

## مروری بر عناصر نادر خاکی (مصارف، منابع و بازار)

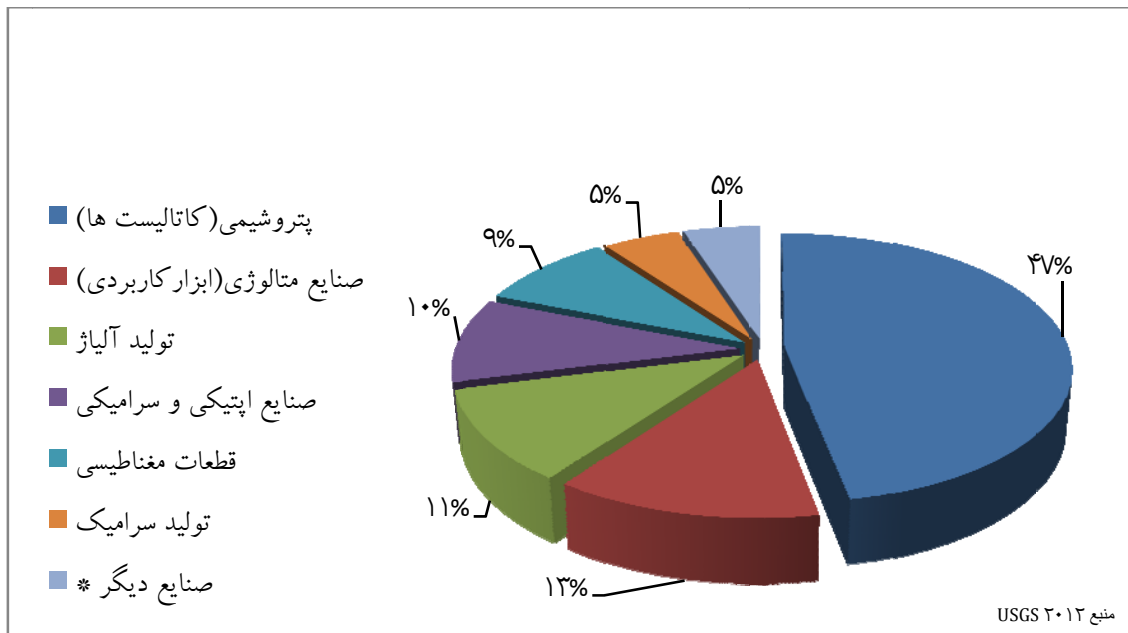
توسعه تکنولوژی در تولید حافظه های کامپیوتری، لوح های فشرده، باتری های قابل شارژ، تلفن همراه، کاتالیست ها، قطعات مغناطیسی، قطعات اپتیکی، لامپ های نورانی و ... باعث گردیده عناصر نادر خاکی و آلیاژهای آنها که به طور مستقیم در تولیدات این نوع کالاها دخالت دارند، در دو دهه گذشته بیش از پیش مورد توجه و استفاده قرار گیرند.

عنصرهای خاکی کمیاب با نشانه اختصاری "REES"، مجموعه ۱۷ عنصر شیمیایی جدول تناوبی است. این دسته از عنصرها عبارتند از پانزده عنصر لانتانیدها و دو عنصر اسکاندیم و ایتیریم (تصویر شماره ۱).

														3 IIB
														21 Sc 44.956
														39 Y 88.906
57 La 138.91	58 Ce 140.12	59 Pr 140.91	60 Nd 144.24	61 Pm (145)	62 Sm 150.36	63 Eu 151.96	64 Gd 157.25	65 Tb 158.93	66 Dy 162.50	67 Ho 164.93	68 Er 167.26	69 Tm 168.93	70 Yb 173.04	71 Lu 174.97
LREE							HREE							

تصویر شماره ۱- مجموعه عناصر نادر خاکی کمیاب

از نظر حجم مصرف، صنایع پتروشیمی بزرگترین مصرف کننده این عناصر جهت تولید کاتالیست ها و اتوکاتالیست ها می باشند و پس از آن صنایع متالوژی در رتبه دوم مصرف قرار دارند. صفحات نمایشگر، قطعات الکترونیکی و اپتیکی، تجهیزات نظامی و ... از دیگر منابع مصرف کننده این عناصر می باشند (نمودار شماره ۱).



\*شامل صنایع الکترونیکی، ارتباطی - X-Ray - تجهیزات نوری

نمودار شماره ۱- میزان مصرف عناصر نادر خاکی بر حسب صنایع و تولیدات مصرف کننده در دنیا - سال ۲۰۱۱

امروزه بسیاری از باتری های قابل شارژ با ترکیبات نادر خاکی (La-Ni-H) ساخته می شوند. این باتری ها به تدریج جایگزین باتری های NiCd مورد استفاده در کامپیوتر و ابزارهای ارتباطاتی و در نهایت باتری های سربی مورد استفاده در خودروها خواهند شد. همچنین توسعه دستگاههای الکترونیکی قابل حمل از قبیل تلفن همراه، تبلت، لپتاب، دوربین و نیاز به تامین انرژی این دستگاهها، استفاده روز افزون این نوع باتری ها را دنبال خواهد داشت. هرچند امروزه استفاده از این نوع باتری ها در صنایع به طور گسترده پرهزینه می باشد، اما باتری های La-Ni-H با کارکرد مناسب تر و مشکلات زیست محیطی کمتر، می توانند همراه با سرعت سریع رشد تکنولوژی، مورد استفاده انبوه قرار گیرند.

در تولید خودروهای پیشرفته هایبریدی، حدود ۱ کیلوگرم نئودیمیم مورد استفاده قرار می گیرد که این میزان در کنار حجم مصرف شده عناصر نادر خاکی جهت تولید باتری این خودروها، می توانند در آینده روند افزایشی مصرف این عناصر را به دنبال داشته باشند (تصویر شماره ۲).

### HYBRID electric motor and generator

- Neodymium
- Praseodymium
- Dysprosium
- Terbium

### HYBRID NiMH battery

- Lanthanum
- Neodymium
- Cerium



Enabling better emission standards and lower energy consumption



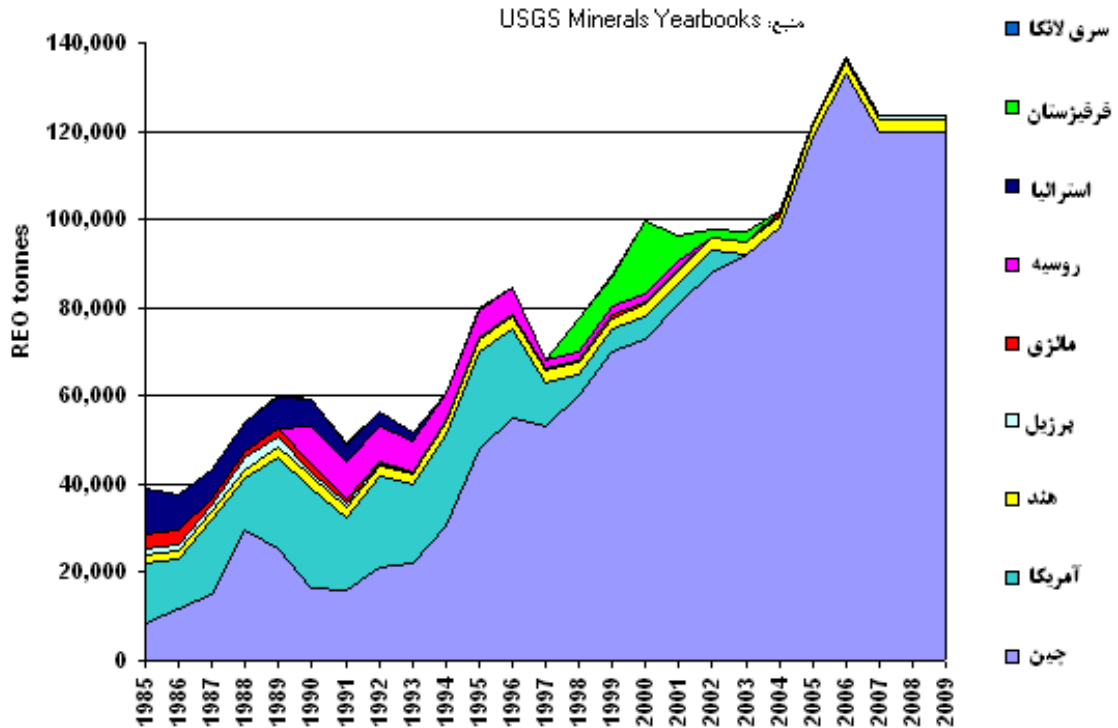
تصویر شماره ۲- تنوع عناصر نادر خاکی مورد استفاده در خودروهای هایبریدی

جدول ۱- عناصر نادر خاکی مورد استفاده در محصولات مختلف

نوع محصول	کاتالیست ها و ساینده ها	صنایع اپتیکی، الکترونیکی	آلیاژهای فلزی	قطعات مغناطیسی - موتورهای الکتریکی	صفحات نمایشگر	سرامیک
عنصر مورد استفاده	لانتانیم و سریم	سریم	لانتانیم	نئودیمیوم و تربیم	اروپیم و تربیم	ایتریوم

تا سال ۱۹۴۸، عناصر نادر خاکی از ذخایر پلاستی هند و برزیل استخراج می گردید. در سال ۱۹۵۰ ذخایر موناویت آفریقای جنوبی به عنوان منابع مهم عناصر نادر خاکی معرفی گردید و پس از آن از سال ۱۹۶۰ تا ۱۹۸۰ معدن Mountain Pass در آمریکا به عنوان بزرگترین تولید کننده عناصر نادر خاکی در جهان بشمار می آمد. امروزه هند و آفریقای جنوبی هنوز به عنوان تولید کننده عناصر نادر خاکی مطرح می باشند ولی این میزان تولید در مقایسه با تولید چین بسیار ناچیز است.

با کاهش تولید معدن Mountain Pass در اوایل سال ۱۹۹۰ و توقف فعالیت بدلیل مشکلات زیست محیطی و افزایش هزینه های تولید، چین بعنوان تولید کننده اصلی عناصر نادر خاکی در جهان مطرح گردید و در سال ۲۰۰۰ با سهم ۹۰ درصدی تولید جهانی و قیمت پایین محصولات، در رتبه اول تولیدکنندگان عناصر نادر خاکی قرار گرفت و با ادامه این روند در سال ۲۰۰۹، ۹۷ درصد تولید جهانی را از آن خود نمود (نمودار شماره ۲).



نمودار شماره ۲- تولید جهانی عناصر نادر خاکی از سال ۱۹۸۵-۲۰۰۹

بر اساس گزارش سازمان زمین شناسی آمریکا، کشورهای دیگری نیز همانند: قرقیزستان، مالزی، اندونزی، نیجریه، کره شمالی و ویتنام نیز دارای تولیدات عناصر نادر خاکی می باشند (USGS, ۲۰۱۱).

در سال های اخیر ژاپن و آمریکا به بزرگترین واردکننده عناصر نادرخاکی تبدیل شده اند و این امر باعث گردید از سال ۲۰۱۰ با استفاده از تکنولوژی های جدید عملیات فرآوری بر روی کنسانتره معدن Mountain Pass، جهت تولید لاتانیم و دیدیمیوم به منظور تامین مصرف داخلی از سر گرفته شود.

جدول شماره ۲- تولید جهانی و ذخایر موجود عناصر نادر خاکی در دنیا

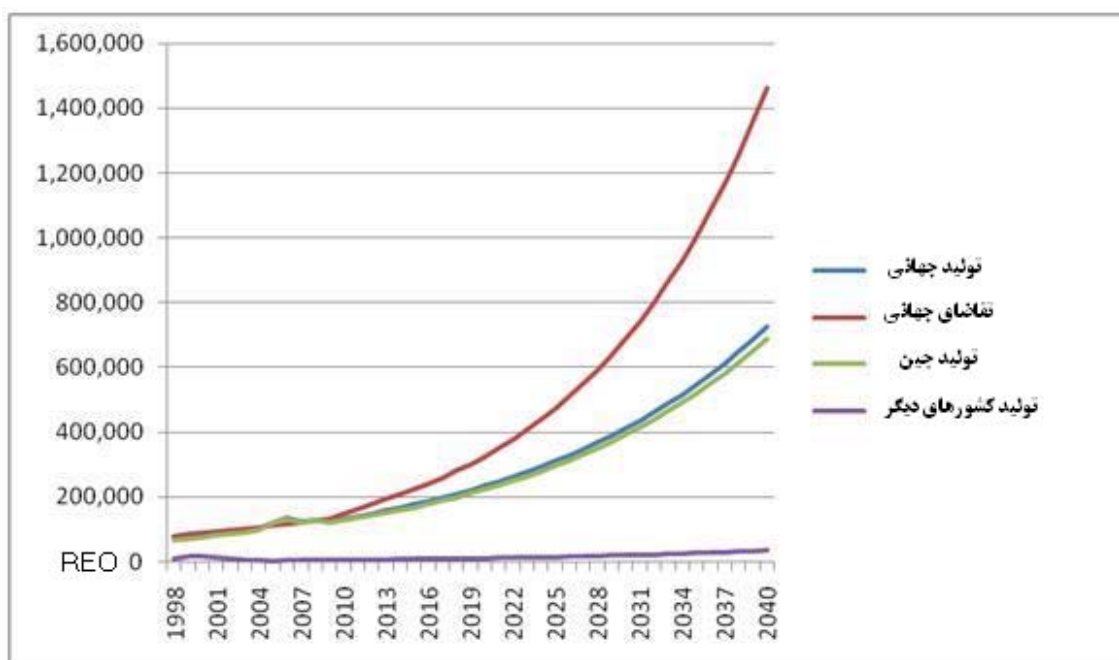
منبع ۲۰۱۲ USGS - Mineral Commodity Summaries

میزان ذخیره (تن)	میزان تولید (تن)		کشور
	۲۰۱۱	۲۰۱۰	
۱۳,۰۰۰,۰۰۰	-	-	آمریکا
۱,۶۰۰,۰۰۰	-	-	استرالیا
۴۸,۰۰۰	۵۵۰	۵۵۰	برزیل
۵۵,۰۰۰,۰۰۰	۱۳۰,۰۰۰	۱۳۰,۰۰۰	چین
۱۹,۰۰۰,۰۰۰	گزارش نشده	گزارش نشده	کشورهای مشترک المنافع
۳,۱۰۰,۰۰۰	۳,۰۰۰	۲,۸۰۰	هند
۳۰,۰۰۰	۳۰	۳۰	مالزی
۲۲,۰۰۰,۰۰۰	گزارش نشده	گزارش نشده	دیگر کشورها
<b>۱۱۳,۷۷۸,۰۰۰</b>	<b>۱۳۳,۵۸۰</b>	<b>۱۳۳,۳۸۰</b>	<b>مجموع</b>

در سال ۲۰۱۰ چین اعلام نمود با توجه به نیاز محصولات داخلی به عناصر نادر خاکی و اطمینان جهت تامین این عناصر از منابع داخلی، صادرات خود را به میزان چشمگیری کاهش خواهد داد به نحوی که تا سال ۲۰۱۵ این صادرات متوقف خواهد شد. این خبر باعث افزایش بی سابقه قیمت عناصر نادر خاکی در دنیا گردید.

به دنبال اعلام این خبر، چین ۷۲ درصد از صادرات عناصر نادر خاکی خود را کاهش داد و پس از آن اعلام شد در نیمه نخست سال ۲۰۱۱ این کاهش به میزان ۳۵ درصد ادامه خواهد داشت (Bloomberg News, ۲۰۱۰). دولت چین میزان صادرات تخصیص یافته برای نیمه اول سال ۲۰۱۱ را، ۱۵۹۱۹ تن اعلام نمود. این میزان در مقایسه با صادرات نیمه اول سال ۲۰۱۰ با ۲۴۵۵۵ تن، ۲۶ درصد کاهش نشان می داد که باعث شکایت آمریکا و ژاپن از دولت چین گردید.

هرچند چین با افزایش ۲.۷ درصدی صادرات عناصر نادر خاکی نسبت به سال ۲۰۱۱ موافقت نموده است و کل صادرات این عناصر در سال ۲۰۱۲ برابر با ۳۰,۹۹۶ تن خواهد بود ولی بسیاری از تحلیلگران از کاهش صادرات چین به نفع منافع، نیازها، و توسعه اقتصادی داخلی آن کشور خبر می دهند. (rareearthinvestingnews.com) علاوه بر این به نظر میرسد میزان تولیدات چین برای تقاضای روزافزون استفاده از عناصر نادر خاکی در دنیا نیز، ناکافی باشد.



نمودار شماره ۳- پیش بینی تولید و تقاضای جهانی عناصر نادر خاکی بر اساس گزارشهای تحلیلی

ارزش تخمینی واردات عناصر نادر خاکی توسط آمریکا در سال ۲۰۱۱، ۶۹۶ میلیون دلار تخمین زده می شود که این میزان نسبت به سال ۲۰۱۰ با ۱۶۱ میلیون دلار، دارای افزایش قابل توجهی می باشد.

جدول شماره ۳- تغییرات قیمت سالانه اکسیدهای عناصر نادر خاکی ۲۰۰۶-۲۰۱۱ (دلار بر کیلوگرم)

۲۰۱۱	۲۰۱۰	۲۰۰۹	۲۰۰۸	۲۰۰۷	۲۰۰۶	نوع اکسید
۱۰۴.۹	۲۵	۵.۹	۷.۸	۳.۰	۱.۸	اکسید لاتانیم ۹۹٪
۱۰۲.۵	۲۳	۴.۲	۴.۴	۲.۵۰	۱.۵	اکسید سریوم ۹۹٪
۱۹۶.۳	۴۸.۶	۱۵	۲۷	۲۸	۱۳.۶	اکسید پراسئودیمیم ۹۹٪
۲۳۴.۲	۴۹	۱۵	۲۷	۲۹	۱۴.۸	اکسید نئودیمیم ۹۹٪
۱۰۳.۵	۱۷	۴.۵	۴.۵	۳.۳	n/a	اکسید ساماریوم ۹۹٪
۲۹۲۴	۵۶۰	۴۵۰	۴۷۰	۲۹۷	۲۳۹	اکسید اروپیم ۹۹.۹٪
۱۴۹	۲۳.۵	۶.۶	۹.۸	۸.۸	n/a	اکسید گادولینیم ۹۹٪
۲۳۸۷	۵۴۲	۳۵۰	۶۵۰	۵۵۵	۴۶۰	اکسید تربیم ۹۹٪
۱۴۷۱	۲۳۲	۱۰۰	۱۱۰	۸۳	۶۹	اکسید دیسپروزیوم ۹۹٪
۱۳۶.۱	۲۸.۸	۱۳.۶	۱۵	۶.۹	۴	اکسید ایتریوم ۹۹.۹۹٪

منبع: [arafuraresources.com.au](http://arafuraresources.com.au)

- قیمت متوسط سالانه

جدول شماره ۴- تغییرات قیمت اکسید های عناصر نادر خاکی در نیمه دوم سال ۲۰۱۲ (دلار بر کیلوگرم)

نوع اکسید	ژوئیه	اوت	سپتامبر	اکتبر	نوامبر	۱۳ دسامبر
اکسید لاتانیم ۹۹٪	۱۹	۱۸	۱۶	۱۲	۱۲	۱۲
اکسید سریم ۹۹٪	۱۹	۱۹	۱۶	۱۵	۱۴	۱۳
اکسید پراسئودیمیوم ۹۹٪	۱۰۵	۱۰۰	۹۵	۸۲.۵	۸۲.۵	۸۲.۵
اکسید نئودیمیوم ۹۹٪	۱۰۵	۹۹.۵۰	۹۷.۵	۸۲.۵	۸۰.۵	۸۰.۵
اکسید ساماریوم ۹۹٪	۶۷.۵	۵۵.۵۰	۵۰.۵	۳۲.۵	۲۴.۵	۲۲.۵
اکسید اروپیم ۹۹.۹٪	۲۰۱۰	۲۰۱۰	۲۰۱۰	۱۸۱۰	۱۷۶۰	۱۷۶۰
اکسید گادولینیم ۹۹٪	۱۰۲.۵۰	۹۲.۵۰	۹۲.۵	۶۴.۵	۶۴.۵	۶۴.۵
اکسید تربیم ۹۹٪	۱۹۰۰	۱۷۵۰	۱۶۵۰	۱۳۰۰	۶۱۵	۶۱۵
اکسید دیسپروزیوم ۹۹٪	۹۹۰	۹۳۵	۹۹۰	۶۱۵	۱۳۰۰	۱۳۰۰
اکسید ایتریوم ۹۹.۹۹٪	۹۷.۵۰	۸۵.۵	۶۵.۵	۵۷.۵	۴۷.۵	۴۲.۵

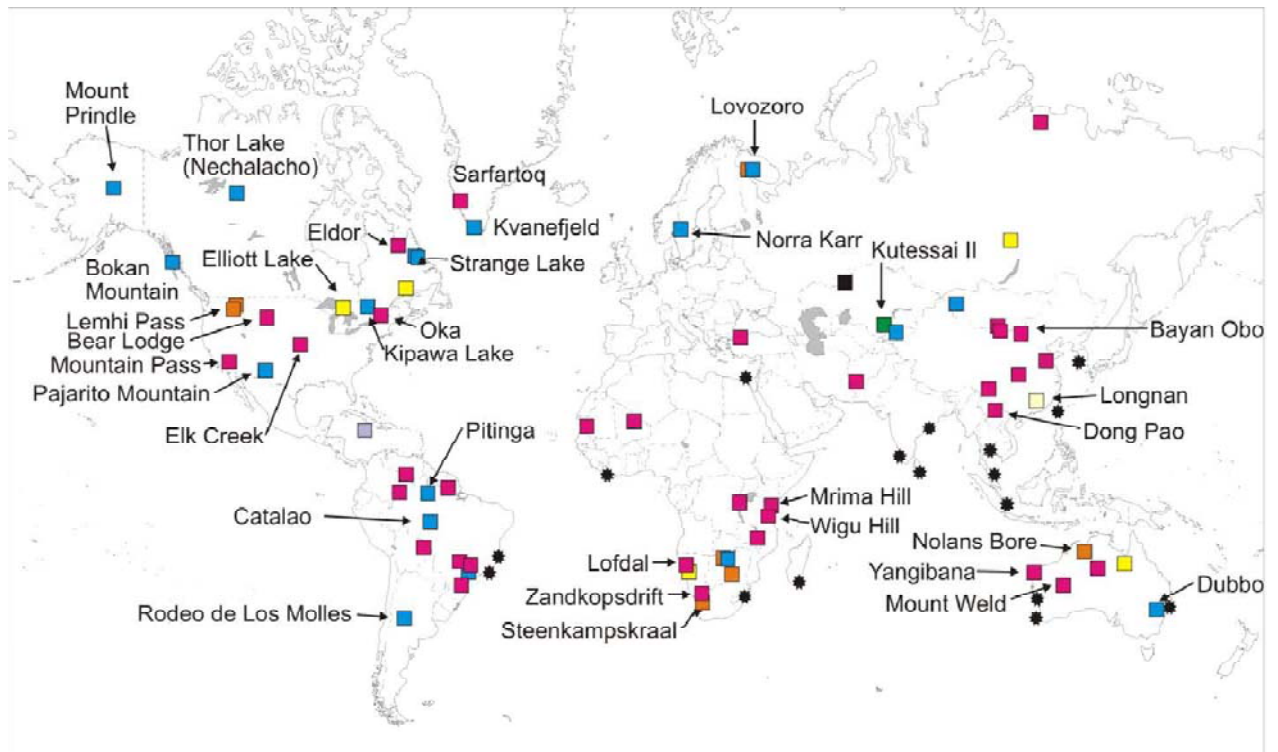
منبع: [arafuraresources.com.au](http://arafuraresources.com.au)

- قیمت ها بر اساس آخرین قیمت گزارش شده در دوره می باشند
- قیمت ها بر اساس خلوص ۹۹ درصد اکسید نادر خاکی و اروپیم با خلوص ۹۹.۹٪ و ایتریوم با خلوص ۹۹.۹۹۹٪ گزارش شده است.

عناصر نادر خاکی پوسته زمین نسبتاً فراوان هستند، اما تجمع اقتصادی این عناصر نسبت به دیگر عناصر پوسته زمین، بسیار محدود بوده و معادن این گونه عناصر در دنیا نایاب می باشند.

عمده ذخایر اقتصادی این عناصر در کانی های گروه باستنائزیت (Bastnäsite) و مونازیت (Monazite) یافت میشود.

ذخایر باستنائزیت در چین و ایالات متحده بزرگترین منابع اقتصادی عناصر نادر خاکی را تشکیل می دهند و ذخایر مونازیت در استرالیا، برزیل، چین، هند، مالزی، آفریقای جنوبی، سریلانکا، تایلند، و همچنین در ایالات متحده در رده دوم، از منابع اقتصادی بعدی عناصر نادر خاکی می باشند. آپاتیت، Cheralite، Eudialyte، Loparite و ... ، بسیاری دیگری از منابع عناصر نادر خاکی را تشکیل می دهند.



■ Bauxite laterite                      ■ Magnetite ore deposit                      ■ Uranium deposit  
 ■ Carbonatite complex                      ■ Peralkaline igneous deposit                      ■ Vein deposit  
 ■ Ion-adsorbed clay deposit                      \* Placer deposit                      ■ Weathered crust saprolite

تصویر شماره ۳- توزیع جهانی ذخایر عناصر نادر خاکی شناخته شده ( ماریانو و همکاران، ۲۰۱۰).

از سال ۲۰۱۰ تلاش های اکتشافی به منظور افزایش منابع عناصر نادر خاکی به طرز چشمگیری افزایش یافته است و در حاضر سرمایه گذاری بسیاری در آمریکا و کانادا جهت کشف و بهره برداری ذخایر جدید در حال انجام است.

تلاش ها و تمرکز جهت اکتشاف و بهره برداری از این ذخایر به کشورهای همسایه ایران نیز کشیده شده است. براساس گزارش منتشر شده سازمان زمین شناسی افغانستان و بررسی تخمینی سازمان زمین شناسی آمریکا، میزان ذخیره عناصر نادر خاکی سبک در محدوده معدنی خانه شین ولایت هلمند افغانستان، حداقل ۱ میلیون تن برآورد شده است و از نظر عیار، این ذخیره در کلاس جهانی با معادن Bayan Obo در چین و Mountain Pass در آمریکا قابل مقایسه است.

اکتشافات موضوعی انجام شده و شناسایی آنومالی های این عناصر، حاکی از وجود پتانسیل بالقوه عناصر نادر خاکی در کشور می باشد. از سویی رشد شتاب گرفته مصرف و ارزش استراتژیک این عناصر، فضا را جهت توجه بیشتر به منابع موجود آماده نموده است و لازم است با استفاده از دانش



روز دنیا و انجام اکتشافات گسترده و شناسایی منابع اقتصادی، نسبت به توسعه فعالیت های  
زیرساختی مرتبط با حوزه عناصر نادرخاکی اقدام نمود.

حامد عسکری زاده

کارشناس دفتر تامین و بهره برداری زیرساخت ها