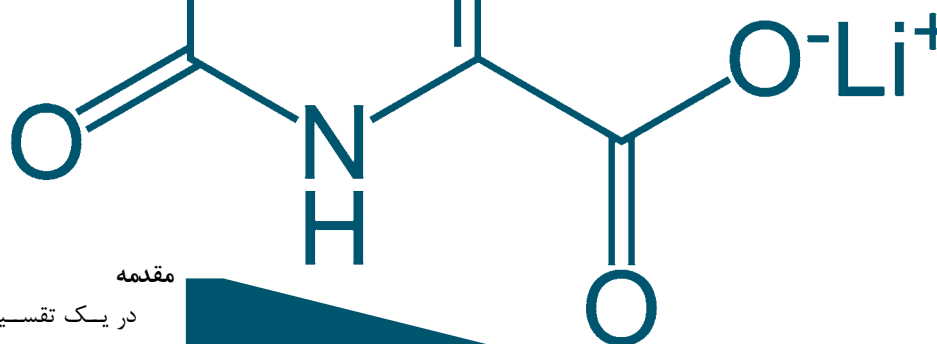


زمین‌شناسی اقتصادی عناصر نادر



مقدمه

در یک تقسیم بندی کلی ژئوشیمیایی، عناصر تشکیل دهنده سنگها در سه دسته عناصر اصلی (با فراوانی بیش از ۱ درصد)، عناصر فرعی (با فراوانی ۰/۱ تا ۰/۰۱ درصد) و عناصر با فراوانی کم (کمتر از ۰/۰۱ درصد) تقسیم می‌شوند. هر یک از عناصر یاد شده در سنگ‌های گوناگون آذرین، رسوبی و دگرگونی، رفتاری ناهمسان را در فرایندهای گوناگون عمل کننده در سنگ‌های آذرین رسوبی و دگرگون در چند رده قرار می‌گیرند. این دسته از عناصر در سیستم آذرین به دو رده تقسیم می‌شوند.

۱. عناصر سازگار: در کانی‌های تشکیل شده در گامه‌های آغازین وارد می‌شوند.

۲. عناصر ناسازگار: در کانی‌های تأخیری سنگ‌های آذرین وارد می‌شوند. عناصر ناسازگار شامل دو گروه‌اند: از دیدگاه کاربردی بخشی از عناصر با فراوانی کم به عنوان عناصر نادر معروف‌اند که در این نوشتار نیز به‌طور عمده به آن‌ها می‌پردازیم.

چکیده

از دیدگاه کاربردی بخشی (حدود ۳۰ عنصر) از عناصر با فراوانی کم به عنوان عناصر نادر معروف‌اند. این نام بنا به دلایل گوناگون از جمله کشف دیر هنگام، رخداد کم در طبیعت، نداشتن تقاضا در بازار و فرایند استحصال بسیار دشوار برای آن‌ها انتخاب شد و تنها در چند دهه اخیر در صنایع مورد توجه قرار گرفته‌اند. این عناصر به پنج گروه عناصر نادر آلکالین، عناصر نادر سبک، عناصر با نقطه ذوب بالا، عناصر نادر خاکی و عناصر پراکنده‌ای که به‌طور عمده در کانه‌های سولفیدی متمرکزند، تقسیم می‌شوند.

هر یک از این عناصر به دلیل ویژگی‌های شیمیایی و فیزیکی خود، کاربردهای بسیار متنوع دارند. برخی از کاربردهای آن‌ها در زندگی انسان نقش استراتژیک دارند. این نقش ممکن است استفاده از آن‌ها در ابزار و ماشین آلات یا کاربرد مستقیم در مواد دارویی یا غذایی مصرفی انسان و سایر موجودات زنده باشد. منابع تأمین این عناصر نیز محدودند و معمولاً به جز چند مورد خاص به عنوان محصول جانبی از ذخایر فلزات دیگر استخراج می‌شوند.

کلیدواژه‌ها: عناصر کمیاب، عناصر سازگار، عناصر ناسازگار، عناصر نادر آلکالین، عناصر نادر سبک، عناصر نادر خاکی، عناصر با نقطه ذوب بالا.

عناصر نادر

عناصری هستند که بنا به دلایل گوناگون از جمله کشف دیر هنگام، رخداد کم در طبیعت، نداشتن تقاضا در بازار و فرایند استحصال بسیار دشوار، تنها در چند دهه اخیر در صنایع مورد توجه قرار گرفته و به نام عناصر نادر مصطلح شده‌اند.

این عناصر بیش از سی عنصر هستند، که به چند گروه تقسیم می‌شوند (شکل شماره ۱)

۱. عناصر نادر آلکالین شامل لیتیم، روبیدیم و سزیم،
۲. عناصر نادر سبک، تنها عنصر برلیوم در این گروه قرار می‌گیرد؛
۳. عناصر با نقطه ذوب بالا شامل تانتالیم، نیوبیوم، زیرکونیم و هافنیم؛
۴. عناصر نادر خاکی شامل لانتانیدها و عناصر شبیه به آن‌ها مثل ایتیریم و اسکاندیم؛
۵. عناصر پراکنده‌ای که به‌طور عمده در کانه‌های سولفیدی متمرکز می‌شوند و شامل ژرمانیم، گالیم، رنیم، تالیم، کادمیوم، ایندیم، سلنیم و تلوریم هستند. بنابراین اصطلاح عناصر نادر آن‌چنان مرتبط با رخداد نادر آن‌ها در طبیعت نیست. این عناصر گاهی به نام فلزات نادر نیز نامیده می‌شوند که البته چون برخی از آن‌ها شبه فلزند (مثل سلنیم) اصطلاح عناصر نادر درست‌تر می‌نماید.

۱- گروه عناصر نادر آلکالین

۱-۱- لیتیم

در سال ۱۸۱۷ آرفودسون، شیمیدان سوئدی لیتیم را کشف کرد. این عنصر در قرن گذشته به مقدار کم در صنایع دارویی استفاده شد. به دلیل وزن مخصوص بسیار اندک آن (۰/۵۳)، ظرفیت گرمایی بالا، قابلیت واکنش بسیار بالا، پتانسیل بسیار بالا برای تشکیل آلیاژ با برلیوم، آلومینیوم، مس و سرب، این فلز در بیش از ۱۵۰ مورد کاربرد دارد. لیتیم در شیشه‌سازی،

متالوژی، صنایع الکتریکی، سرامیک و شیمیایی استفاده می‌شود.

کانسارهای با عیار بالای این فلز داری ۱/۵-۱/۳ و به ندرت تا ۲ درصد اکسید لیتیم هستند. مهم‌ترین منبع لیتیم، پگماتیت‌ها، شورابه‌ها و آب‌های حوضه‌های با تبخیر شدید و هم‌چنین آب‌های زیرزمینی دارای برم و ید در میدان‌های نفتی هستند.

لیتیم در ساختمان ۲۸ کانی که به‌طور عمده سیلیکاته و فسفات هستند متمرکز می‌شود اما این فلز به‌طور عمده از کانی اسپدومن به دست می‌آید. این کانی دارای ۶ تا ۷/۵ درصد اکسید لیتیم است. کانی‌های دیگران شامل پتالیت، لپیدولیت، آمبلی گونیت، اتوکریپتیت و زینوالدیت هستند.

۱-۲- سزیم و روبیدیم

روبییدیم نخستین بار با آنالیز طیفی به دست بونسن به دست بونسن در سال ۱۸۵۹ و سزیم نیز با آنالیز طیفی به دست کریشهوف در سال ۱۸۶۰ شناسایی شده‌اند. برای مدتی طولانی این عناصر هیچ‌گونه کاربردی نداشتند. سزیم با داشتن بزرگ‌ترین شعاع یونی در بین کاتیون‌ها و پایین‌ترین پتانسیل یونی هنگامی که در برابر اشعه خورشیدی یا اشعه کیهانی قرار گیرد یا گرم شود، می‌تواند منبعی برای جریان الکترون‌ها باشد و باتری‌های خورشیدی بر اساس آن کار می‌کنند. سزیم به عنوان سوخت موتورهای راکت‌های یونی در پروازهای فضایی و هم‌چنین در ژنراتورهای پلاسمایی استفاده می‌شود.

روبییدیم به مقدار محدود در داروسازی و در شیمی تجزیه به کار می‌رود. بیشترین تولید سزیم از پولوسیت‌های موجود در انباشته‌های پگماتیتی به دست می‌آید که ممکن است از ۰/۳ تا ۳ درصد عیار اکسید سزیم باشند.

۲- گروه عناصر نادر سبک

تنها عنصر این گروه برلیوم است

برلیوم را در سال ۱۷۹۸، شیمی‌دان فرانسوی، و کولین، در درون بریل کشف کرد. فلز خالص آن پس از گذشت یک قرن، به دست دانشمندی به نام لبو به دست آمده است. برلیوم از روی وزن مخصوص بسیار پایین (۱/۸۴۷) گرم بر سانتی‌متر مکعب، سختی بالا، الاستیسیته بالا و ظرفیت گرمایی بالا شناخته شده است. برلیوم فناوری‌های هسته‌ای، ساخت هواپیماها، موشک و فضاپیماها، قطعات ژئروسکپی، سیستم‌های ناوبری و جهت‌یابی کاربرد دارد. مهم‌ترین انباشته‌های گرایزی و رگه‌های کوارتز با محصولات جانبی تنگستن، مولیبدن و بیسموت یافت می‌شوند. به هنگام کاربرد برلیوم در فناوری‌های هسته‌ای، وجود عناصر نادر خاکی با قابلیت جذب نوترونی بالای آن‌ها بسیار مضرند.

کانی‌های برلیوم شامل کانی‌های سیلیکاته و آلومینو سیلیکاته، فسفات، اکسیدی و بوراته هستند. کانی‌هایی که ارزش اقتصادی دارند عبارت‌اند از: بریل با ۱۰ تا ۱۲ درصد اکسید برلیوم، فناکیت با ۴۰ تا ۴۴ درصد اکسید برلیوم، برتراندیت با ۴۰ تا ۴۲ درصد اکسید برلیوم، کریزوبریل با ۱۸ تا ۲۰ درصد اکسید برلیوم و چند کانی دیگر.

۳- عناصر کمیاب با نقطه ذوب بالا

۳-۱- نیوبیوم و تانتالیم

نیوبیوم و تانتالیم دو فلز شبیه به هم هستند که به‌طور عمده همراه هم دیده می‌شوند. در سال ۱۸۰۲ آکبرگ، شیمیدان سوئدی، اکسیدی را از یک کانی جدا کرد و نام آن را تانتالیم گذاشت. پس از آن در سال ۱۸۴۴، دانشمندی دیگر به نام روز ثابت کرد که همه کانی‌های دارای تانتالیم یک عنصر مشابه با تانتالیم دارند که آن را نیوبیوم نامید. هر دو عنصر دارای نقطه ذوب بالا و هر دو قابل کار، چکش خوار و پایدار در برابر دماهای بالا و اسید هستند. نیوبیوم به مقدار فراوان به صورت فروکلمبیوم،

به عنوان یک عنصر آلیاژی در فولاد ضد زنگ استفاده می شود که در ابزارهای هوا فضا و هواپیمای مافوق صوت و راکتورهای هسته ای کاربرد دارد با افزایش قلع، زیر کینیم و ژرمانیم، نیوبیوم به صورت یک ماده ابررسانا در دماهای پایین عمل می کند. تانتالیم در رادیو الکترودها در مهندسی شیمی و در تولید فوق آلیاژها استفاده می شود. نزدیک به سی درصد از تانتالیم موجود به عنوان محصول جانبی از سرباره های ذوب قلع در بردارنده تانتالیم به دست می آید که در تایلند، مالزی و ژئیر واقع اند.

بیش از پنجاه کانی در ترکیب خود دارند مهم ترین کانی آن ها گروه کلمبیت- تانتالیت و گروه پیروکلر- میکرولیت هستند.

۳-۲- زیر کونیم و هافنیم

زیر کونیم و هافنیم همسانی های ژئوشیمیایی فراوان دارند و به طور معمول با همدیگر در درون کانی ها و سنگ ها یافت می شوند. زیر کونیم در سال ۱۷۸۹ به دست شیمی دان آلمانی، ام- کلاپروت به صورت اکسید از زیرکن جدا شد هافنیم را مندلیف پیش بینی کرد دو دانشمند دانمارکی به نام های هوسی و کاستر در سال ۱۹۲۳ آن را کشف کردند. نقطه ذوب بالا، پایداری در برابر اسید و مواد ساختمانی در راکتورهای هسته ای را تعیین می کنند. زیر کونیم ماده ایده آل برای مخازن سوخت هسته ای و مواد ساختمانی در راکتورهای هسته ای است. و به عنوان مواد افزودنی در آلیاژهای غیر آهنی به کار رفته در صنایع هواپیمایی و اتومبیل استفاده می شود. به دلیل سرشت دیرگدازی زیرکن، این ماده در مواد قالب برای ریخته گری فلزات آهنی و نیز به عنوان آجر و بلوک در شیشه گری استفاده می شود.

هافنیم دارای نقطه ذوب ۳۹۰۰ درجه سانتی گراد و به صورت کاربید برای تولید مواد پایدار در برابر گرما

کاربرد دارد. نزدیک به ۷۵ درصد از تولید زیر کونیم دنیا به صورت اکسید زیر کونیم در آمریکا و استرالیا انجام می پذیرد. هافنیم تنها به صورت محصول جانبی در فرایند تولید کنسانتره زیر کونیم تولید می شود. در بعضی از کشورها از جمله هند، زیرکن به صورت محصول جانبی از پلاسراهای ایلمنیت و مونازیت به دست می آید. نزدیک به سی کانی زیر کینیم شناخته شده اند اما تنها دو کانی زیرکن (سیلیکات زیر کونیم) و بادلثیت (اکسید زیر کونیم) ارزش اقتصادی دارند.

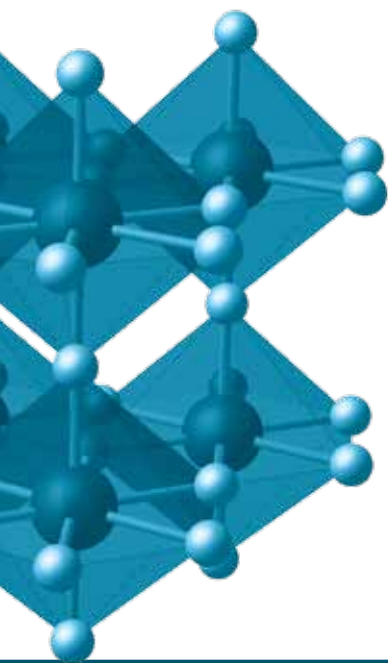
۴- عناصر نادر خاکی و عناصر شبیه به آن ها

این گروه شامل پانزده عنصر لانتانیدها در جدول تناوبی (از عدد اتمی ۵۷ تا ۷۱) به همراه ایتیریم و اسکاندیم هستند. گاهی توریم را نیز در این گروه جای می دهند. اصطلاح نادر خاکی از واژه لاتین terra rarrae مشتق شده است. عناصر نادر خاکی به دو گروه تقسیم می شوند: زیر گروه سبک یا سیریم که شامل هفت عنصر اول خانواده لانتانیدها (عدد اتمی ۵۷ تا ۶۳) و توریم هستند و زیر گروه سنگین یا ایتیریم که شامل عناصری از خانواده لانتانیدها با عدد اتمی ۶۴ تا ۷۱ به همراه ایتیریم و اسکاندیم هستند. با وجود آن که ایتیریم دارای عدد اتمی پایینی است (۳۹) اما در گروه عناصر نادر خاکی سنگین قرار گرفته است که این موضوع به دلیل همسانی ویژگی های ژئوشیمیایی آن با عناصر سنگین است. در طبیعت نیز همراه آن ها یافت می شود.

با وجود نام آن ها، این گروه از عناصر در واقع نادر نیستند. هریک از آن ها دارای فراوانی بیشتری در پوسته نسبت به عناصر نقره، طلا یا پلاتین هستند، ضمن آنکه عناصری چون سدیم، ایتیریم و نئودیم حتی بیشتر از سرب کلارک دارند. عناصر نادر خاکی سبک دارای فراوانی بیشتری نسبت به گروه سنگین هستند و عناصر با عدد اتمی زوج نیز

به طور معمول فراوانی بیشتری نسبت به عناصر مجاور خود در جدول تناوبی (عدد اتمی فرد) دارند. که این موضوع به دلیل پایداری نسبی بیشتر در هسته اتم عناصر با عدد اتمی زوج است. این عناصر هیچ گاه به صورت فلز آزاد در پوسته زمین یافت نمی شوند. کانی های طبیعی آن ها نیز مخلوطی از عناصر گوناگون این گروه و عناصر غیرفلزی را با هم دارند با سنزیت، مونازیت و زینوتیم به همراه رس های دارای عناصر نادر خاکی، کانی اقتصادی تر در میان حدود دویست کانی شناخته شده دارای این عناصر هستند. با سنزیت و مونازیت منبع عناصر نادر خاکی سبک اند و نزدیک به ۹۵ درصد از این عناصر که در حال حاضر مصرف می شوند. از آن ها به دست می آیند. کانی های زینوتیم و آلانیت منبع عناصر نادر خاکی سنگین و ایتیریم هستند. در حال حاضر کانسار بایان اوبو در مغولستان چین مهم ترین ذخیره شناخته شده این عناصر در دنیاست. علاوه بر آن حدود ۵۵۰ کمپلکس سنگ های کربناتی- آلکالن در دنیا دارای ارزش اقتصادی برای این عناصر هستند.

به طور کلی این عناصر دارای جلا و قابلیت هدایت الکتریکی بالا هستند. رنگ آن ها به طور معمول نقره ای، نقره ای



سفید یا خاکستری است. از دیدگاه شیمیایی به شدت احیا کننده‌اند، در هوا به تندی کدر می‌شوند و اکسید این عناصر را می‌سازند. در دماهای بالا آتش می‌گیرند و به سرعت می‌سوزند. ترکیبات آن‌ها به شدت پارامغناطیس‌اند. هولمیم یکی از مهم‌ترین مواد پارامغناطیس شناخته شده است. بسیاری از ترکیبات این عناصر، به‌ویژه یروپیم، پراژئودیمیم و نئودیمیم به شدت فلورسانس هستند. پروتیمیم و توریم به شدت رادیواکتیو. برخی از خواص عناصر نادر خاکی در جدول شماره ۱ آورده شده‌اند.

به دلیل همسانی زیادی که میان عناصر این گروه وجود دارد، جدا کردن آن‌ها دشوار است و کاربرد آن‌ها نیز به‌طور عمده بر اساس خواص گروهی مخلوطی از چند عنصر است. نزدیک به ۳۵ درصد از این عناصر به عنوان کاتالیزور در پالایش نفت خام استفاده می‌شود. نزدیک به سی درصد در صنایع شیشه و سرامیک به عنوان اجزای صیقل دهنده، عامل رنگ‌زا، جذب کننده اشعه ماورابنفش، عامل ضد سرخ‌شوندگی، عامل رنگ در سرامیک و شیشه، به عنوان مواد افزودنی به سرامیک‌های ساختمانی مثل نیتريد سیلیس (Si_3N_4) و زیرکن در عدسی‌ها شیشه‌های نوری و نزدیک به سی درصد آن‌ها نیز در متالوژی به

عنوان عامل بهبودی در خواص ابرآلیاژها و در آلیاژهای منیزیم، آلومینیم و نیکل - کادمیم در وسایل الکترونیک (کامپیوترها و گوشی‌های تلفن همراه) استفاده می‌شود. تک عنصرها نزدیک به پنج درصد از موارد کاربرد باقی مانده را تشکیل می‌دهند که ارزش مالی آن‌ها بیش از پنجاه درصد است. یکی از موارد کاربرد این عناصر که به تازگی گسترش یافته، تولید مغناطیس‌های دائمی است. کاربردهای صنعتی دیگر آن‌ها شامل تلویزیون رنگی، لامپ‌های فلورسانس، سنسور اکسیژن، فیبر نوری، بلورهای مصنوعی قابل کاربرد در لیزر و فیلم حافظه است.

۵- عناصر پراکنده که در کانه‌های سولفیدی متمرکز می‌شوند

این عناصر شامل ژرمانیم، گالیم، رنیم، تالیم، کادمیم، ایندیم، سلنیم و تلوریم هستند که به‌طور عمده به‌صورت افشان در کانی‌های سولفیدی به‌صورت ایزومورف جانشین عناصر دیگر می‌شوند.

۵-۱- ژرمانیم

این عنصر در سال ۱۸۸۶ به دست شیمی‌دان آلمانی، وینکلر، در کانی آرژیرودیت کشف شد. ژرمانیم به عنوان یک عنصر نیمه هادی در رادیوالکترونیک کاربرد فراوان دارد. ضمن آن که در تولید عدسی‌های مادون قرمز نیز استفاده می‌شود. ژرمانیم دارای ظرفیت جذب بسیار است و تمایل زیادی به تشکیل ترکیبات ارگانیک ژرمانیم دارد. در گامه تشکیل تورب به راحتی جذب می‌شود و در زغال سنگ‌ها تجمع می‌یابد.

۵-۲- رنیم

رنیم با عدد اتمی ۷۵ در سال ۱۹۲۵ به دست ژئوشیمیست‌های آلمانی، آیدا و والتر نوداک، در درون کانی کلمبیت و گادولینیت کشف شد. رنیم دارای بیشترین تمرکز در مولیبدنیت و آنالوگ مولیبدنیم است.

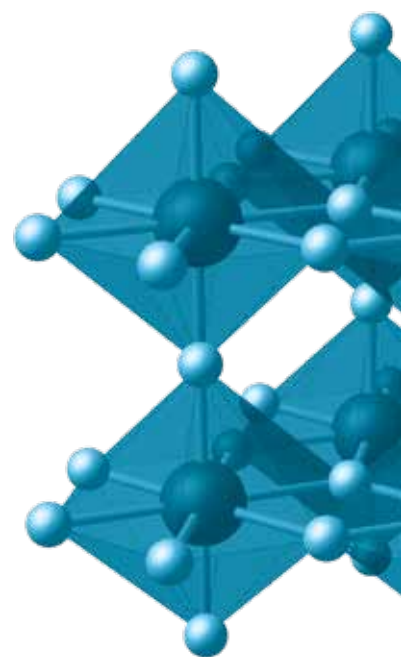
رنیم دارای نقطه ذوب بالا و ۳۱۸۰ درجه سانتی گراد، سختی و پایداری و مدول الاستیسته بالاست. و به آسانی با عناصر مولیبدن، نیوبیم، رنیم به عنوان یک عنصر آلیاژی در فلزات پایدار در دماهای بالا استفاده می‌شود و در پالایش نفت به عنوان کاتالیزور کاربرد انحصاری دارد. رنیم از باطله حاصل از فراوری مولیبدنیت، مس و مولیبدنیت و کنسانتره مس تولید می‌شود. افزون بر مولیبدنیت، رنیم ممکن است در کانی‌های کالکوپیریت و پیریت نیز دیده شود. این عنصر در کانسارهای دارای پنتلاندیت، کالکوپیریت، پیرویت، رنیم همراه با اوسمیوم و ایریدیم در درون پیرویت متمرکز می‌شود. در کانسارهای ماسیوسولفید مس، رنیم در پیریت و کالکوپیریت متمرکز می‌شود. بیشترین تمرکز رنیم در کانسارهای مس-مولیبدن اتفاق می‌افتد.

۵-۳- تالیم

تالیم با روش اسپکتروسکوپی در سال ۱۸۶۱ به دست دانشمند انگلیسی، کروکس، کشف شد. از دیدگاه خواص فیزیکی شبیه به سرب است و در نیمه هادی‌ها، سلول‌های نوری و هم‌چنین در دستگاه تشخیص دهنده تشعشعات مادون قرمز، لامپ‌های فلورسانس، آلیاژهای پایدار در برابر سایش و در مایعات سنگین و ایمرسیون کاربرد دارد. این عنصر و ترکیبات آن به شدت سمی‌اند و با وجود موارد مصرف زیاد، تقاضا برای آن کم است. این فلز بیشتر از فراوری کانه‌ها سولفیدی متعلق به انباشته‌های هیدروترمال و ماسیوسولفید به صورت جانبی به دست می‌آید. تالیم در درون کانی‌های سیلیکاته-سریسیت، کلریت- و کانی‌های سولفیدی-گالن، اسفالریت، پیریت، مارکاسیت و مقادیر کمتری در کالکوپیریت پراکنده می‌شود.

۵-۵- کادمیم

عنصر کادمیم در سال ۱۸۱۷ به دست دانشمند آلمانی استرومیر در کانه روی



کشف شد. از آنجا که این عنصر در هوا اکسید نمی‌شود، مهم‌ترین کاربرد آن در پوشش فرآورده‌های فلزی است. آلیاژهای کادمیم و مس برای ساخت سیستم‌های ذخیره برق استفاده می‌شوند. انواع گوناگون اجزای اتومبیل‌ها، هواپیماها و ابزار رادیویی از این آلیاژ استفاده می‌کنند. این عنصر همچنین در ساخت انواع باتری‌های نیکل-کادمیم و نقره-کادمیم استفاده می‌شود. این عنصر دارای استفاده ویژه در رآکتورهای هسته‌ای نیز هست. همه کادمیم موجود در بازار به عنوان محصول جانبی از باطله‌های حاصل از کانه‌های سولفیدی روی، سرب و مس به دست می‌آید.

۵-۶- ایندیم

دو شیمی‌دان آلمانی به نام‌های رایش وریشتر در سال ۱۸۶۳ ایندیم را کشف کردند. آغاز کاربرد آن در صنعت از سال ۱۹۳۰ بوده است که برای تهیه آلیاژهای مخصوص با نقره، سرب، مس، کادمیم و قلع، همچنین آلیاژهای با نقطه ذوب پایین با گالیم به کار رفته است. در سال‌های گذشته استفاده آن‌ها در صنایع الکترونیک به عنوان نیمه‌هادی گسترش یافته است. ترکیبات ایندیم با آنتیموان به عنوان نیمه‌هادی عمل می‌کند که می‌تواند به صورت هادی نور در بخش مادون قرمز طیف نوری عمل کند و ترکیبات آن با آرسنیک و فسفر در صنایع حرارتی استفاده می‌شود. ایندیم به عنوان محصول جانبی از فرآوری کانه‌های سرب-روی، مس-سرب-روی و قلع-سرب-روی استخراج می‌شود.

۵-۷- سلنیم و تلوریم

سلنیم و تلوریم از دیدگاه ژئوشیمیایی همسان یکدیگرند. تلوریم در سال ۱۷۸۲ به دست یک بازرس معدن اتریشی به نام رایشن اشتاین، هنگامی که در حال آزمایش روی یک کانسنگ طلا بود، کشف شد این کشف در سال ۱۷۸۹ به وسیله کلاپروت تأیید و تلوریم نامیده شد. سلنیم نزدیک به ۱۹ سال پس از آن به دست برزیلیوس

کشف شد. تا سال ۱۹۴۰ کاربرد این عنصر بسیار محدود بود و تنها به صورت اولیه در لاستیک سازی، شیشه و صنایع شیمیایی استفاده می‌شد. از جنگ جهانی دوم بدین سو سلنیم در صنعت نیمه هادی‌ها سلول‌های فتوالکتریک سلول‌های خورشیدی، ابزارهای اندازه‌گیری، تلویزیون و سیستم‌های نشانگر کاربرد دارد. تلوریم در مهندسی رادیو، دتکتورها، ترموکوپل، خنک کننده‌های نیمه هادی و ترموالمنت‌ها استفاده می‌شود. سلنیم و تلوریم در متالوژی نیز برای ساختن آلیاژهایی از فولاد و فلزات پایه استفاده می‌شوند.

در قرن نوزدهم و بیستم نقش بسیار مهم عنصر سلنیم در فعالیت‌های ارگانیک بخش‌های زیادی از بدن انسان شناسایی شده است. در حال حاضر نقش سلنیم در مبارزه با انواع سرطان، پیری، بیماری‌های قلبی، دیابت، آسم، آرتروز و انواع ویروس‌ها و همچنین کاربرد آن در بهبود ایمنی بدن، کارکرد مغز و نظم تیروئید کاملاً شناخته شده است. منابع سلنیم و تلوریم به طور عمده محدود به کانسارهای ماگمایی نیکل-مس، مس-مولیبدن هیدروترمال، ذخایر ماسیوسولفیدمس، انباشته‌های تراوشی سلنیم-اورانیم-وانادیم است که تقریباً همه سلنیم و تلوریم تولیدی دنیا از آن‌هاست و عیار آن‌ها به طور معمول بین ۰/۰۴ تا ۰/۰۴ درصد است.

منابع

v.i.smirnov(Editor), A.i.Ginzburg, V.M Grigoriev, G.F.Yakovlev-(1983)-studies of Mineral Deposit, English translation by A.Zilberman, yu.prizov, T.Lokhova. English translation edited by prof. A.A.Beus, D.Sc. Yasuo kanazawa, Masaharu kamitani (2006), «Rare earth minerals and resources in the word» journal of Alloys and Compounds (408-412), 1339-1343
www.usgs.gov
http://osoon.ut.ee-«Rare Elements on the Net».
http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs.-«Historical Statistic of Minerals»
www.webmineral.com

ترکیبات

ایندیم‌ها

آنتیموان‌ها

عنوان نیمه

هادی عمل

می‌کنند که

می‌توانند به

صورت هادی

نور در بخش

مادون قرمز

طیف نوری

عمل کند