

Тема занятия (лекция № 3):

**ПОВЕДЕНИЕ МИКРОЭЛЕМЕНТОВ В
МАГМАТИЧЕСКИХ ПРОЦЕССАХ**
(и их индикаторная роль)

ГРУППЫ																	18					
1	H 1.0079																	2 He 4.0026				
2	Li 6.941	Be 9.0122															B 10.811	C 12.011	N 14.007	O 15.999	F 18.998	Ne 20.18
3	Na 22.99	Mg 24.305	Переходные металлы														Al 26.982	Si 28.086	P 30.974	S 32.066	Cl 35.453	Ar 39.948
4	K 39.098	Ca 40.078	Sc 44.956	Ti 47.88	V 50.941	Cr 51.996	Mn 54.938	Fe 55.847	Co 58.933	Ni 58.693	Cu 63.546	Zn 65.39	Ga 69.723	Ge 72.61	As 74.922	Se 78.96	Br 79.904	Kr 83.8				
5	Rb 85.468	Sr 87.62	Y 88.906	Zr 91.224	Nb 92.906	Mo 95.94	Tc (97.91)	Ru 101.07	Rh 102.91	Pd 106.42	Ag 107.87	Cd 112.41	In 114.82	Sn 118.71	Sb 121.76	Te 127.6	I 126.9	Xe 131.29				
6	Cs 132.91	Ba 137.33	La 138.91	Hf 178.49	Ta 180.95	W 183.84	Re 186.21	Os 190.23	Ir 192.22	Pt 195.08	Au 196.97	Hg 200.59	Tl 204.38	Pb 207.2	Bi 208.98	Po (209)	At (210)	Rn (222)				
7	Fr (223)	Ra (226)	Ac (227)	Rf (261.1)	Db (262.1)	Sg (263.1)	Bh (262.1)	Hs (265.1)	Mt (266.1)	Uun (269)	Uuu (272)	Uub (277)										

Лантаниды

Актиниды

58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71
Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu
140.12	140.91	144.24	(144.9)	150.36	151.97	157.25	158.93	162.5	164.93	167.26	168.93	173.04	174.97
90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103
Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	Lr
232.04	231.04	238.03	(237)	(244.1)	(243.1)	(247.1)	(247.1)	(251.1)	(252.1)	(257.1)	(258.1)	(259.1)	

Group Legend	
Alkali Metal	Actinides
Alkali Earth	Lanthanides
Metal	Non-metal
Trans. Met.	Halogen
	Noble Gas

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	A	VIII								B	
1	(H)								H Hydrogenium Водород		He Helium Гелий		Символ элемента Относительная атомная масса Порядковый номер Ar Argon Аргон Название элемента Распределение электронов на энергетических уровнях						
2	Li Lithium Литий	Be Beryllium Бериллий	B Borium Бор	C Carboneum Углерод	N Nitrogenium Азот	O Oxygenium Кислород	F Fluorium Фтор	Ne Neon Неон											
3	Na Natrium Натрий	Mg Magnesium Магний	Al Aluminium Алюминий	Si Silicium Кремний	P Phosphorus Фосфор	S Sulfur Сера	Cl Chlorum 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									
	Cu Cuprum Медь	Zn Zincum Цинк	Ga Gallium Галлий	Ge Germanium Германий	As Arsenicum Мышьяк	Se Selenium Селен	Br Bromum Бром	Kr Krypton Криптон											
5	Rb Rubidium Рубидий	Sr Strontium Стронций	Y Yttrium Иттрий	Zr Zirconium Цирконий	Nb Niobium Ниобий	Mo Molybdaenum Молибден	Tc Technetium Технеций	Ru Ruthenium Рутений	Rh Rhodium Родий	Pd Palladium Палладий									
	Ag Argentum Серебро	Cd Cadmium Кадмий	In Indium Индий	Sn Stannum Олово	Sb Stibium Сурьма	Te Tellurium Теллур	I Iodum Иод	Xe Xenon Ксенон											
6	Cs Cesium 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									
	Au Aurum Золото	Hg Hydrargyrum Ртуть	Tl Thallium Таллий	Pb Plumbum Свинец	Bi Bismuthum Висмут	Po Polonium Полоний	At Astatium Астат	Rn Radon Радон											
7	Fr Francium Франций	Ra Radium Радий	Ac** Actinium Актиний	Rf Rutherfordium Резерфордий	Db Dubnium Дубний	Sg Seaborgium Сиборгий	Bh Bohrium Борий	Hs Hassium Хассий	Mt Meitnerium Мейтнерий										
ФОРМУЛЫ ВЫСШИХ ОКСИДОВ		R ₂ O		RO		R ₂ O ₃		RO ₂		R ₂ O ₅		RO ₃		R ₂ O ₇		RO ₄			
ФОРМУЛЫ ЛЕТАЧИХ ВОДОРОДНЫХ СОЕДИНЕНИЙ						RH ₄		RH ₃		RH ₂		RH							
ЛАНТАНОИДЫ*		Ce Cerium Церий	Pr Praseodymium Прозеодим	Nd Neodymium Неодим	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 Курий	Bk Berkelium Берклий	Cf Californium Калифорний	Es Einsteinium Эйнштейний	Fm Fermium Фермий	Md Mendelevium Менделевий	No Nobelium Нобелий	Lr Lawrencium Лоуренций				
РЯД АКТИВНОСТИ МЕТАЛЛОВ		Li, K, Ba, Ca, Na, Mg, Al, Be, Mn, Zn, Fe, Cd, Co, Ni, Sn, Pb, H ₂ , Sb, Cu, Hg, Ag, Pt, Au																	

Символ элемента

Относительная атомная масса

Порядковый номер

Название элемента

Распределение электронов на энергетических уровнях

ПЕРИОДИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ Д. И. МЕНДЕЛЕЕВА

ПЕРИОДЫ	Г Р У П П Ы																									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18								
																		VIII A								
1	Свойства атомов химических элементов, а также состав и свойства их соединений находятся в периодической зависимости от заряда атомных ядер																	1 м³ = 1000 дм³; 1 дм³ = 1000 см³ 1 т = 1000 кг; 1 кг = 1000 г 1 г = 1000 мг; 1 нм = 10 ⁻¹² м = 1000 нм	4,00260 2 He ГЕЛИЙ 0,95/4,2							
																		III A	IV A	V A	VI A	VII A				
2	6,941 3 Li ЛИТИЙ 454/1620	9,012 4 Be БЕРИЛЛИЙ 1551/3243	Относительная атомная масса → 6,941 Символ элемента → Li Атомный номер → 3 Название элемента → ЛИТИЙ														10,811 5 B БОР 2573/3931	12,0107 6 C УГЛЕРОД 3820/5100	14,0067 7 N АЗОТ 63,3/77,4	15,9994 8 O КИСЛОРОД 55/90	18,9984 9 F ФТОР 54/85	20,1797 10 Ne НЕОН 24/27				
3	22,9898 11 Na НАТРИЙ 371/1156	24,3050 12 Mg МАГНИЙ 922/1363	Электроотрицательность (по шкале Олдред-Рохова) Орбитальный радиус (пм) Первая энергия ионизации (кДж/моль) Температура плавления/температура кипения (K); даны для белого фосфора и алмаза														26,9815 13 Al АЛЮМИНИЙ 934/2740	28,0855 14 Si КРЕМНИЙ 1683/2628	30,9738 15 P ФОСФОР 317/553	32,065 16 S СЕРА 386/718	35,453 17 Cl ХЛОР 172/239	39,948 18 Ar АРГОН 84/87				
																		III B	IV B	V B	VI B	VII B	VIII B		IB	II B
4	39,0983 19 K КАЛИЙ 337/1047	40,078 20 Ca КАЛЬЦИЙ 1112/1757	44,9559 21 Sc СКАНДИЙ 1814/3104	47,867 22 Ti ТИТАН 1933/3560	50,9415 23 V ВАНАДИЙ 2160/3650	51,9961 24 Cr ХРОМ 2130/2945	54,9380 25 Mn МАРГАНЕЦ 1517/2235	55,845 26 Fe ЖЕЛЕЗО 1808/3023	58,9332 27 Co КОБАЛЬТ 1768/3143	58,6934 28 Ni НИКЕЛЬ 1726/3005	63,546 29 Cu МЕДЬ 1357/2840	65,38 30 Zn ЦИНК 693/1180	69,723 31 Ga ГАЛЛИЙ 303/2676	72,64 32 Ge ГЕРМАНИЙ 1211/3103	74,9216 33 As МЫШЬЯК 1090/889	78,96 34 Se СЕЛЕН 490/958	79,904 35 Br БРОМ 266/332	83,798 36 Kr КРИПТОН 117/121								
5	85,4678 37 Rb РУБИДИЙ 312/961	87,62 38 Sr СТРОНЦИЙ 1042/1657	88,9058 39 Y ИТРИЙ 1795/3611	91,224 40 Zr ЦИРКОНИЙ 2125/4650	92,9064 41 Nb НИОБИЙ 2741/5015	95,96 42 Mo МОЛИБДЕН 2890/4885	[98] 43 Tc ТЕХНЕЦИЙ 2445/5150	101,07 44 Ru РУТЕНИЙ 2583/4173	102,905 45 Rh РОДИЙ 2239/400	106,42 46 Pd ПАЛЛАДИЙ 1825/3413	107,868 47 Ag СЕРЕБРО 1235/2485	112,411 48 Cd КАДМИЙ 594/1038	114,818 49 In ИНДИЙ 429/2353	118,710 50 Sn ОЛОВО 505/2543	121,760 51 Sb СУРЬМА 904/1908	127,60 52 Te ТЕЛЛУР 723/1263	126,904 53 I ИОД 387/458	131,293 54 Xe КСЕНОН 161/166								
6	132,905 55 Cs ЦЕЗИЙ 302/952	137,327 56 Ba БАРИЙ 1002/1910	138,906 57 La ЛАНТАН 1194/3730	178,49 58 Ce ЦЕРИЙ 2503/5470	180,948 59 Pr ПРАЗЕОДИМ 3269/5698	183,84 60 Nd НЕОДИМ 3680/5930	186,207 61 Pm ПРОМЕТИЙ 3453/5900	190,23 62 Sm САМАРИЙ 3327/5300	192,217 63 Eu ЕВРОПИЙ 2683/4403	195,084 64 Gd ГАДОЛИНИЙ 2045/4100	196,967 65 Tb ТЕРБИЙ 1338/3080	200,59 66 Dy ДИСПРОЗИЙ 234/630	204,383 67 Ho ГОЛЬМИЙ 577/1730	207,2 68 Er ЭРБИЙ 601/2013	208,980 69 Tm ТУЛИЙ 544/1833	[209] 70 Yb ИТТЕРБИЙ 527/1235	[210] 71 Lu ЛЮТЕЦИЙ 575/610	[222] 86 Rn РАДОН 202/211								
7	[223] 87 Fr ФРАНЦИЙ 300/950	[226] 88 Ra РАДИЙ 973/1413	[227] 89 Ac АКТИНИЙ 1320/347	[267] 104 Rf РЕЗЕРФОРДИЙ	[270] 105 Db ДУБНИЙ	[271] 106 Sg СИБОРГИЙ	[274] 107 Bh БОРИЙ	[277] 108 Hs ХАССИЙ	[278] 109 Mt МЕЙТНЕРИЙ	[281] 110 Ds ДАРМШТАДИЙ	[281] 111 Rg РЕНТГЕНИЙ	[285] 112 Cn КОПЕРНИЦИЙ	—	[289] 114 Fl ФЛЕРОВИЙ	—	[293] 116 Lv ЛИВЕРМОРИЙ	—	—								

Лантаниды

140,116 58 Ce ЦЕРИЙ 1072/3699	140,908 59 Pr ПРАЗЕОДИМ 1204/3785	144,242 60 Nd НЕОДИМ 1294/3341	[145] 61 Pm ПРОМЕТИЙ 1441/3000	150,36 62 Sm САМАРИЙ 1350/2084	151,964 63 Eu ЕВРОПИЙ 1095/1870	157,25 64 Gd ГАДОЛИНИЙ 1586/3539	158,925 65 Tb ТЕРБИЙ 1629/3396	162,500 66 Dy ДИСПРОЗИЙ 1685/2835	164,930 67 Ho ГОЛЬМИЙ 1747/1968	167,259 68 Er ЭРБИЙ 1802/3136	168,934 69 Tm ТУЛИЙ 1818/2220	173,054 70 Yb ИТТЕРБИЙ 1097/1466	174,97 71 Lu ЛЮТЕЦИЙ 1936/3668
---	---	--	--	--	---	--	--	---	---	---	---	--	--

Актиниды

232,038 90 Th ТОРИЙ 2023/5060	231,036 91 Pa ПРОТАКТИНИЙ 2113/4300	238,029 92 U УРАН 1401/4018	[237] 93 Np НЕПТУНИЙ 913/4175	[244] 94 Pu ПЛУТОНИЙ 914/3505	[243] 95 Am АМЕРИЦИЙ 1267/2880	[247] 96 Cm КЮРИЙ —	[247] 97 Bk БЕРКЛИЙ —	[251] 98 Cf КАЛИФОРНИЙ —	[252] 99 Es ЭЙНШТЕЙНИЙ —	[257] 100 Fm ФЕРМИЙ —	[258] 101 Md МЕНДЕЛЕВИЙ —	[259] 102 No НОБЕЛИЙ —	[260,11] 103 Lr ЛОУРЕНСИЙ —
---	---	---	---	---	--	---------------------------------	-----------------------------------	--------------------------------------	--------------------------------------	-----------------------------------	---------------------------------------	------------------------------------	---

- ← щелочные металлы
- ← щелочноземельные металлы
- ← благородные газы
- ← галогены
- ← переходные металлы
- ← пниктогены

Классификация химических элементов по Гольшмидту

Сидерофильные	Халькофильные	Литофильные	Атмофильные
Co, Ni	Fe, (Co), (Ni)	Li, Na, K, Rb, Cs	H, N, O
Ru, Rh, Pd	(Ru), (Rh), (Pd)	Be, Mg, Ca, Sr, Ba	He, Ne, Ar,
Os, Ir, Pt	(Os), (Pt)	B, Al, Sc, Y, REE	Kr, Xe
Au, Re, Mo	Se, Te, (Mo)	Si, Ti, Zr, Hf,	
Ge, Sn, W	(Ge), (Sn), Pb	Th, U	
Cu, Ga	(Cu), Ag	P, V, Cr, Nb, Ta	
As, Sb	(As), (Sb), Bi	(H), (O), Cl, Br, I	
	Zn, Cd, Hg	(Fe), Mn, (Zn), (Ga)	
	(Ga), In, Tl		

Более подробная классификация с акцентом на эндогенные процессы



Из учебника Т.Г. Родыгиной (Курс геохимии, Томск-2006) со ссылкой на

5. Интерпретация геохимических данных. – М.: Интернет инжиниринг, 2001. – 273 с.

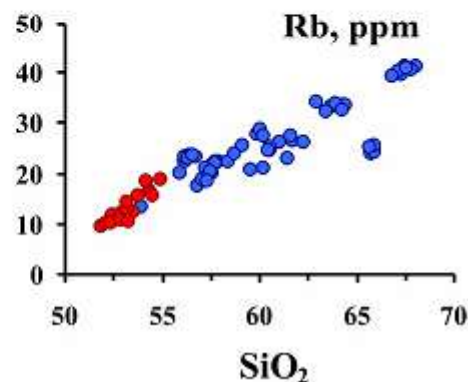
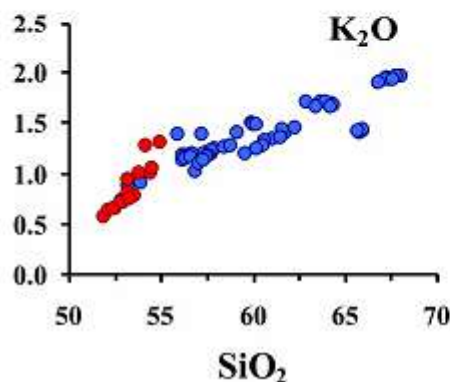
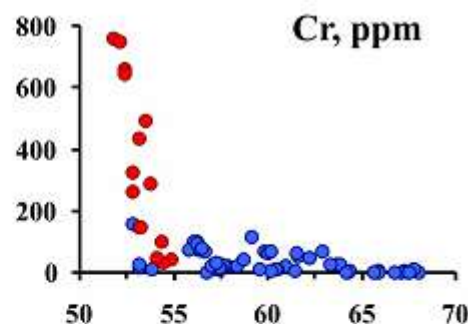
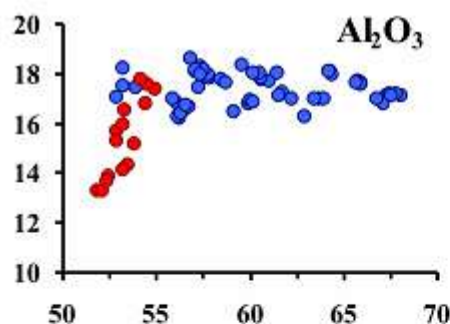
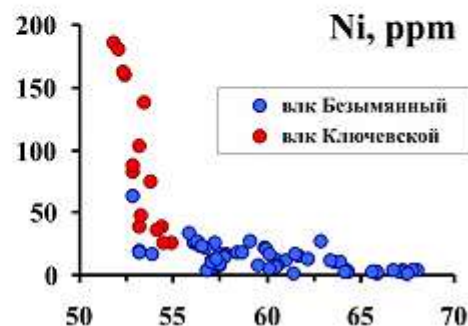
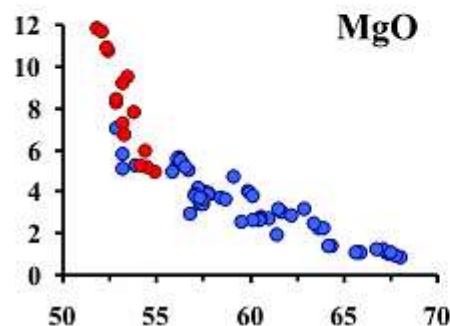
1	1	ГРУППЫ																18
1	H																	He
2	Li	Be																
3	Na	Mg																
4	K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr
5	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe
6	Cs	Ba	La	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn
7	Fr	Ra	Ac	Rf	Db	Sg	Bh	Hs	Mt	Uun	Uuu	Uub						

Определение понятия “микроэлемент”:

это такой химический элемент, который в рассмотренной магматической системе не образуют собственных минеральных фаз стехиометрического состава

Alkali Metal	Actinides
Alkali Earth	Lanthanides
Metal	Non-metal
Trans. Met.	Halogen
Noble Gas	

ЭВОЛЮЦИЯ ГЛАВНЫХ И
ПРИМЕСНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В
ИЗВЕСТКОВО-ЩЕЛОЧНОЙ СЕРИИ
ВУЛКАНОВ КЛЮЧЕВСКОЙ И
БЕЗЫМЯННОЙ (Вост. Камчатка)



Свойства микроэлементов

при низких содержаниях в породах некоторые из них могут варьировать в 10-100 раз, иногда охватывая диапазон от первых ppm до ~1000 ppm

10 главных компонентов составляют около 99% породы, а на оставшийся 1% приходится около 80 микроэлементов.

И каждый по-своему чувствителен к изменению параметров магматических процессов.

Индикаторная роль микроэлементов проявляется не только как концентрационные особенности той или иной геотектонической обстановки, но также в оценке физико-химических условий образования и эволюции магм.

ИНДИКАТОРНЫЕ СВОЙСТВА МИКРОЭЛЕМЕНТОВ

Элементы	Предпочтительное распределение по фазам и интерпретация
Ni, Co, Cr	Высокие содержания в базальтах (~300 ppm для Ni и 600 ppm для Cr) служат индикатором связи с мантийным источником. Резкое обеднение Ni и Co в серии пород указывает на кристаллизацию <i>OI</i> , а обеднение Cr – на <i>Срх</i> .
V, Ti	Показатели кристаллизации ильменита и магнетита.
Zr, Hf	Классические несовместимые элементы, но могут замещать Ti в акцессорных фазах, напр. рутиле и сфене.
Ba, Rb	Несовместимы в отношении <i>OI</i> и <i>Срх</i> , но могут замещать К в плагиоклазе, роговой обманке и биотите.
Sr (Eu)	Входит в плагиоклаз, замещая Са, и является показателем кристаллизации этого минерала на небольших глубинах. В процессах мантийного плавления ведут себя подобно несовместимому элементу.
Р.З.Э.	Несовместимы с <i>OI</i> , <i>Орх</i> и <i>PI</i> , но входят в <i>Срх</i> и роговую обманку. Особенно обогащают гранаты. Eu может входить в плагиоклаз, что служит индикатором присутствия полевого шпата в мантийном источнике или кристаллизации <i>PI</i> в ходе магматической эволюции.
Y	Обычно ведет себя как несовместимый элемент, параллельно содержаниям тяжелых Р.З.Э. Может обогащать гранат и амфибол.
U, Th	Классические несовместимые элементы, не имеющие фаз - концентраторов.

“Совместимые” (*compatible*) и “несовместимые” (*incompatible*) элементы:

К совместимым относят элементы, которые распределяются (концентрируются) преимущественно в кристаллизующихся минералах, **обогащают твердую фазу относительно сосуществующего расплава**

Несовместимыми называются микроэлементы, которые в ограниченных количествах допускаются в кристаллы, поэтому в процессах кристаллизации и плавления перераспределяются преимущественно в жидкость.

**Значение коэффициентов распределения
минерал – расплав (“*partition coefficients*”)**

$$D_i = C_i \text{ минерал} / C_i \text{ расплав}$$

Совместимые элементы

$$D_i > 1$$

Несовместимые элементы

$$D_i \ll 1$$

“Индифферентные” элементы

$$D_i \approx 1$$

Примеры коэффициентов распределения минерал – расплав в базальтовой системе

	Olivine	Opx	Cpx	Garnet	Plag	Amph	Magnetite
Rb	0.010	0.022	0.031	0.042	0.071	0.29	
Sr	0.014	0.040	0.060	0.012	1.830	0.46	
Ba	0.010	0.013	0.026	0.023	0.23	0.42	
Ni	14	5	7	0.955	<i>0.01</i>	6.8	29
Cr	0.70	10	34	1.345	<i>0.01</i>	2.00	7.4
La	0.007	<i>0.03</i>	0.056	0.001	0.148	0.544	2
Ce	0.006	0.02	0.092	0.007	0.082	0.843	2
Nd	0.006	0.03	0.230	0.026	0.055	1.340	2
Sm	0.007	0.05	0.445	0.102	0.039	1.804	1
Eu	0.007	0.05	0.474	0.243	0.1/1.5*	1.557	1
Dy	0.013	0.15	0.582	1.940	0.023	2.024	1
Er	0.026	0.23	0.583	4.700	0.020	1.740	1.5
Yb	0.049	0.34	0.542	6.167	0.023	1.642	1.4
Lu	0.045	0.42	0.506	6.950	0.019	1.563	

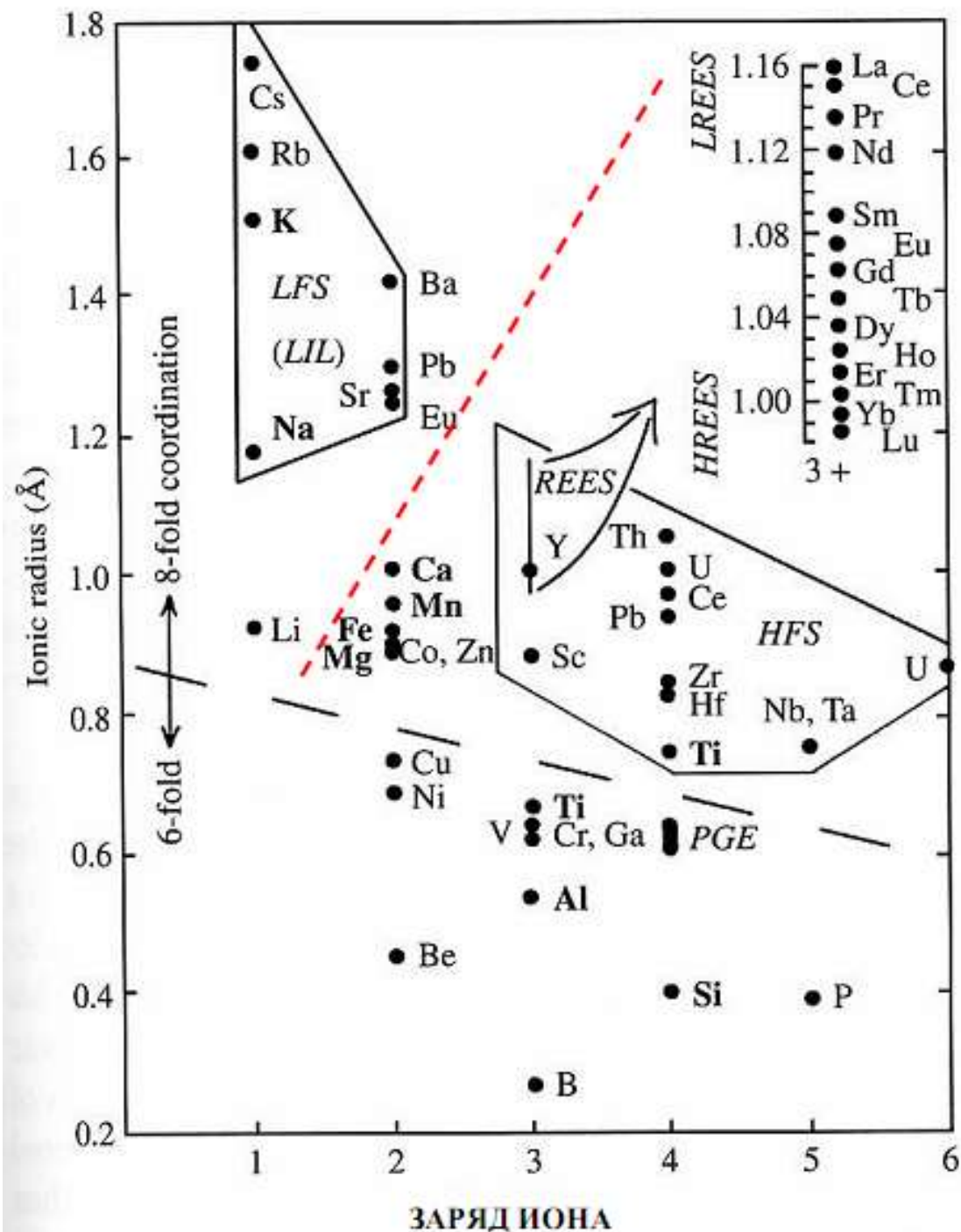
Data from Rollinson (1993).

* $\text{Eu}^{3+}/\text{Eu}^{2+}$ *Italics are estimated*

ПРАВИЛА ГОЛЬДШМИДТА

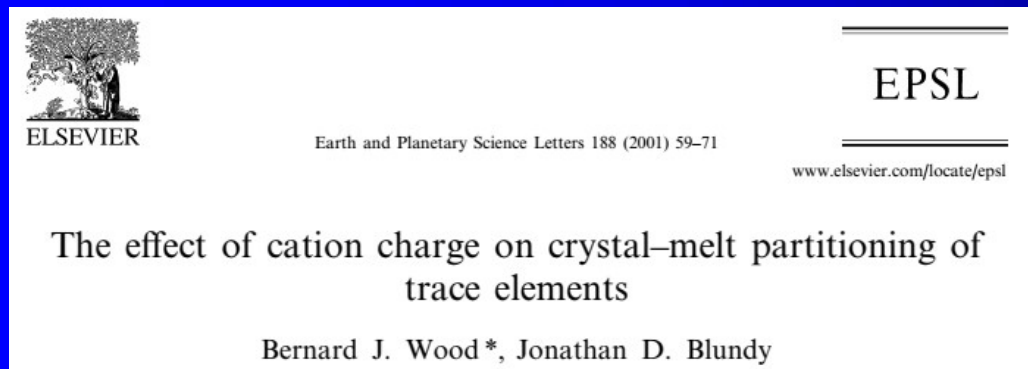
1. Два иона одной валентности и близкого радиуса легко образуют взаимные твердые растворы (*Fe-Mg или Mg-Ni в оливинах*).
2. В таких растворах обычно ион меньшего размера характеризуется более высоким значением D (*например, Ni в оливинах – см. таблицу*).
3. Если же два иона близкого радиуса имеют разную валентность, то более высокозарядный катион в большей степени концентрируется в кристалле (*например, Li и Mn в оливине или K и Ba в плагиоклазе*).

Из любого правила есть исключения...



Теоретические оценки D_i , основанные на теории деформаций кристаллических решеток

(Blundy, Wood, 1991-2012)



Напр., замещение иона Ca^{2+} в определенной позиции М в решетке Р1 ионами “i” разной зарядности +1,+2,+3,...

Такое замещение можно описать обменной реакцией



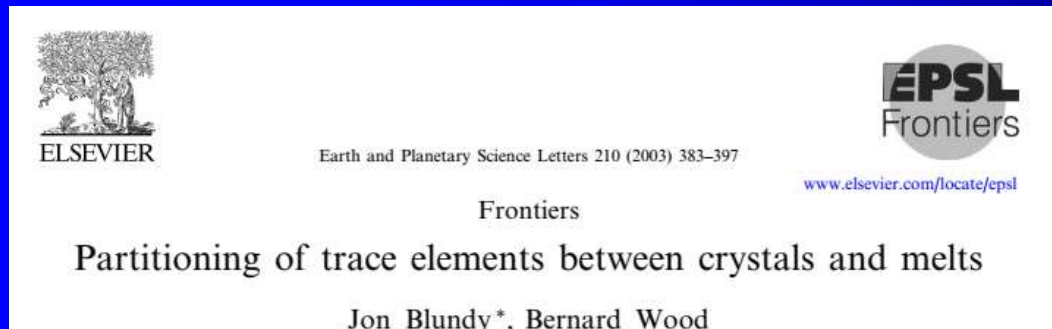
Тогда из теории коэффициент разделения D_i можно выразить:

$$D_i = D_o \exp \left(\frac{-4\pi E N_A \left(\frac{r_o}{2}(r_o - r_i)^2 - \frac{1}{3}(r_o - r_i)^3 \right)}{RT} \right)$$

... где E – модуль Юнга по позиции, N_A – число Авогадро...

Теоретические оценки D_i , основанные на теории деформаций кристаллических решеток

(Blundy, Wood, 1991-2012)



Теоретическая форма такой зависимости имеет вид

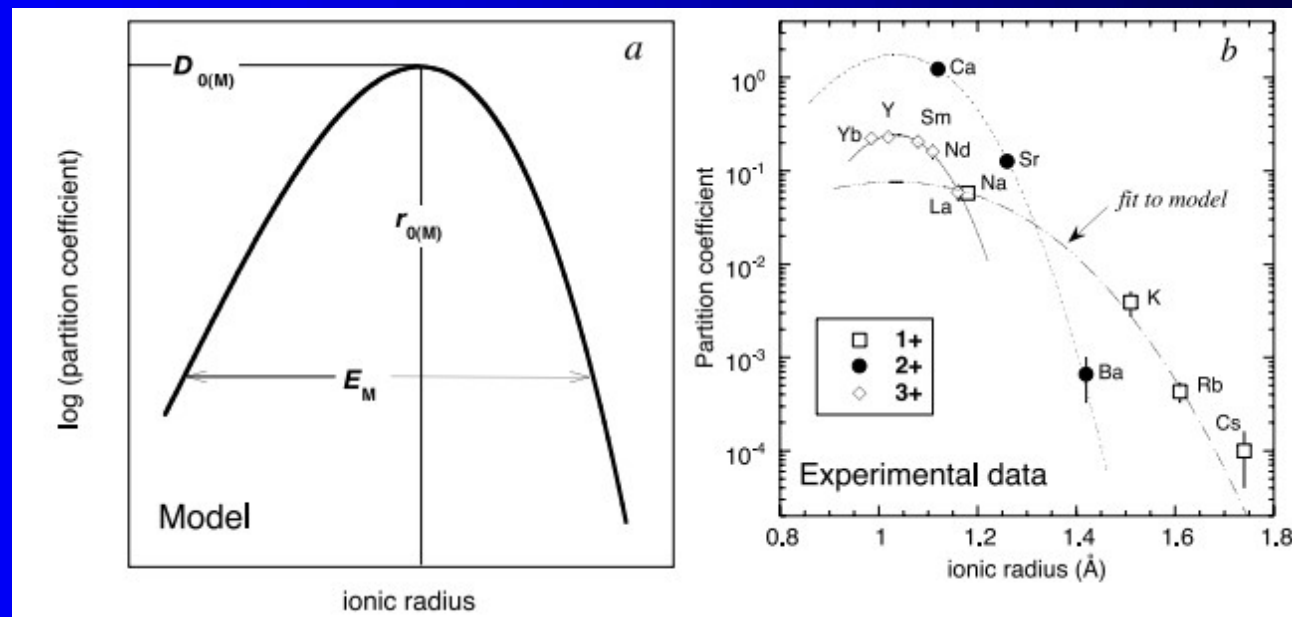
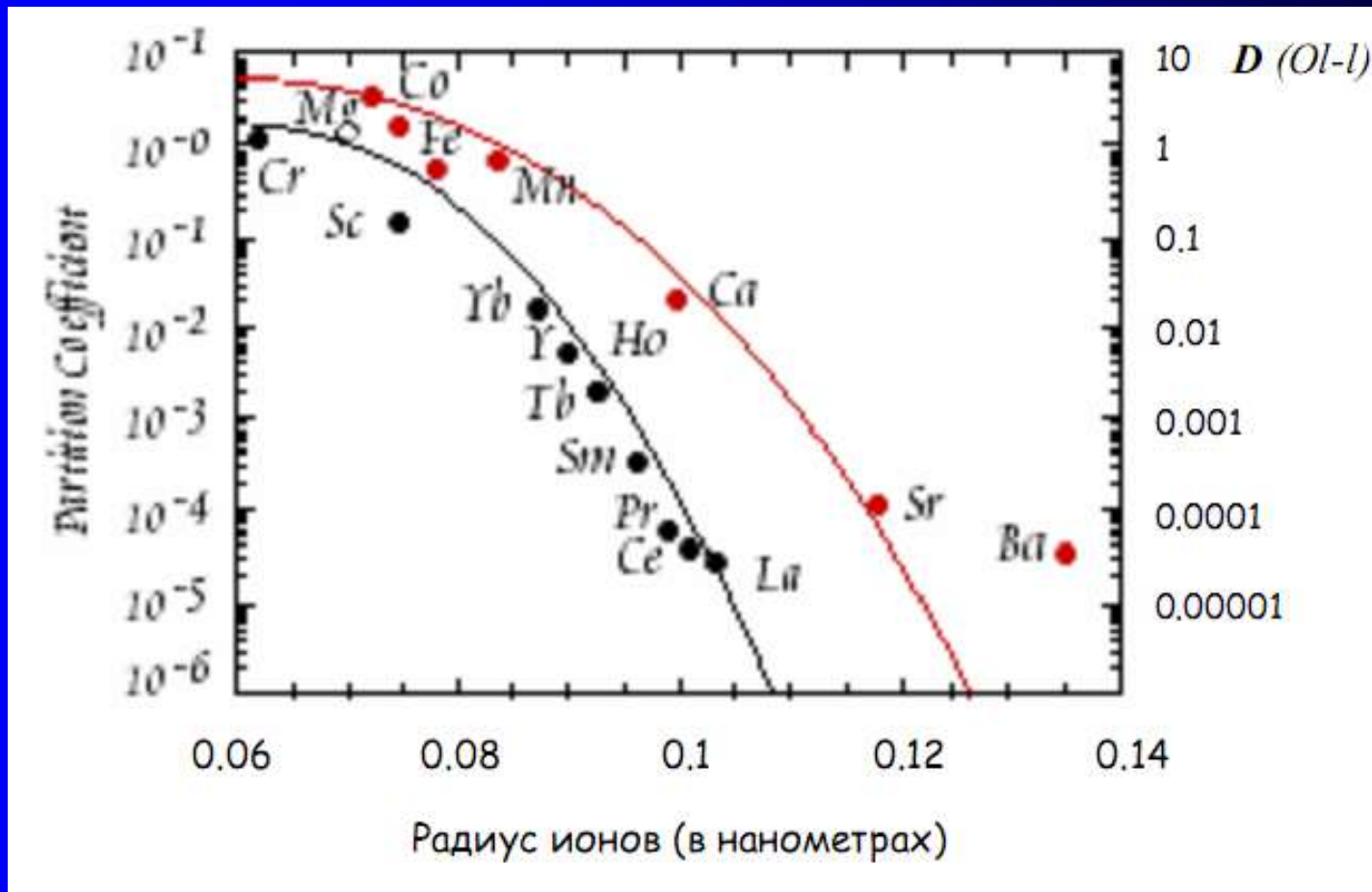


Fig. 4. Ionic radius has a strong influence on partition coefficients. (a) Cartoon illustrating the *lattice strain model* of trace element partitioning. For an isovalent series of ions with charge $n+$ and radius r_i entering crystal lattice site M, the partition coefficient, $D_{i(M)}$, can be described in terms of three parameters: $r_{0(M)}^{n+}$, the radius of that site; E_M^{n+} , the elastic response of that site (as measured by Young's Modulus) to lattice strain caused by ions that are larger or smaller than $r_{0(M)}^{n+}$; and $D_{0(M)}^{n+}$, the strain-compensated partition coefficient for a (fictive) ion with radius $r_{0(M)}^{n+}$; according to the expression [30]:

**Примеры модельных зависимостей, описывающих
экспериментальные значения коэффициентов
распределения оливин – расплав
(*Blundy, Wood, 1992*)**



Главный источник информации по D_i – экспериментальные данные!

GERM
database

[EarthRef.org](#)
[GERM](#)
[Magic](#)
[SBN](#)
[ERESE](#)

[log-in](#) | [register](#) | [forgot password](#) | [contact](#) | [copyright](#)

[Geochemical Earth Reference Model](#)

[Databases](#)
[Events](#)
[Tools](#)
[Publications](#)
[Links](#)

in [Reservoirs by Name](#)

GERM Partition Coefficient (Kd) Database

The Kd's Database contains partition coefficient data for all types of rocks and minerals and for every element. All search results are sortable and may be downloaded in the format of your choice. Both experimental and empirical data are included in this extensive compilation.

Search Options

- Advanced Search
- Search the Periodic Table
- Search the Reference Database

Your Own References

To upload one of your publications, please select an option and continue by clicking the **Upload** button. If you already are an EarthRef.org user you don't have to register again, otherwise click the **Register** button.

☒ Upload your publication reference
☐ Update an existing reference

[Register](#)
[Upload](#)

New Data

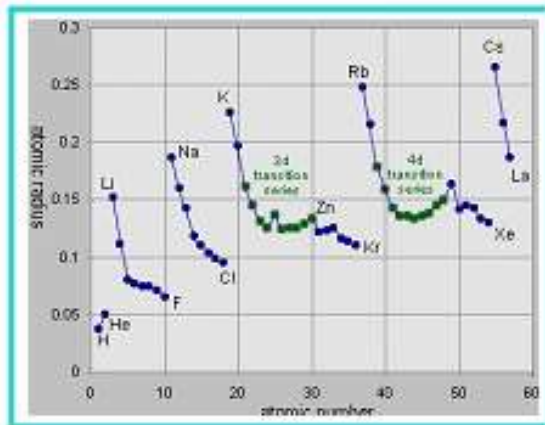
- Lunar Basalt, Ferropseudobrookite
- Basaltic Andesite, Plagioclase
- Carbonatite, Apatite
- Tholeiitic Basalt, Clinopyroxene
- Hydrous Peridotite, Garnet
- Basalt, Spinel
- Basalt, Garnet
- Basalt, Orthopyroxene
- Basaltic Andesite, Garnet
- Picrite, Garnet

Search the Periodic Table

P/G	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1	1 H																1 H	2 He
2	3 Li	4 Be											5 B	6 C	7 N	8 O	9 F	10 Ne
3	11 Na	12 Mg											13 Al	14 Si	15 P	16 S	17 Cl	18 Ar
4	19 K	20 Ca	21 Sc	22 Ti	23 V	24 Cr	25 Mn	26 Fe	27 Co	28 Ni	29 Cu	30 Zn	31 Ga	32 Ge	33 As	34 Se	35 Br	36 Kr
5	37 Rb	38 Sr	39 Y	40 Zr	41 Nb	42 Mo	43 Tc	44 Ru	45 Rh	46 Pd	47 Ag	48 Cd	49 In	50 Sn	51 Sb	52 Te	53 I	54 Xe
6	55 Cs	56 Ba	* Lan	72 Hf	73 Ta	74 W	75 Re	76 Os	77 Ir	78 Pt	79 Au	80 Hg	81 Tl	82 Pb	83 Bi	84 Po	85 At	86 Rn
7	87 Fr	88 Ra	** Act															
* Lanthanides			57 La	58 Ce	59 Pr	60 Nd	61 Pm	62 Sm	63 Eu	64 Gd	65 Tb	66 Dy	67 Ho	68 Er	69 Tm	70 Yb	71 Lu	
** Actinides			89 Ac	90 Th	91 Pa	92 U												

News

- Expedition MV1203 aims to dredge 40 seamounts along the southwest portion of the Walvis Ridge seamount trail. The Walvis Ridge begins on the African continent and extends to near the mid-Atlantic Ridge. The southwest half of the Walvis Ridge appears to bifurcate into two distinct physical and geochemical trends, the Tristan (northern) and Gough (southern) tracks. The data we collect will assist in improving absolute plate motion models for the African continent, and knowledge of the geochemical evolution of plumes and the regional tectonic setting of the surrounding area.
[Visit the Expedition Website ...](#)
- IODP Expedition 330 to the Louisville Seamount Trail will drill four underwater volcanoes off the NE coast of New Zealand. One hypothesis states that these volcanoes formed above a narrow plume of hot mantle rising from a position deep in the Earth's mantle. For decades scientists assumed these mantle plumes remain anchored there for tens of millions years, but there is mounting evidence that mantle plumes wander in a large-scale mantle wind. This expedition aims to establish how much mantle plumes may have moved over the last 80 million years and whether the Louisville



1+

H

2+

Зависимость радиуса от
атомного номера

Li

Be

Na

Mg

3+

4+

5+

6+

K

Ca

Sc

Ti

V

Cr

Rb

Sr

Y

Zr

Nb

Mo

Cs

Ba

Ln

Hf

Ta

W

Полная сводка атомных радиусов



La

Ce

Pr

Nd

Pm

Sm

Eu

Gd

Tb

Dy

Ho

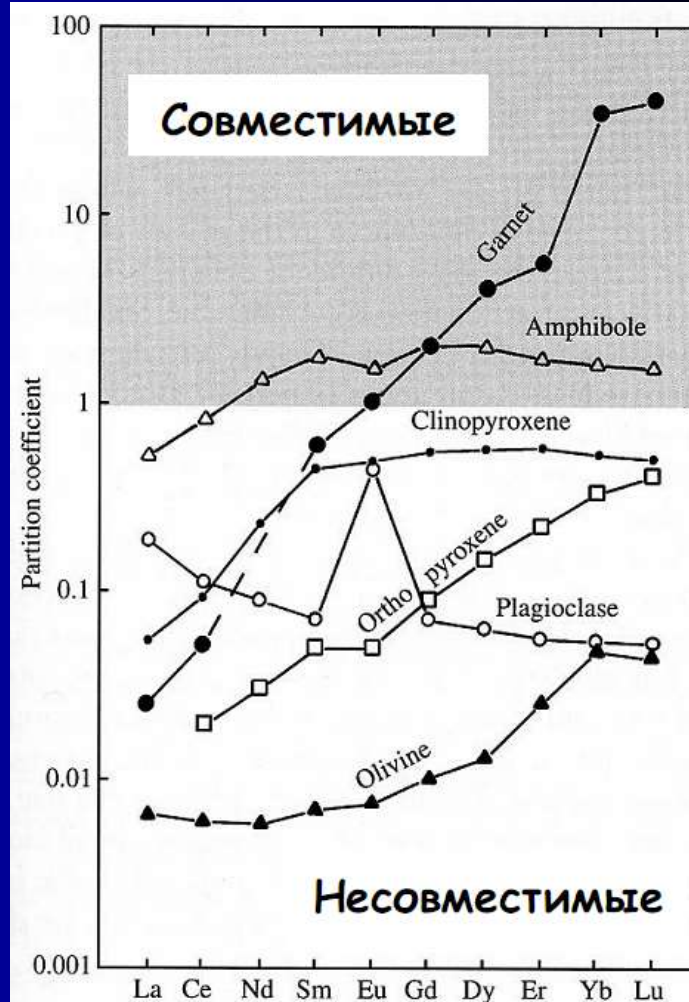
Er

Tm

Yb

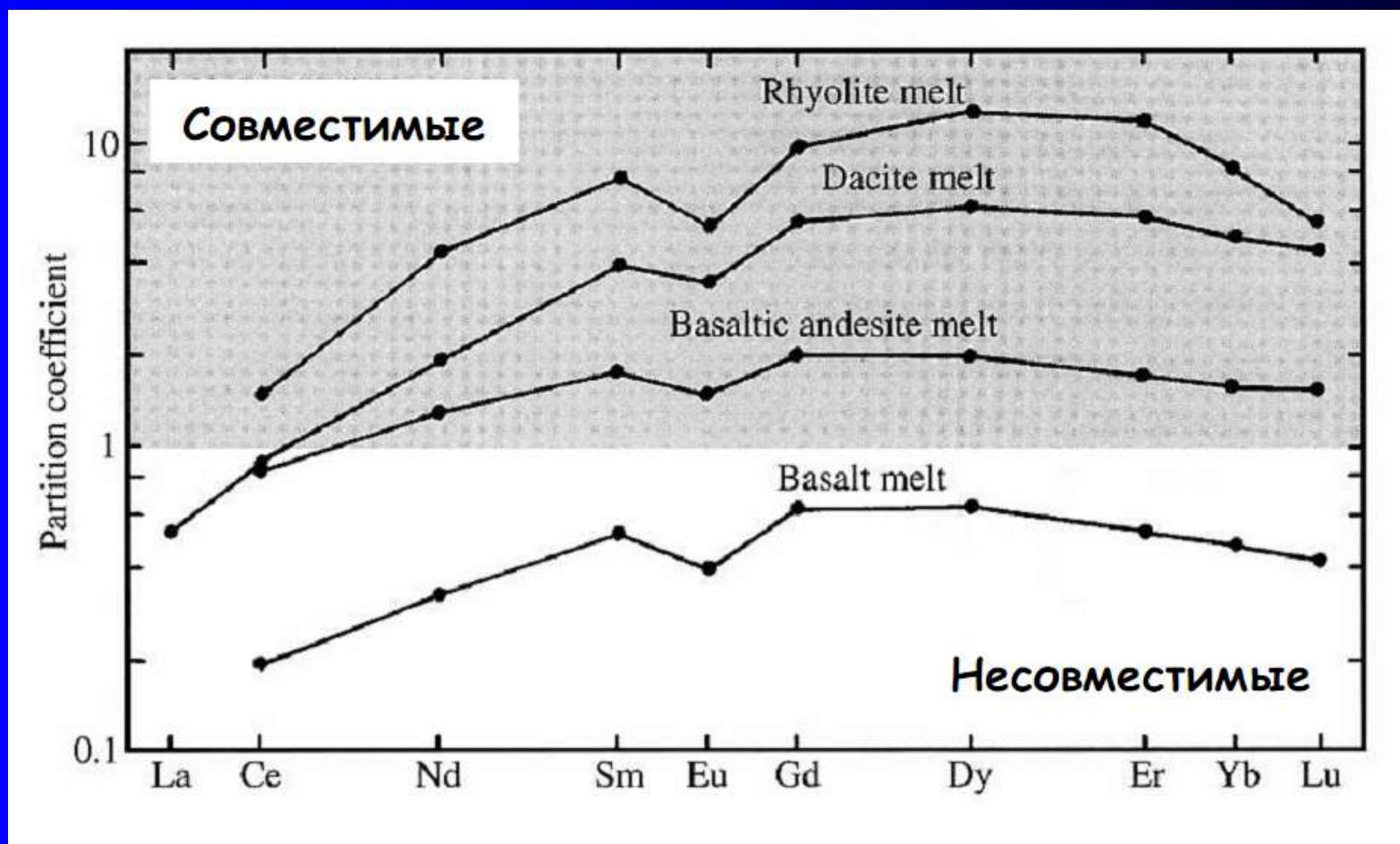
Lu

РЕДКИЕ ЗЕМЛИ (Р.З.Э.)



Коэффициенты
распределения РЗЭ в
базальтовой системе

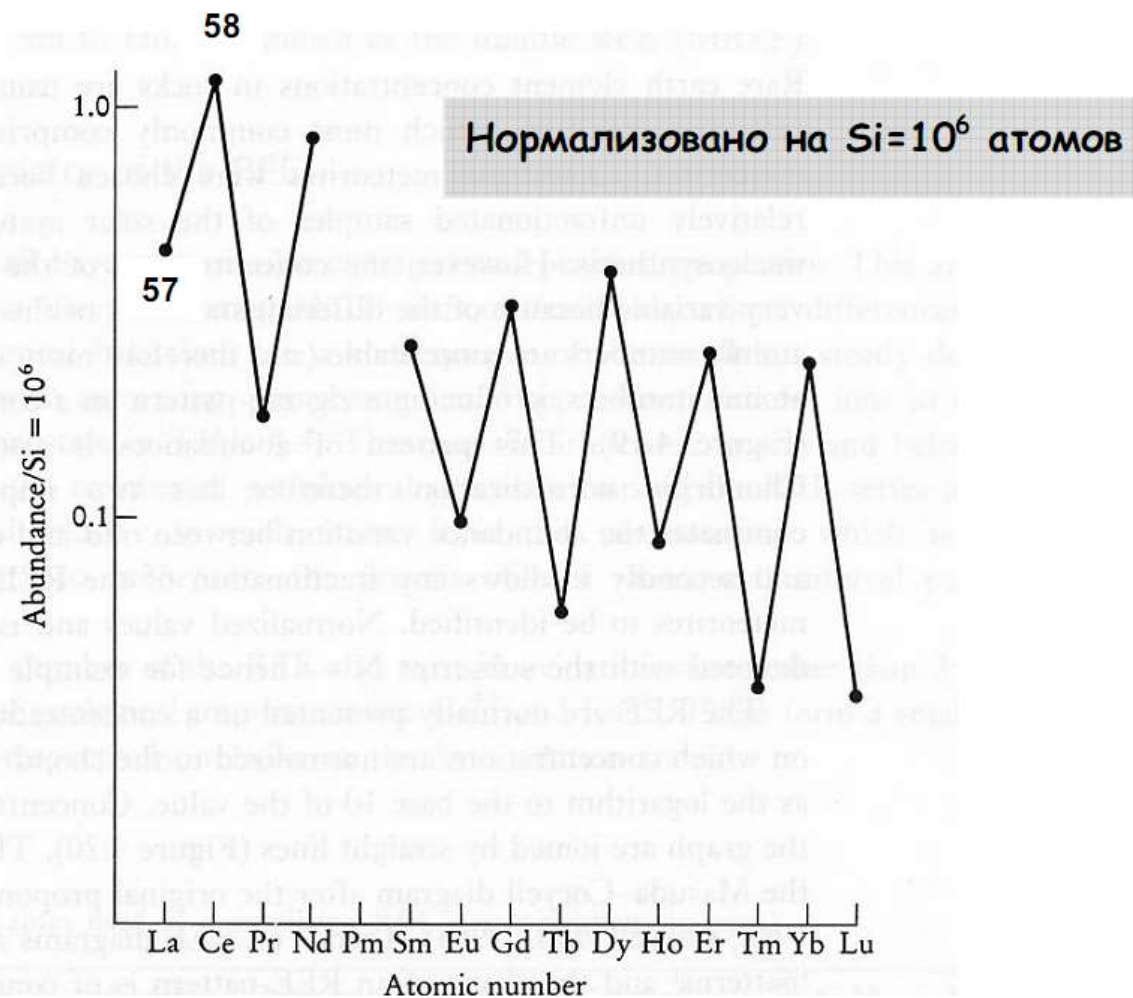
Зависимость коэффициентов распределения минерал – расплав от состава системы



Коэффициенты распределения РЗЭ для пары **амфибол - расплав**
в системах разного состава

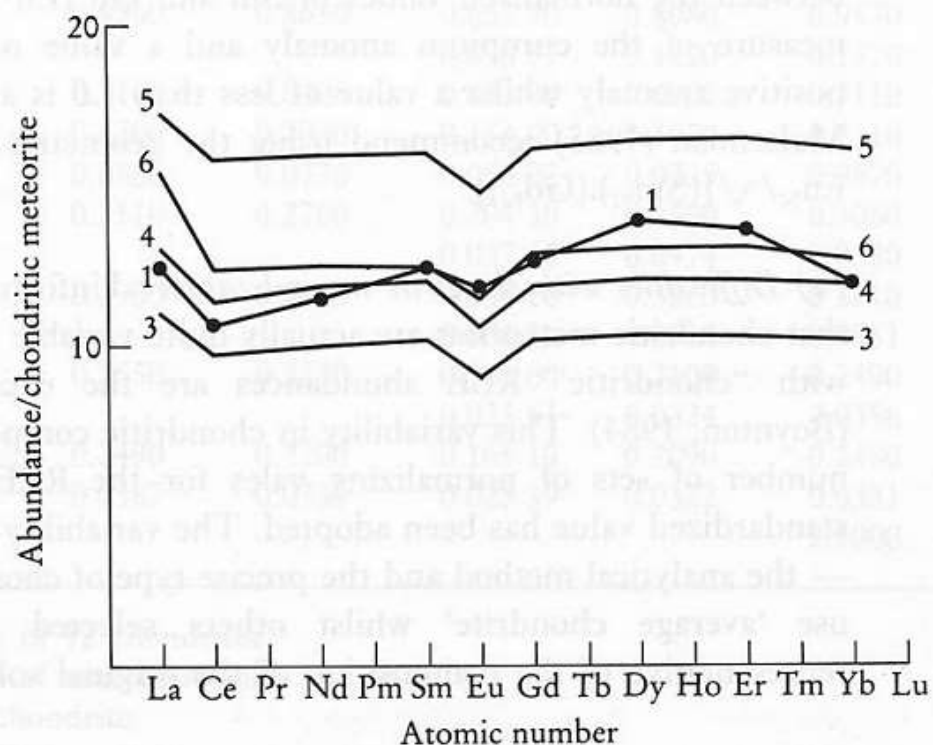
Индикаторные диаграммы для микроэлементов

РАСПРОСТРАНЕННОСТЬ Р.З.Э. В СОЛНЕЧНОЙ СИСТЕМЕ



Индикаторные диаграммы для микроэлементов

СОДЕРЖАНИЯ Р.З.Э. В ТОЛЕИТОВОМ БАЗАЛЬТЕ, НОРМАЛИЗОВАННЫЕ НА СОСТАВ РАЗЛИЧНЫХ ОБЫКНОВЕННЫХ ХОНДРИТОВ



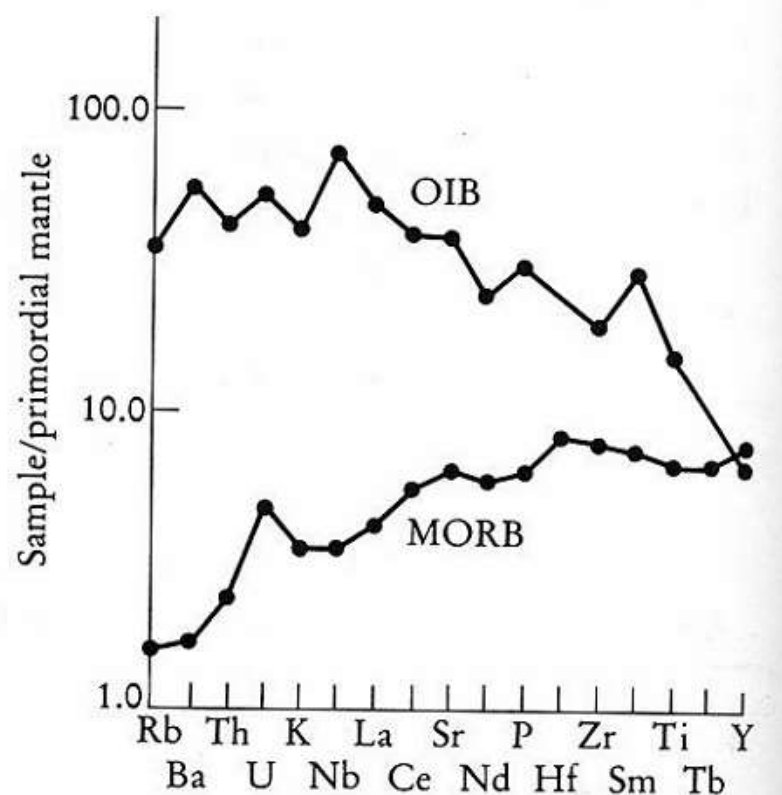
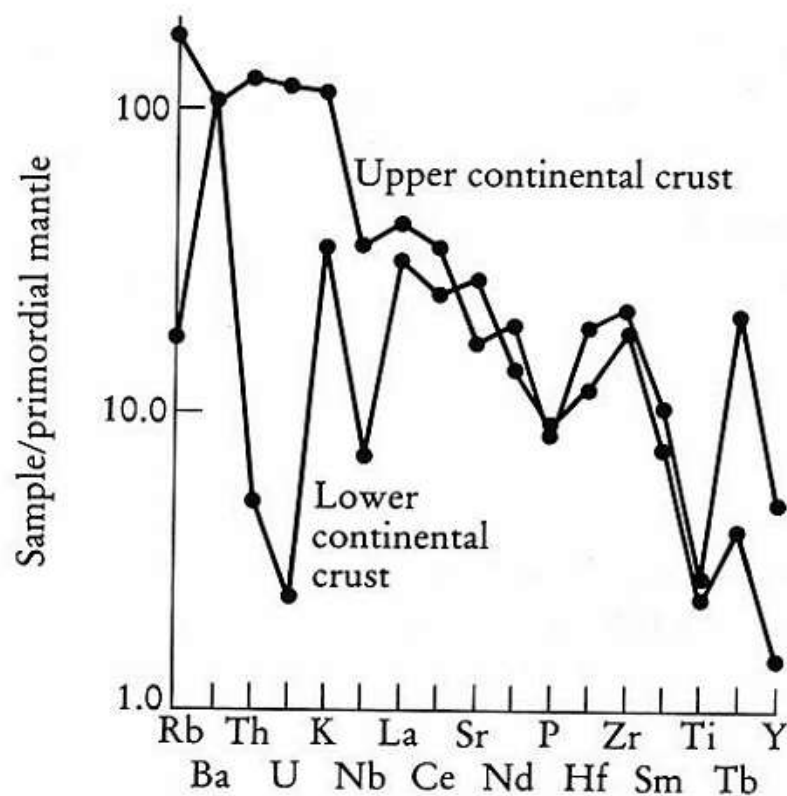
1 - 6 - один и тот же образец,
нормализованный на составы
различных хондритов

Концентрации Р.З.Э. в хондрите и примитивной мантии Земли

Элемент	Хондрит	Мантия
La	0.237	0.687
Ce	0.612	1.775
Nd	0.467	1.354
Sm	0.15	0.444
Eu	0.058	0.168
Gd	0.206	0.596
Tb	0.037	0.108
Dy	0.254	0.737
Ho	0.057	0.164
Er	0.166	0.480
Tm	0.026	0.074
Yb	0.170	0.493
Lu	0.025	0.074

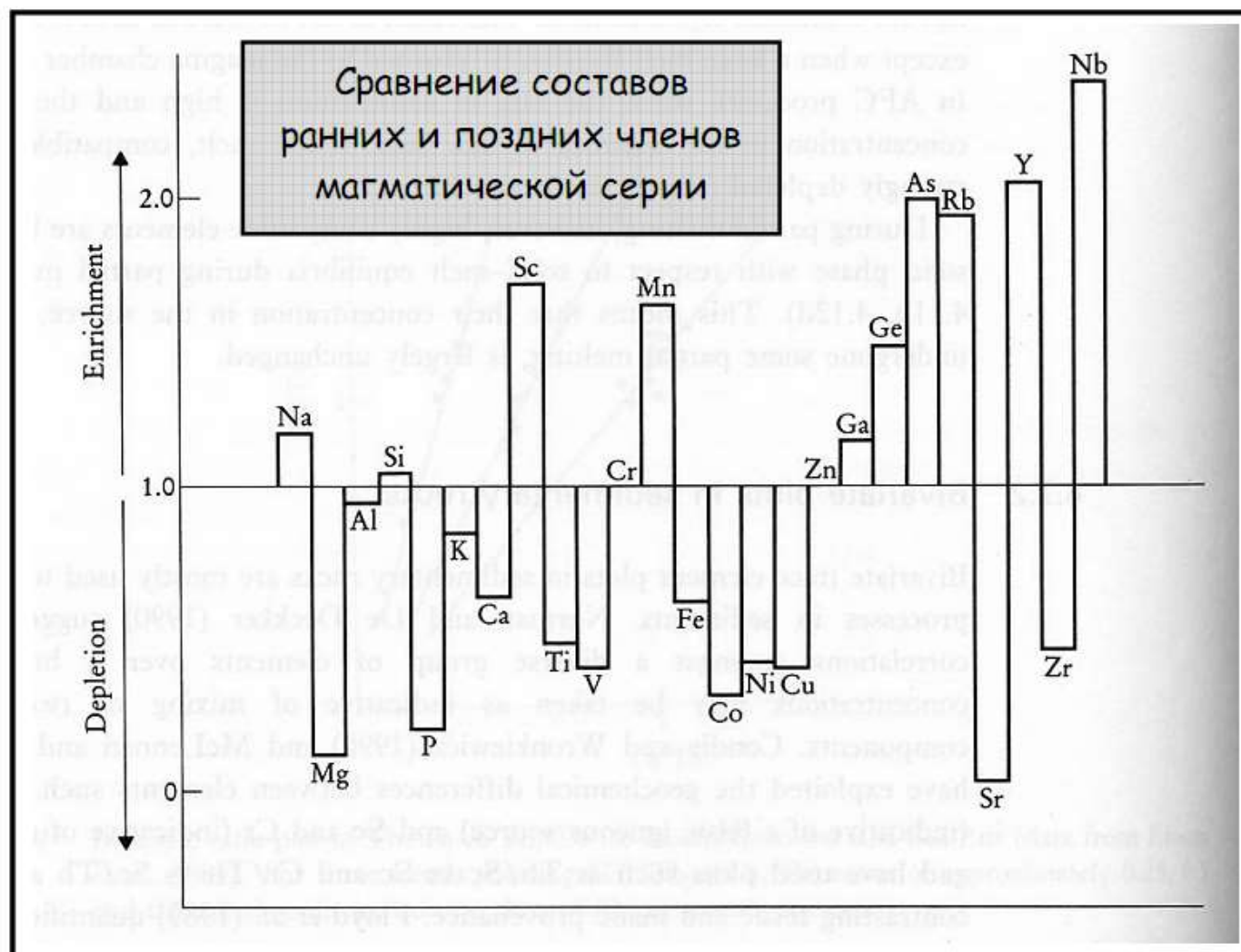
Индикаторные диаграммы для микроэлементов

ПРИМЕРЫ СПАЙДЕР-ДИАГРАММ (нормировка на состав примитивной мантии)



Индикаторные диаграммы для микроэлементов

ДИАГРАММА ОТНОСИТЕЛЬНОГО ОБОГАЩЕНИЯ - ОБЕДНЕНИЯ



Индикаторные диаграммы для микроэлементов

ПРИМЕРЫ ГЕОХИМИЧЕСКИХ ДИАГРАММ ДЛЯ РАЗДЕЛЕНИЯ ПОЛЕЙ СОСТАВОВ
ВУЛКАНИЧЕСКИХ ПОРОД РАЗЛИЧНЫХ ГЕОДИНАМИЧЕСКИХ ОБСТАНОВОК

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

MORB - Толеиты срединно-океанических хребтов

IAT - Толеиты островных дуг

OIT - Толеиты океанических островов

OIA - Щелочные базальты океанических островов

CAB - Известково-щелочные базальты

