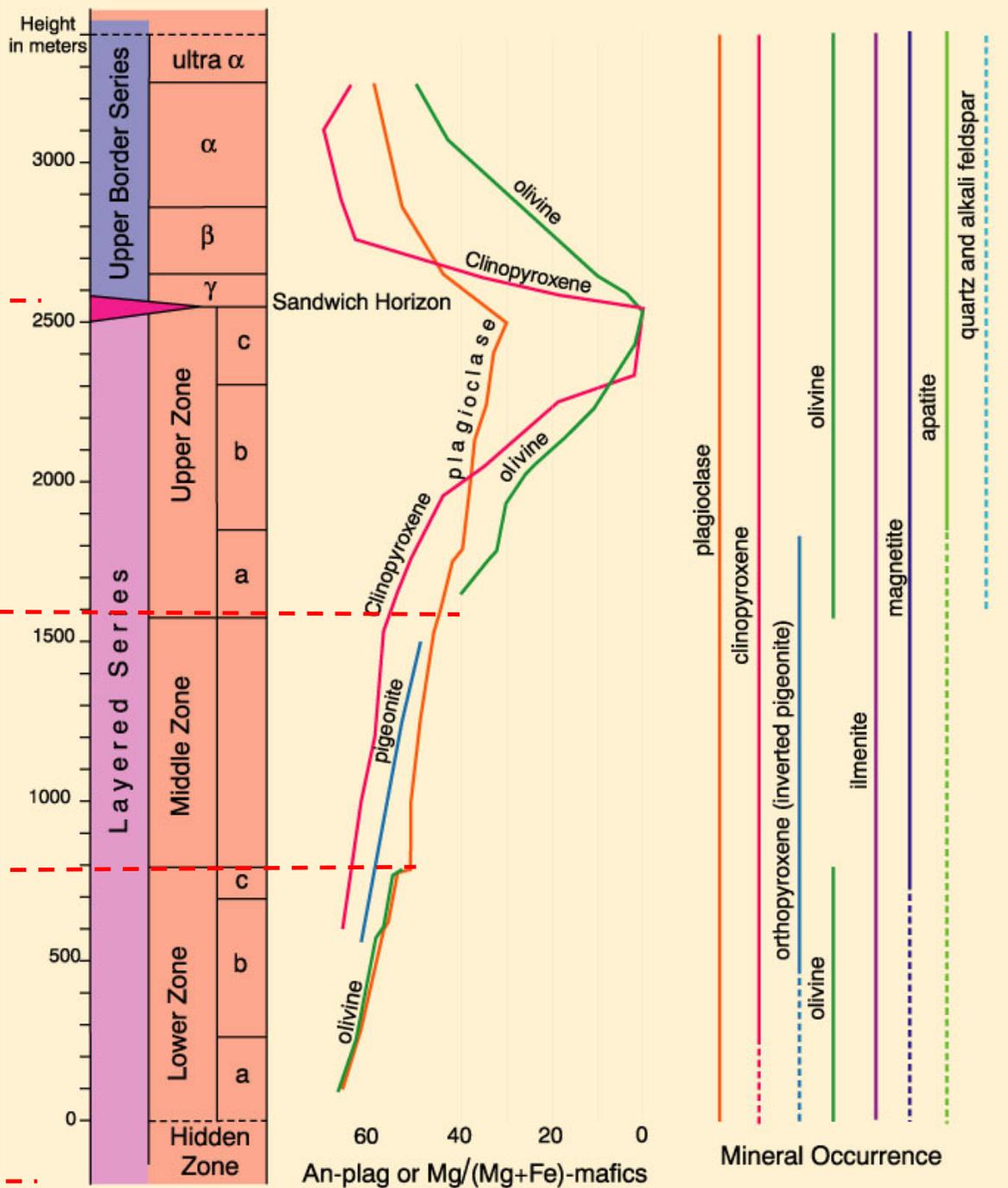
Средняя зона (MZ)

Исчезновение OI

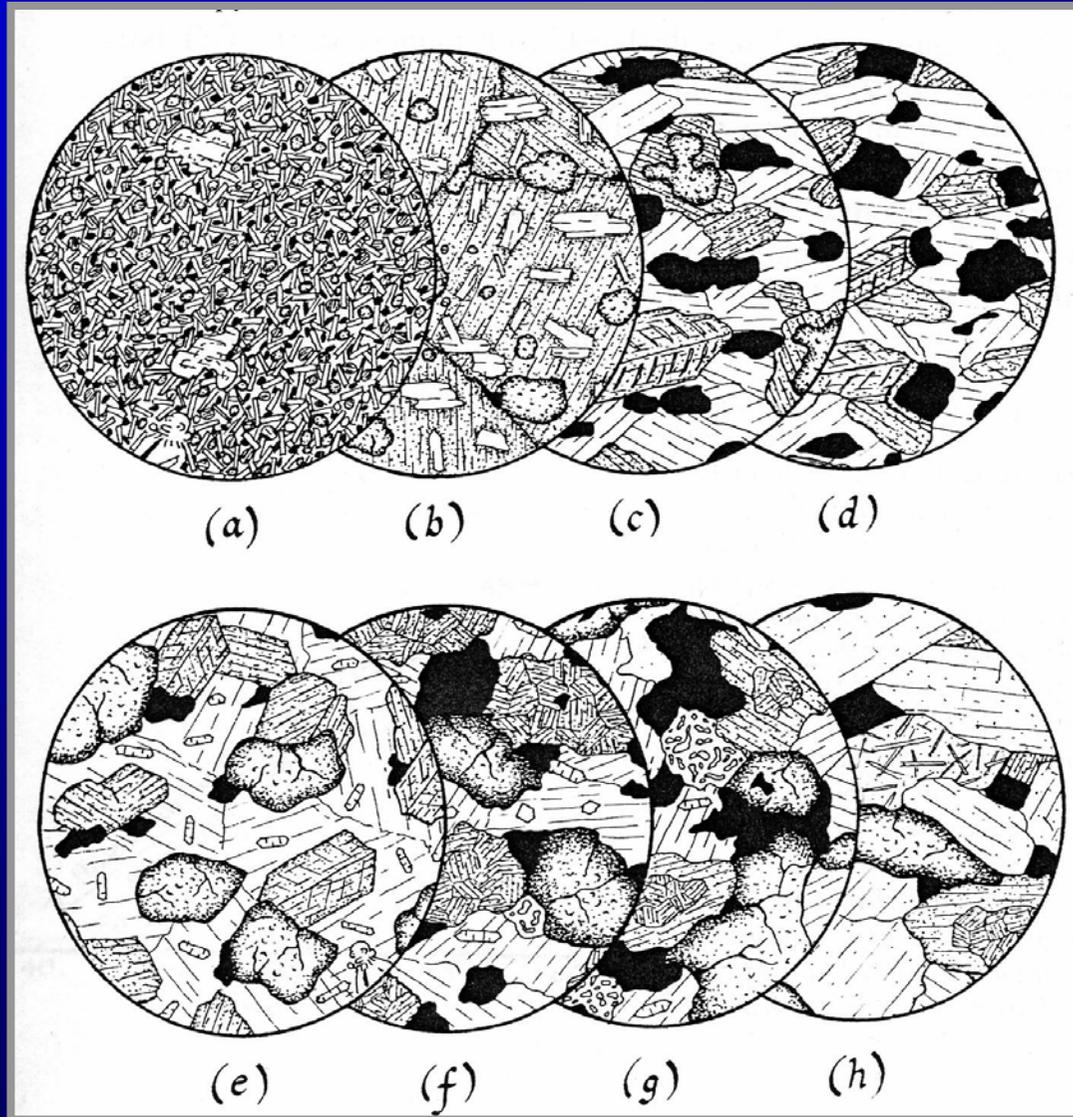
OI+Pl+Aug+Mt

Нижняя зона (LZ)

OI+Pl



СТРУКТУРЫ ПОРОД ИЗ РАЗНЫХ ЗОН ИНТРУЗИВА



(a) закаленное габбро

(b) LZa ($Ol+Pl$ + пойкилитовый Crx);

(c) LZc, Mt - габбро (+ кум. Crx и Mt);

(d) MZ (отсутствие Ol);

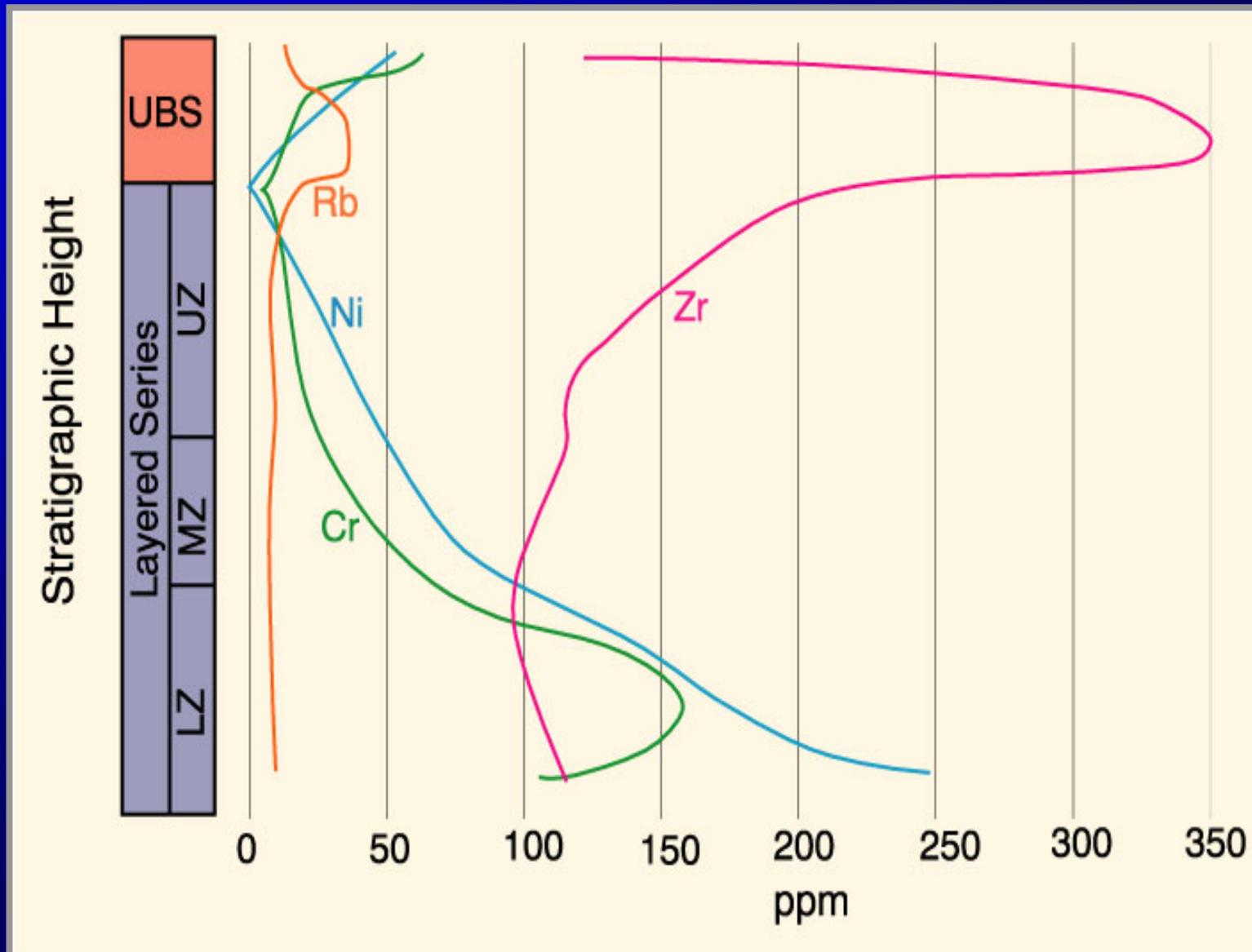
(e) UZb (появление Ol + апатит);

(f) UZc (мозаичный геденбергит);

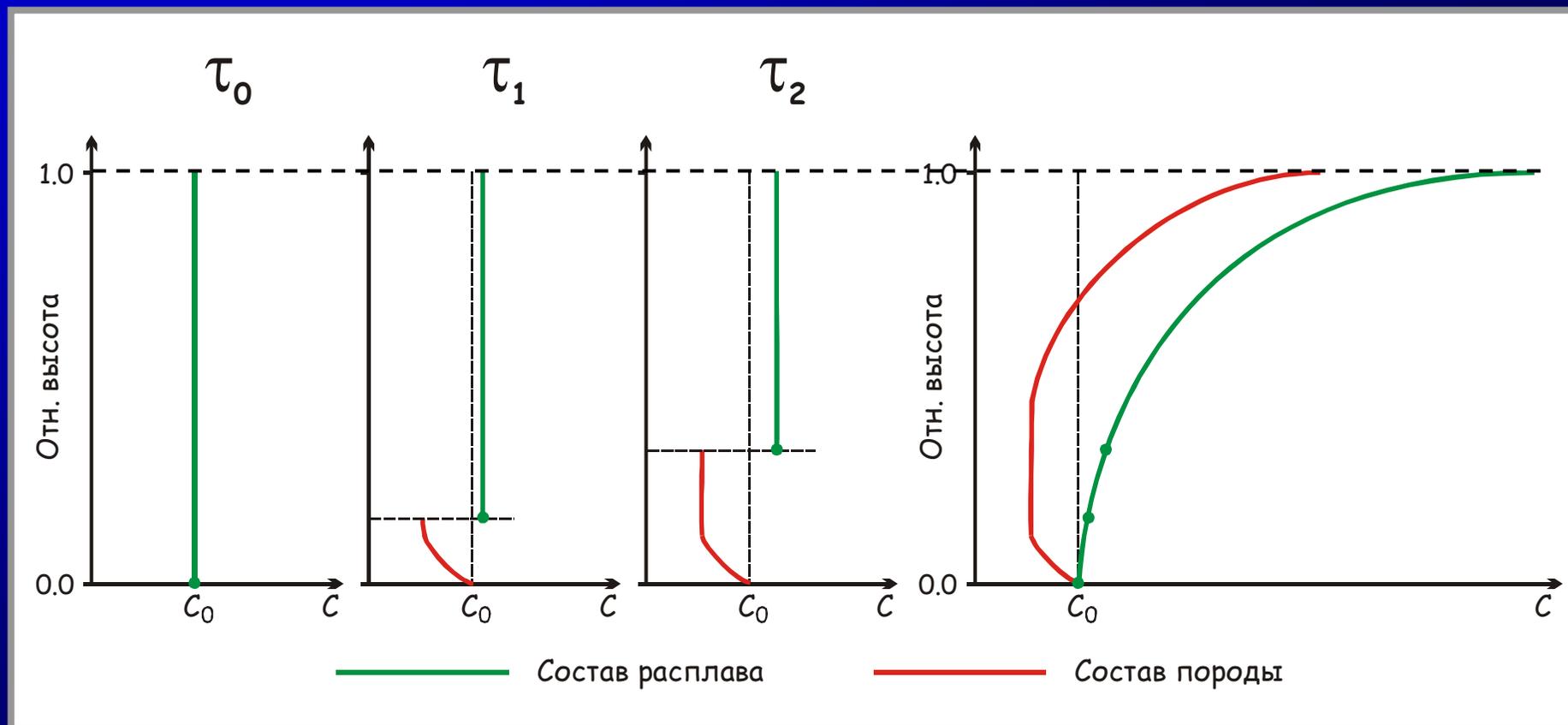
(g) Сандвичевый горизонт;

(h) Верхняя Краевая группа

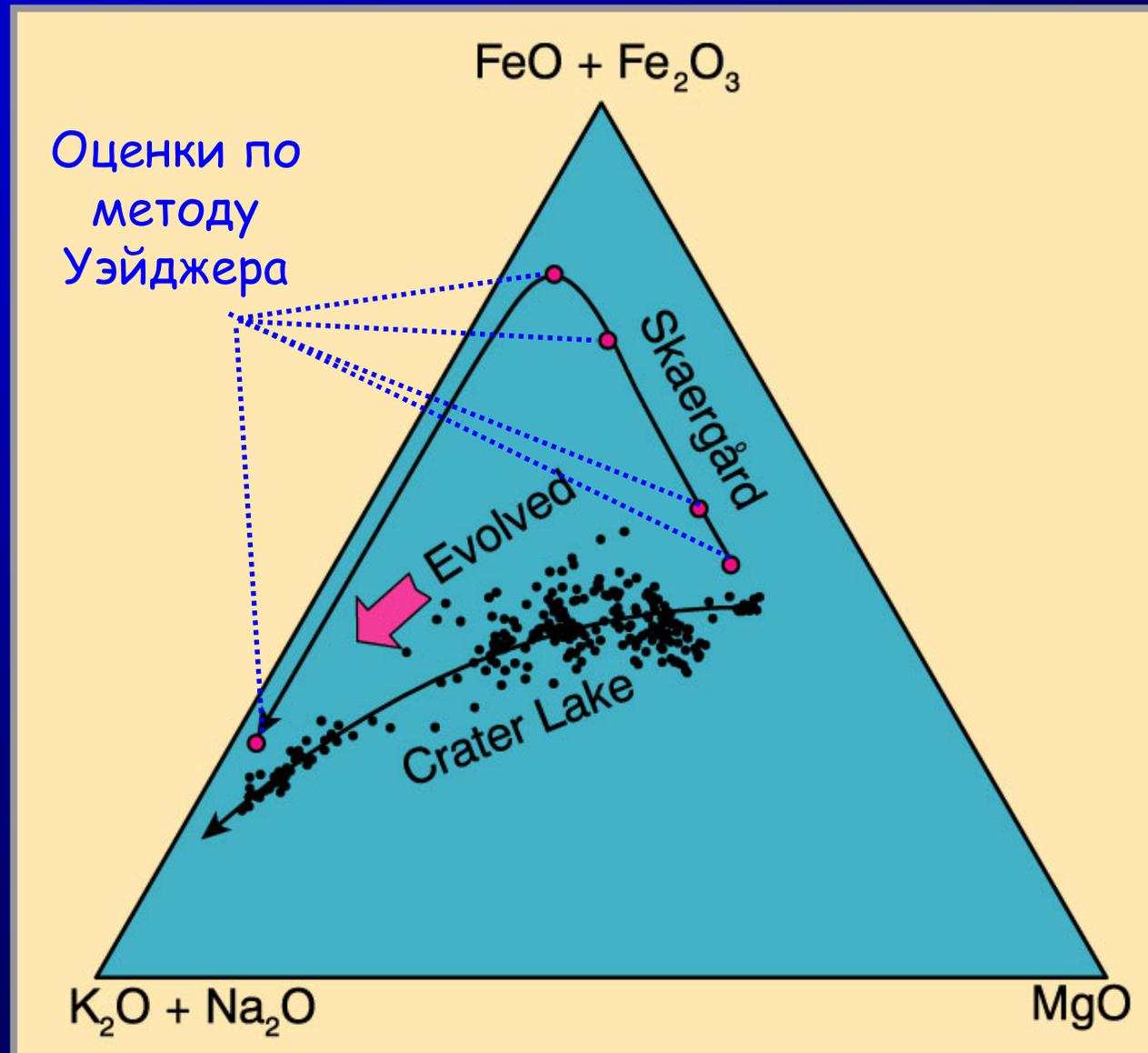
ВАРИАЦИИ СОДЕРЖАНИЙ МИКРОЭЛЕМЕНТОВ ПО РАЗРЕЗУ СКЕРГААРДСКОГО ИНТРУЗИВА



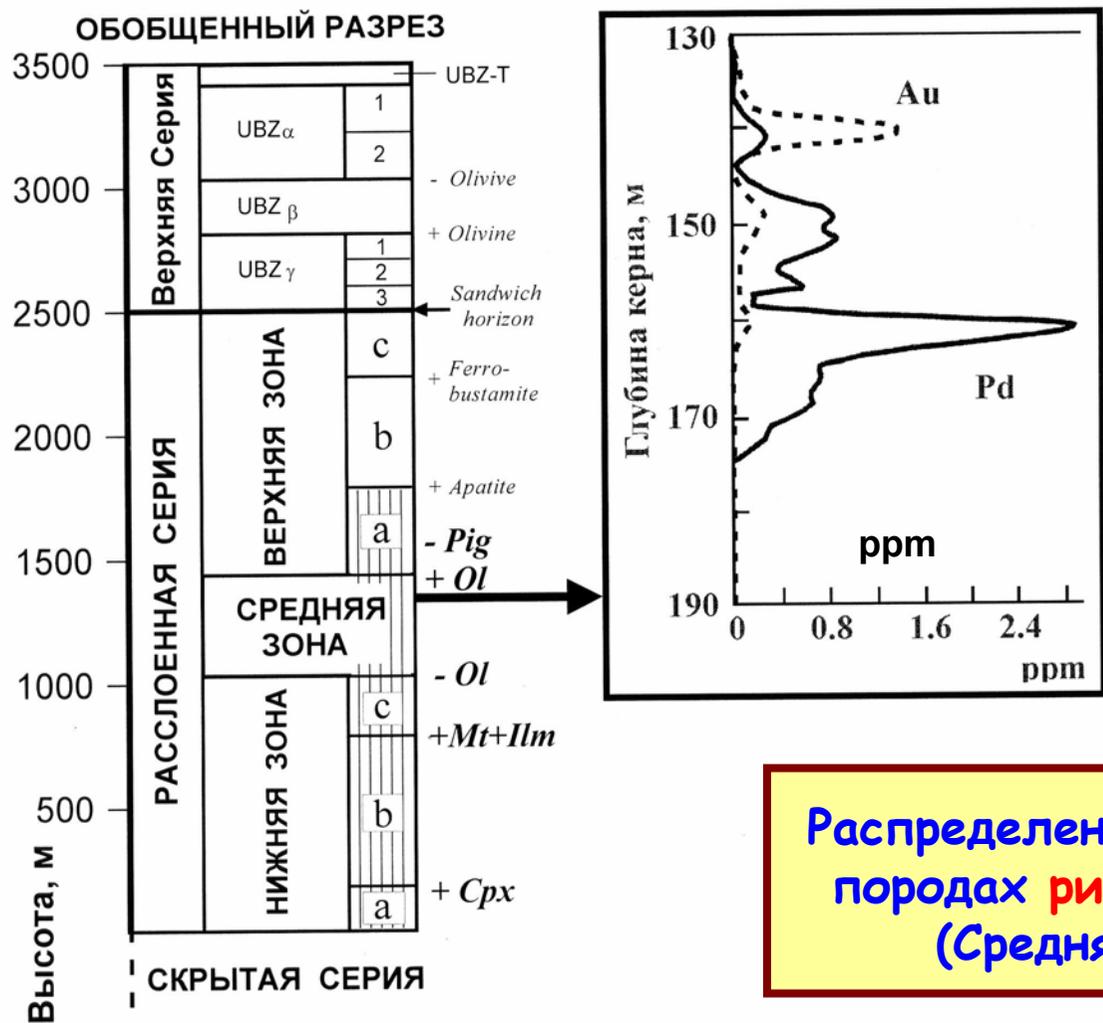
ЭВОЛЮЦИЯ СОСТАВА ОСТАТОЧНЫХ МАГМ (оценки по методу Уэйджера)



ТРЕНД ДИФФЕРЕНЦИАЦИИ СКЕРГААРДСКОЙ МАГМЫ

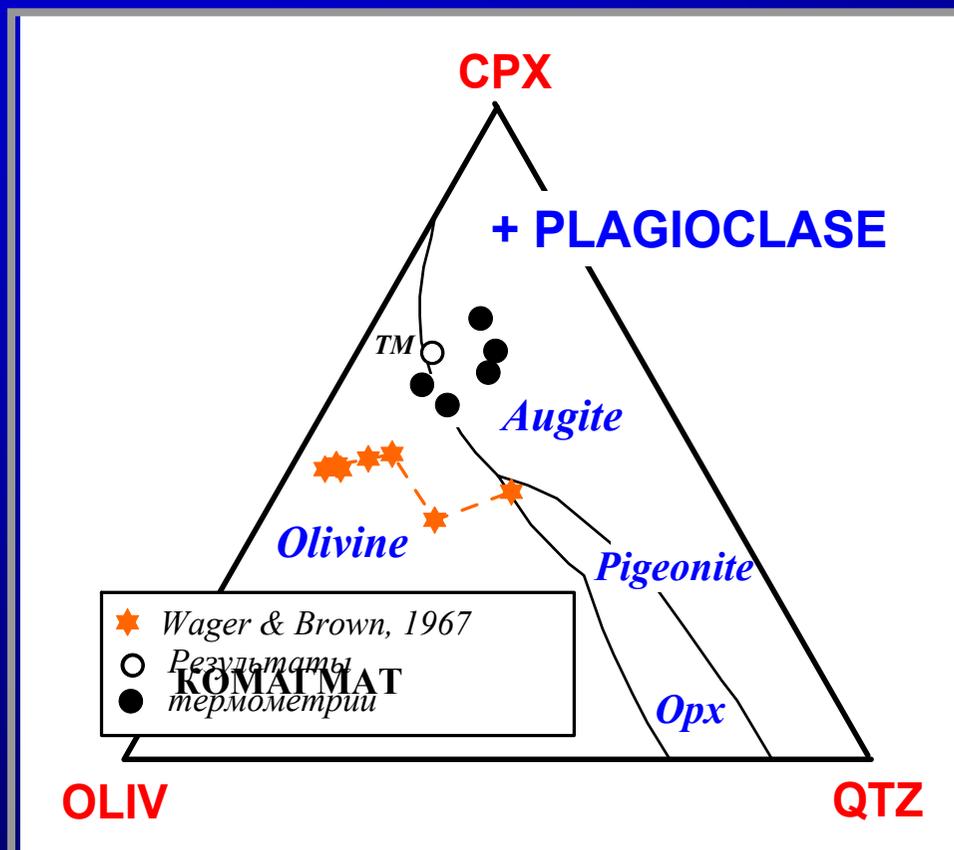


НЕОБХОДИМОСТЬ БОЛЕЕ ТОЧНОЙ ОЦЕНКИ СОСТАВА ОСТАТОЧНЫХ МАГМ



Распределение Au и Pd в
породах рифа **Platinova**
(Средняя Зона)

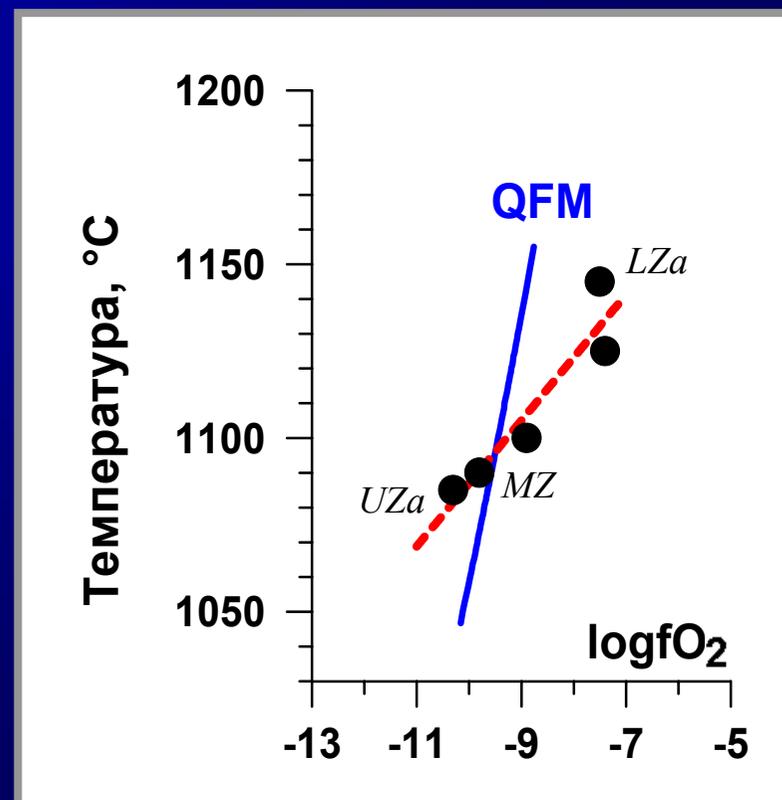
РАСЧЕТ СОСТАВА ОСТАТОЧНЫХ МАГМ ПРИ ПОМОЩИ МОДЕЛИ КОМАГМАТ



Проекция расчетных составов на плоскость OLIV-CPX-SiO₂

Установлен диапазон температур кристаллизации остаточных магм:

1160-1085 °C

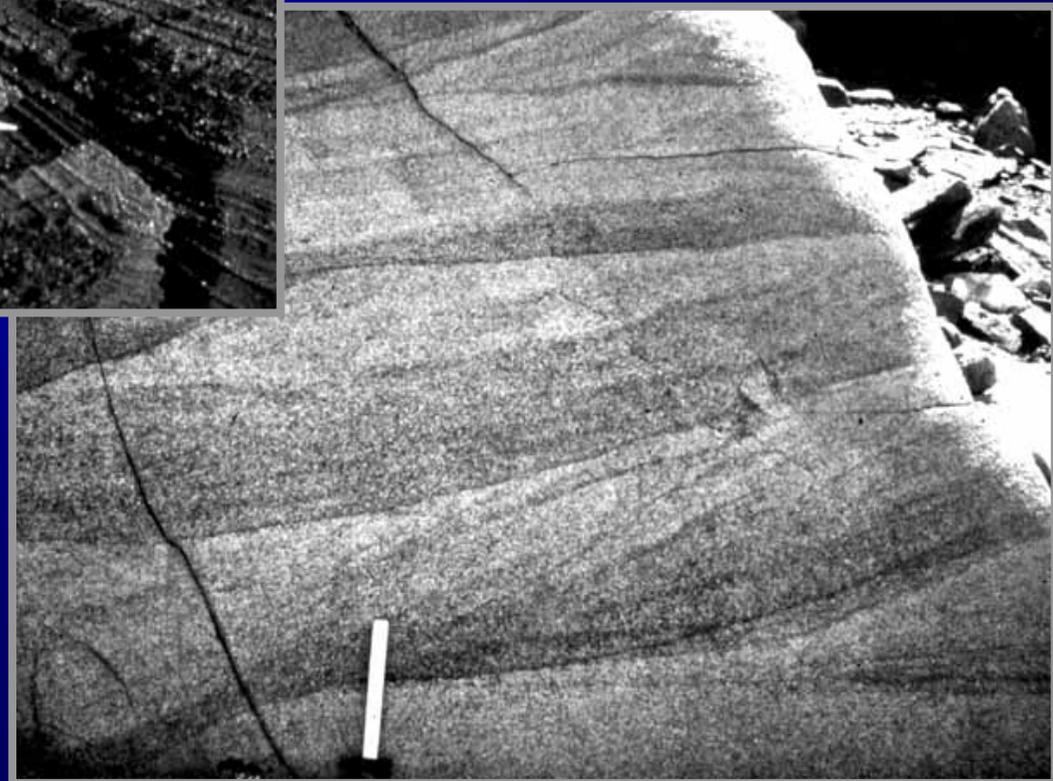


КОСАЯ СЛОИСТОСТЬ КАК РЕЗУЛЬТАТ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ СУСТЕНЗИОННЫХ ПОТОКОВ И КУМУЛУСА



Массив острова
Дюка на Аляске

Скергаардский
интрузив



ВОЗМОЖНАЯ СХЕМА КОНВЕКЦИОННЫХ ПОТОКОВ ВБЛИЗИ СТЕНОК МАГМАТИЧЕСКОЙ КАМЕРЫ

