



РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ

Авторы: Э. Г. Раков

РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ (РЗЭ, в минералогии TR – от лат. terra rara), семейство из 17 химич. элементов III группы короткой формы (3-й группы длинной формы) периодич. системы; включает [скандий](#), [иттрий](#), [лантан](#) и лантаноиды: [церий](#), [празеодим](#), [неодим](#), [прометий](#), [самарий](#), [европий](#), [гадолиний](#), [тербий](#), [диспрозий](#), [гольмий](#), [эрбий](#), [тулий](#), [иттербий](#), [лютеций](#). По химич. свойствам и совместному нахождению в природе делятся на иттриевую (Y, La, Gd – Lu) и цериевую (Ce – Eu) подгруппы, по атомной массе – на лёгкие (Ce – Eu) и тяжёлые (Gd – Lu) лантаноиды. Скандий часто не включают в состав РЗЭ. Назв. «редкоземельные» связано с тем, что эти элементы сравнительно редко встречаются в земной коре и образуют тугоплавкие, практически нерастворимые в воде оксиды (в нач. 19 в. и ранее – «земли»).

РЗЭ – светло-серебристые или слегка желтоватые (Pr, Nd) пластичные металлы, легко поддающиеся механич. обработке. Наименьшие $t_{пл}$ имеют Ce (804°C), Yb (824°C) и Eu (826°C), наибольшие – Lu (1652°C), Tm (1545°C), Sc (1541°C) и Y (1526°C); наименьшие $t_{кип}$ имеют Yb (1196°C), Eu (1527°C) и Sm (1788°C), наибольшие – Pr (3512°C), Ce (3450°C), La (3470°C) и Lu (3402°C). На воздухе лёгкие лантаноиды окисляются при комнатной температуре, тяжёлые – при нагревании до 180–200°C; порошки многих РЗЭ, а также компактный Ce и его сплавы пирофорны.

Для лантаноидов свойственно явление лантаноидного сжатия – плавное уменьшение размеров атомов (Eu и Yb являются исключениями) и ионов одинакового заряда с увеличением атомного номера элемента. Это делает лантаноиды в некоторой степени аналогами [актиноидов](#), которые проявляют актиноидное сжатие, и заметно отличает от остальных химич. элементов.

В химич. соединениях все РЗЭ проявляют степень окисления +3; Ce, Pr, Nd, Tb могут иметь степень окисления +4, Sm, Eu, Tm и Yb +2. РЗЭ легко образуют галогениды (фториды, хлориды и др.), оксиды, халькогениды (сульфиды и др.), нитриды, карбиды, бориды и гидриды. РЗЭ – энергичные восстановители оксидов и галогенидов др. металлов. При нагревании РЗЭ реагируют с водой, соляной, серной и азотной кислотами. Известны карбонаты, фосфаты, сульфаты, др. соли, многочисл. комплексные и интерметаллич. соединения РЗЭ.

В природе РЗЭ с чётными атомными номерами распространены больше, чем с нечётными. Иттрий и лёгкие лантаноиды (кроме Pm) содержатся в земной коре в больших количествах, чем тяжёлые. Наиболее распространены Ce, Y, Nd и La. Важнейшие минералы – [бастнезит](#) и [монацит](#) (содержат лёгкие лантаноиды), [ксенотим](#) (содержит Y и тяжёлые лантаноиды). Пром. значение в РФ имеют [лопарит](#) и [апатит](#). Примерно $1/3$ мировых запасов РЗЭ находится в Китае, ок. 20% – в России. Месторождения РЗЭ имеются в Бразилии, Малайзии, Индии, Австралии, США, Швеции, на Мадагаскаре и в др. странах. Ок. 95% мирового произ-ва РЗЭ сосредоточено в Китае, 3% – в США, ок. 2% – в России. При этом доля России в произ-ве изделий из РЗЭ составляет ок. 1% (2012).

Ежегодное потребление Nd, Eu, Tb, Dy и Y оценивается в 140 тыс. т (2012). Мировой рынок всех РЗЭ составляет ок. 15 млрд. долл. США (2012) и увеличивается примерно на 10% в год. РЗЭ используют в радиоэлектронике (напр., в мобильных телефонах), энергетике (аккумуляторы и др.), атомной, машиностроит., металлургич. (легирование цветных металлов, произ-во постоянных магнитов), химич., нефтехимич. (произ-во катализаторов), стекольной и оборонной пром-сти.

Литература

Лит.: Яценко С. П., Федорова Е. Г. Редкоземельные элементы: Взаимодействие с р-металлами. М., 1990; Gupta С. К., Krishnamurthy N. Extractive metallurgy of rare earth. L., 2005; Handbook of rare earth: (Properties, extraction, preparation and applications). Delhi, 2009.