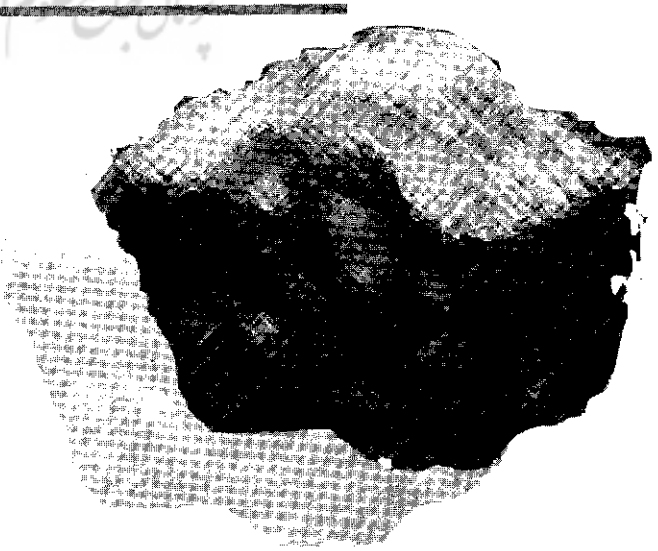
اورانیوم

ژیلا رنجبر*

سرآغاز

اورانیوم[1] عنصری راهبردی است که به علت مصرف عمده‌اش در نیروگاه‌های اتمی و سلاح‌های هسته‌ای و به‌مقدار جزئی در تهیهٔ دارو، اهمیت فراوانی دارد و تمرکز آن در هر منطقه از زمین می‌تواند حساسیت زیادی را برانگیزد. اگر از دیدگاه درستی به آن نگریسته شود، برای تولید انرژی و به‌عنوان جایگزین سوخت‌های فسیلی[2] و برای جلوگیری از آلودگی ناشی از این گونه سوخت‌ها در محیط زیست، عنصر مناسبی است، ولی تاکنون به‌دلیل استفادهٔ عمده از آن در ساخت سلاح‌های کشنده و بمب، اذهان عمومی، بیش‌تر از همین دیدگاه به اورانیوم می‌نگرد.

اورانیوم در سال ۱۷۸۹ توسط شیمیدانی آلمانی به نام **مارتین کلایروت** کشف شد و چون سیارهٔ اورانوس ۸ سال قبل از آن کشف شده بود، به این نام خوانده شد.



مشخصات اورانیوم

اورانیوم سنگین‌ترین عنصر طبیعی با چگالی ۱۹/۵ ـ ۱۸/۷ گرم بر سانتی‌متر مکعب و جرم اتمی ۲۳۸/۳ است؛ به‌طوری که یک فوت مکعب آن معادل نیم تن وزن دارد.

این عنصر که چکش‌خوار است و خاصیت رادیواکتیویته[3] با نیم عمر ۴/۵ میلیارد سال دارد، هنگام شکسته شدن هسته‌اش مقادیر عظیمی انرژی از خود ساطع می‌کند.

اورانیوم، لیتوفیل و محلول در اسیدهای معدنی است و به‌صورت آزاد وجود ندارد. اورانیوم خالص، سفید نقره‌ای است و در هوای آزاد سریعاً تغییر می‌کند و اکسیدی سیاه‌رنگ از آن به‌وجود می‌آید.

URANIUM

URANIUM

اورانیوم در محیط اکسیدان به صورت U^{+6} به‌نام یون اورانیک[4] و در محیط احیایی به صورت U^{+4} درمی‌آید که به آن یون اورانوس می‌گویند. سپس به اورانینیت[5] ریز بلور که محلول است، تبدیل می‌شود. پس از آن مادهٔ پیچ بلند[6] (UO_2) تشکیل می‌شود که در مقابل CO_2 به سرعت حل می‌گردد.

اورانیوم به‌دلیل بزرگی شعاع یونی و بالا بودن بار الکتریکی، در سنگ‌های آذرین اسیدی متمرکز می‌شود.

کانی‌های دارندهٔ اورانیوم در محیط اسیدی

کانی‌های زینوتیوم[7]، زیرکن[8] و مونازیت[9] بیش‌ترین مقدار اورانیوم، و الیوین حداقل مقدار اورانیوم را دارد و چون کانی‌های زینوتیوم، زیرکن و مونازیت در سنگ‌های آذرین اسید تا حد واسط آلکالن یافت می‌شوند، به‌همین دلیل میزان فراوانی اورانیوم در این نوع سنگ‌ها زیاد است.

شکل‌های بلوری اورانیوم

اورانیوم به سه شکل بلوری دیده می‌شود:

۱. فاز آلفا در سیستم ارتورومبیک که تا دمای ۶۶۰ درجهٔ سانتی‌گراد پایدار است.

۲. فاز بتا در سیستم تتراگونال که تا دمای ۷۶۰ درجهٔ سانتی‌گراد پایدار است.

۳. فاز گاما در سیستم کوبیک مرکزدار که تا دمای ۱۱۵۰ درجهٔ سانتی‌گراد پایدار است.

طرز تشکیل اورانیوم

ابتدا یون U^{+4} (اورانوس)[10] اکسید و به یون اورانیک U^{+6} تبدیل می‌شود که در محیط سولفوری به‌صورت سولفات اورانیل (UO_2SO_4) وارد محلول‌ها می‌گردد. این محلول‌های حاوی اورانیوم، در محیط‌های احیایی به U^{+4} غیرمحلول تبدیل می‌شوند و به‌صورت افشان در شکاف‌ها جای می‌گیرند.

عوامل مؤثر در تثبیت اورانیوم عبارتند از:

درجهٔ حرارت، Eh و Ph، اکسیداسیون و احیا، مواد آلی، مواد فسفاته، مواد کلوئیدی. عوامل تکتونیکی مانند درزها و گسل‌ها نیز در تثبیت اورانیوم نقش مؤثر دارند.

مراحل تشکیل یک کانسار اورانیوم شامل:

۱. ته‌نشینی عنصر لیتوفیل اورانیوم در محیط‌های اولیه، کمپلکس‌های ماگمایی و محلول‌های گرمابی حرارت بالا.

اورانیوم به علت شعاع یونی بزرگ، به‌صورت پاراژنز[11] همراه کبالت[12]، نقره[13]، بیسموت[14]، فلوئورین بنفش و دولومیت گلی‌رنگ (اورانیوم حدود ۶/۶ میلیارد سال قبل با تشکیل سوپرنواها[15]، قبل از تشکیل منظومهٔ شمسی شکل گرفت.) است.

۲. عمل غنی‌سازی روی سنگ مادر حاوی اورانیوم.

کانی‌شناسی اورانیوم

اورانیوم، مشخصاً یک کانی فرعی است و به صورت اثر (Trace) در کانی‌های اصلی مثل کوارتز و فلدسپات‌ها مشاهده می‌شود. علل حضور اورانیوم در این کانی‌ها عبارتند از:

۱. جانشینی ایزومورفیک در شبکه.

۲. تجمع در نقاط نقص شبکه.

۳. جذب در امتداد نقاط غیرکامل شدهٔ بلور و مرز دانه‌ها.

۴. انکلوزیون به‌عنوان ریز بلورهای کانی اورانیوم.

اورانیوم عنصری بسیار متحرک است که این تحرک در اثر تمایل آن به اکسید شدن و ایجاد یون‌های اورانیل $(UO_2)^{+2}$ با حلالیت بیش‌تر می‌باشد.

اورانیوم، به‌طور عمده در محلول‌های پگماتیتی و گرمابی درجه حرارت بالا متمرکز می‌شود. ولی شرایط و مراحل محیطی تمرکز اورانیوم عبارتند از:

۱. ماگمایی در سنگ‌های آذرین اسیدی.

۲. پگماتیتی.

URANIUM

URANIUM

۳ . گرمابی .
۴ . رسوبی (شامل مناطق ماسه‌سنگی ، کنگلومراها و رسوبات تخریبی) .
۵ . سنگ‌های دگرگونی .

انواع کانسارسازی اورانیوم از نظر منشأ به دو دسته اولیه و ثانویه تقسیم می‌شود :

الف) کانسارسازی اولیه که با منشأ ماگمایی درون‌زا هستند .

اورانیوم اولیه خود به چهار دسته فرعی تقسیم می‌شود :
۱ . کانسارهای اورانیوم با منشأ آذرین (عیار کم)
۲ . با منشأ پگماتیتی
۳ . گرمابی
۴ . رگه‌ای یا دگرگونی ناحیه‌ای

ب) کانسارسازی ثانویه با منشأ رسوبی و برونزاد (سوپرژن[16]) اورانیوم ثانویه نیز دارای انواع فرعی هستند :
۱ . نوع دگرشیبی
۲ . با سنگ میزبان ماسه‌سنگ
۳ . همراه با کنگلومرای پرکامبرین (پلاسر)

راه‌های اکتشاف

۱ . استفاده از دستگاه‌های «سین تیلومتر» و «گایگر ـ مولر» که اشعهٔ یونی را با شمارش چشمک‌های نوری می‌سنجند .
۲ . استفاده از کانی‌های شب‌تاب .
۳ . روش‌های هیدروژئوشیمیایی[17] (تجزیهٔ آب‌های زیرزمینی و رودخانه‌ای به‌علت انحلال و حمل آسان) .
۴ . استفاده از روش‌های ژئوفیزیکی الکتریکی .
۵ . توجه به ویژگی‌های چینه‌شناسی .
۶ . استفاده از روش‌های زیست ـ زمین‌شناسی .
۷ . استفاده از هاله‌های بیوژئوشیمیایی .

نهشته‌های باارزش در اکتشاف اورانیوم

۱ . رگه‌های گرمابی حرارت بالا ، همراه با Ag. Co. Bi ، (مثل نهشته‌های کنگو ، کانادا ، فرانسه و پرتغال) .
۲ . کانسارهای رگه‌ای و استوک ورک[18] پلی‌متال .
۳ . توده‌های رسوبی نواحی خشک به‌علت فرسایش ، (مثل نهشته‌های کلرادو و آسیای میانه) .
۴ . کانسارهای مجاورتی مربوط به سنگ‌های نفوذی یا خروجی .
۵ . توده‌های ذغال‌سنگ دارای وانادات‌های اورانیوم و پیچ‌بلند .
۶ . توده‌های پلاسری ، (مثل نهشته‌های پاکستان و ماداگاسکار) .
۷ . کنگلومرا و ماسه‌سنگ‌های پرکامبرین ، (مثل نهشته‌های کانادا ، آفریقای جنوبی و برزیل) .
۸ . کانسارهای رسوبی دریایی در رست‌های شیستی ذغال‌دار و لایه‌های فسفریت .

روش استحصال

سنگ معدن خرد و غربال شده پس از انحلال ، تصفیه ، رسوب‌گذاری و عبور از صافی ، به مادهٔ شفاف و گل‌مانندی به نام «کیک‌زرد» تبدیل می‌شود که حاوی U_3O_8 می‌باشد . سپس برای غنی‌سازی ^{235}U مجدداً تصفیه می‌شود .

ترکیبات صنعتی اورانیوم شامل :

۱ . **فرواورانیوم** : آلیاژ اورانیوم با آهن است که برای وارد کردن خواص ویژه در فولاد به کار می‌رود .
۲ . **تترافلوئورور اورانیوم (UF4)** : که با نام «ملح سبز» در نیروگاه‌های اتمی کاربرد دارد .
۳ . **هگزافلوئورور اورانیوم (UF6)** : گازی که برای جدا کردن ایزوتوپ‌های اورانیوم به کار می‌رود .

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

URANIUM

URANIUM

۴ . **اکسیدهای اورانیوم**: برای ساختن لعاب در سرامیک سازی به‌کار می‌رود.

۵ . **دی‌اکسید اورانیوم (UO_2)**: به‌عنوان سوخت راکتورهای اتمی استفاده می‌شود.

چند معدن بزرگ اورانیوم در جهان

۱ . **معدن روزینگ در نامیبیا**: این نهشته، بزرگ‌ترین تولیدکنندهٔ اورانیوم در جهان است که به‌صورت افشان، دارای ذخیرهٔ بالا و عیار پائین است و استخراج آن از یک بخش روباز و کارهای زیرزمینی صورت می‌گیرد.

کانی‌زایی اقتصادی اورانیوم آن، در گرانیت‌های پگماتیتی با نام آلاسکیت متمرکز شده است.

۲ . **ذخایر طلا و اورانیوم حوضهٔ ویتوترزرند در آفریقای جنوبی**: این معدن مهم‌ترین منطقهٔ معدنکاری جهان است و بر سر منشأ آن که گرمابی یا پلاسری است، سال‌ها اختلاف‌نظر وجود داشته است. این حوضه در ایالت ترانسوال و ارنج‌فری واقع است و شش میدان اصلی طلا دارد.

۳ . معادن منطقهٔ بن‌کرافت که از نوع پگماتیت‌های اورانیوم‌دار است.

۴ . معادن فلات کلرادو که دارای کارنوتیت[۱۹]، تیوپامونیت، کوفینیت[۲۰] و... است.

۵ . معدن اونتاریو.

اورانیوم در ایران

کانی‌سازی اورانیوم در ایران در زمان‌های متفاوتی صورت گرفته است.

۱ . پرکامبرین: همراه با ریولیت‌های هرمز، در ساغند، زریگان و ناریگان.

۲ . پالئوزوئیک: در گرانیتوئیدهای کامبرین آذربایجان و ایران مرکزی.

۳ . مزوزوئیک: در افق‌های فسفاتهٔ کرتاسه در ایران مرکزی.

۴ . سنوزوئیک: در رسوبات ناحیهٔ گورچین، جازموریان، آذربایجان، انارک و زنجان.

چند محدوده معدنی اورانیوم ایران به این قرارند:

۱ . معدن فیروزهٔ نیشابور

۲ . معدن تالمسی و مس‌کنی انارک که در آن، کانی‌سازی اورانیوم با مس، نیکل و کبالت همراه است.

۳ . معدن بایچه‌باغ در میانه (همراه مس، کبالت و سرب و روی)

۴ . ناحیهٔ گورچین در شمال تبریز

۵ . حوضهٔ عروسان در منطقهٔ خور و بیابانک

۶ . ماسه‌سنگ‌های عباس‌آباد در جنوب شرق طبس (در ماسه‌سنگ)

۷ . حوضهٔ نفتی خوزستان

۸ . چشمهٔ گل در شمال خراسان همراه با زغال‌سنگ

۹ . جوبند در آذربایجان (دارای دانه‌های اسفرولیتی پیچ‌بلند)

انرژی هسته‌ای

اورانیوم ماده‌ای است که همراه نام خود، یادآور سلاح‌های مخرب و بمب‌های قوی است، شهرهای هیروشیما و ناکازاکی، دو قربانی دردناک قدرت اورانیوم هستند. شدت تخریب دو شهر مذکور این سؤال را در ذهن ایجاد می‌کند که چرا اورانیوم این‌قدر توانایی تخریب دارد؟ به‌راستی چرا؟

پاسخ این سؤال در «سوختن اورانیوم» یا شکاف هسته‌ای است که با انرژی فراوانی همراه است.

یک هستهٔ سنگین ناپایدار به نام «رادیواکتیو»، هنگام تبدیل به دو هستهٔ ناپایدار با جرم کم‌تر، ذرات پرانرژی مانند آلفا، بتا و گاما تولید می‌کند. این ذرات ضمن آزاد شدن، به‌سایر هسته‌ها برخورد می‌کنند و سبب شکسته شدن آن‌ها نیز می‌شوند. مثلاً نوترون سبب شکاف هستهٔ $^{235}_{92}U$ می‌شود و از آن نوترون آزاد

URANIUM

URANIUM

می‌کند، به این ترتیب، زنجیره‌ای از شکاف هسته‌ای اتفاق می‌افتد. این عمل هر بار در اثر کاهش جرم، طبق رابطهٔ $E = mc^2$ مقداری انرژی تولید خواهد کرد. وقتی این عمل میلیون‌ها بار اتفاق بیفتد، مقدار زیادی انرژی و گرما از مقدار اندکی اورانیوم حاصل خواهد شد. از این انرژی برای مقاصد مختلف استفاده می‌شود

تولید برق هسته‌ای

پس از کشف سوراخ‌های به‌وجود آمده در لایهٔ اُزُن و نقش آلاینده‌های حاصل از سوخت‌های فسیلی در این اتفاق، دانشمندان به فکر مولدهای انرژی جانشین افتادند تا خطرات تهدیدکنندهٔ محیط زیست را کاهش دهند. در این مورد به انرژی حاصل از باد، آب، ژئوترمال و انرژی هسته‌ای اندیشیدند.

برای تولید برق هسته‌ای از اورانیوم ۲۳۵ استفاده می‌شود؛ اورانیومی که به طور طبیعی در معدن یافت می‌شود و مخلوطی از ۹۹/۳ درصد اورانیوم ۲۳۸ و ۰/۷ درصد اورانیوم ۲۳۵ است. بیش‌تر نیروگاه‌ها باید سوختی را مصرف کنند که بین ۳ تا ۷ درصد اورانیوم ۲۳۵ داشته باشد. به‌همین منظور طی فرایندهای بسیار پیچیده‌ای، ابتدا سنگ معدن را فرآوری و سپس نسبت به ایزوتوپ اورانیوم ۲۳۵ غنی‌سازی می‌کنند. به‌چنین مخلوطی «اورانیوم غنی‌شده» می‌گویند. به‌این ترتیب، میله‌های سوخت نیروگاه‌های هسته‌ای حاصل می‌آیند.

در نیروگاه‌های برق هسته‌ای، این ماده (میله سوخت) را توسط نوترون بمباران می‌کنند که در اثر آن، یک واکنش زنجیره‌ای شکاف هسته صورت می‌گیرد. به‌دنبال این واکنش‌ها، میلهٔ سوخت بسیار داغ می‌شود. برای گرفتن این گرما، آب را با تلمبه در اطراف میله‌ها به‌جریان درمی‌آورند تا گرمای حاصل را جذب کند. آب درنتیجهٔ این گرما بخار می‌شود و این بخار می‌تواند مولدهای برق را به‌کار اندازد.

واکنش‌های زنجیره‌ای که در حین شکاف هسته‌ای صورت می‌گیرند، قابل کنترل هستند و جریان نوترون‌ها را می‌توان کند، تند و یا متوقف کرد. برای این کار می‌توان گرافیت به‌کار برد.

ساخت نیروگاه هسته‌ای مشکلات و مسائل زیادی دارد:

۱. هزینهٔ ساخت آن بسیار بالاست.

۲. مواد زائدی که از کار این نیروگاه‌ها حاصل می‌شوند (زباله‌های اتمی)، تشعشعات خطرناکی دارند و گیاهان و جانوران را از بین می‌برند؛ زیرا بر مواد و واکنش‌های درون سلول، اثرات مخربی دارند. فعالیت این گونه مواد تا هزاران سال متوقف نمی‌شود و هنوز جای کاملاً امنی برای انباشته کردن آن‌ها شناخته نشده است.

۳. احتمال انفجار در نیروگاه‌ها و پخش مواد رادیواکتیو کم نیست، همچنان که تاکنون دو بار این حادثه، یک بار در پنسیلوانیای آمریکا (۱۹۷۹) و بار دیگر در نیروگاه چرنوبیل اوکراین شوروی سابق (۱۹۸۶) اتفاق افتاده است. حادثهٔ اخیر، مصدومان زیادی داشت.

۴. قدرت‌های بزرگ جهانی نسبت به داشتن قدرت هسته‌ای کشورهای درحال توسعه نظر مساعدی ندارند و فناوری آن را انحصاری می‌دانند.

از مزایای نیروگاه هسته‌ای هم اینکه:

با مقدار اندکی سوخت اتمی می‌توان مقدار زیادی انرژی به‌دست آورد. مثلاً یک کیلوگرم سوخت اتمی، معادل ۳۰۰۰ تن زغال‌سنگ و ۲۲۵۰۰۰۰ لیتر نفت، انرژی می‌دهد. تعداد راکتورها در کل نیروگاه‌های هسته‌ای جهان تا سال ۱۹۹۶، حدود ۵۰۰ واحد بوده است که ۲۷۰ واحد از آن‌ها پژوهشی هستند.

کشورهای تولیدکنندهٔ اورانیوم در جهان عبارتند از:

روسیه و استرالیا: (۶۶۷۰۰۰ تن معادل ۲۸ درصد کل جهان)، قزاقستان: (۴۱۵۰۰۰ تن معادل ۱۵ درصد کل جهان)، کنگو و کانادا: (۳۲۶۰۰۰ تن معادل ۱۴ درصد کل جهان) و نیز کشورهای آمریکا و نامیبیا.

ذخیرهٔ فعلی سنگ معدن اورانیوم جهان را در مجموع تقریباً

URANIUM

۱/۵۵ میلیون تن برآورد کرده‌اند.

کاربرد اورانیوم

۱. در سیستم‌های نظامی برای تولید سلاح‌های هسته‌ای، مهمات‌سازی و سخت شدن پوسته فشنگ‌ها برای کار بهتر؛

۲. در نیروگاه هسته‌ای؛

۳. در صنایع بهداشتی و غذایی برای استرلیزه کردن لوازم پزشکی، جلوگیری از ریشه زدن جوانه‌ها در انبارها، نگهداری میوه، سبزی و گوشت؛

۴. برای آزمایش اتصالات در حفاری‌ها، پیدا کردن نشتی‌ها، بررسی اندازه پوشش‌های فلزی؛

۵. در ساخت ایزوتوپ‌های با بهای کم؛

۶. در اشعه درمانی و رادیولوژی؛

۷. در سوخت کشتی‌ها، زیردریایی‌ها و هواپیماها؛

۸. در تهیه مواد شیمیایی؛

۹. در رنگ‌سازی و رنگ لعاب‌های کوزه‌گری؛

۱۰. در تولید رنگ‌دانه‌های زرد و شفاف برای عینک‌های رنگی؛

۱۱. در ساختن لعاب‌ها در صنعت سرامیک سازی؛

۱۲. برای افزایش حد کشسانی، استحکام و نیتروژن‌زایی فولادها؛

۱۳. به عنوان کاتد در لامپ‌های فتوالکتریکی؛

۱۴. در داروسازی؛

۱۵. در تبدیل آب شور به شیرین.

قیمت و دو نکته قابل توجه

با اختراع بمب اتم در آمریکا، قیمت اورانیوم افزایش یافت و به ۱۱/۲۵ دلار در هر پوند U_3O_8 رسید. در سال ۱۹۶۰، به دلیل کشف ذخایر تازه آن به ۸ دلار در هر پوند رسید ولی در سال ۱۹۷۰ با شروع به کار نیروگاه‌های اتمی، تقاضا برای آن بار دیگر افزایش یافت و به ۲۵ دلار برای هر پوند U_3O_8 رسید.

در مورد اورانیوم، دو نکته قابل توجه است:

۱. بعد از جنگ خلیج فارس، حدود ۴۰ تن مواد هسته‌ای به‌صورت پاشیده در اطراف سطح زمین باقی مانده که نکته حساسی است.

۲. اورانیوم فقط به کشورهایی فروخته می‌شود که پیمان هسته‌ای را امضا کرده باشند و صحت استفاده‌شان از آن، توسط بازرسان بین‌المللی تأئید شده باشد.

* دبیر زمین‌شناسی منطقه ۴ آموزش و پرورش

زیرنویس

1. Uranium	11. Paragenesis
2. Fossil Fuel	12. Cobalt
3. Radioactive	13. Silver
4. Uranic Ion	14. Bismutite
5. Uraninite	15. Supernova
6. Pitch blend	16. Super gene
7. Xenotime (ypo_4)	17. Hydro geochmical
8. Zircon	18. Stockwork
9. Monazite	19. Canotite $k_2(uo_2)_2 (vo_4)_2. 3H_2O$
10. Uranos Ion	20. Coffinite

منابع

۱. جمشید شهاب‌پور، زمین‌شناسی اقتصادی، انتشارات دانشگاه کرمان.

۲. عبدالمجید یعقوب‌پور، زمین‌شناسی اقتصادی.

۳. محمدحسن کریم پور، زمین‌شناسی اقتصادی، انتشارات دانشگاه پیام‌نور.

۴. ناهید ربانی، زمین‌شناسی اقتصادی، انتشارات دانشگاه پیام‌نور.

۵. علوم زمین‌شناسی پیش‌دانشگاهی، تألیف جمعی از مؤلفان کتاب‌های درسی نشر کتاب‌های درسی.

6. Pierre Bariand, Marvellous world of Minerals, ABBEY UBRARY, LONDON.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی