



РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ

- Редкоземельные элементы
- Минералы и концентраты
- Производство и запасы
- Применение
- Потребность и стоимость
- Российский фосфогипс и РЗЭ
- Белорусский фосфогипс и РЗЭ



РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ



«Редкоземельные» (TR, ср. лат. *terrae rarae* - «редкие земли») редко встречаются в земной коре ($1,6-1,7$)* $10^{-2}\%$ по массе), образуют тугоплавкие, почти не растворимые в воде оксиды (до XIX века назывались «землями»).

Элементы двух подсемейств, - цериевого (лёгкие - La, Ce, Pr, Nd, Sm, Eu) и иттриевого (тяжёлые - Y, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Lu) - редко встречаются в земной коре.

По запасам сырья, которые сильно рассеяны, РЗЭ не являются редкими, по суммарной распространенности они превосходят свинец в 10 раз, молибден - в 50 раз, вольфрам - в 165 раз.

Место 61 занял прометий, выделенный из продуктов деления урана.

			31	Y	Иттрий
57	La	Лантан	64	Gd	Гадолиний
58	Ce	Церий	65	Tb	Тербий
59	Pr	Празеодим	66	Dy	Диспрозий
60	Nd	Неодим	67	Ho	Гольмий
61	Pm	Прометий	68	Er	Эрбий
62	Sm	Самарий	69	Tm	Тулий
63	Eu	Европий	70	Yb	Иттербий
			71	Lu	Лютеций

МИНЕРАЛЫ И КОНЦЕНТРАТЫ



Из 250 минералов только 60-65 содержит Me_2O_3 с превышением 5-8%. Главнейшие: монацит $(Ce, La)PO_4$, ксенотим YPO_4 , бастнезит $Ce[CO_3](OH, F)$, паризит $Ca(Ce, La)_2[CO_3]_3F_2$, гадолинит $Y_2FeBe_2Si_2O_{10}$, ортит $(Ca, Ce)_2(Al, Fe)_3Si_3O_{12}(O, OH)$, лопарит $(Na, Ca, Ce)(Ti, Nb)O_3$, эшинит $(Ce, Ca, Th)(Ti, Nb)_2O_6$. Наиболее распространён в земной коре церий, наименее - тулий и лютеций.

Главные концентраты РЗЭ: бастнезит $(CeCO_3F)$ и монацит $(CePO_4)$.

70% добываемых РЗЭ приходится на долю этих руд. Наиболее богатые месторождения бастнезита в КНР и США, монацита – в Австралии, Бразилии, Индии, Малайзии, ЮАР, Шри-Ланке, Таиланде, США.

30% запасов сосредоточены в месторождениях ксенотима, ионно-абсорбционных глинах, лопаритах, апатитах, фосфаритах, вторичном монаците, эвдиалите и др.

Перспективным источником получения РЗЭ являются отходы производства фосфорной кислоты из апатитов и фосфоритов – фосфогипс.

ПРОИЗВОДСТВО И ЗАПАСЫ

В 2007-2008 г.г. в мире добывалось по 124 тыс. т РЗЭ.

Лидировали, тыс. т: Китай - 120,00; Индия - 2,70; Бразилия - 0,65.

Разведанные мировые запасы РЗЭ на конец 2008 г. составляли порядка 130 млн. т, в т.ч.: Китай - 89, СНГ - 21, США - 14, Австралия - 5,8, Индия - 1,3, Бразилия - 0,84 тыс. т).

В июле 2011 г. на глубинах 3500-6000 м в 78 местах Тихого океана к западу и востоку от Гавайев, а также к востоку от Таити и Французской Полинезии обнаружены обширные залежи редкоземельных металлов (РЗМ), которые составляют 80-100 млрд. т РЗМ.

Rare Earth Elements

La	Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	Y
57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	39

Lanthanides

Особо ценными из рассеянных элементов являются тербий, лантан и неодим, 97% которых находится на территории Китая. **Общая мировая потребность в РЗЭ - 120 тыс. т/год, однако, КНР ежегодно экспортирует менее 30 тыс. т.** По сообщению британского издания «Independent», к 2012 году правительство КНР планирует прекратить экспорт редких элементов.

ПРИМЕНЕНИЕ



Церий – каталитические фильтры – нейтрализаторы выхлопных газов.

Диспрозий, неодим, самарий – магниты.

Иттрий, европий, тербий – люминофоры.

Лантан – конденсаторы.

Лантан, церий – специальная оптика.

Иттрий – керамика.

Церий – высокотехнологические абразивы.

Гадолиний, диспрозий, лантан - рентгеновские пленки.

РЗЭ используют: в радиоэлектронике, приборостроении, атомной технике, машиностроении, химической промышленности, в металлургии и др.; La, Ce, Nd, Pr - в виде оксидов применяются для получения светопрозрачности стекол специального назначения, пропускающих инфракрасные лучи и поглощающих ультрафиолетовые лучи, кислотно- и жаростойких стекол; в производстве пигментов, лаков и красок, в нефтяной промышленности как катализаторы; в производстве некоторых взрывчатых веществ, специальных сталей и сплавов, как газопоглотители; монокристаллические соединения РЗЭ (а также стёкла) применяют для создания лазерных и других оптически активных и нелинейных элементов в оптоэлектронике.



ПРИМЕНЕНИЕ

Редкоземельные элементы (РЗЭ) обладают уникальными свойствами. **Уровень применения РЗЭ - показатель научно-технического развития** той или иной отрасли, способствует экономии минерального сырья, улучшению экологической обстановки,

обеспечению национальной безопасности. **РЗЭ нельзя заменить другим сырьем или технологиями.**

От наличия РЗЭ зависит обеспечение в стратегических, видах ценных компонентов, сохранение их резерва для будущих поколений.

РЗЭ обладают уникальными свойствами.

Сферы потребления	Объем потребления в 2005 г., тыс. т	Среднегодовой прирост в 2001-2005 гг., %
Катализаторы	28,5	3-5
Стекольная промышленность	24,0	3-5
Металлургия	16,0	8-10
Магниты	18,0	17-22
Керамика	3,5	13-15
Люминофоры	6,5	7-8
Прочее	3,5	7-9
Всего:	100,0	6-9

ПОТРЕБНОСТЬ И СТОИМОСТЬ



До 2035 года спрос на диспрозий и неодим повысится на 2600 и 7000% соответственно.

Для этого производство диспрозия должно увеличиваться каждый год в 2 раза. Этого возможно достичь параллельной переработкой отходов производства – фосфогипса.

Неодим и диспрозий самые востребованные. Они используются в постоянных магнитах (Nd_2Fe_{148}).

Если из фосфогипса можно выделить концентрат РЗЭ объемом 1-3%, то его стоимость может составить €100-600 на 1 т фосфогипса.

Гораздо большую стоимость составят выделенные из концентрата РЗЭ в отдельности, или произведенные из них изделия.

1 кг РЗЭ - церия, лантана, неодима, европия и иттрия на мировом рынке составляют \$11,6 -1640.

1 кг металлического неодима стоит \$22-32, а уже 1 кг неодим-железо-боровых магнитов – \$100-120, при содержании неодима в них около 25%.

РОССИЙСКИЙ ФОСФОГИПС И РЗЭ

Хибинский апатит - лучшее в мире фосфорное сырье, содержит: редкие земли (до 1%), стронций (2,3%), фтор (3,1%). Несмотря на невысокое содержание РЗ-элементов в апатитовом концентрате (0,7-1%). Объем апатитового этого концентрата в России – до 10 млн. т/год.

Сырье	Оксиды РЗЭ хибинских апатитов и лопаритов														
	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	Y
Лопарит	25	53	6	14	0,9	0,08	0,6	0,4	0,12	0,08	0,02	0,003	0,008	0,002	0,008
Апатит	27	43	5	14	2,1	0,7	1,7	0,1	1,1	0,1	0,4	-	0,1	-	4,8

Почти за 90-лет в Хибинах извлечено 1 млрд. 550 млн. т руды (примерно половина промышленных запасов), выработано 620 млн. т апатитового концентрата. При этом не извлечено в промышленном масштабе ни одной тонны РЗМ. То есть практически списано с баланса не менее 6 млн. т ценнейших металлов и около 20 млн. т стронция, что составляет трехкратный мировой баланс этого стратегического металла. Для экономики России, таким образом, были потеряны десятки миллиардов долларов...

БЕЛОРУССКИЙ ФОСФОГИПС И РЗЭ



На республиканском унитарном предприятии «Гомельский химический завод» ежегодно образуется 450 тыс. т фосфогипса. За время эксплуатации завода накоплено 15,4 млн. тонн, под отвалами занято более 60 га земель.

Отвалы содержат около 65 тыс. т РЗЭ. Среди них - церий, лантан, неодим, европий и иттрий. Цены на них на мировом рынке составляют \$11,6-1640 за килограмм.

Фосфогипс содержит около 95% сульфата кальция, 3% фтора, 0,6-0,9% РЗЭ и 2,6% стронция и 1,2% P_2O_5 . При переработке апатитового концентрата в фосфорную кислоту около 80% редкоземельных элементов переходит в побочный продукт - фосфогипс.

Исходя из стоимости и массы содержащихся в ней РЗЭ, гомельскую гору можно оценить в \$6,6 млрд. При существующей на заводе технологии из 1 т апатитового концентрата производится продукции на \$150; в результате предлагаемой новой технологии этот объем продукции может быть увеличен на \$900.

ПРОДУКЦИЯ. КАЛИЯ СУЛЬФАТ



Калия сульфат K_2SO_4 , или калий сернокислый, одно из наиболее распространенных и применяемых в мире бесхлорных удобрений. Можно применять на всех видах почв, для всех культур, а также для балконного и комнатного цветоводства.

Рекомендуется вносить под культуры, не переносящие избыток хлора (картофель, бобы, горох, фасоль). Очень рекомендуется для овощей семейства простоцветных (капуста, репа, редис, редька). Подходит для всех способов внесения: для подкормки в течение вегетационного периода и при перекопке почвы осенью и весной (основной способ). Сульфат калия широко применяют при внекорневых обработках способом опрыскивания в любых системах полива и в любых системах распыления. Доза - 20-25 г на 1 кв.м.

Наш плановый объем производства калия сульфата на Объекте – Домбровский карьер, около 240 тыс. т/год (около 18 ж/д вагонов в сутки).

