

Изучение геохимических свойств редкоземельных элементов

Редкоземельные элементы в Периодической системе химических элементов

21 Скандий

39 Иттрий

57 Лантан

Лантаноиды:

58 Церий

59 Празеодим

60 Неодим

61 Прометий

62 Самарий

63 Европий

64 Гадолиний

65 Тербий

66 Диспрозий

67 Гольмий

68 Эрбий

69 Тулий

70 Иттербий

71 Лютеций

1 H 1.008																	2 He 4.003
3 Li 6.941	4 Be 9.012											5 B 10.81	6 C 12.01	7 N 14.01	8 O 16	9 F 19	10 Ne 20.18
11 Na 22.99	12 Mg 24.31											13 Al 26.98	14 Si 28.09	15 P 30.97	16 S 32.07	17 Cl 35.45	18 Ar 39.95
19 K 39.10	20 Ca 40.08	21 Sc 44.96	22 Ti 47.88	23 V 50.94	24 Cr 52	25 Mn 54.94	26 Fe 55.85	27 Co 58.47	28 Ni 58.69	29 Cu 63.55	30 Zn 65.39	31 Ga 69.72	32 Ge 72.59	33 As 74.92	34 Se 78.96	35 Br 79.9	36 Kr 83.8
37 Rb 85.47	38 Sr 87.62	39 Y 88.91	40 Zr 91.22	41 Nb 92.91	42 Mo 95.94	43 Tc 98	44 Ru 98.1	45 Rh 102.9	46 Pd 106.4	47 Ag 107.9	48 Cd 112.4	49 In 114.8	50 Sn 118.7	51 Sb 121.8	52 Te 127.6	53 I 126.9	54 Xe 131.3
55 Cs 132.9	56 Ba 137.3	57 La 138.9	72 Hf 178.5	73 Ta 180.9	74 W 183.9	75 Re 186.2	76 Os 190.2	77 Ir 192.2	78 Pt 195.1	79 Au 197	80 Hg 200.5	81 Tl 204.4	82 Pb 207.2	83 Bi 209	84 Po (210)	85 At (210)	86 Rn (222)
87 Fr (223)	88 Ra (226)	89 Ac (227)	104 Rf (257)	105 Db (260)	106 Sg (261)	107 Bh (262)	108 Hs (265)	109 Mt (266)	110 Ds (271)	111 Rg (272)	112 Uub (285)	113 Uut (284)	114 Uuq (289)	115 Uup (288)	116 Uuh (292)	117 Uus o	118 Uuo o
Лантаноиды:			58 Ce 140.1	59 Pr 140.9	60 Nd 144.2	61 Pm 147	62 Sm 150.4	63 Eu 152	64 Gd 157.3	65 Tb 158.9	66 Dy 162.5	67 Ho 164.9	68 Er 167.3	69 Tm 168.9	70 Yb 173	71 Lu 175	
90 Th 232	91 Pa (231)	92 U (238)	93 Np (237)	94 Pu (242)	95 Am (243)	96 Cm (247)	97 Bk (247)	98 Cf (249)	99 Es (254)	100 Fm (253)	101 Md (258)	102 No (254)	103 Lr (257)				

История открытия

Название элемента	Символ элемента	Год открытия	Первооткрыватель	Страна, в которой сделано открытие
Иттрий	Y	1794	Ю. Гадолин	Финляндия
Церий	Ce	1803	Й. Берцелиус, М. Клапрот В. Хисингер	Германия Швеция
Лантан	La	1839	К. Мосандер	Швеция
Гадолиний	Er	1843	К. Мосандер	Швеция
Тербий	Tb	1843	К. Мосандер	Швеция
Иттербий	Yb	1878	Ж.-Ш. Мариньяк	Швейцария
Скандий	Sc	1879	Л. Нильсон	Швеция
Самарий	Sm	1879	Ф. Лекок де Буабодран	Франция
Гольмий	Ho	1879	П. Клеве	Швеция
Тулий	Tm	1879	П. Клеве	Швеция
Неодим	Nd	1885	К. Ауэр фон Вельсбах	Австрия
Празеодим	Pr	1885	К. Ауэр фон Вельсбах	Австрия
Диспрозий	Dy	1886	Ф. Лекок де Буабодран	Франция
Гадолиний	Gd	1886	Ф. Лекок де Буабодран	Франция
Европий	Eu	1896–1901	Э. Демарсе	Франция
Лютеций	Lu	1907	Ж. Урбен К. Ауэр фон Вельсбах	Франция Австрия
Прометий	Pm	1945	Дж. Маринский, Л. Гленденин, Ч. Кориелл	США

Область применения

Название элемента	Символ элемента	Область применения	Цена, \$/kg
Лантан	La	Оптические стекла, аккумуляторы водорода	15–30
Церий	Ce	Легирование, катализ, полириты, фейерверки	40–125
Празеодим	Pr	Люминофоры, магнитные сплавы	18–22
Неодим	Nd	Оптические стекла, постоянные магниты	30–60
Прометий	Pm	Источники бета-лучей, атомные батареи	Очень дорогой
Самарий	Sm	Оптические фильтры, магнитные материалы	55–65
Европий	Eu	Люминофоры, поглотители нейтронов	1 300–1 900
Гадолиний	Gd	Поглотители нейтронов, магнитные материалы	190–450
Тербий	Tb	Магнитные материалы	335–690
Диспрозий	Dy	Легирование магнитных сплавов, терфенол	1 100
Гольмий	Ho	Легирование магнитных сплавов, высокая M_s	120–190
Эрбий	Er	Лазеры, полупроводники, спинтроника	Нет данных
Тулий	Tm	Полупроводники, гамма-лучи	2 200
Иттербий	Yb	Научные исследования	260–420
Лютеций	Lu	Научные исследования	3 500–5 500

Некоторые свойства РЗЭ

Элемент	Порядковый номер	Электронные уровни нейтральных атомов и ионов (начиная с 4f и выше) [80, 468, 556, 1426, 1765]				Характерная валентность	Ионный радиус R ³⁺ , Å [1920]
		Ln ⁰	Ln ²⁺	Ln ³⁺	Ln ⁴⁺		
Y	39	4d 5s ²		—		3	0,88
La	57	5d 6s ²		—		3	1,061
Ce	58	4f 5d 6s ²		4f	—	3,4	1,034
Pr	59	4f ³ 6s ²		4f ²	4f	3,4	1,013
Nd	60	4f ⁴ 6s ²		4f ³		3	0,995
Pm	61	4f ⁵ 6s ²		4f ⁴		3	0,979
Sm	62	4f ⁶ 6s ²	4f ⁶	4f ⁵		2,3	0,964
Eu	63	4f ⁷ 6s ²	4f ⁷	4f ⁶		2,3	0,950
Gd	64	4f ⁷ 5d 6s ²		4f ⁷		3	0,938
Tb	65	4f ⁹ 6s ²		4f ⁸	4f ⁷	3,4	0,923
Dy	66	4f ¹⁰ 6s ²		4f ⁹		3	0,908
Ho	67	4f ¹¹ 6s ²		4f ¹⁰		3	0,894
Er	68	4f ¹² 6s ²		4f ¹¹		3	0,881
Tm	69	4f ¹³ 6s ²		4f ¹²		(2)*,3	0,869
Yb	70	4f ¹⁴ 6s ²	4f ¹⁴	4f ¹³		2,3	0,858
Lu	71	4f ¹⁴ 5d 6s ²		4f ¹⁴		3	0,848

* Двухвалентное состояние Tm нельзя с уверенностью назвать характерным в отличие от других рзэ, проявляющих такую валентность.

Элемент	Символ	Порядко- вый номер	Атомный вес	Плот- ность, г/см ³	Температура, °С	
					плавления	кипения
I группа церия						
Лантан	La	57	138,91	6,162	920	4515
Церий	Ce	58	140,12	6,76	804	3600
Празеодим	Pr	59	140,907	6,769	935	3450
Неодим	Nd	60	144,24	7,00	1024	3330
Прометий	Pm	61	147,0	—	—	—
Самарий	Sm	62	150,35	7,540	1052	1900
II группа иттрия						
А. Подгруппа тербия						
Европий	Eu	63	151,96	5,166	900	1700
Гадолиний	Gd	64	157,25	7,868	1350	3000
Тербий	Tb	65	158,924	8,253	1400—1500	2800
Б. Подгруппа эрбия						
Диспрозий	Dy	66	162,50	8,565	1465—1475	2600
Гольмий	Ho	67	164,93	8,799	1475—1525	2700
Эрбий	Er	68	167,21	9,058	1475—1525	2600
Тулий	Tm	69	168,934	9,318	1500—1550	2400
В. Подгруппа иттербия						
Иттербий	Yb	70	173,04	6,599	824	1800
Лютеций	Lu	71	174,97	9,849	1650—1750	3500
Скандий	Sc	21	45,10	2,995	1550—1600	2750
Иттрий	Y	39	88,968	4,472	1475—1525	3500



Распространенность РЗЭ в земной коре

Элемент	Весовой кларк	Содержание вещества в земной коре, г/т	Содержание некоторых цветных металлов, г/т
Церий	$4,5 \cdot 10^{-3}$	45	Медь — 100
Неодим	$2,5 \cdot 10^{-3}$	25	Олово — 40
Лантан	$1,8 \cdot 10^{-3}$	18	Свинец — 16
Гадолиний	$1 \cdot 10^{-3}$	11	Серебро — 0,1
Празеодим	$7 \cdot 10^{-4}$	7	
Самарий	$7 \cdot 10^{-4}$	7	
Диспрозий	$7 \cdot 10^{-4}$	7	
Эрбий	$4,5 \cdot 10^{-4}$	4,5	
Иттербий	$4,5 \cdot 10^{-4}$	4,5	
Торий	$8 \cdot 10^{-4}$	8,0	
Иттрий	$1,8 \cdot 10^{-3}$	2,8	
Итого редких земель + + иттрий	—	162	156,1

Распределение мировых запасов редкоземельных металлов



Мировые запасы и база запасов РЗЭ, тыс. т

Мировые запасы и база запасов РЗМ, тыс. т*

Страна	Запасы	База запасов
Прочие страны	22 000	23 000
КНР	27 000	89 000
Бывш. СССР	19 000	21 000
США	13 000	14 000
Австралия	5 200	5 800
Индия	1 100	1 300
ЮАР	390	400
Бразилия	82	310
Малайзия	30	35
Шри-Ланка	12	13
<i>Всего</i>	100 000	110 000

Среднее содержание РЗЭ в наиболее крупных месторождениях мира.

Название месторождения	Массовая доля РЗЭ, %
Ловозерское (Россия)	1,1
Томторское (Россия)	12,8
Боян-Обо (Китай)	6,0
Маунтин-Пасс (США)	7,7

Месторождения РЗЭ

Магматические месторождения

Гранитные пегматиты

Карбонатиты

Россыпные месторождения

Спасибо за внимание