

Интерпретация вещественного состава магматических горных пород

Рекомендованная литература

Интерпретация геохимических данных (под ред. Е.В.Склярова). М.: 2001.

Лекция 1

- основы геохимии элементов
- геохимические классификации
- поведение элементов в магматическом процессе
- процессы дифференциации магм
- интерпретация состава магматических серий
- основы изотопной геохронологии

Геохимия элементов

строение электронных
оболочек



Химические свойства

стремление к полному
комплекту электронов



электроотрицательность
(металлы / неметаллы)

минералы -
«хозяева»



поведение элементов в
ходе геологических
процессов

Геохимия элементов

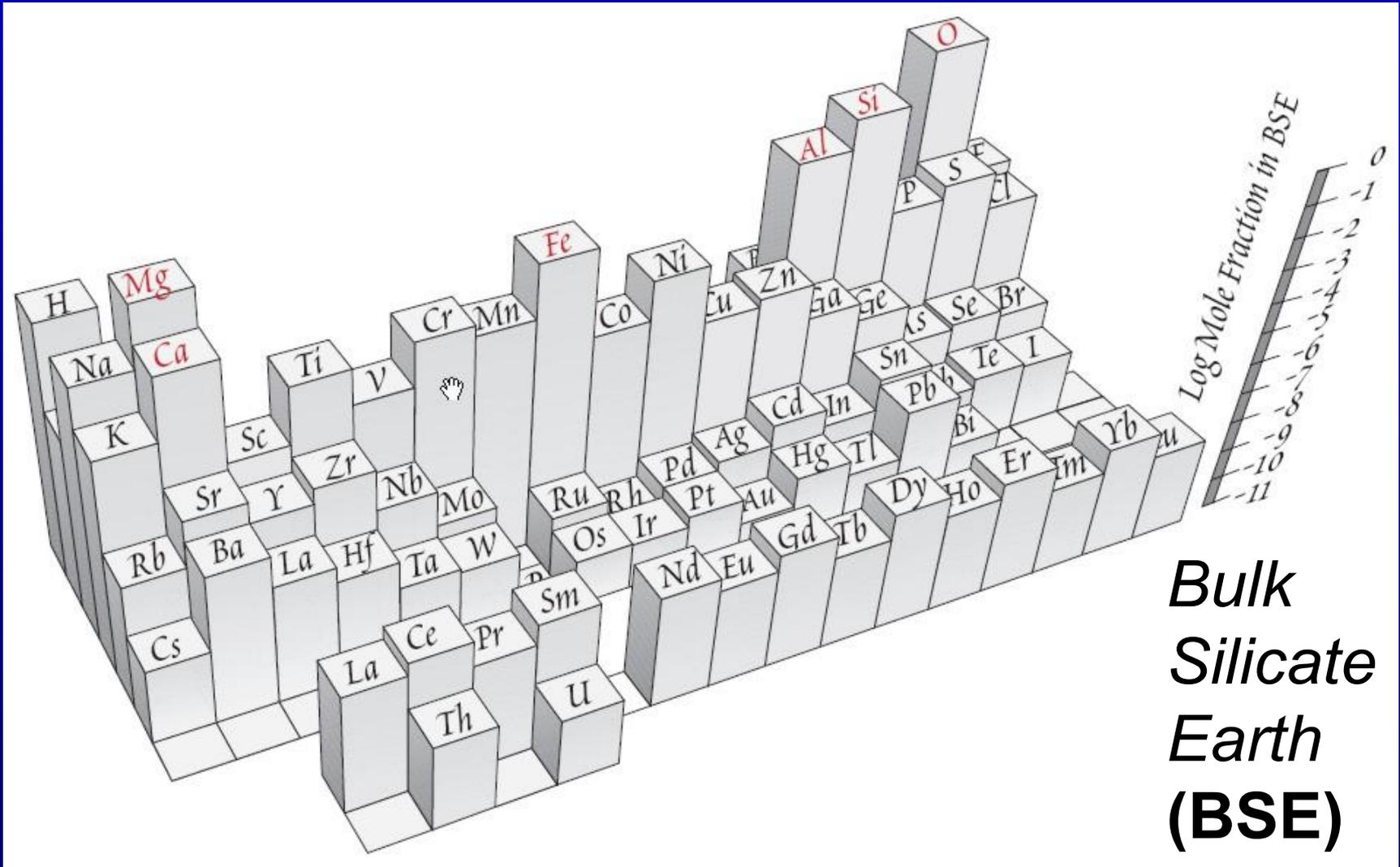
ряды сходства кристаллохимических свойств: диагональные

ПЕРИОДИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ Д. И. МЕНДЕЛЕЕВА

ПЕРИОДЫ	Г Р У П П Ы Э Л Е М Е Н Т О В																	
	A	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	VIII								B
1	(H)																	
2	Li Lithium Литий	Be Beryllium Бериллий	B Borun Бор	C Carbonium Углерод	N Nitrogenium Азот	O Oxygenium Кислород	F Fluorun Фтор	Ne Neon Неон										
3	Na Natrium Натрий	Mg Magnesium Магний	Al Aluminium Алюминий	Si Silicium Кремний	P Phosphorus Фосфор	S Sulfur Сера	Cl Chlorium Хлор	Ar Argon Аргон										
4	K Kalium Калий	Ca Calcium Кальций	Sc Scandium Скандий	Ti Titanium Титан	V Vanadium Ванадий	Cr Chromium Хром	Mn Manganum Марганец	Fe Ferrum Железо	Co Cobaltum Кобальт	Ni Niccolum Никель								
5	Rb Rubidium Рубидий	Sr Strontium Стронций	Y Yttrium Иттрий	Zr Zirconium Цирконий	Nb Niobium Ниобий	Mo Molybdenum Молибден	Tc Technetium Технеций	Ru Ruthenium Рутений	Rh Rhodium Родий	Pd Palladium Палладий								
6	Cs Caesium Цезий	Ba Barium Барий	La* Lanthanum Лантан	Hf Hafnium Гафний	Ta Tantalum Тантал	W Wolframium Вольфрам	Re Rhenium Рений	Os Osmium Осмий	Ir Iridium Иридий	Pt Platinum Платина								
7	Fr Francium Франций	Ra Radium Радий	Ac** Actinium Актиний	Rf Rutherfordium Феррфордий	Db Dubnium Дубний	Sg Seaborgium Сиборгий	Bh Bohrium Борий	Hs Hassium Хассий	Mt Meitnerium Мейтнерий									
	R ₂ O		RO		R ₂ O ₃		RO ₂		R ₂ O ₅		RO ₃		R ₂ O ₇		RO ₄			
ЛАНТАНОИДЫ*	Ce Ceria Церий	Pr Praseodymium Прозербий	Nd Neodymium Неодимий	Pm Promethium Прометий	Sm Samarium Самарий	Eu Europium Европий	Gd Gadolinium Гадолиний	Tb Terbium Тербий	Dy Dysprosium Диспрозий	Ho Holmium Гольмий	Er Erbium Эрбий	Tm Thulium Тулий	Yb Ytterbium Иттербий	Lu Lutetium Лютеций				
АКТИНОИДЫ**	Th Thorium Торий	Pa Protactinium Протактиний	U Uranium Уран	Np Neptunium Нептуний	Pu Plutonium Плутоний	Am Americium Америций	Cm Curium Кюрий	Bk Berkelium Берклий	Cf Californium Калифорний	Es Einsteinium Эйнштейний	Fm Fermium Фермий	Md Mendelevium Менделеевий	No Nobelium Нобелий	Lr Lawrencium Лавренций				



Распространенность хим. элементов



Element	Wt % Oxide	Atom %
O		60.8
Si	59.3	21.2
Al	15.3	6.4
Fe	7.5	2.2
Ca	6.9	2.6
M	4.5	2.4
Na	2.8	1.9

Распространенность
элементов в земной коре

Главные (петрогенные) : > 1%



Второстепенные: 0.1 - 1%



Элементы-примеси: < 0.1%

все прочие

Goldschmidt's Classification

	IA																		VIIIA
1	H																		He
2	Li	Be										B	C	N	O	F			Ne
3	Na	Mg	IIIB	IVB	VB	VIB	VIIB	VIIIB	—	IB	IIB	Al	Si	P	S	Cl			Ar
4	K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br		Kr
5	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I		Xe
6	Cs	Ba	La	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At		Rn
7	Fr	Ra	Ac																

La	Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu
Ac	Th	Pa	U	Nu	Pu									



Lithophile



Siderophile

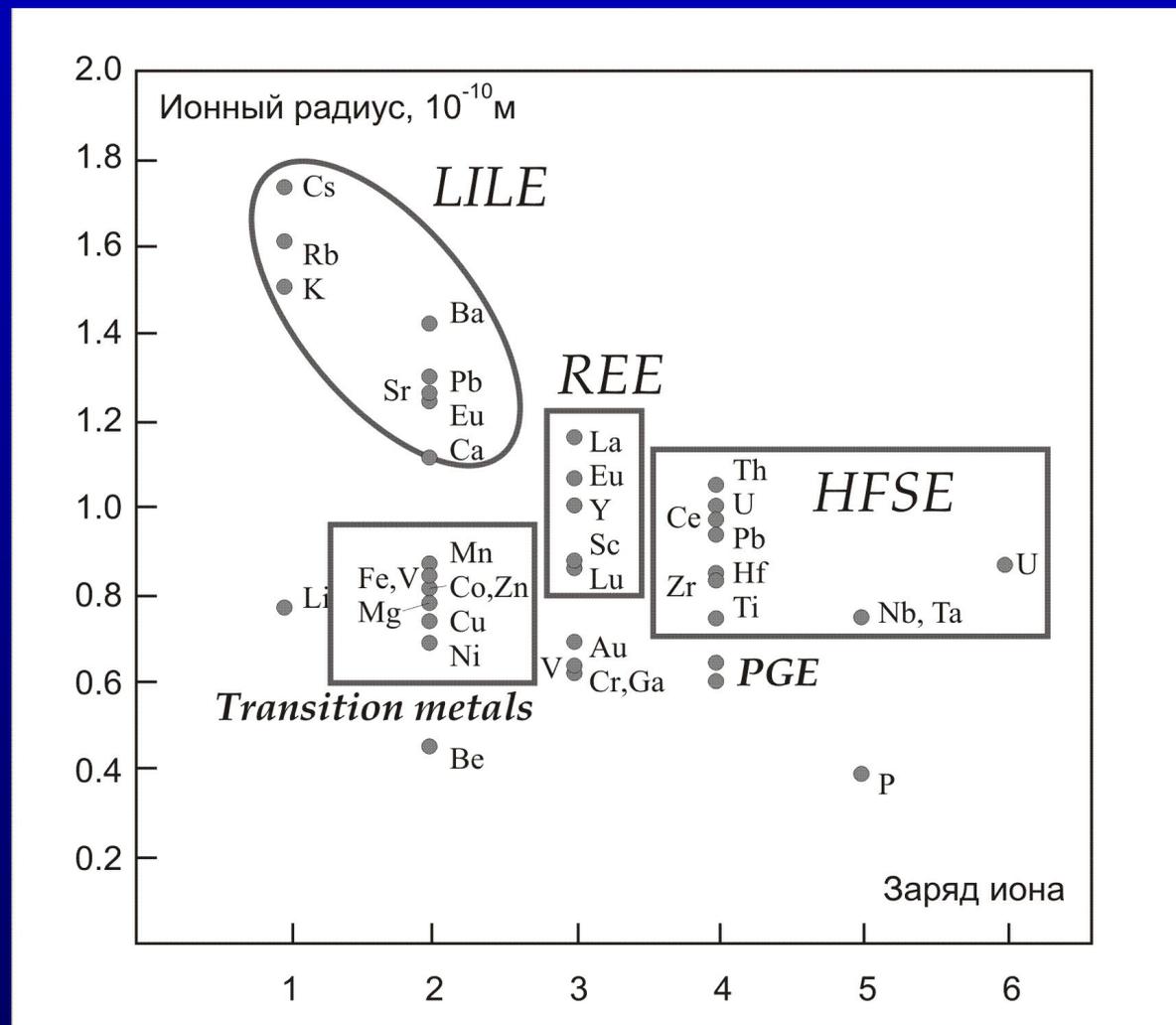


Chalcophile



Atmophile

Группировка литофильных элементов по кристаллохимическим свойствам

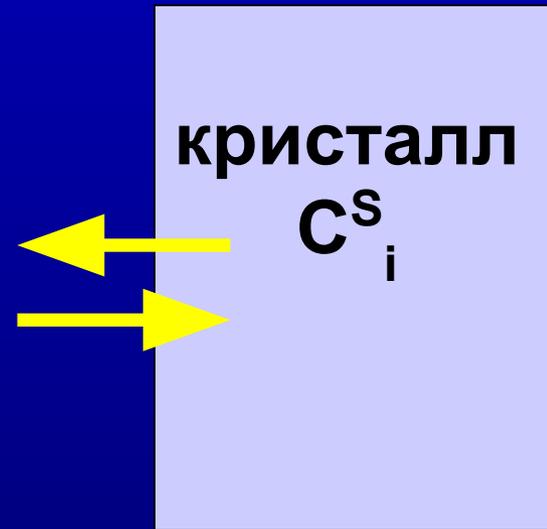


Поведение хим. элементов в магматическом процессе

элемент i

Коэффициент
распределения
(*partition coefficient*)

расплав
 C_i^L



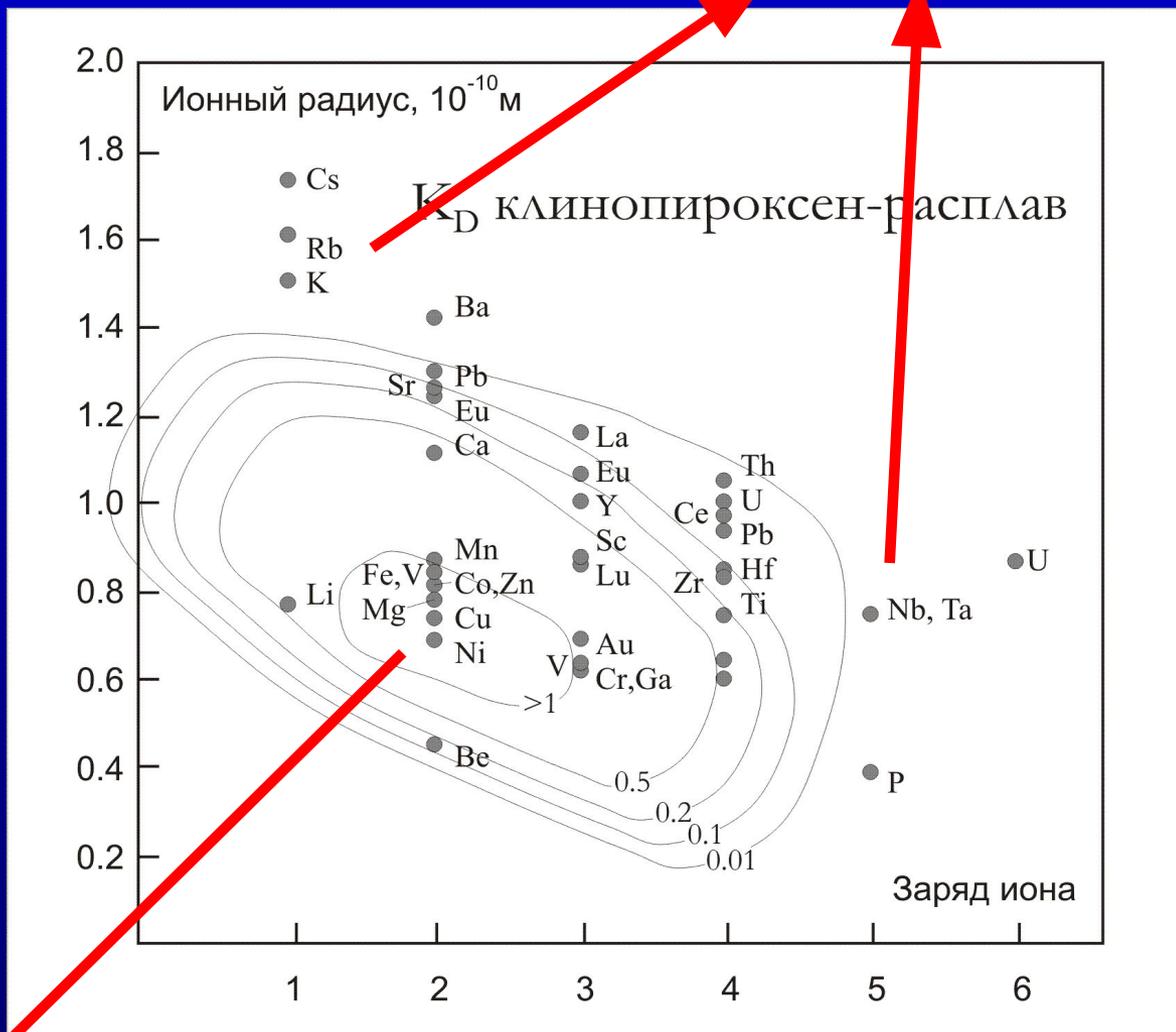
$$K_D = C_i^S / C_i^L$$

(K_d, D)

Валовый K_D :

$$\bar{D}_i = x_1 K_{D1}^i + x_2 K_{D2}^i + x_3 K_{D3}^i + \dots$$

несовместимые (*incompatible*)

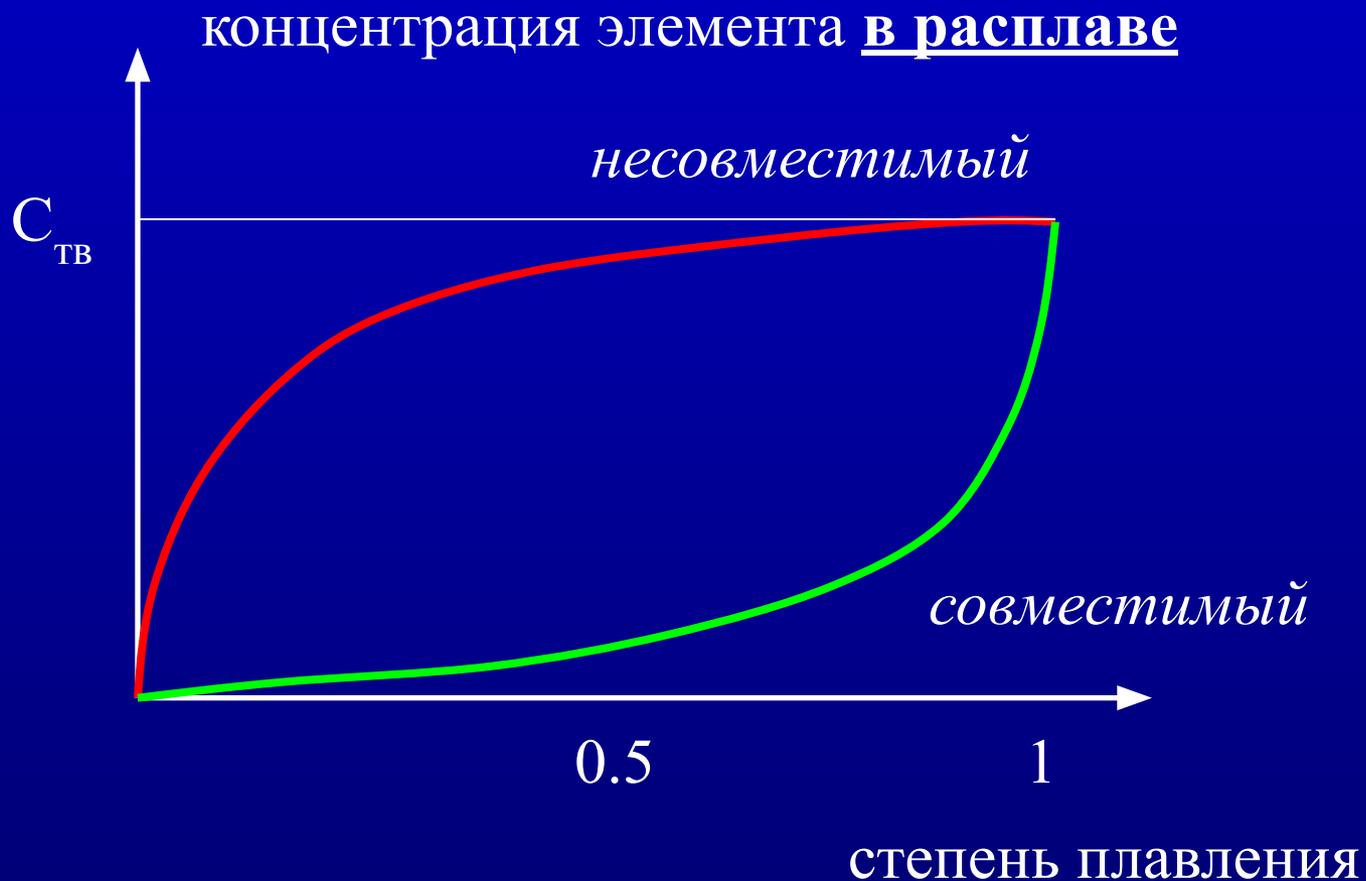


совместимые (*compatible*)

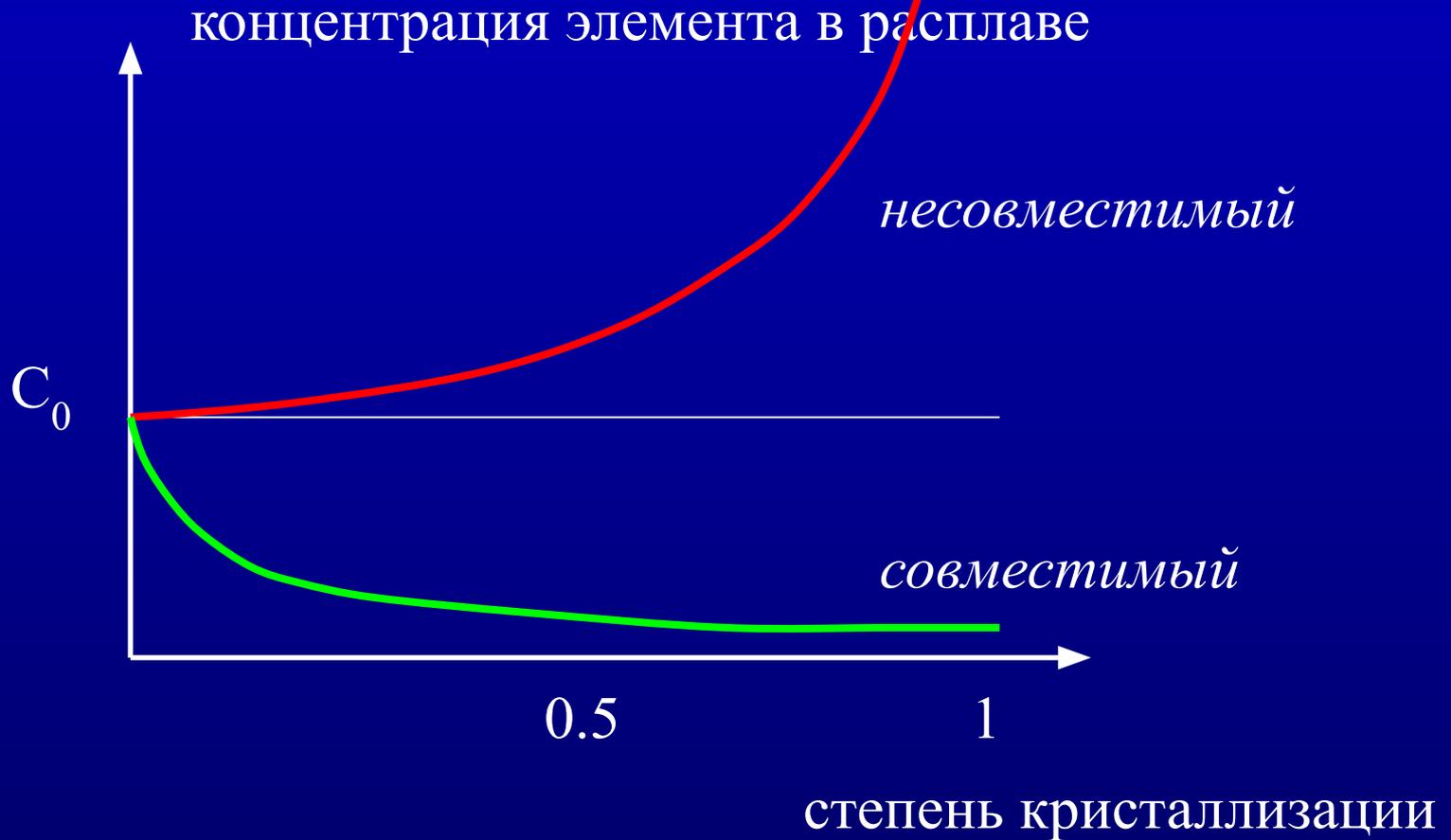
Факторы, определяющие состав магматических пород:

- состав источника (протолита)
- вариации степени плавления источника (РМ)
- фракционирование кристаллов (СФ)
- контаминация
- смешение магм
- несмесимость расплавов (ликвация)

Поведение элементов при плавлении источника



Поведение элементов при кристаллизации расплава



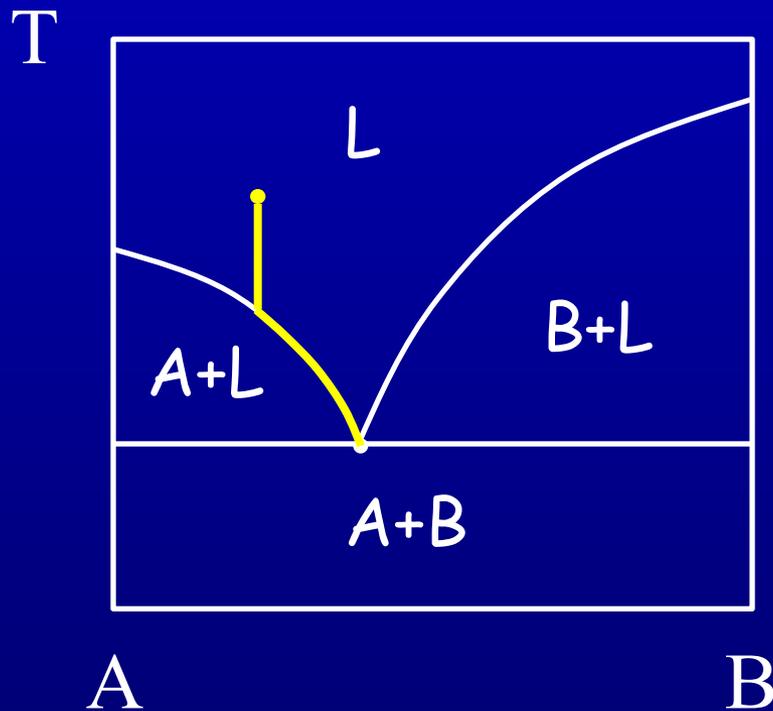
Осложнение - зависимость от состава кристаллизующихся фаз

Факторы, определяющие состав магматических пород:

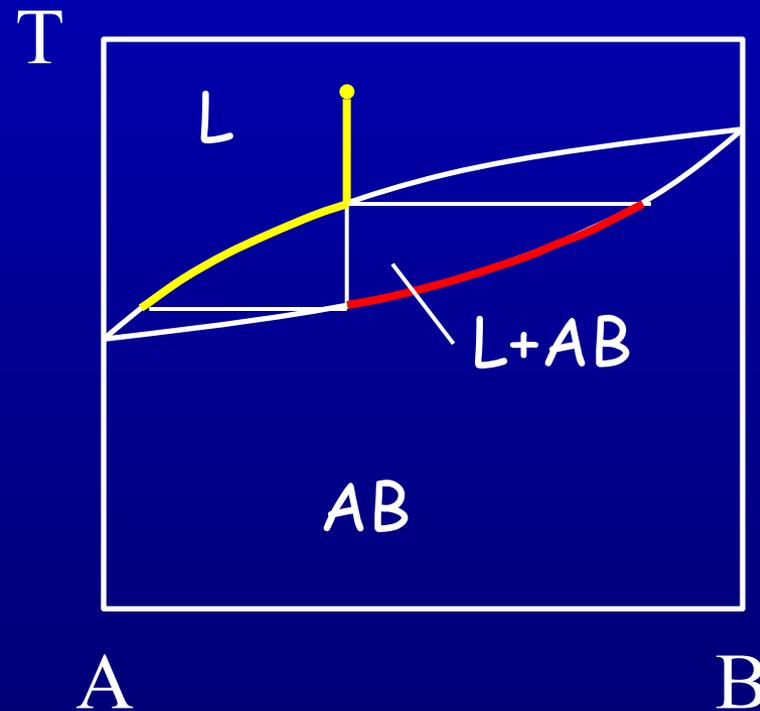
- состав источника (протолита)
- вариации степени плавления источника (PM)
- фракционирование кристаллов (CF)
- контаминация
- смешение магм
- несмесимость расплавов (ликвация)

Фракционирование кристаллов:

ИЗМЕНЕНИЕ СОСТАВА ОСТАТОЧНОГО РАСПЛАВА

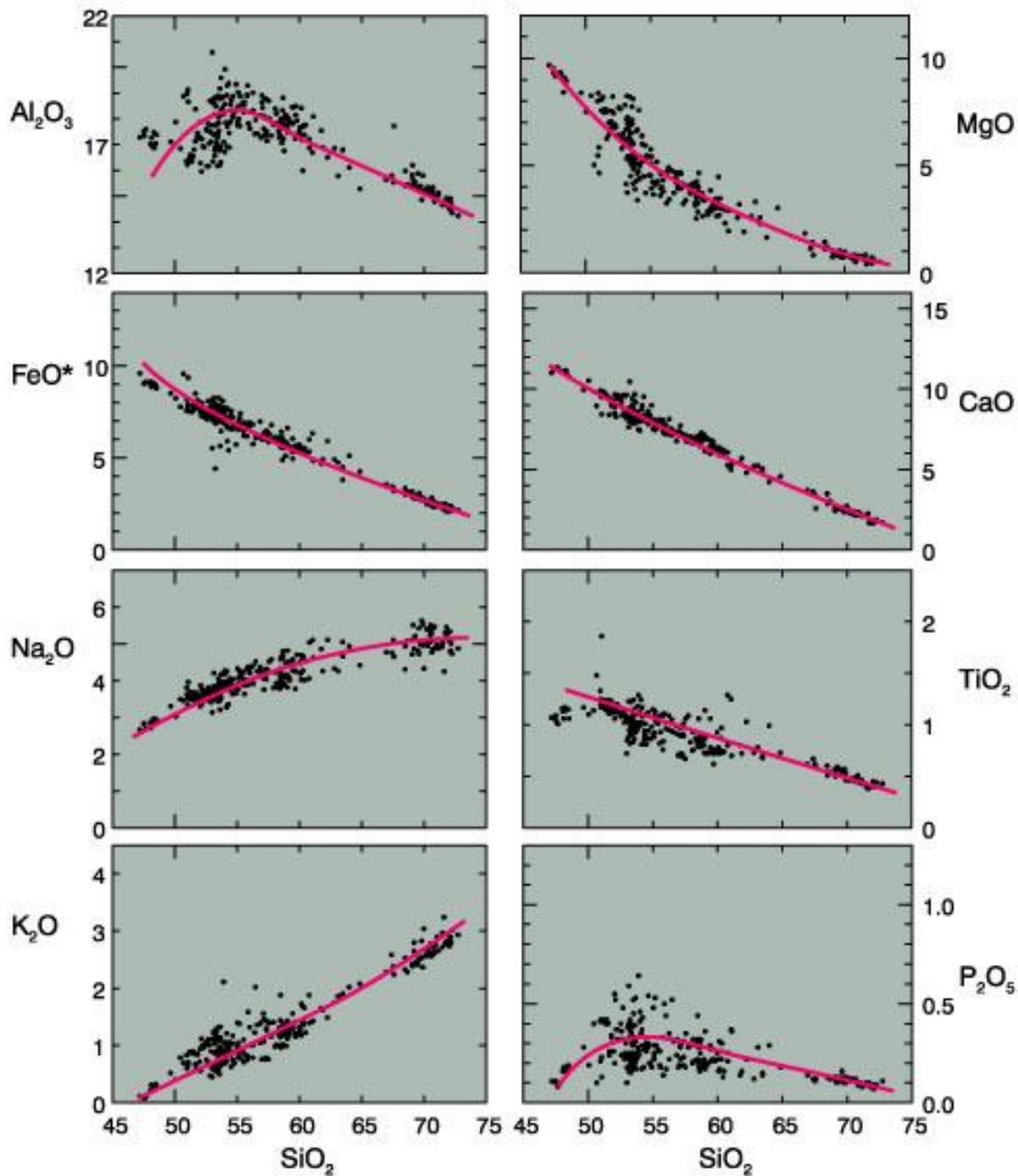


A и B не смешиваются
(напр, $p\text{l}$ и $p\text{x}$)



A и B – непрерывный
твердый р-р (напр, $o\text{l}_{\text{Fe}}$ и $o\text{l}_{\text{Mg}}$)

Тренды кристаллизационного фракционирования



*Ведущая роль в формировании
трендов -*

**качественный состав фаз, уходящих
из системы**

Минералы — хозяйева !

Источники информации:

Состав пород:

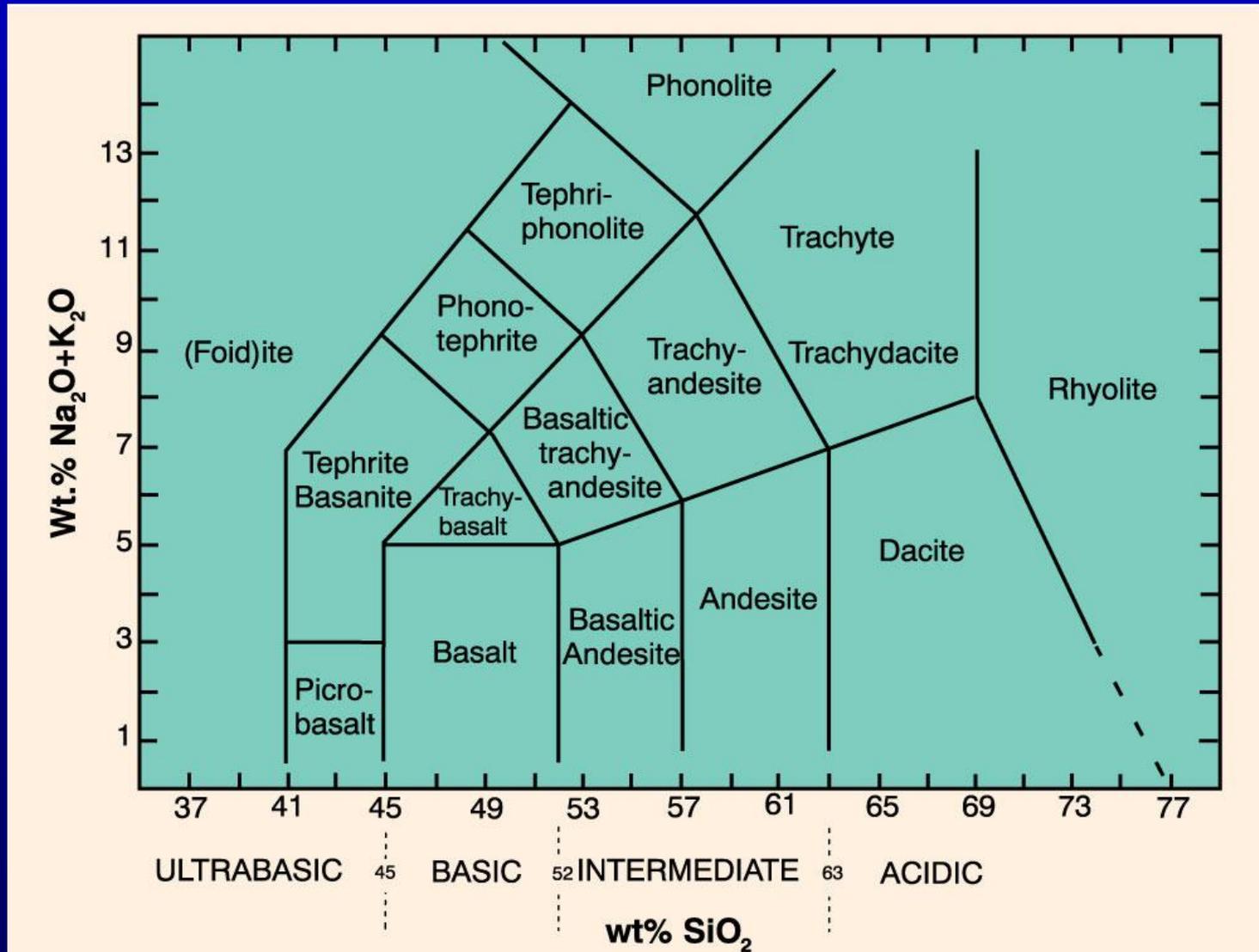
- петрогенные элементы
- элементы-примеси
- изотопы

Состав минералов

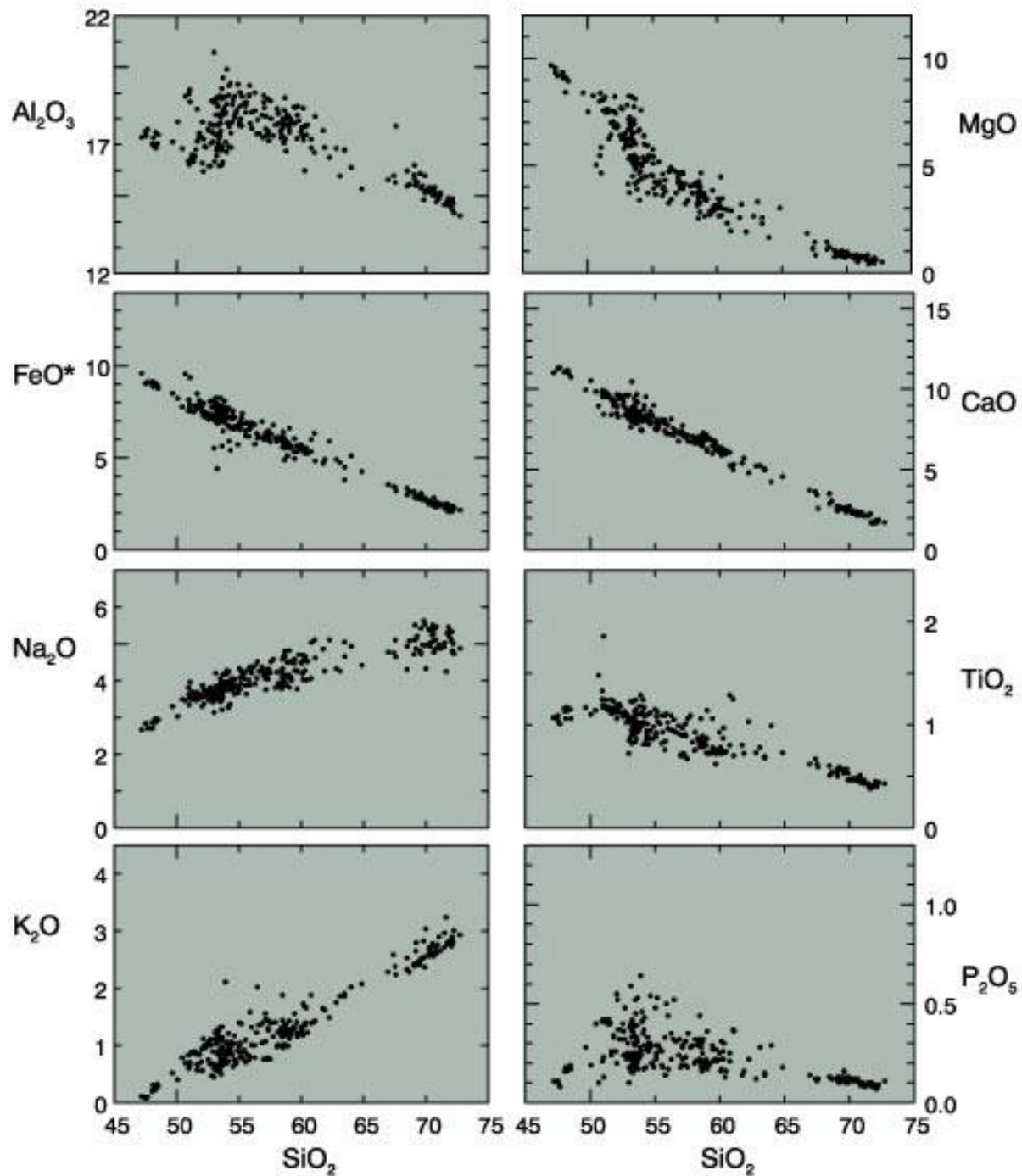
Петрогенные элементы

Wt. % Oxides to Atom % Conversion				
Oxide	Wt. %	Mol	Atom	Atom %
SiO ₂	49.20	Wt. 60.09	prop 0.82	12.25
TiO ₂	1.84	95.90	0.02	0.29
Al ₂ O ₃	15.74	101.96	0.31	4.62
Fe ₂ O ₃	3.79	159.70	0.05	0.71
FeO	7.13	71.85	0.10	1.48
Mn	0.20	70.94	0.00	0.04
Mg	6.73	40.31	0.17	2.50
CaO	9.47	56.08	0.17	2.53
Na ₂ O	2.91	61.98	0.09	1.40
K ₂ O	1.10	94.20	0.02	0.35
H ₂ O ⁺	0.95	18.02	0.11	1.58
(O			4.83	72.26
Total	99.06		6.69	100.00

Классификационная диаграмма TAS



Вариационные диаграммы (Харкеровские)



QAPF нормы

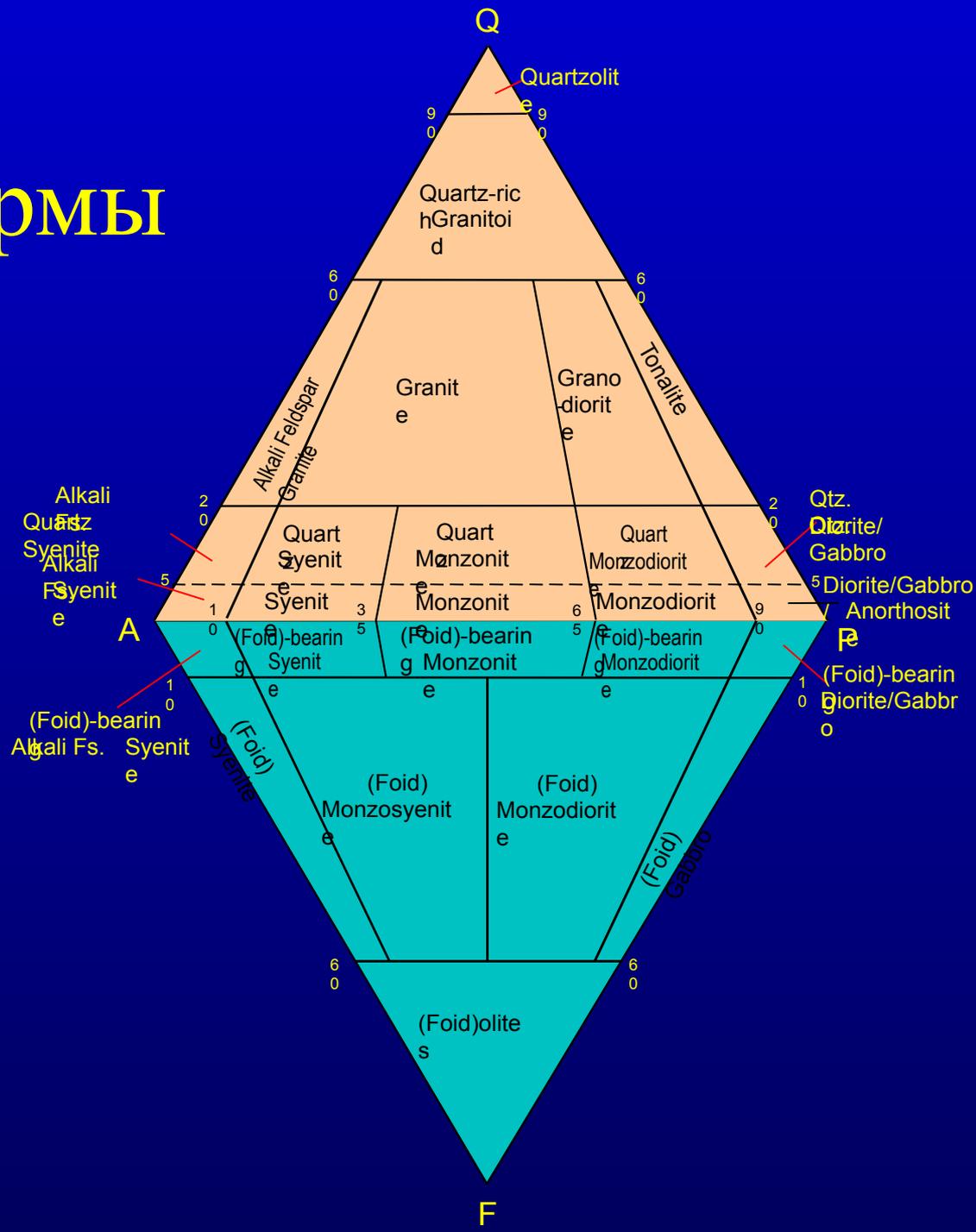
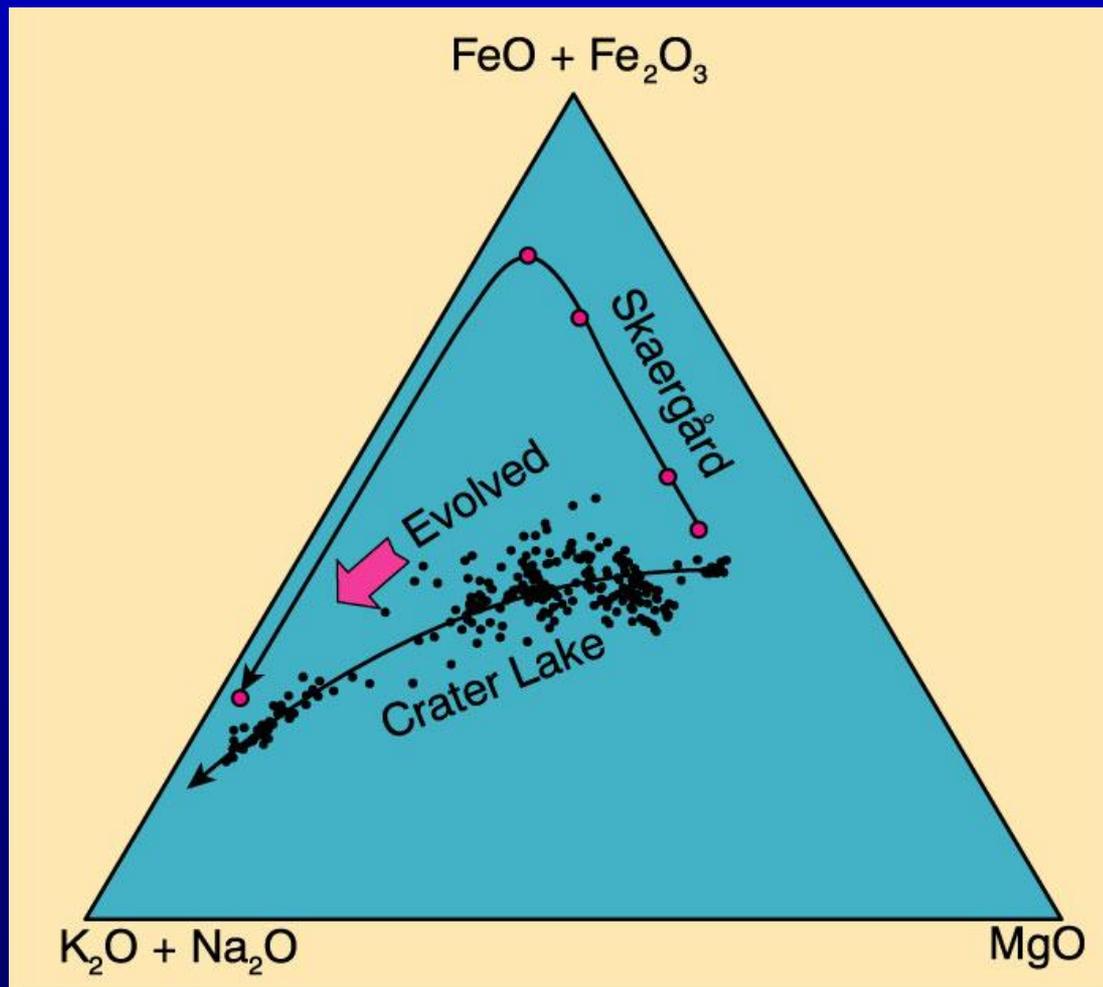
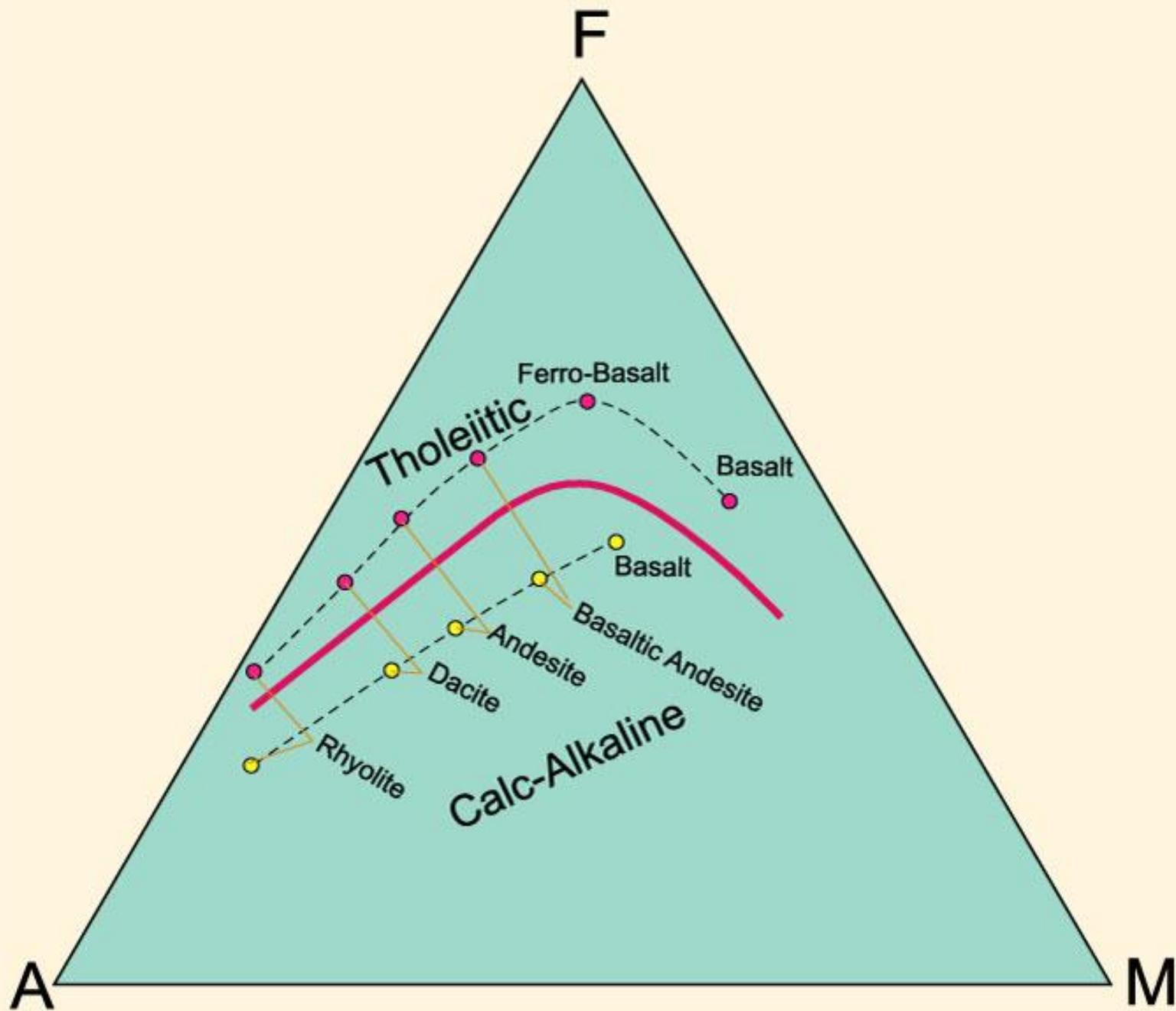
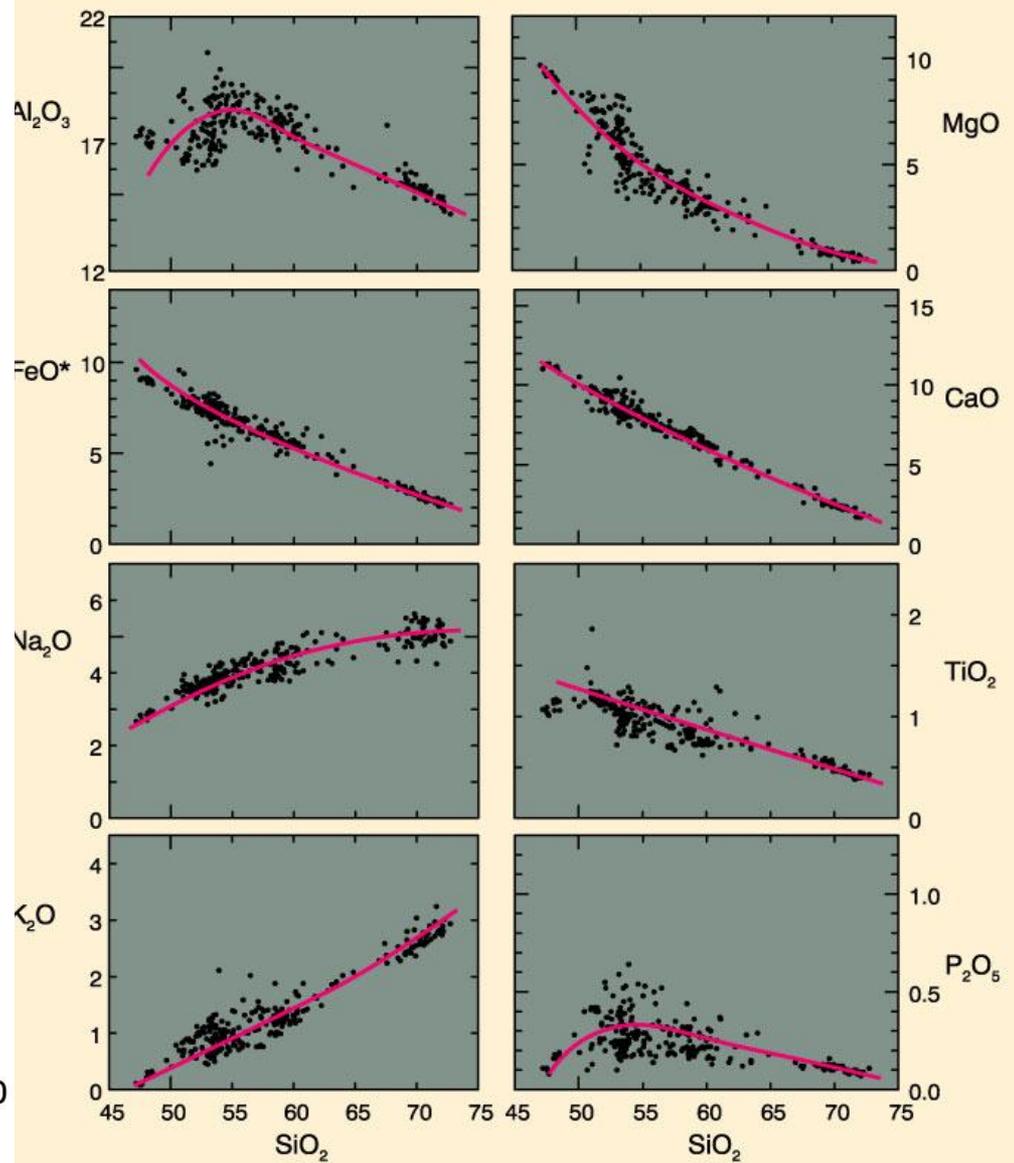
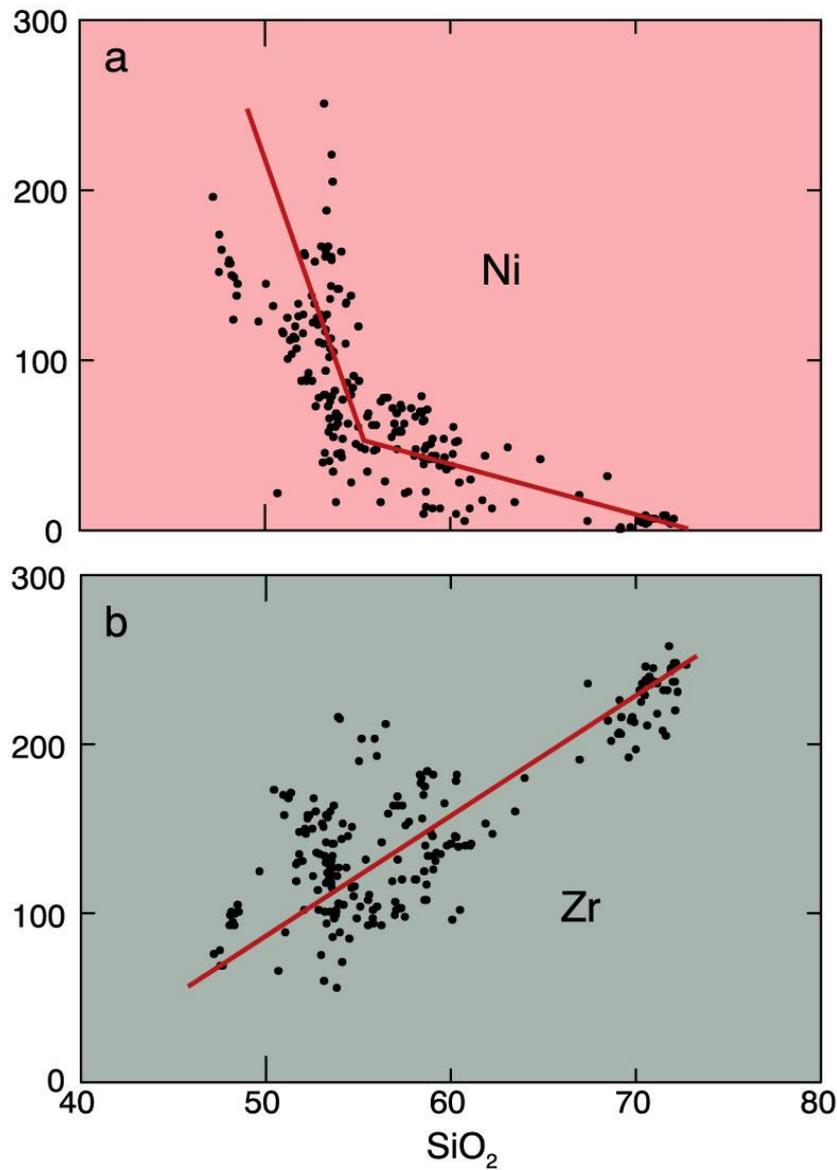


диаграмма AFM

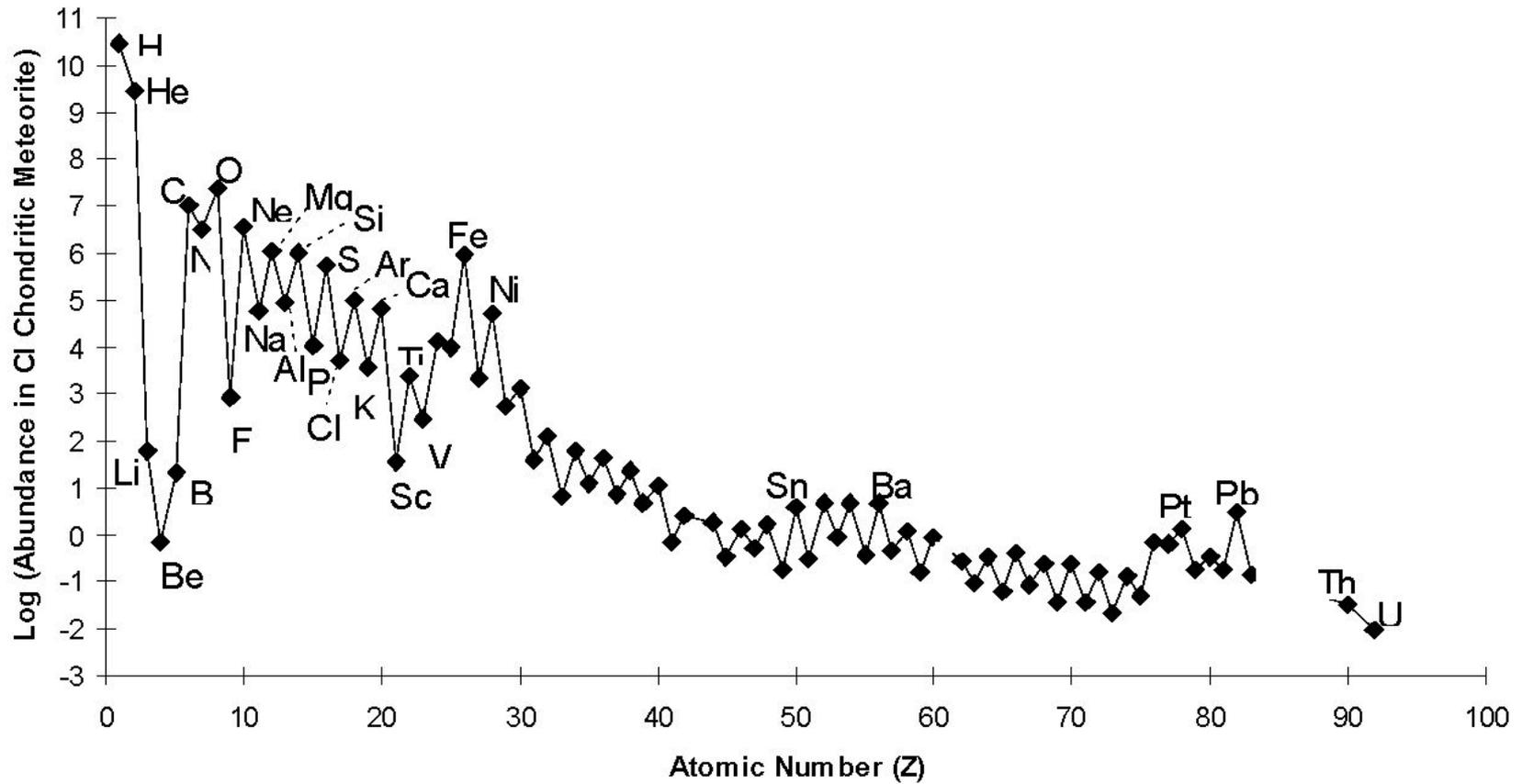




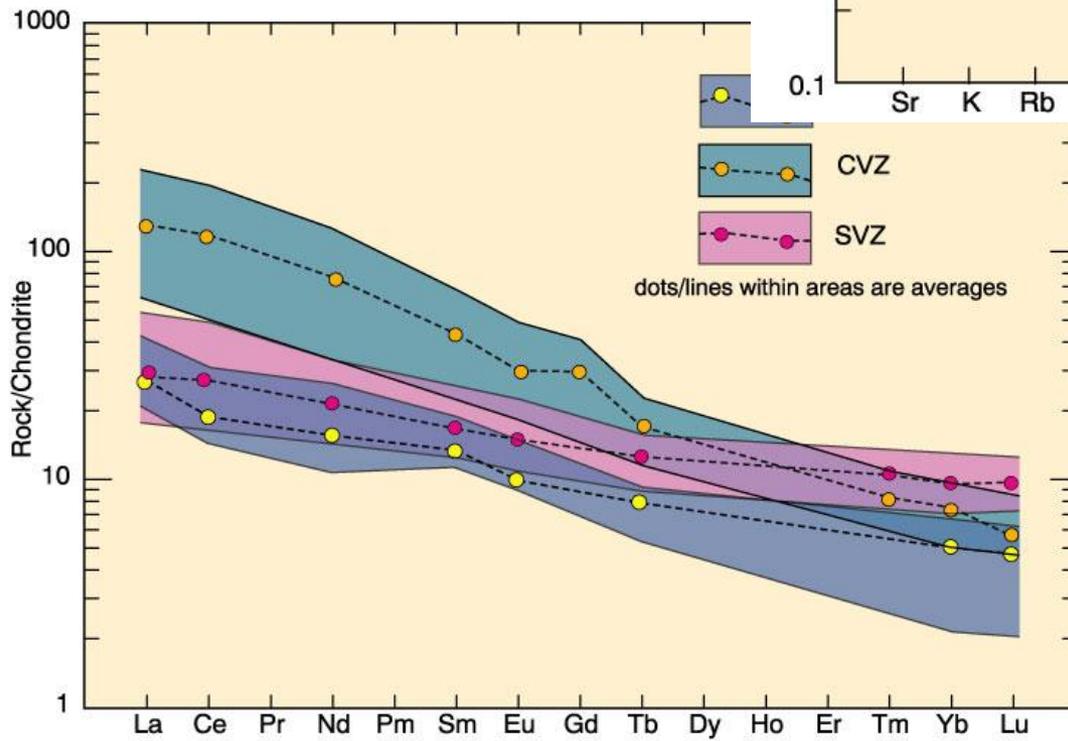
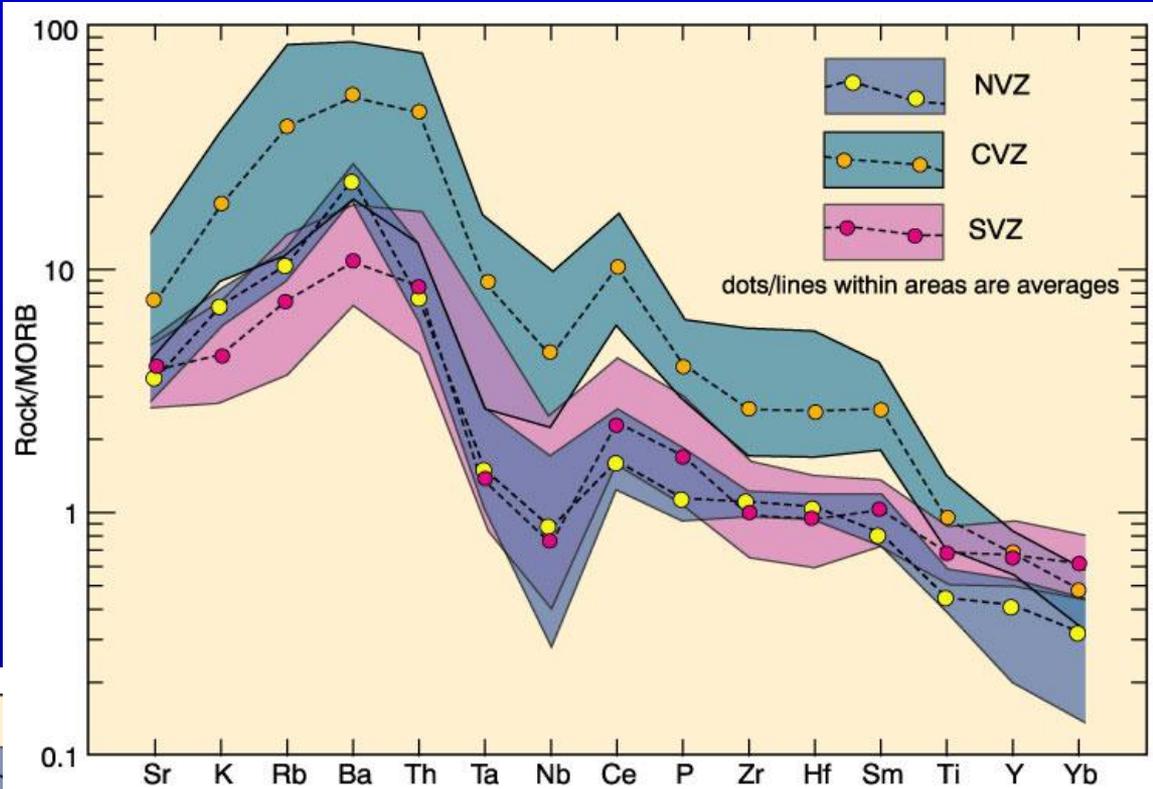
Элементы-примеси



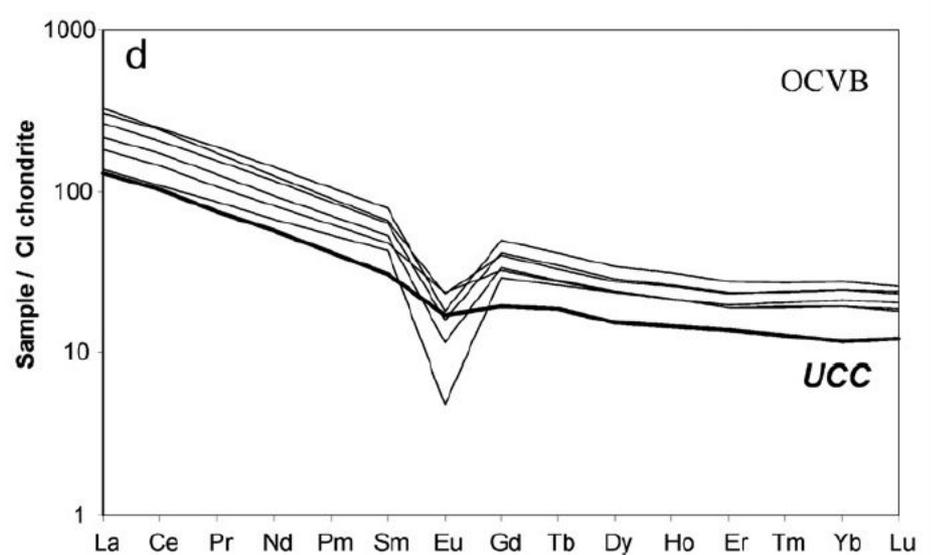
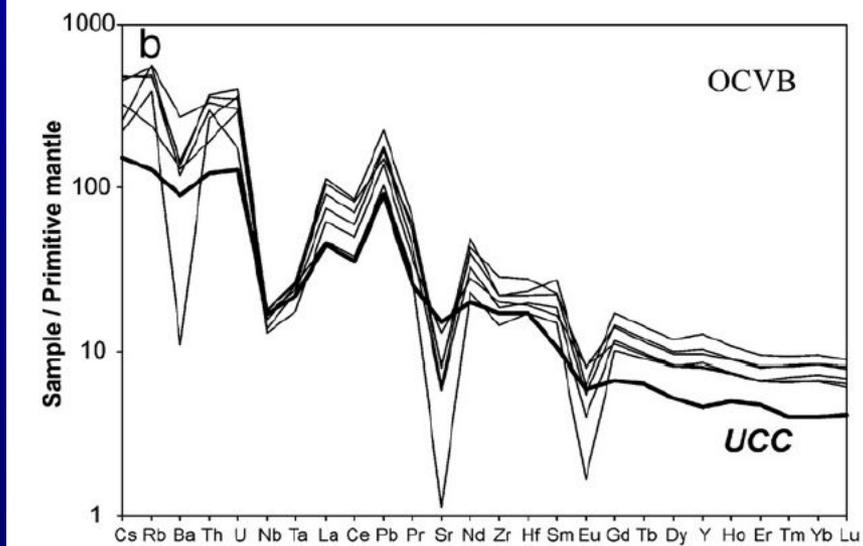
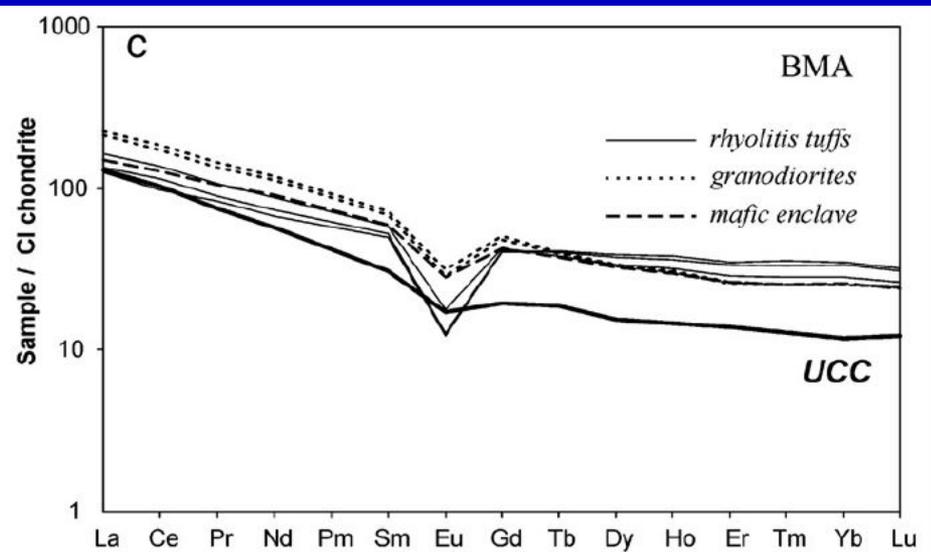
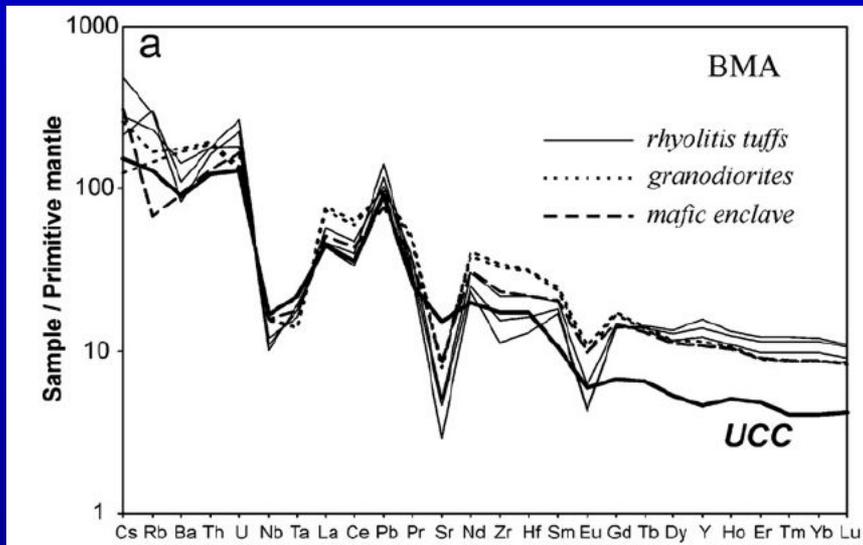
построение спайдеграмм



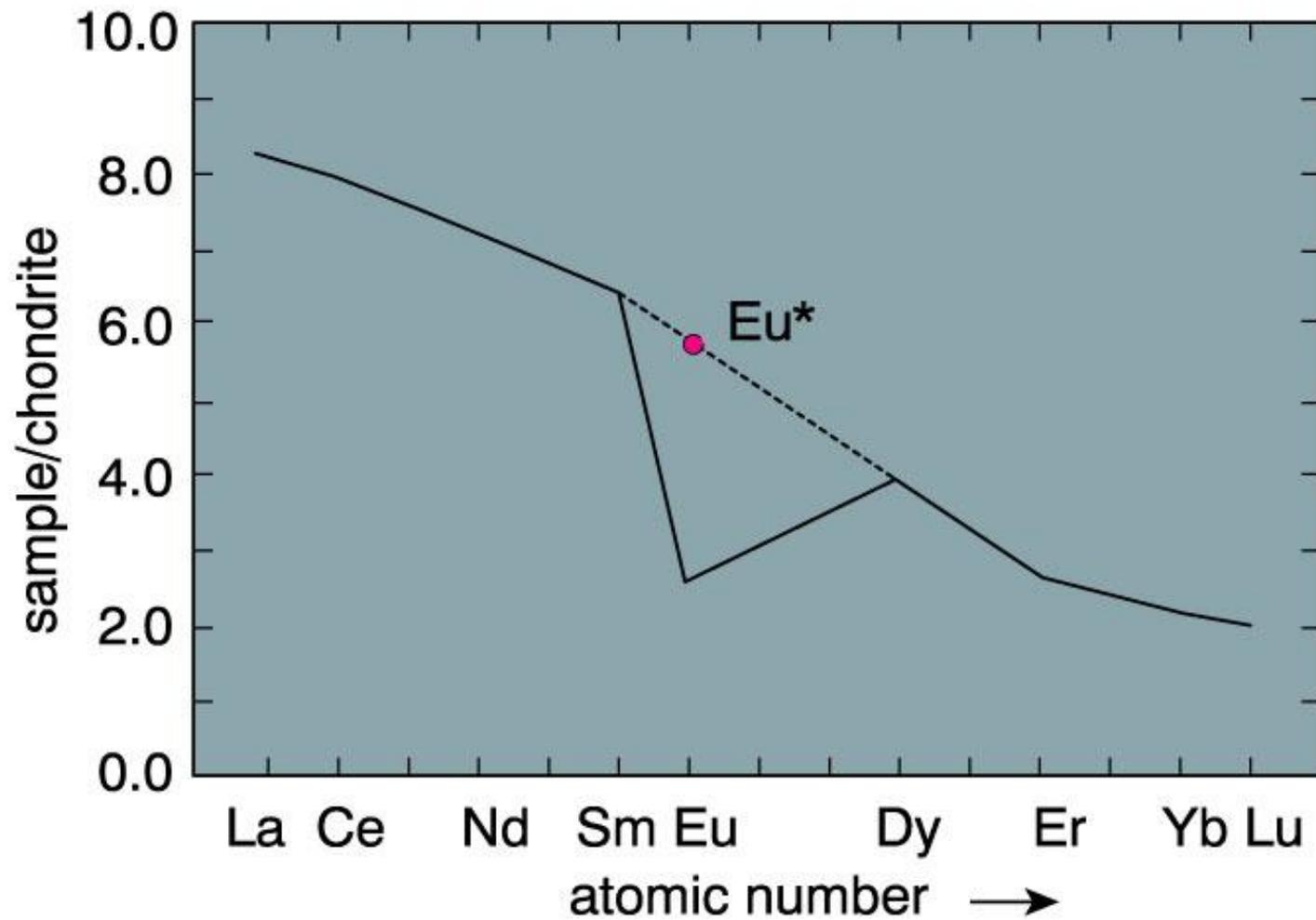
построение спайдеграмм



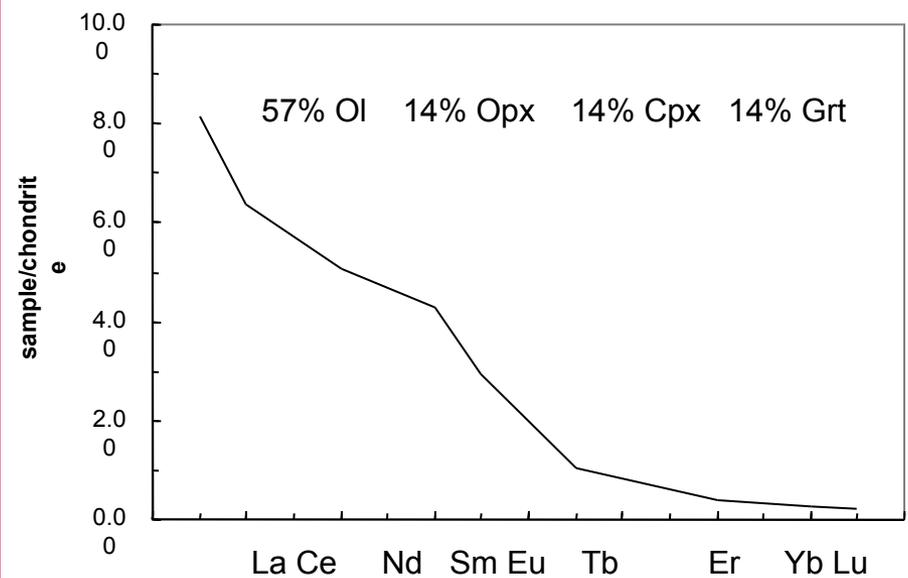
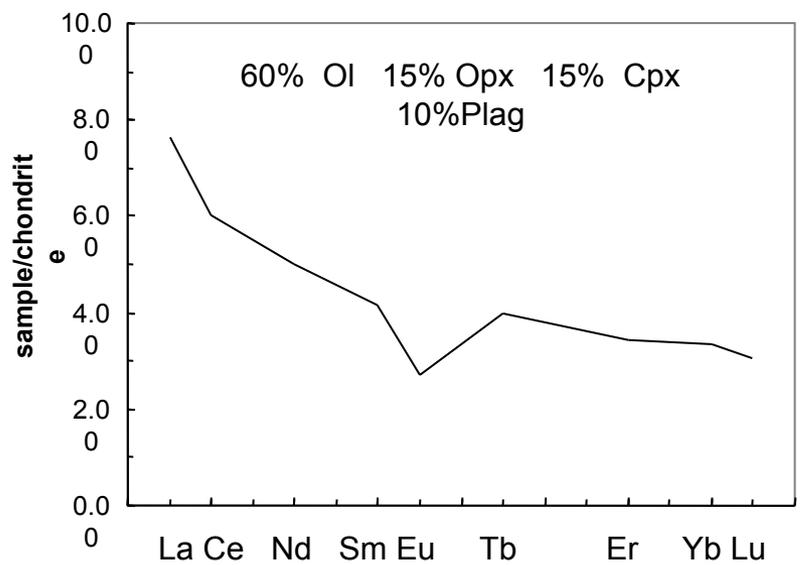
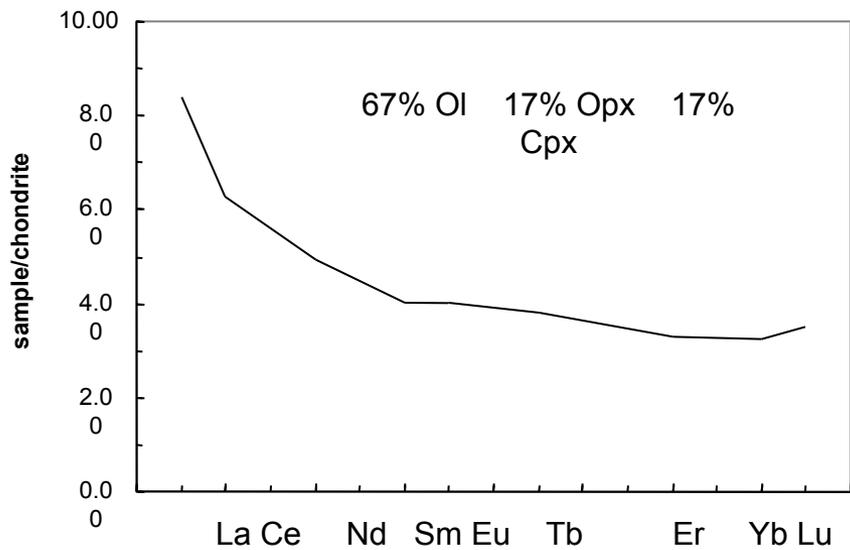
построение спайдеграмм



Аномалия европия



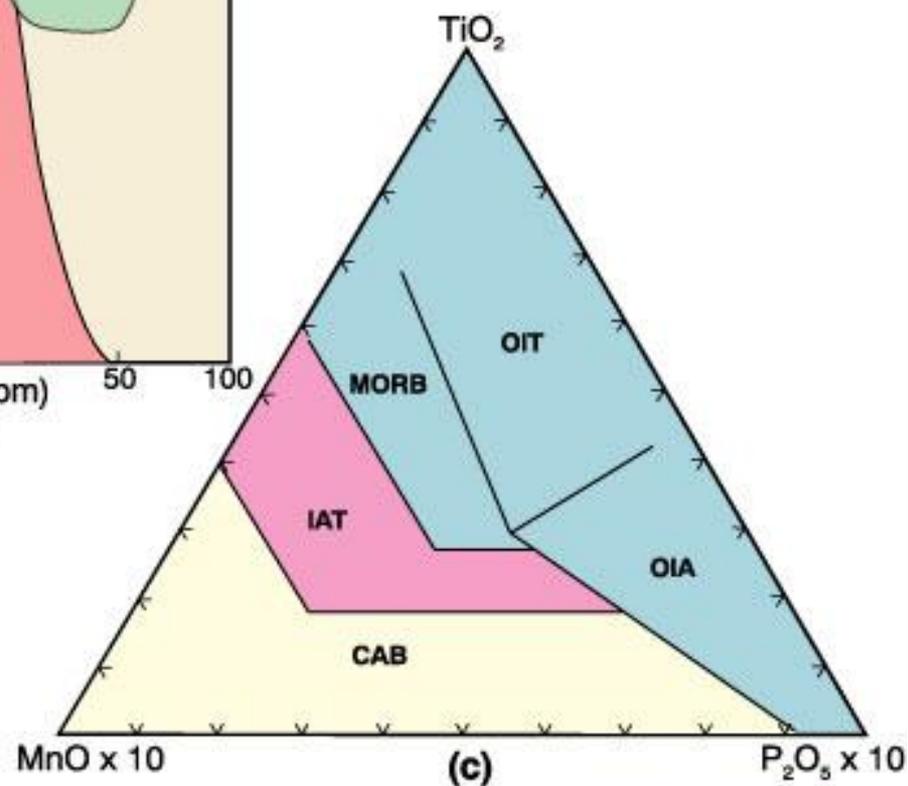
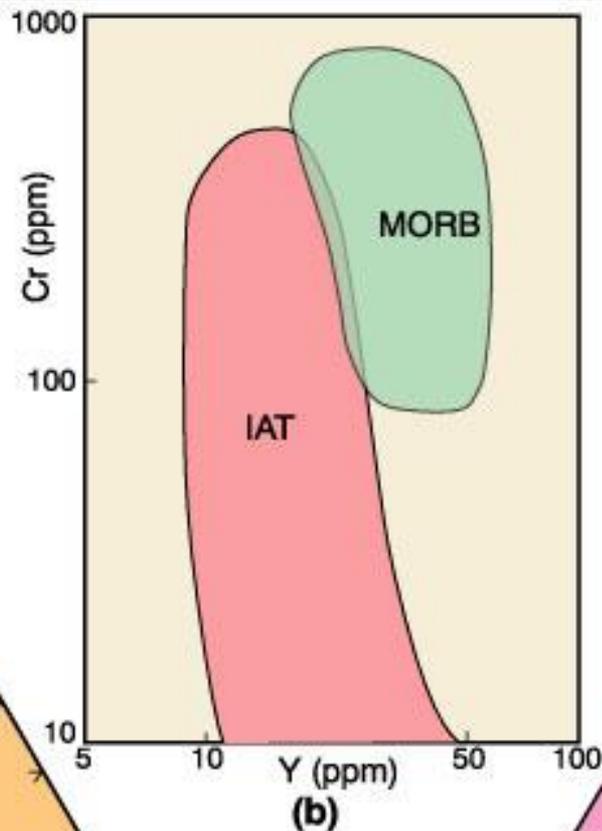
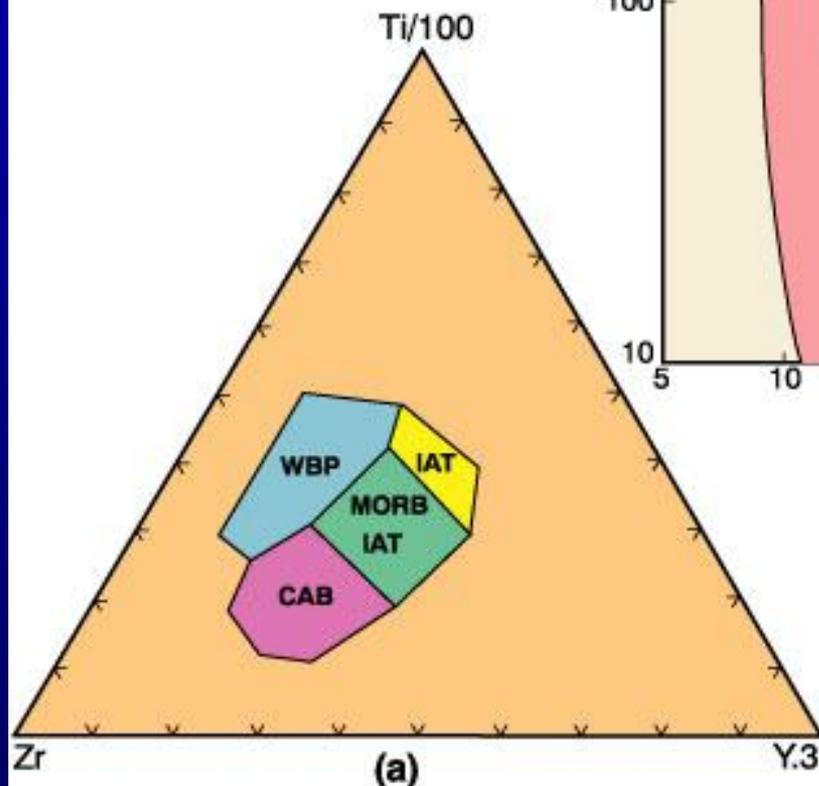
Эффект фракционирования фаз



Дискриминационные диаграммы

Explanation

WBP within-plate basalts
IAT island-arc tholeiites
CAB calc-alkaline basalts
MORB mid-ocean ridge basalts
OIT ocean island tholeiite
OIA ocean island alkaline basalt



Изотопная геохронология

(кратко)

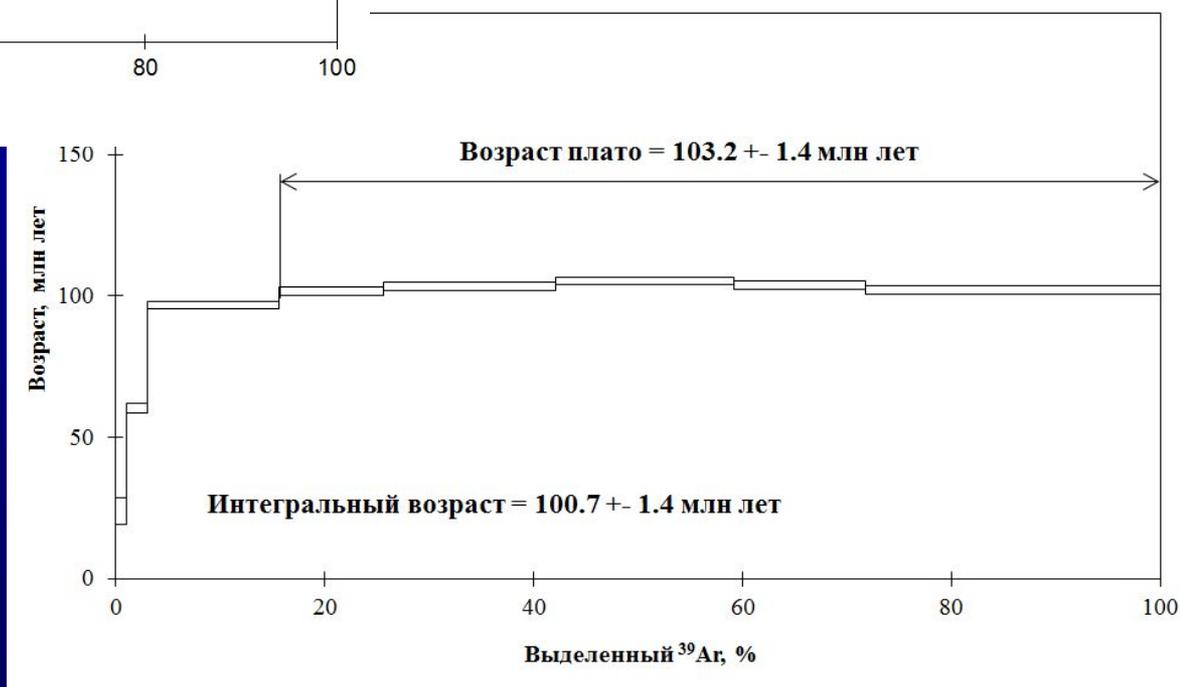
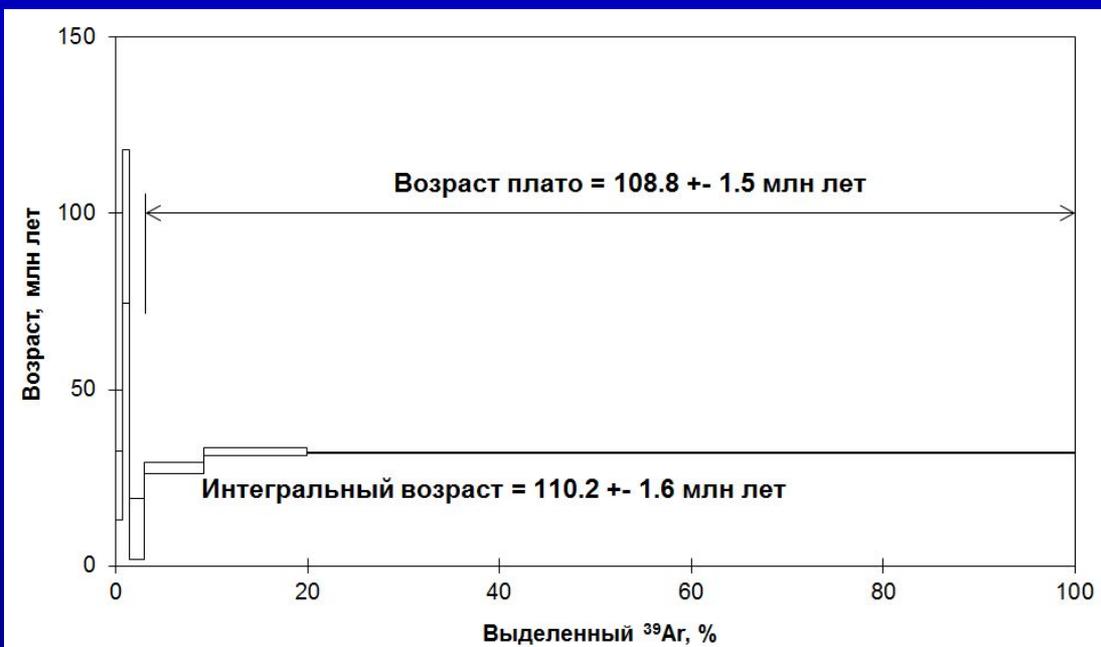
Рекомендованная литература

Г. Фор . Основы изотопной геологии. М.: Мир, 1986 + более поздние издания.

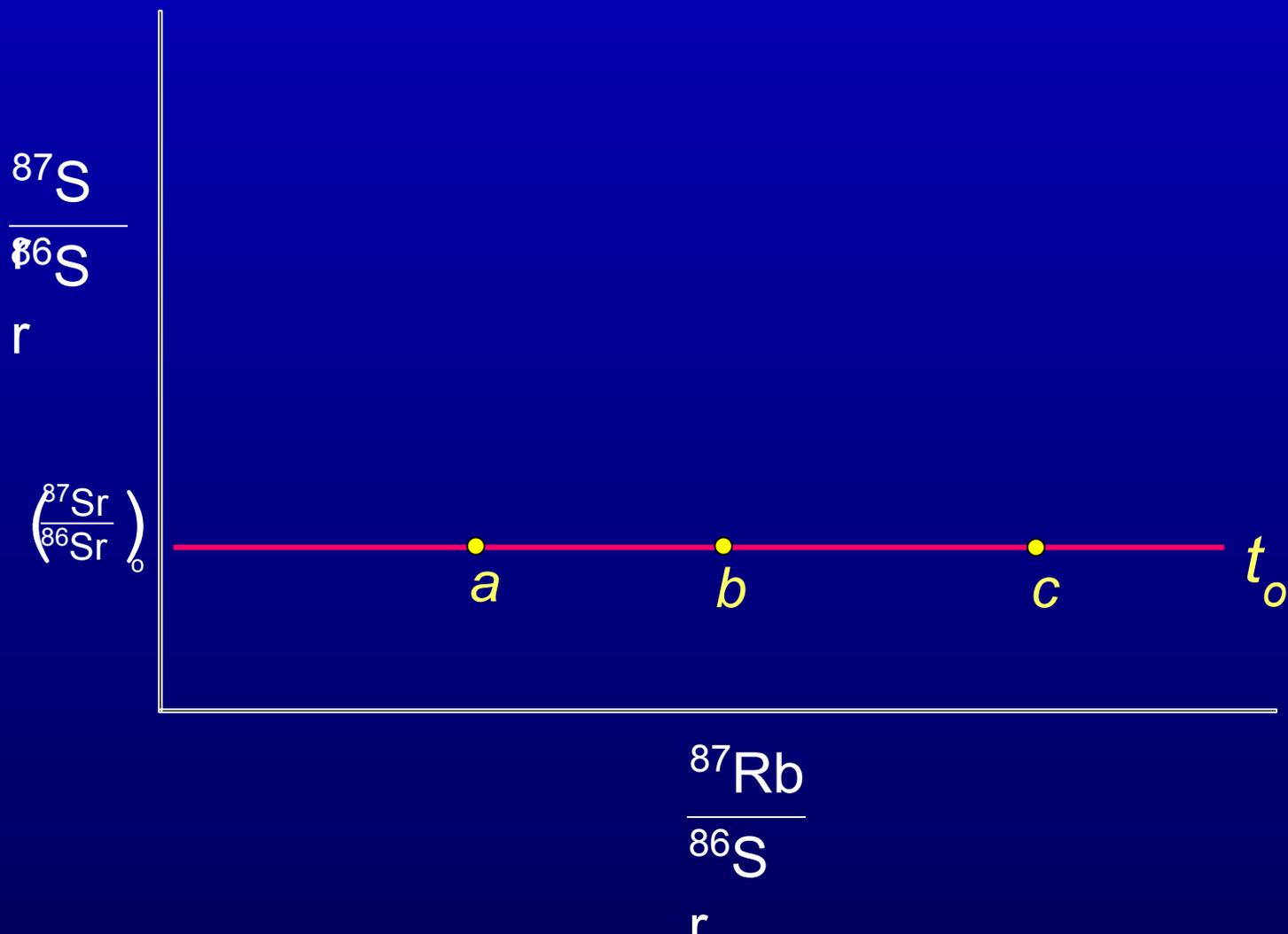
Радиоактивные / радиогенные ИЗОТОПЫ



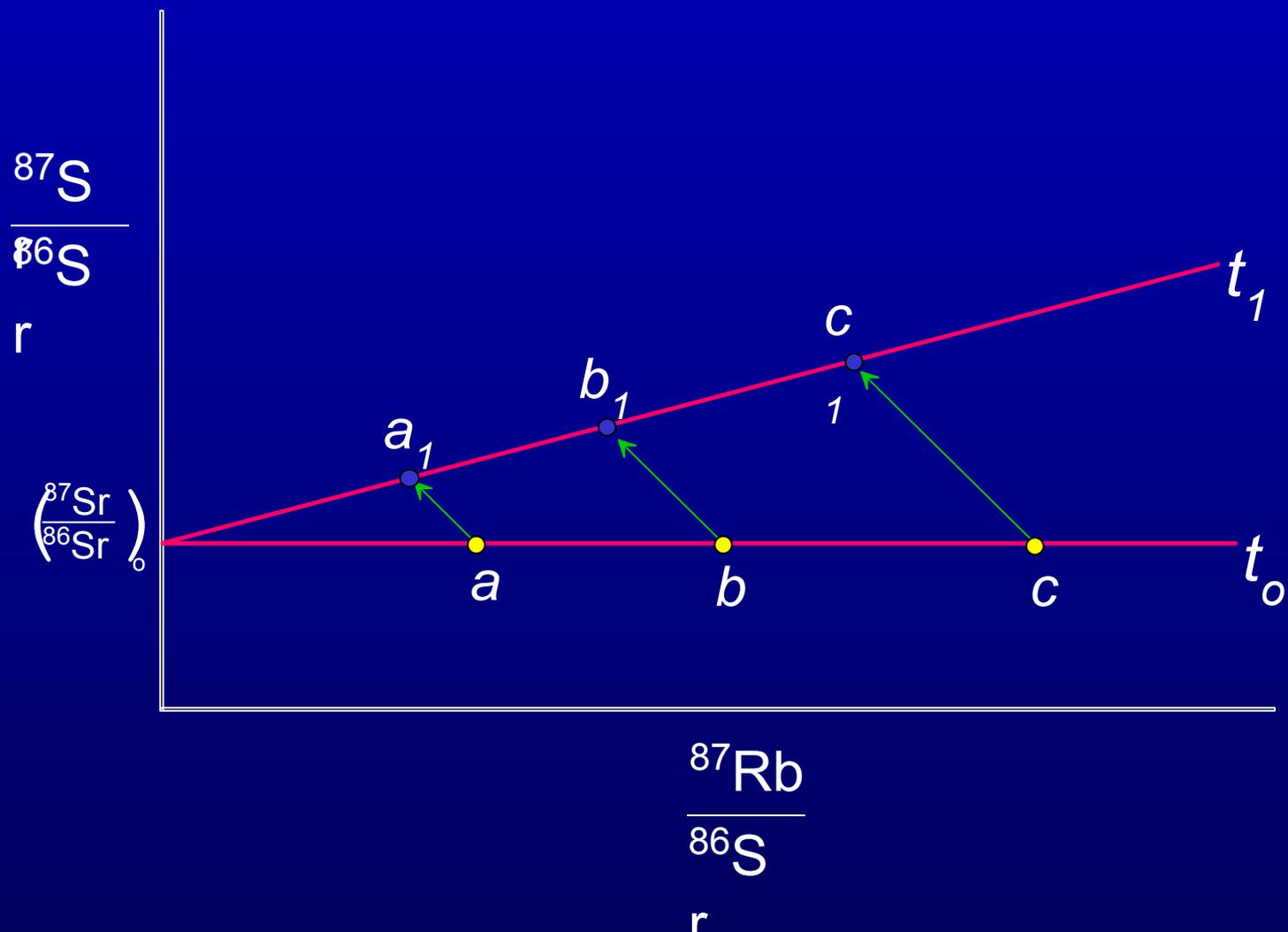
$^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ метод *ступенчатый нагрев (step heating)*



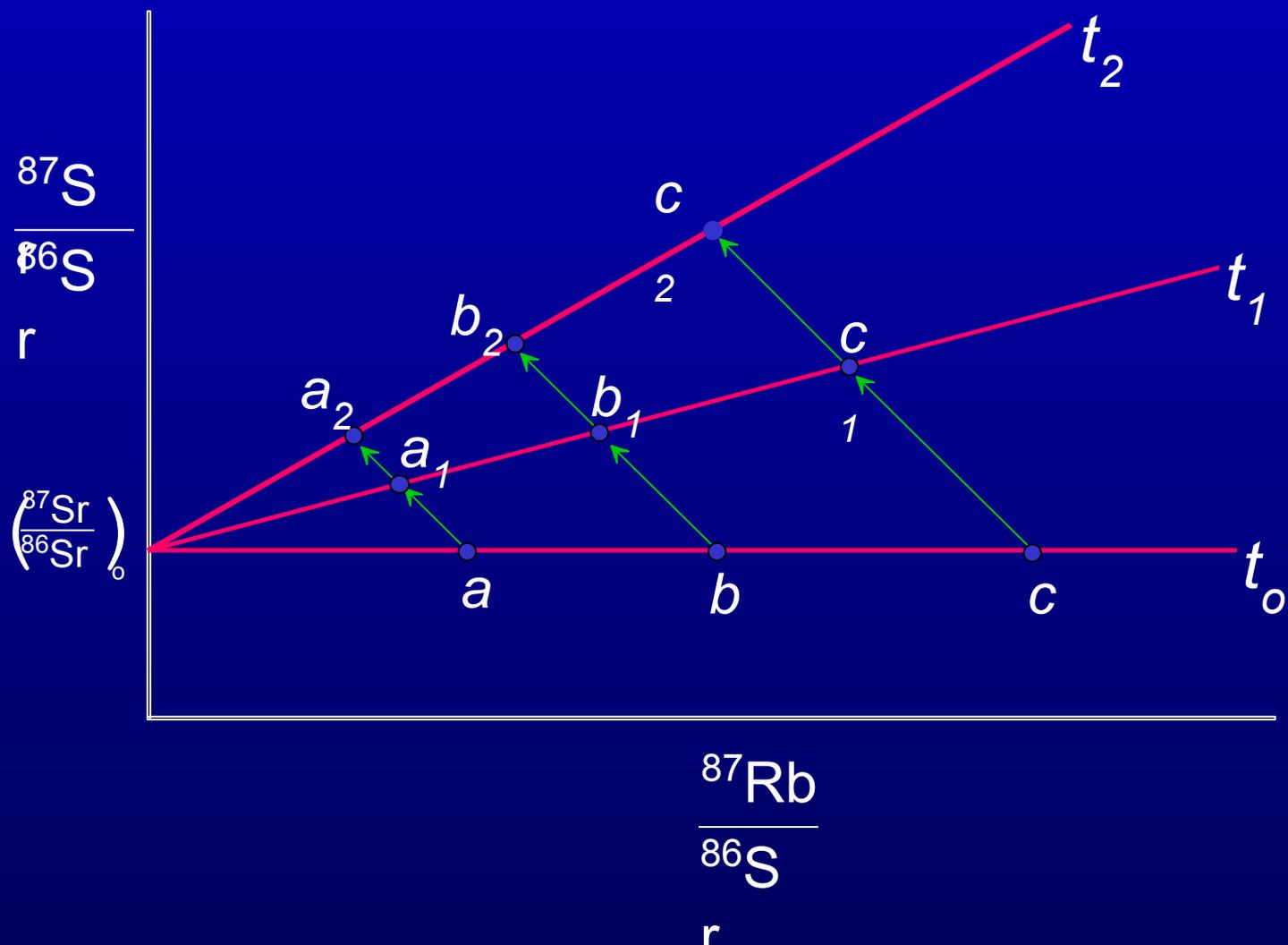
Формирование изохроны: 1



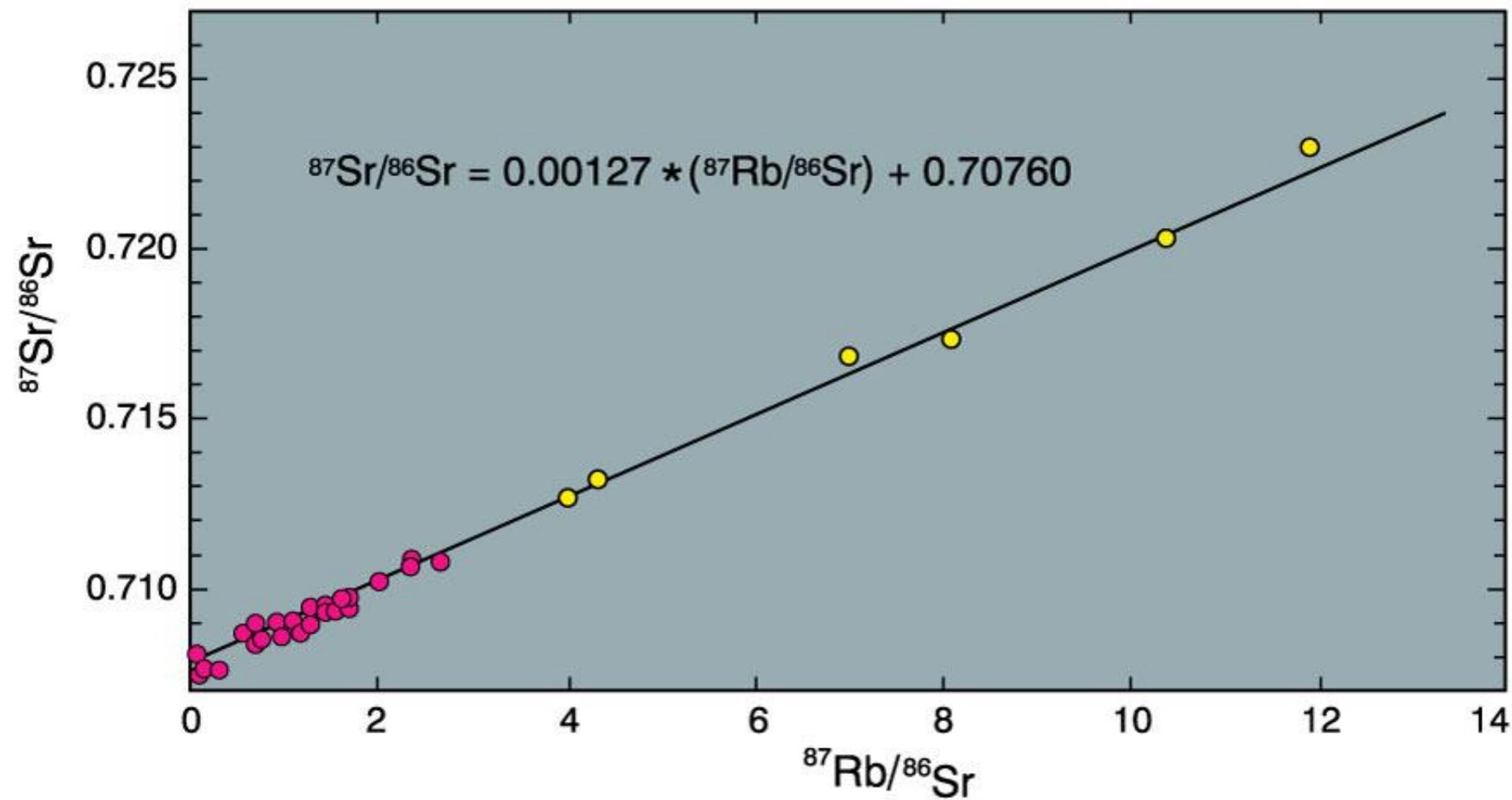
Формирование изохроны: 2



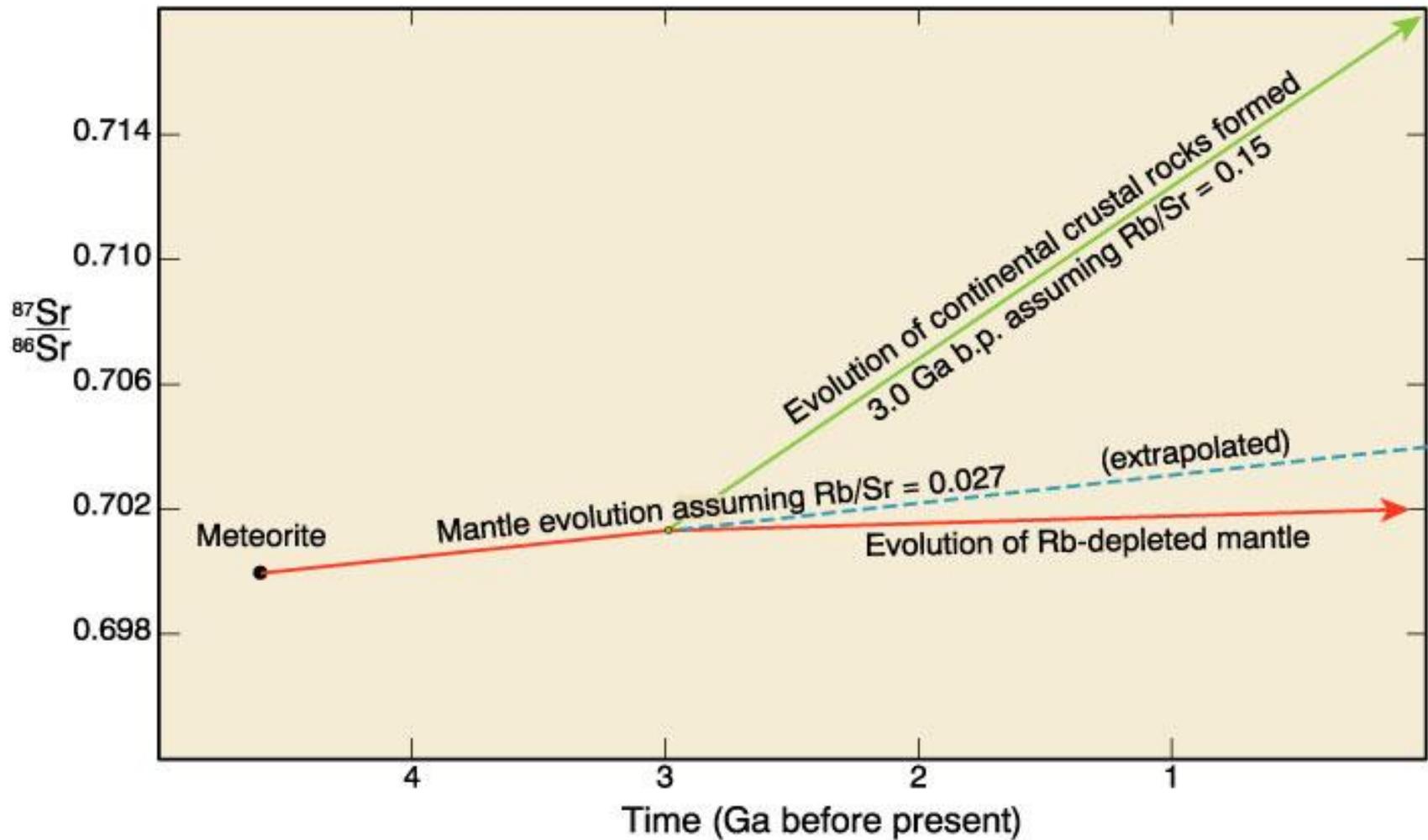
Формирование изохроны: 3



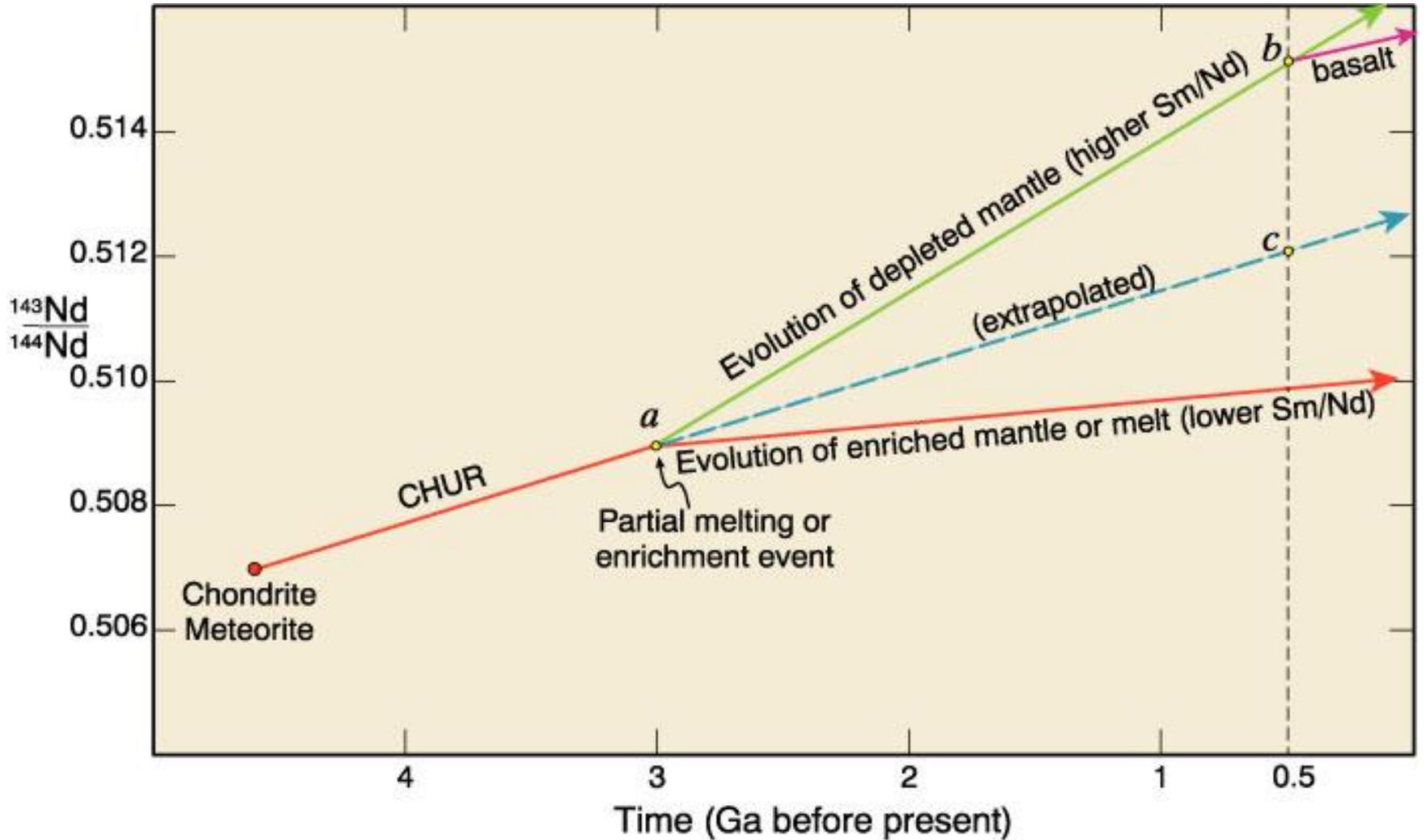
Rb-Sr Isochron, Eagle Peak Pluton, Sierra Nevada Batholith



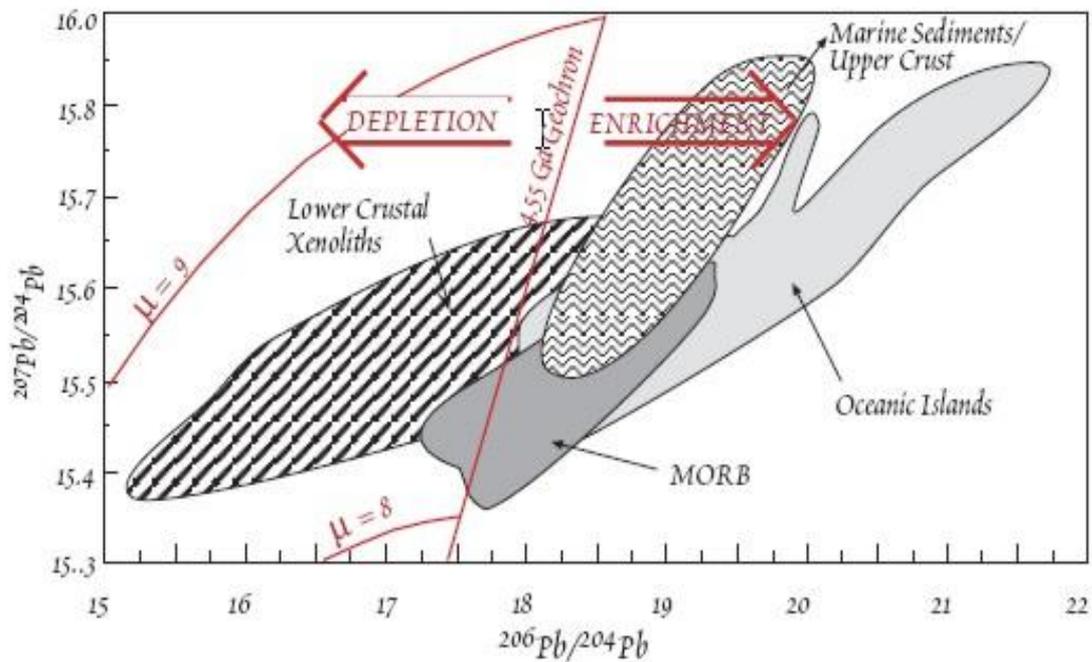
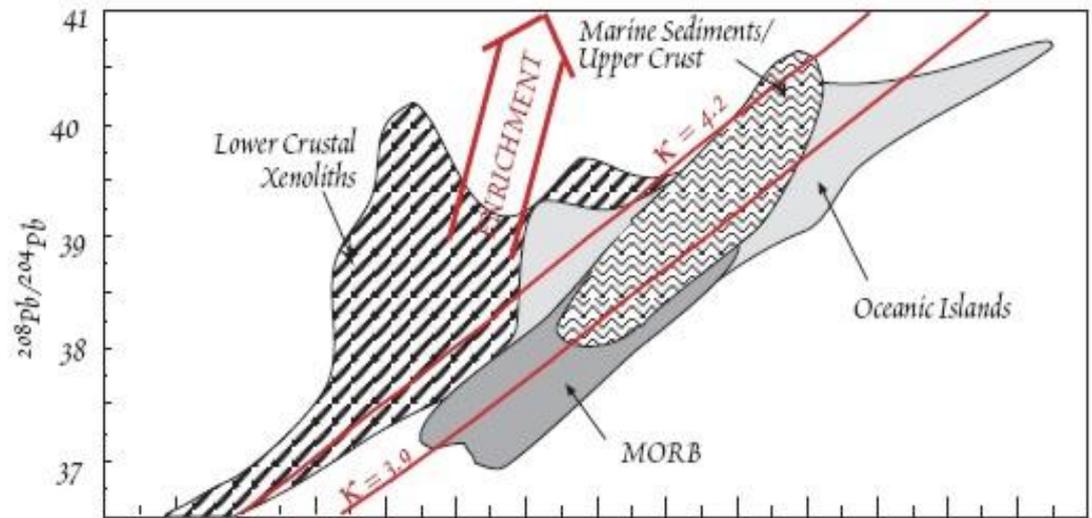
Эволюция изотопного состава Земли



Эволюция изотопного состава Земли

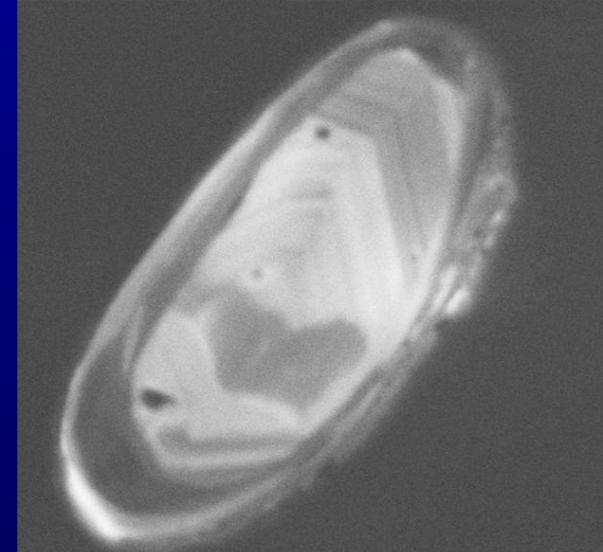
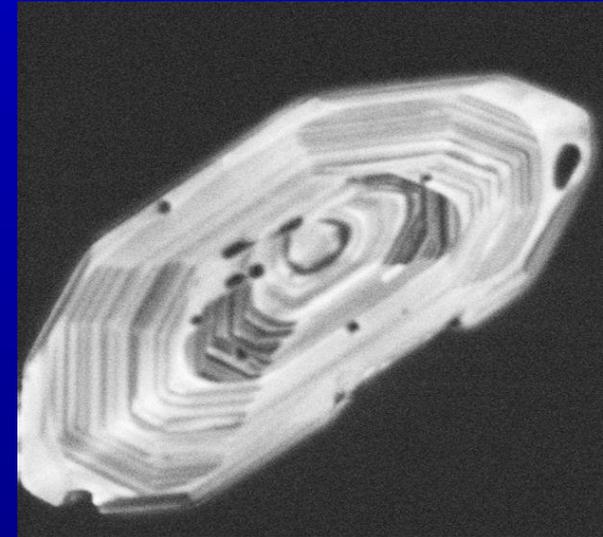
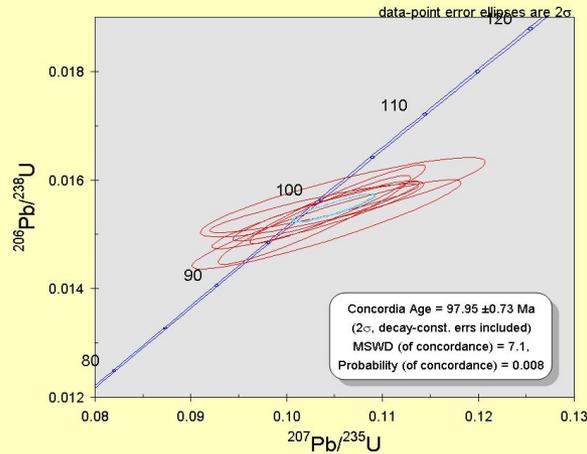
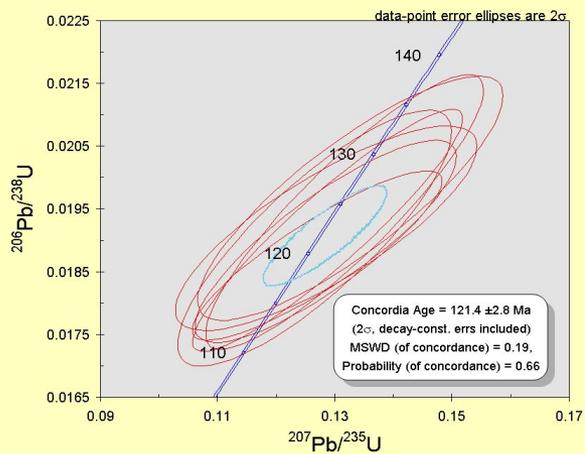
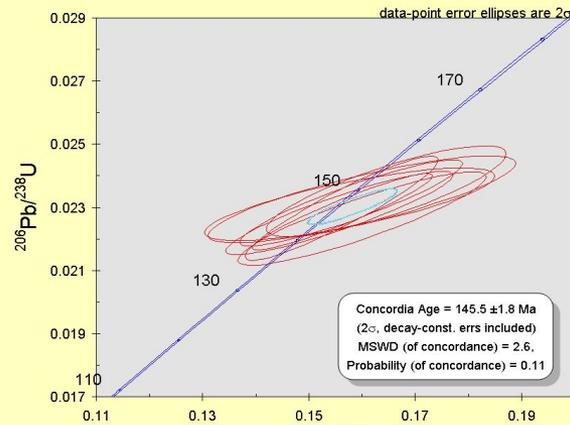
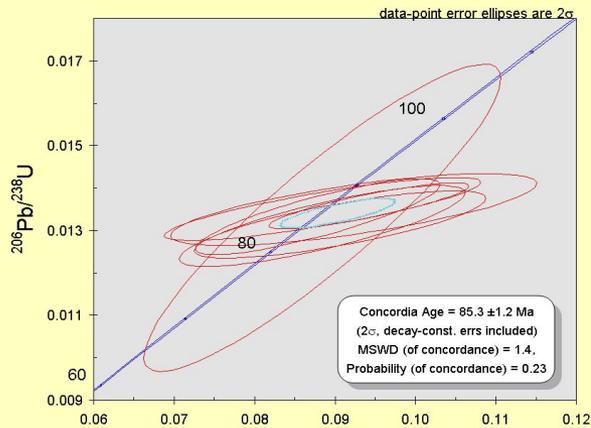


U-Pb-Th система



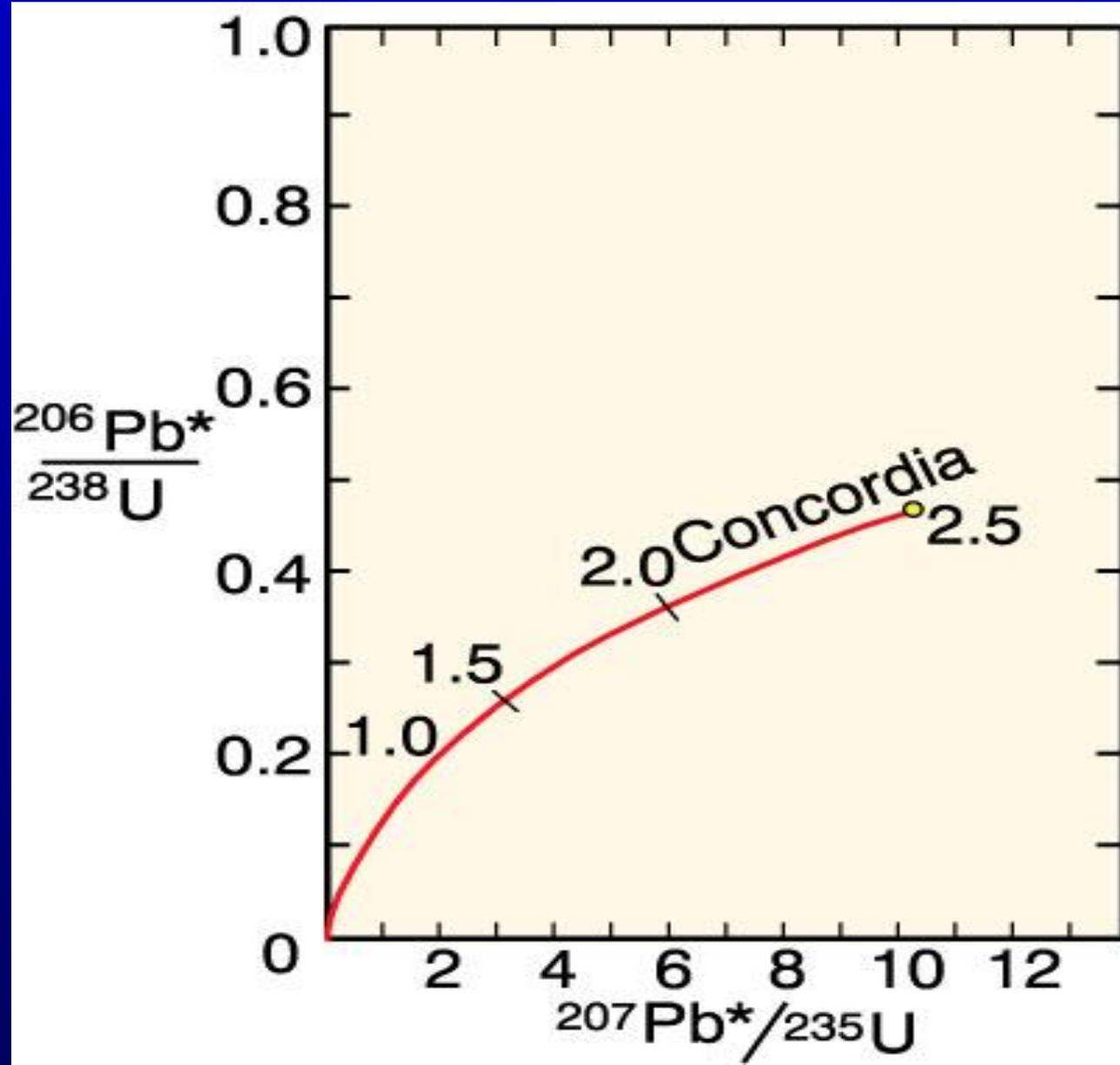
U-Pb-Th система

Цирконовая геохронология



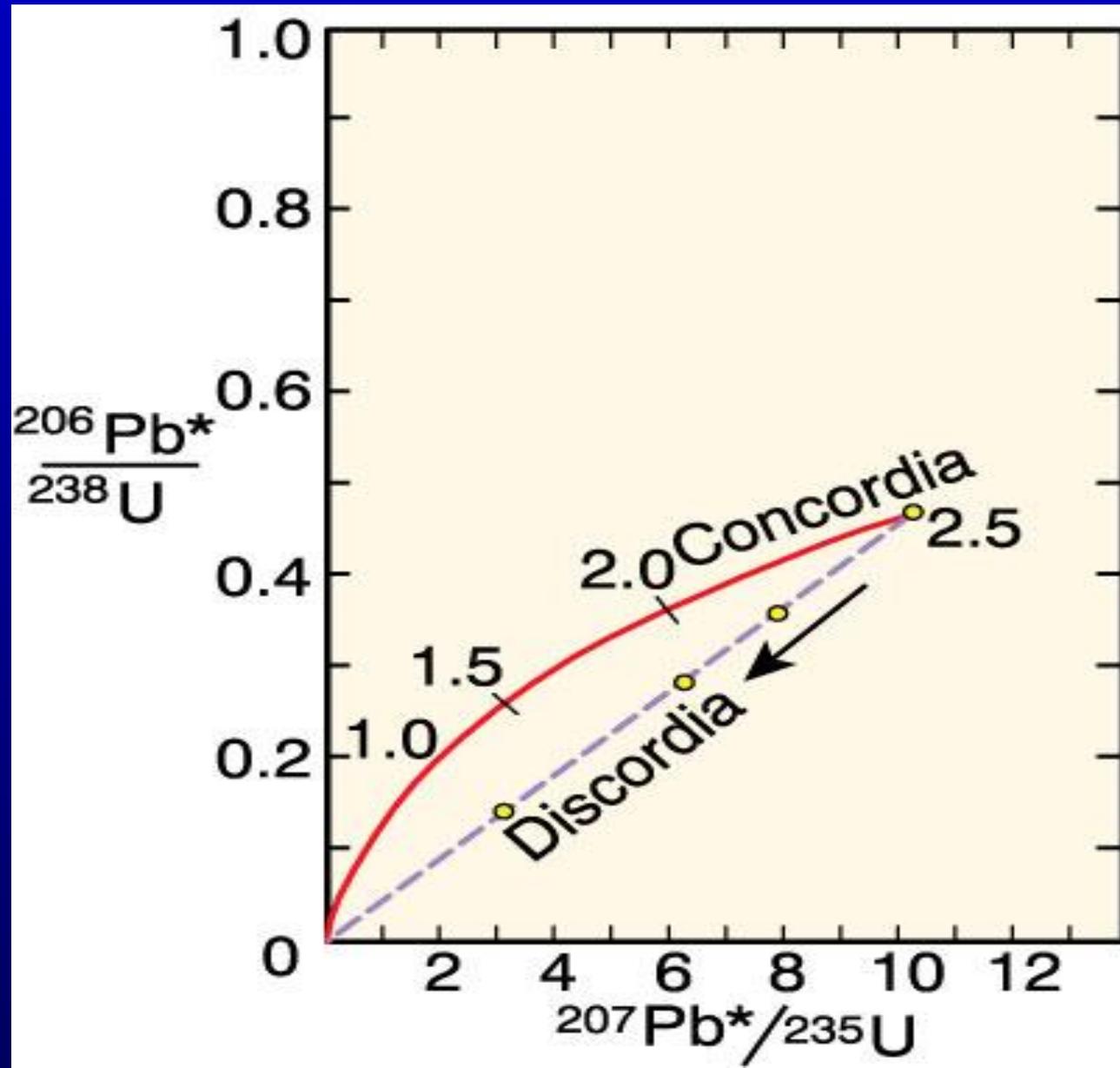
U-Pb-Th система

Конкордия



U-Pb-Th система

Дискордия



U-Pb-Th система

Дискордия

