محیط های زمین‌شناسی مساعد اورانیوم و مختصری از فعالیتهای اکتشافی آن در جهان

احمد افراسیابیان

واحد اکتشاف معاونت مواد اولیه و سوخت

۱ـ چکیده

هدف از تهیه این مقاله، مطالعه و شناخت محیطهای زمین شناسی مساعد در اکتشاف اورانیوم و بررسی فعالیت آن در جهان است. در این مقاله ابتدا محیطهای زمین شناسی که در آنها ذخایر اورانیوم به صورت اقتصادی تجمع یافته‌اند شرح داده می‌شود. ذخائر اورانیوم در محیطها و رسوبات مختلفی پراکنده‌اند که هر یک در نوع خود احتیاج به مطالعه و شناخت کافی جهت روشن نمودن منشاء کانی‌سازی اورانیوم را دارند و در این مقاله بسیاری از آنها با ذکر نمونه آن در جهان نشان داده می‌شوند.

در قسمت بعدی این مجموعه مختصری از فعالیتهای اکتشافی اورانیوم در جهان مورد بحث قرار می‌گیرد زیرا به واسطه نیاز روزافزون اکثر کشورها به این ماده حیاتی و با درنظر گرفتن مشکلاتی که در تامین سوخت دارند استفاده از اورانیوم همواره رو به افزایش بوده و در آینده نه چندان دور اکتشاف اورانیوم با عیارهای کم نیز مقرون به صرفه خواهد بود.

با اطمینان نسبی می‌توان گفت که ۷۰درصد ذخایر اورانیوم جهان (REASONABLE ASSURED URANIUM) درحال‌حاضر در چهارکشور، امریکا، افریقای‌جنوبی، استرالیا و کانادا گزارش شده است و همانطوری که شرح داده خواهد شد این درصد بالا فقط به خاطر تجمع اورانیوم تنها در این چهارکشور جهان نیست بلکه مطالعات زمین شناسی، بودجه و مخارج اکتشافی نقش مهمی را در این مورد ایفاء نموده است. بنابراین مطالعات اکتشافی کاملا" ضروری می‌نماید.

در ایران نیز با درنظر گرفتن نتایج نقشه‌های مناطقی که پروازهای هوایی (AIR BORNE) آن انجام شده و با بررسی آنومالیهای (ANOMALY) رادیومتری موجود در مناطق مختلف، اهمیت مطالعه و شناخت محیطهای زمین‌شناسی مساعد در اکتشاف اورانیوم روشن می‌گردد.

۲ـ مقدمه

در طبیعت از نظر اکتشاف اورانیوم سه عنصر رادیواکتیو وجود دارد که عبارتند از: اورانیوم، توریوم و پتاسیم که در این میان دو عنصر نخستین دارای ایزوتوپهای متعددی هستند. اورانیوم

طبیعی از سه رادیو ایزوتوپ تشکیل یافته که از نظر فراوانی عبارتند از:

	فراوانی در طبیعت
اورانیوم ۲۳۸	۹۹/۲۸ درصد
اورانیوم ۲۳۵	۰/۷۱ "
اورانیوم ۲۳۴	۰/۰۰۵۴ "

از آنجا که اورانیوم سوخت اصلی نیروگاههای اتمی را تشکیل می‌دهد مصرف آن نیز به علت ازدیاد این نیروگاهها و توسعه تکنولوژی هسته‌ای در اکثر کشورهای جهان همواره رو به افزایش است. در نتیجه قیمت اورانیوم همواره یک سیر صعودی را در جهان پیدا خواهد کرد و بدین منظور اکثر کشورها برنامه‌های عظیمی برای مطالعه و اکتشاف آن به اجرا گذاشته‌اند برای مثال در کشور برزیل و سوئد مخارج اکتشافی سال ۱۹۷۶ تقریبا " دوبرابر سال ۱۹۷۵ بوده است.

بطور کلی بر خلاف مطالعه اکتشاف نفت که مبتنی بر دو اصل، محیطهای رسوبی در ارتباط با تکتونیک است اکتشاف اورانیوم گسترش وسیعتری داشته و در آن اکثرا " مطالعه محیطهای رسوبی ـ آذرین و دگرگونی در ارتباط با تکتونیک و ژئوشیمی و غیره مطرح می‌گردد. بنابراین شناخت این محیطهای زمین‌شناسی (GEOLOGICAL - ENVIRONMENT) از اهمیت زیادی برخوردار است و در این مقاله برخی از آنها شرح داده می‌شوند.

۳ـ محیط های زمین شناسی مساعد در اکتشاف اورانیوم

اکتشاف اورانیوم در واقع عبارت از پژوهش و دستیابی به محیطهای زمین‌شناسی است که در آن محیط ها اورانیوم تجمع یافته است. ذخایر و تولید اورانیوم جهان اکثرا " در سه نوع ذیل خلاصه می‌شود:

الف ـ کانسارهای پلاسر حاوی اورانینیت (URANINITE PLACER DEPOSITS) درکواتز، کنگلومرا.

ب ـ کانسارهای دارای اورانیوم اپی ژنتیک در ماسه سنگها واقع در مجاور و یا حد فاصل مناطق اکسیداسیون و احیاء (OXIDATION REDUCTION INTERFACES)

پ ـ کانسارهای اورانیوم رگه‌ای گرمابی (HYDROTHERMAL VEIN DEPOSITS)

علاوه بر سه نوع کانی ذکر شده بالا که عموما " مورد استفاده اکتشاف اورانیوم در جهان قرار گرفته است، اکتشاف اورانیوم از نقطه نظر اقتصادی شامل ذخایر زیر نیز می‌باشد:

۱ ـ ذخایر گرانیتی دارای اورانیوم ـ مانند ذخایر راسینگ (ROSSING) در جنوب غربی افریقا (۴۰۰ میلیون پوند U_3O_8)

۲ ـ ذخایر اورانیوم آذرین قلیایی ناشی از هیدرومتزمال مانند ذخایر ایلی موسوساک (ILIMASUSSAQ) در گرینلند

۳ ـ ذخایر اورانیوم اسیدی دگرسان شده و همچنین خاکسترهای آتشفشانی قلیایی

۴ ـ ذخایر اورانیوم دگرگونی هیدرومتزمال مانند ذخایر نواحی شمالی استرالیا، جابیلوکا (JABILUKA) (۵۰۰ میلیون پوند U_3O_8)

۵ ـ ذخایر اورانیوم در رابطه با آبهای کویری

علاوه بر ذخایر فوق، پیشرفت تکنولوژی و تقاضای بازار، تولید اورانیوم را از دومحیط زیر نیز امکان پذیر ساخته است:

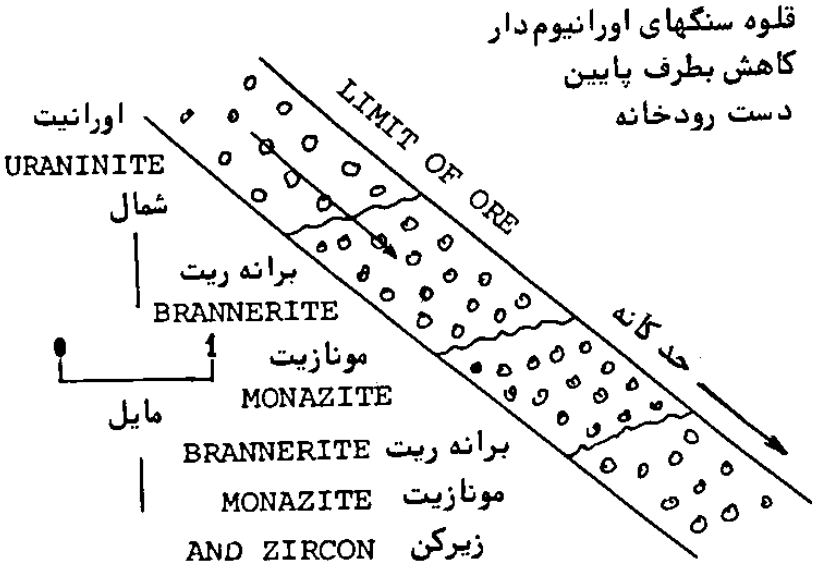
ـ ذخایر اورانیوم که بطور همزمان (SYNGENETIC) در شیلهای سیاه رنگ غنی از مواد آلی تشکیل گردیده است .

ـ ذخایر اورانیوم که به صورت محصول جانبی از محصولات کود شیمیایی از سنگهای فسفاتـــد بدست می‌آید .

نظر به اهمیت مطالعه ذخایر اورانیوم سه مورد اولیه (الف ، ب ، پ) و اکتشاف و تولیـــد آن ، این سه نوع به تفسیر شرح داده می‌شود .

الف ـ کانسارهای پلاسر حاوی اورانینیت در کوارتز و کنگلومرا

بزرگترین ذخایر تولید این نوع کانسارها ناحیه BLIND RIVER-ELLIOT LAKE AREA واقع در اونتاریو (ONTARIO) کانادا است که دارای ذخیره‌ای معادل با ۲ میلیون پوند U_3O_8 بوده و دیگری ناحیه WITWATERSRAND BASIN واقع در آفریقای جنوبی است . اورانینیت موجود در این نواحی به صورت دانه‌های گرد فرسوده شده آبی رنگ است که بطور مکانیکی همراه با سایر محمولات رودخانه‌ها در آب‌وهوای مرطوب حمل شده‌اند . درناحیه BLIND - RIVER دانه‌های اورانینیت پلاسر (PLACER GRAIN) در یک تعادل هیدرولیکی منحصر وسخت در ارتباط با سایر کانیها مانند طلا وپیریت به احتمال زیـــاد بعـــد از مگنتیـــت و ایلمنیـــت (MAGNETITE AND ILMENITE) و مونازیت و زیرکن (MONAZITE AND ZIRCON) تشکیل شده است . از آنجا کـــه این کانسارها همراه با سایر کانسارهای دانه درشت خرد شده، به صورت مکانیکی رسوب‌گذاری شده‌اند ، لذا کانسارهای اورانینیت به شکل کشیده ستونـــی (TABULAR) و موازی با طبقات در سنگهای میزبان محدود شده‌اند (شکل ۱) . مـــدل رسوب‌گذاری ناحیه BLIND RIVER در شکل شماره ۲ نشان داده شده است .

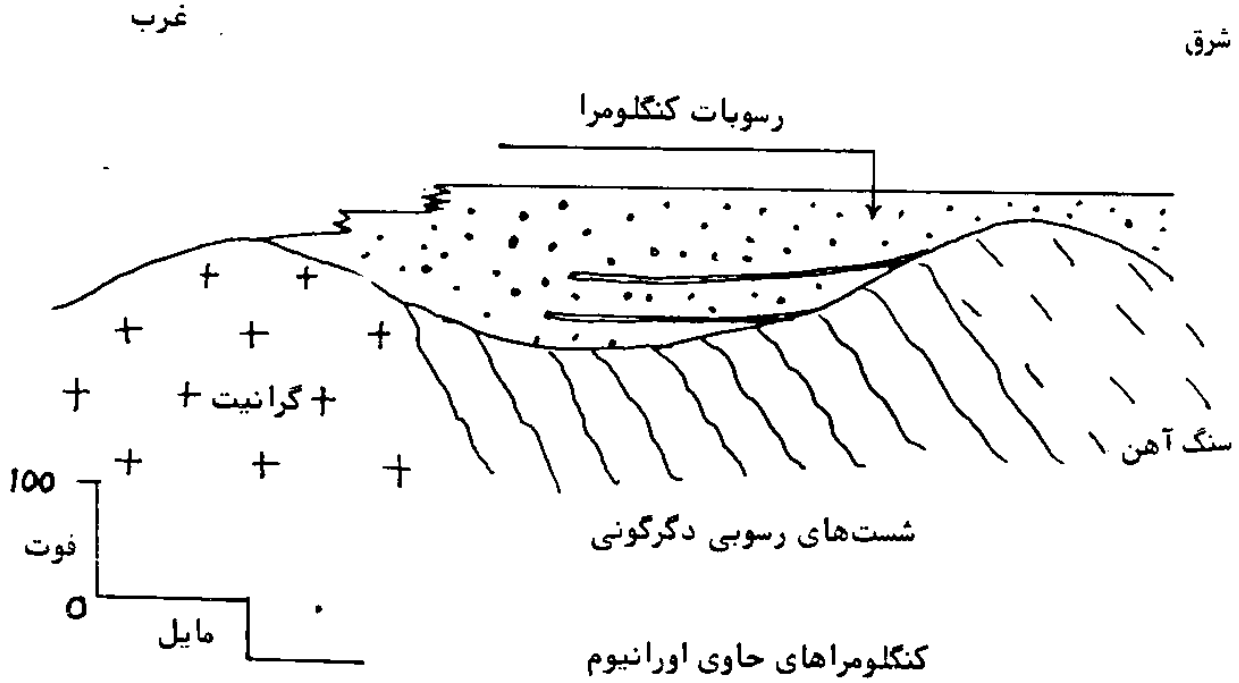


شکل ۱ ـ وضعیت کانی سازی در ناحیه BLIND RIVER

(اقتباس شده از R.H. DE VOTO, Uranium Exploration, 1978)

اما نحوه رسوب‌گذاری ناحیه WITWATERSRAND با ناحیه BLIND RIVER فرق دارد. در اینجا اورانینیتها در موضعهای مختلف استراتی‌گرافی و در محدوده ۱۳۰۰ متری لایه‌های پروتروزئیک در محلهائی که کمپلکس های رودخانه‌ای با انرژی زیاد از کوههای مجاور سرچشمه گرفته‌اند و تشکیل دلتاهای سیلابی مخروطه (FLUVIAL FAN DELTAS)داده‌اند، تشکیل شده‌اند (شکل ۳ و ۴). مدل رسوب‌گذاری ناحیه WITWATERSRAND و چرخش رسوب‌گذاری آن در شکل ۵ و ۶ نیز نشان داده شده است.

بطورکلی همانطور که در شکل ۴ نیز آمده است، عواملی از قبیل: ۱ـ برآمدگی لبه حوضه، و شروع رسوب‌گذاری دشتهای آبرفتی ۲ـ تکتونیک آرام و مهاجرت رسوبات دشتهای آبرفتی و ۳ـ برآمدگی، فرسایش و تخریب در رسوب‌گذاری مجدد، باعث رسوب‌گذاری در ناحیه WITWATERSRAND شده‌اند.



شکل ۲ : مدل رسوب‌گذاری ناحیه BLIND-RIVER

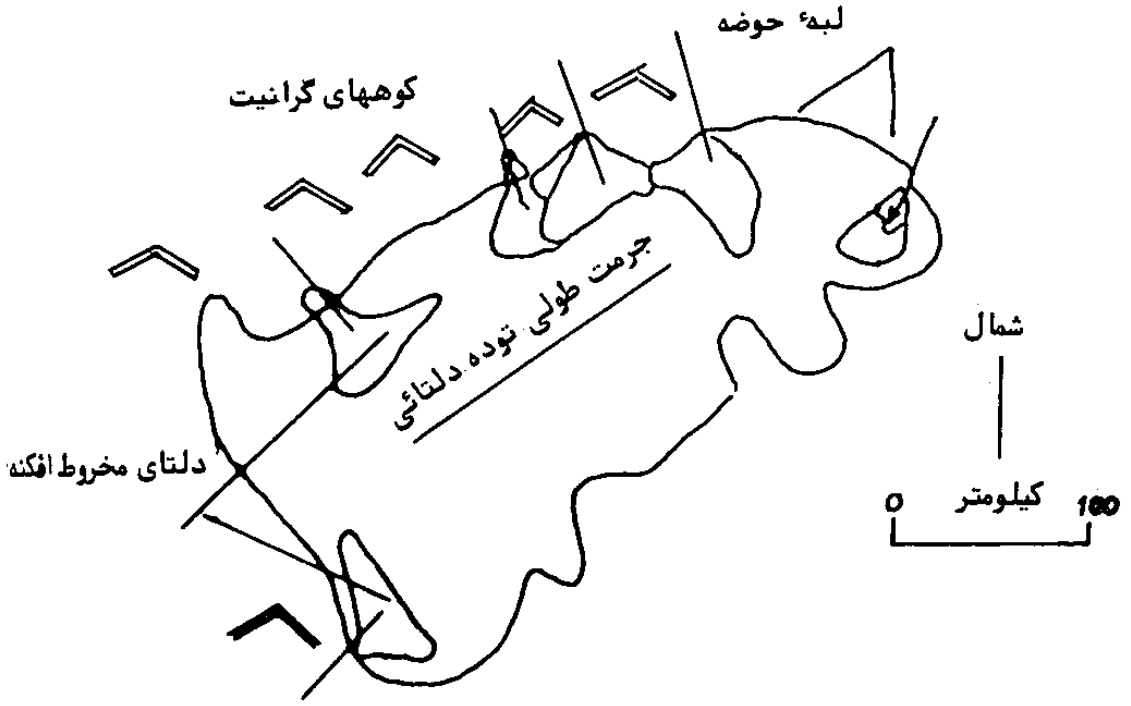
(اقتباس شده از R.H. DE VOTO, Uranium Exploration, 1978)

ب ـ کانسارهای دارای اورانیوم اپی‌ژنتیک در ماسه‌سنگها

اکثر کانسارهای اورانیوم آمریکا در رسوبات ماسه‌سنگهای دوران دوم و سوم پیدا شده‌اند. اورانیوم در این جا عموما" به صورت اورانینیت و کوفینیت - URANINITE & OR COFFINITE) در بین دانه‌های ماسه‌ها در ماسه سنگهای میزبان قرار گرفته‌اند، و این ماسه سنگهای میزبان که در زمان تشکیل، احیاء شده‌اند عموما" خاکستری رنگ بوده و حاوی پیریت ـ های ثانوی و مواد آهکی یا آلی هستند. اورانیوم‌های اپی ژنتیک معمولا" در حد فاصله منطقه اکسیداسیون و احیاء (OXIDATION REDUCTION INTERFACES) که به وسیله‌آبهای اکسیده زیرزمینی حاوی مواد اورانیوم حمل شده‌اند، تجمع پیدا کرده‌اند.

منطقه اکسیداسیون آبهای زیرزمینی سپس به آهستگی در سفره‌های آبدار توسعه یافته و پس از انحلال مواد آهکی و اکسید کردن پیریت‌ها ، شستن کالسیتها (LEACHING CALCITE) و تخریب کامل و حمل نسبی کانیهای سیکلاته آهن ــ منگنز و فلدسپاتها را نیز انجام می‌دهد و معمولا" رنگ ماسه سنگهای خاکستری را به قرمز (HEMATITE) و زرد رنگ و یا قهـــوه‌ای پرتقالی (LIMONITE) و یا سفید (IRON LEACHING) تبدیل می‌کند .

همانطور که در شکل شماره ۷ ملاحظه می‌شود ، آبهای زیرزمینی اکسیده‌شده قادرند عناصر زیادی مانند اورانیوم ، وانادیوم ، سلنیوم و مولیبدن را شسته و حمل کرده و سپس به حالـــت محلول اکسیده شده درآورند و بعضی از عناصر را به صورت اکسید و برای مثال اورانیوم را بـــه صورت کمپلکس کربنات اورانیل حمل کنند (URANYL CARBONATE COMPEXES).



شکل ۳ ــ حوضه رسوب گذاری ناحیه WITWATERSRAND

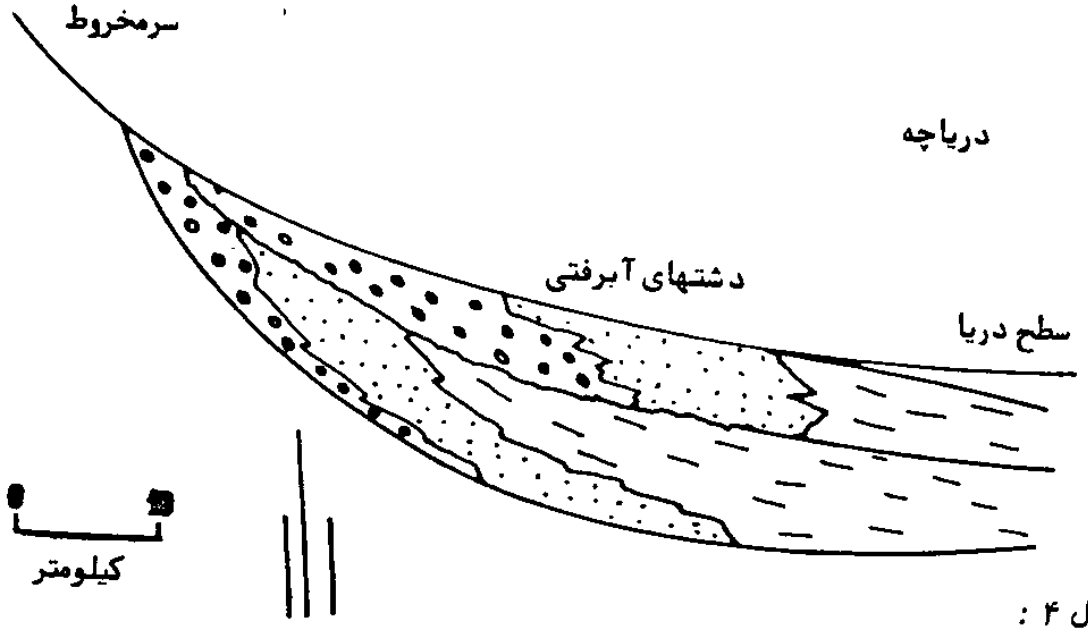
(اقتباس شده از R.H. DE VOTO, Uranium Exploration, 1978)

بطورکلی در حین عبور آبهای زیرزمینی اکسیده به حد فاصل اکسیداسیون و احیاء در ماسه سنگها به خاطر کاهش پتانسیل اکسیداسیون (EH) و کاهش غلظت یون (PH) هیـــدروژن (چون پیریت اکسیده شده) عناصر به صورت جامد ته‌نشین می‌شوند . بنابراین رسوب گـــذاری اورانیوم در بعضی مواقع مولیبدن و وانادیوم‌های همراه در حد فاصل منطقه اکسیداسیـــون و احیاء به خاطر تغییر محیط شیمیایی درآبهای زیرزمینی در منطقه حد فاصل انجام می‌گردد.

از مطالعات چنین نتیجه گرفته می‌شود که کانی‌سازی در حد فاصل اکسیداسیون و احیاء در ماسه‌سنگها ، پیچیده و متغییر است و قسمتهای اکسیده شده ماسه سنگها به صورت توده‌هـــای زبانی شکل (TONGUE LIKE MASSES) بوده و مقطع‌های محل نواحی حد فاصل اکسیداسیون و احیاء معمولا" هلالی شکل (ROLL FRONTS) و نمونه آن کانسارهای دوران ســـوم در ایالت (WYMOING) آمریکا می‌باشد که کانه اورانیوم اکثرا" در لبه پایین این حد فاصلها

تشکیل شده است (شکل۸) .

تمام این ماسه سنگهای میزبان در یک محیط اشباع شده و احیاء شده که در آن پیریتهای همزمان نیز وجود داشته است ، رسوب‌گذاری شده‌اند . این ماسه سنگها دارای مواد آهکی و یا مواد آلی نیز بوده‌اند . فراوانی مواد توفی در کلیه این ماسه سنگهای میزبان منشاء اورانیوم و سایر عناصر است که پس از شسته شدن و حمل در حد فاصل ناحیه اکسیداسیون و احیاء ته‌نشین شده‌اند .



شکل ۴ :

طرز تشکیل دشتهای آبرفتی و اثرات فرسایش و رسوبگذاری در مدل رسوبی WITWATERSDAND

(اقتباس شده از: R.H. DE VOTO, Uranium Exploration, 1978)

بطور خلاصه مساعدترین شرایط برای رسوب‌گذاری اورانیوم‌های اپی‌ژنتیک در حد فاصل اکسیداسیون و احیاء شامل شرایط زیر است :

۱ ـ ماسه سنگهای سیلابی (FLUVIAL SANDSTONES) احیاء شده دارای مواد آهکی ـ آلی و دارای پیریت

۲ ـ فراوانی مواد توفی و یا سایر مواد از منشاء اورانیوم در سنگهای میزبان و یا مجاور آن .

۳ ـ ترجیحا" مجاورت به محیط اکسیداسیون

۴ ـ بالا آمدگی لبه حوزه همراه با رسوب‌گذاری

شکی‌نیست که مطالعه مدل رسوب‌گذاری بالا و همچنین وجود ماسه سنگهای تغییر یافته و اکسیده شده بطور جانبی و یا عمودی قابل تغییر به ماسه‌سنگهای تغییر نیافته و احیاء شده در نزدیکی و یا مجاور ناحیه کانی‌سازی شده دارای پتانسیل اورانیوم می‌تواند دلایل و شرایط زمین‌شناسی مساعدی برای اکتشاف اورانیوم در این نوع ماسه سنگهای اورانیوم‌دار در نقاط دیگر باشد .

پ ـ کانسارهای اورانیوم رگه‌ای گرمابی

کانسارهای اورانیوم رگه‌ای گرمابی در یک مجموعه زمین‌شناسی بسیار متنوع بوجود می‌آیند

که مشخصات عمومی این مجموعه‌ها به قرار زیر است :
۱ ــ سنگهای میزبان ، معمولا" سنگهای آذرین فلسیک یا دگرگونی هستند .
۲ ــ تشابه خوبی بین کانی‌سازی اورانیوم رگه‌ای و سنگهای گرانیتی و یا قلیایی وجود دارد .
۳ ــ اکثر رگه‌های اورانیوم به صورت پر کننده ، مابین شکافها (FRACTURES) و یا گسلها (FAULTS) هستند .
۴ ــ اورانینیت ، اکثرا" همراه با پیریت و یا مارکاسیت (MARCASITE) و سولفورهای فلزی پایه و معمولا" با کوارتز ، هماتیت و کالسیت در رگه‌ها می‌باشند .
۵ ــ در مناطقی که رگه‌های اورانیوم وجود دارند تغییرات جداری معمولا" کمیاب و بیشتر مربوط به کانسار آهن به صورت هماتیت است .
۶ ــ کانی‌سازی رگه‌ها نشان دهنده ارتباط بین فشار و درجه حرارت محل در موقع تشکیل رگه‌ها می‌باشد (جدول شماره ۱) .

I- تاکولایت THUCOLITE (مجموعه مواد آلی اورانیوم U-ORGANIC COMPLEX)	۱۳۰° سانتیگراد ۱۲۴۲ متر	افزایش حرارت و فشار
II- فلورایت FLUORITE - اورانینیت URANINITE		
III- اورانینیت URANINITE - کوارتز QUARTZ کالسدونی CHALCEDONY - ادولارا ADULARIA		
IV- سولفید SULFIDE - اورانینیت URANINITE کوفینیت COFFINITE		
V- دادویت DAVIDITE (اورانیوم U ــ توریم TH ــ آهن Fe اکسید تنیان Tio2) .		
VI- برانریت BRANNERITE	۳۰۰° سانتیگراد ۳۶۶۶ متر	

جدول شماره ۱ ــ کانسارهای رگه‌های اورانیوم

URANIUM VEIN MINERALOGY

(اقتباس شده از : R. H. DE VOTO, Uranium Exploration, 1978)

بنظر می‌رسد که بسیاری از کانسارهای اورانیوم گرمابی در محیطهای با حرارت نسبتا" کم (کمتر از ۲۰۰ درجه سانتیگراد) تشکیل شده‌اند . از بررسی مشخصات عمومی بالا می‌توان چنین نتیجه گرفت که اکثر کانسارهای رگه‌ای اورانیوم گرمابی در اثر جریان پیچیده ماگمائی و یا دگرگونی بوجود می‌آیند که عوامل زیر در آن شرکت دارند :
۱ ــ افزایش و تکامل آبهای گرم

۲ ـ تجمع و حمل اورانیوم به احتمال خیلی زیاد به صورت اورانوس (اورانیوم چهار ظرفیتی URANOUS,U+4) و یا فلور اورانیل (UO_2+2) و یا در حالت فازهای گرمابی پتاسی بـــد صورت کمپلکس های فسفات

۳ ـ ته‌نشین شدن به صورت اورانینیت در اثر آزاد شدن فشار در سیستم رگه ها و اثر خروج گـاز کربنیک در منطقه تحت تاثیر هیدروترمال که در جریان عمل باعث افزایش پتانسیل هیـــدروژن PH)شده که درنتیجه کمپلکس اورانیوم محلول غیرپایدار بوده و در شرایط مناسب اورانینیت نیز ته‌نشین خواهد شد .

باید متذکر شد که خارج شدن یون کمپلکس اورانیوم از محلول گرمابی مانند فعل وانفعـال فلورین (FLOURINE)و یا فسفات باسنگهای دیواره غنی ازکلسیم نیز باعث تشکیل‌فلورایت (FLOURITE) و یا آپاتیت (APATITE)خواهد شد که درنتیجه ته‌نشین شدن ،اورانینیت را بوجود خواهد آورد . بنابراین اکتشاف رگه‌ای اورانیوم گرمابی باید برروی درک شرایط امکـان حمل اورانیوم و ته‌نشین شدن و شکل تغییرات آن و نیز درک عناصر عوامل محیطی ماننـــــد تغییرات شیمیائی و نقل وانتقال دیواره سنگها و نحوه تقسیم‌بندی رگه‌ها و غیره باشد .

۴ـاهمیت مطالعات

همانطوری‌که ذکرشد به‌واسطه نیاز اورانیوم در جهان واهمیت روزافزون آن مطالعه محیطهای مساعد زمین‌شناسی در اکتشاف مورد توجه قرار گرفته و روشهای اکتشافی نیز دراین مورد توسعـه فراوانی یافته‌اند ، هرچند که به‌نظر می‌رسد که در تکنولوژی موجود محدودیتهایی برای کشـف و تشخیص اورانیوم در اعماق پایین وجود داردو درواقع رادیو اکتیو اندازه‌گیری شده بیشترمربوط به رگه‌های سطحی است در حالی‌که نشان کمتری از کانه اورانیوم (URANIUM-ORE) کـه در اعماق پایین واقع شده وجود دارد و چنین استنباط می‌شود که اکثر ذخایر آسان کشف شده مانند ذخایر امریکا شمالی ـ اروپا ـ استرالیا ، اینطور باشند و در نتیجه بسیاری از ذخایر نیز هستنـد که به‌واسطه واقع شدن در اعماق ، کشف و یا تشخیص داده نشده‌اند . بنابراین توسعه وسایـــل اکتشافی برای این ذخایر کشف نشده نیز در آینده ضروری خواهدبـود . لازم به‌تذکر است کـــه حفاری در سالهای اخیر در اکتشاف اورانیوم نقش موثری داشته و رو به‌افزایش است برای مثال ۹۲درصد حفاری اورانیوم دنیا به‌وسیله امریکا بوده است که ۹۰درصد آن تنها درخود امریکـــا صورت گرفته و ۲درصد آن در استرالیا و کانادا انجام شده است .

بطوریکه در مقدمه نیز اشاره گردید قیمت اورانیوم همواره رو به‌افزایش بوده و ارتبـاط مستقیمی با عیار ذخایر و موضوع بازیابی آن دارد . شکل شماره ۹ یک نمودار عمومی از عیـار و قیمت اورانیوم را نشان می‌دهد و برای هرقیمت بازار بستگی به‌اندازه ، عمق ، طریق عمل‌بازیابی سنگ حاوی اورانیوم دارد و به‌نظر می‌رسد که در آینده به‌واسطه افزایش قیمت ذخایر اورانیـــوم با عیار پایین نیز قابل عرضه در بازار خواهد بود .تصریح این مطلب لازم است که مطالعـــات زمین‌شناسی و مراحل کاربرد روشهای اکتشافی بایستی نسبت به نیاز منطقه با درنظر گرفته وضـع زمین‌شناسی آن مورد استفاده قرار گیرد .شکل شماره ۱۰ استفاده این مراحل را در اکتشـــاف اورانیوم نشان می‌دهد .

۵ـ فعالیتهای اکتشاف اورانیوم در جهان

اکتشاف اورانیوم هم در کشورهایی که به تکنولوژی هسته‌ای دست یافته‌اند و هم در سایـر

کشورها به‌عنوان یک عنصر معدنی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است و اکتشاف واستخراج آن وارد مرحله‌ای جدید شده استو بیشتر این کشورها برنامه عظیمی را برای اکتشاف اورانیوم اختصاص داده‌انـــد .

از مطالعات چنین پیش‌بینی می‌شود که اکتشاف و تولید اورانیوم در آینده بیشترازذخایری که فعلا" هنوز ناشناخته‌اند صورت خواهد گرفت و طبق برآورد آژانس بین‌المللی هستـــه‌ای (IAEA. BULL. VOL.22 No.1 1980) نیاز اورانیوم در دهه ۱۹۹۰ حتی کمـــی بیشتر از مقدار پیش‌بینی شده ذخایر شناخته شده آن در جهان خواهد بود که در واقع اکتـشاف بیشتری برای این دهه را اجتناب‌ناپذیر می‌سازد .

همانطورکه در جدول شماره ۲ آمده است تقریبا" حدود ۷۰درصد از ذخایر نسبتا" مطمئن (REASONABLY ASSURED RESOURCES) در چهار کشور امریکا ، افریقای جنوبـــی ، استرالیا ، کانادا قرار دارد و این سئوال پیش می‌آید که آیا اورانیوم ، تنها در این چهار کشور تجمع یافته است؟ جواب این سئوال منفی است زیرا کشف چنین منابعی حاصل مطالعات و توسعه و پیشرفت فعالیتهای اکتشافی این کشورها درگذشته است در حالی‌که منابع جالبی از اورانیوم‌در کشورهای درحال توسعه نیز وجود دارد که متاسفانه به‌واسطه عدم بودجه کافی اکتشافی ، تجربـه و مهارت لازم ، فعالیتهای اکتشافی آنها در سطح ممالک یاد شده نبوده است ، اما خوشبختانـه از سال ۱۹۷۴ فعالیت اکتشافی بیشتری در سایر کشورها نیز شروع شده است و همانطورکـــه در جدول ۳ آمده است مخارج اکتشافی دربرخی از کشورهای درحال توسعه طی سال ۱۹۷۶درمقایسه باسال ۱۹۷۵ ، چند برابر کشورهای پیش گفته بوده است که خود اهمیت فعالیتهای اکتشافی را نشان می‌دهد .

جدول شماره ۲ ذخایر نسبتا" مطمئن اورانیوم (REASOMABLY ASSURED IN SOURCES)
برحسب ۱۰۰۰ تن اورانیوم

نـــام کشـــور	ذخایرباقیمت‌کمتراز۸۰دلار (کیلواورانیوم)	ذخایرباقیمت‌بین۸۰تا۱۳۰ دلار (کیلواورانیوم)	جمـــع
آرژانتین	۲۳	۵/۱	۲۸۰۱
آلمان (جمهوری‌فدرال)	۴	۰/۵	۴/۵
اتریش	۱/۸	*	۱/۸
استرالیا	۲۹۰	۹	۲۹۹
اسپانیا	۹/۸	*	۹/۸
افریقا جنوبی	۲۴۷	۱۴۴	۳۹۱
افریقا مرکزی (جمهوری)	۱۸	*	۱۸
الجزایر	۲۸	*	۲۸
امریکا	۵۳۱	۱۷۷	۷۰۸
انگلستان	*	*	*
ایتالیا	*	۱/۲	۱/۲
بولیوی	در دست نمی‌باشد	*	*
بوتساوانا (افریقا)	*	۰/۴	۰/۴

برزیل	۷۴/۲	*	۷۴/۲
پرتقال	۶/۷	۱/۵	۸/۲
ترکیه	۲/۴	۱/۵	۳/۹
دانمارک	*	۲۷	۲۷
زئیـــر	۱/۸	*	۱/۸
ژاپن	۷/۷	*	۷/۷
سومالی	*	۶/۶	۶/۶
سوئد	*	۳/۱	۳/۱
شیلی	*	*	*
فرانسه	۳۹/۶	۱۵/۷	۵۵/۳
فنلاند	*	۲/۷	۲/۷
فیلیپین	۰/۳	*	۰/۳
کانادا	۲۱۵	۲۰	۲۳۵
کره (جمهوری)	*	۴/۴	۴/۴
گابون	۳۷	*	۳۷
مکزیک	۶	*	۶
مصـــر	*	*	*
نیجریه	۱۶۰	*	۱۶۰
نامیبیا	۱۱۷	۱۶	۱۳۳
هندوستان	۲۹/۸	*	۲۹/۸
یوگسلاوی	۴/۵	۲	۶/۵
جمع کل	۱۸۵۰	۷۴۰	۲۵۹۰

* = صفر

≈ = مطابق مطالعه اول ژانویه ۱۹۷۹

(اقتباس شده از:

(OECD and IAEA joint report.
Uranium Resources, Production and Demand. 1979.

جدول شماره ۳ ذخایر اکسانی اورانیوم در بعضی از کشورهای جهان (برحسب ۱۰۰۰ دلار آمریکا)

نام کشور	قبل از سال ۱۹۷۵	۱۹۷۵	۱۹۷۶	۱۹۷۷	۱۹۷۸	۱۹۷۹ برنامه‌ریزی شده
استرالیا	۵۰۰۰	۱۰۰۰۰	۱۴۰۰۰	۱۸۰۰۰	*	*
آلمان (جمهوری فدرال)	*	۲۷۰۰	۳۱۰۰	۷۰۰۰	*	*
اتریش مرکزی (جمهوری)	۱۶۳۰۰	۱۷۰۰	۱۵۰۰	۱۲۰۰	۱۲۰۰	۱۲۰۰
ایرلند			۲۰۰۰			*
انگلستان	۸۵۵	۱۰	۱۵	۲۰	۵۰	*
اسپانیا	۱۹۶۲۸	۶۴۸۳	۷۱۰۰	۶۸۰۰	۸۰۰۰	۱۲۰۰۰
آمریکا	۴۰۳۷۰۰	۱۳۰۲۰۰	۱۹۵۹۰۰	۲۹۳۵۰۰	۳۷۱۵۰۰	۴۰۳۷۰۰
اتریش جنوبی	۱۷۳۰	۳۴۴۲	۷۲۵۷	۱۲۳۵۰	۲۴۵۶۷	۲۶۹۵۰
بولیوی	۵۰۰	۲۰۰۰	۳۳۰۰	۲۲۰۰	۱۰۰۰	۲۵۰۰
برزیل	۳۹۸۰۰	۱۲۰۰۰	۲۴۴۰۰	۲۵۶۰۰	۲۹۶۰۰	۲۲۰۰۰
بوتساوانا	۶۰	*	۷۰	۱۰۵	۷۰	۱۰۰
پرو	۹۷	۳۳	۶۹	۱۵۶	۹۹	۱۷۶
پرتغال	۶۱۸۲	۲۴۳	۲۷۶	۲۷۹	۲۸۵	۶۱۶
ترکیه	۵۰۵۰	۸۰۰	۹۰۰	۲۰۰۰	۱۲۰۰	*
تایلند	*	*	*	۱۱۰	۲۶۰	۳۱۰
دانمارک	۱۰۰۰		۳۵۰	۱۱۰۰	۱۰۰	۵۰۰
ژاپن	۱۲۳۰۰	۳۶۰	۴۶۰	۵۰۰	۱۳۵۰	*
سومالی		۱۰۰۰۰	*	*	*	*
سوئد	۵۷۵۰	۲۹۰۰	۵۰۵۰	۵۴۰	۵۹۰۰	*
سویس	۱۶۰۰	۱۲۶	۶۹	۲۷۵	۳۶۰	۲۴۰
شیلی	*	۱۴۵	۵۷۰	۱۰۰۴	۹۵۴	۸۱۹
فرانسه	۱۰۵۴۰۰	۱۴۶۰۰	۱۹۶۰۰	۱۸۲۰۰	۲۶۷۰۰	۳۴۰۰۰
فنلاند	۴۷۰۰	۱۴۰۰	۱۴۴۰	۱۶۳۰	۷۵۰	۷۰۰
کانادا	۲۴۹۰۰	۲۳۵۰۰	۴۳۱۰۰	۶۵۵۰۰	۷۸۰۰۰	۷۶۵۰۰
کلمبیا	۱۰۰۰	۵۰۰	۱۵۰۰	۲۵۰۰	۳۵۰۰	۵۰۰۰
کره (جمهوری)	۱۴۰	۵۸	۲۴۶	۲۳۴	۳۲۰	*
ماداگاسکار	*	صفر	۵۰	۲۵۶	۸۰۰	۱۲۸۲
مکزیک	۳۶۷۲	۲۱۵۲	۲۷۶۶	۱۳۶۸	۱۱۹۲	۱۶۷۸
نیجریه	۲۲۵۰	۹۰۰	۶۰۰	۱۰۰۰	۱۲۰۰	۱۰۰۰
نامیبیا	۶۰۰	۱۸۸۲	۳۸۷۴	۳۷۷۴	۴۸۳۳	۵۱۰۰
هندوستان	۴۶۱۶۰	۳۴۰۰	۳۴۰۰	۴۴۰۰	۴۹۰۰	۷۶۶۰
یونان	۲۴۰	۲۱۰	۴۳۲	۵۸۴	۸۱۰	۹۵۰
جمع کل	۷۹۰۰۰۰	۲۲۰۰۰۰	۳۴۰۰۰۰	۴۸۰۰۰۰	۵۷۰۰۰۰	۶۱۰۰۰۰

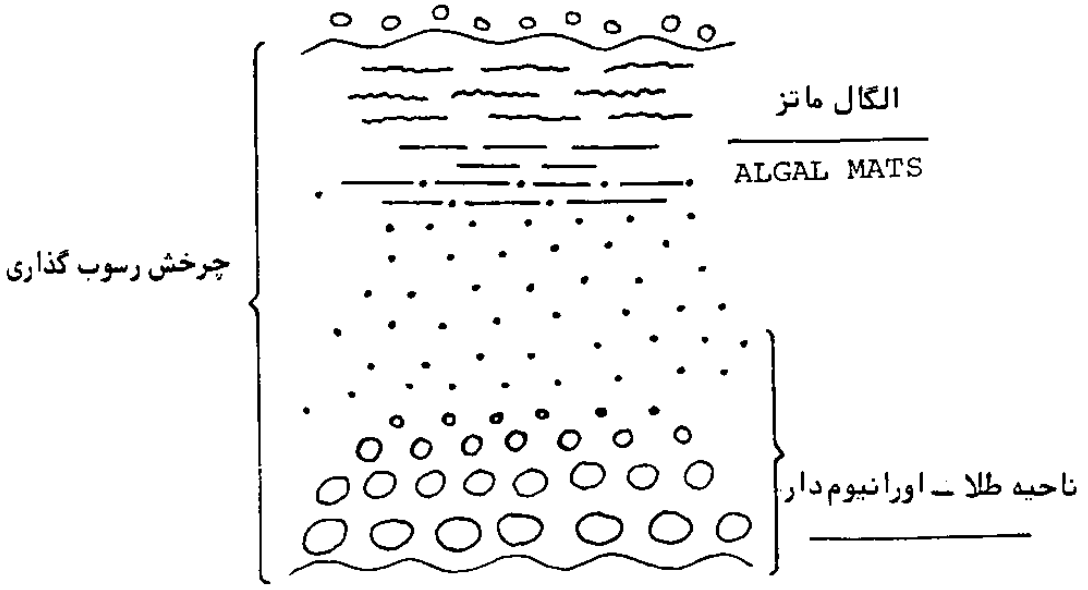
توضیح : محاسبه ارزش دلار برحسب نرخ آن سال بخصوص درنظر گرفته شده است.
علامت * = در دسترس نمی‌باشد.

(اقتباس شده از: OECD and IAEA joint report. Uranium resources, production and demand. 1979.

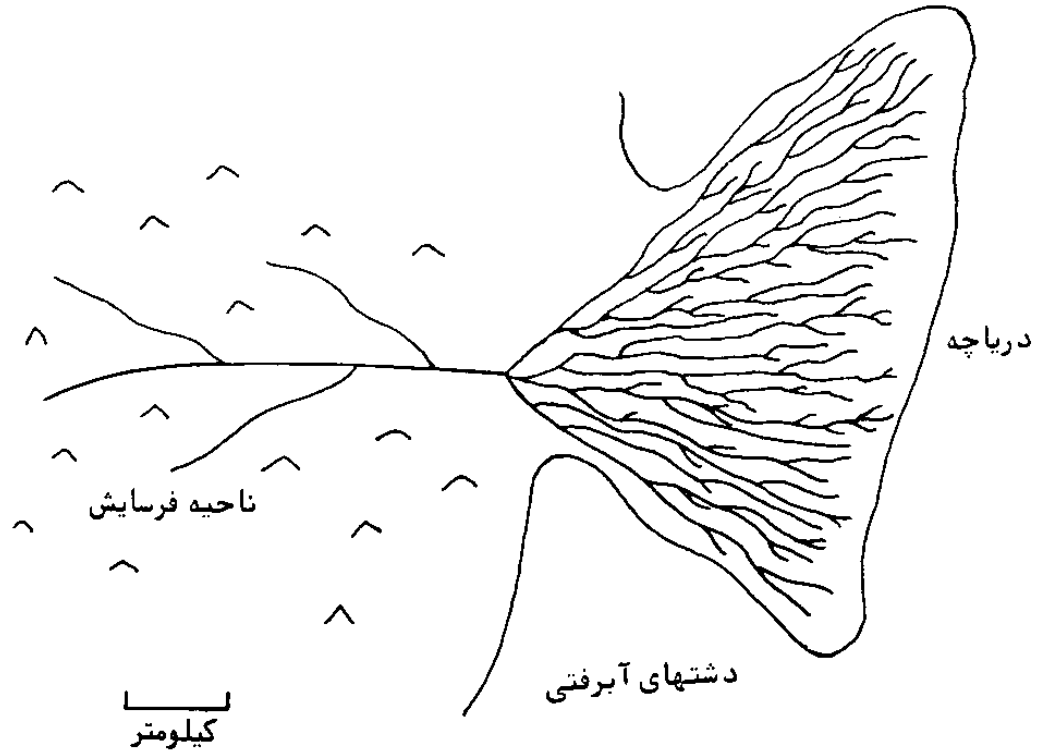
۶ـ نتیجه‌گیری

ازمطالعه محیطهای زمین‌شناسی مساعد دراکتشاف اورانیوم چنین می‌توان نتیجه گرفت‌که:
۱ ــ در اکتشاف اورانیوم شناخت محیطهای مساعد زمین‌شناسی و نحوه رسوب‌گذاری و فعـــل و انفعالات در آنها جهت مشخص کردن منشاء کانی‌سازی اورانیوم دارای اهمیت فراوان اســـت.
۲ ــ مطالعات زمین‌شناسی وکاربرد روشهای اکتشافی باید روی یک برنامه صحیح اکتشافی ودقیـق علمی و متناسب با نیازآن در مناطق باشد تا از مخارج بیهوده کاسته و اکتشاف را تسریع بخشد. مطالعه و شناخت ذخایر اورانیوم با عیار پایین نیز باید در برنامه اکتشافی مناطق در نظر گرفته شود.

متاسفانه در ایران به‌استثنای مناطق جنوب که به واسطه اکتشاف نفت مطالعات وسعیـی در آنهاانجام شده است درسایر مناطق اکثرا" اطلاعات و تحقیقات دقیق زمین‌شناسی وجودندارد، و این خود مشکلاتی را در مطالعه نقشه‌های هوائی رادیومتری (AIR BORNE RADIOMETRIC MAPS) برای پیداکردن آنومالیهای مربوط به قسمتی از مناطق کشور که پروازهای آن انجام شده است بوجود می‌آورد، هرچند که محیطهای زمین شناسی در کشور ما متنوعند و پدیده‌های‌جالبی را در علم زمین‌شناسی تشکیل می‌دهند. اکنون که اکتشاف اورانیوم در ایران به‌عنوان یـک کار مفید، مورد توجه است و از طرفی فعالیتهای اکتشافی آن در مناطق شمال‌غرب ــ شمال شرق ــ ایران مرکزی ــ شرق و جنوب شرق و زاگرس ادامه دارد انتظار می‌رود در آینده اطلاعات زمین ــ شناسی نواحی کشور افزایش یافته و در نتیجه مطالعه محیطهای زمین‌شناسی مساعد و اکتشـــاف اورانیوم را تسریع نماید.

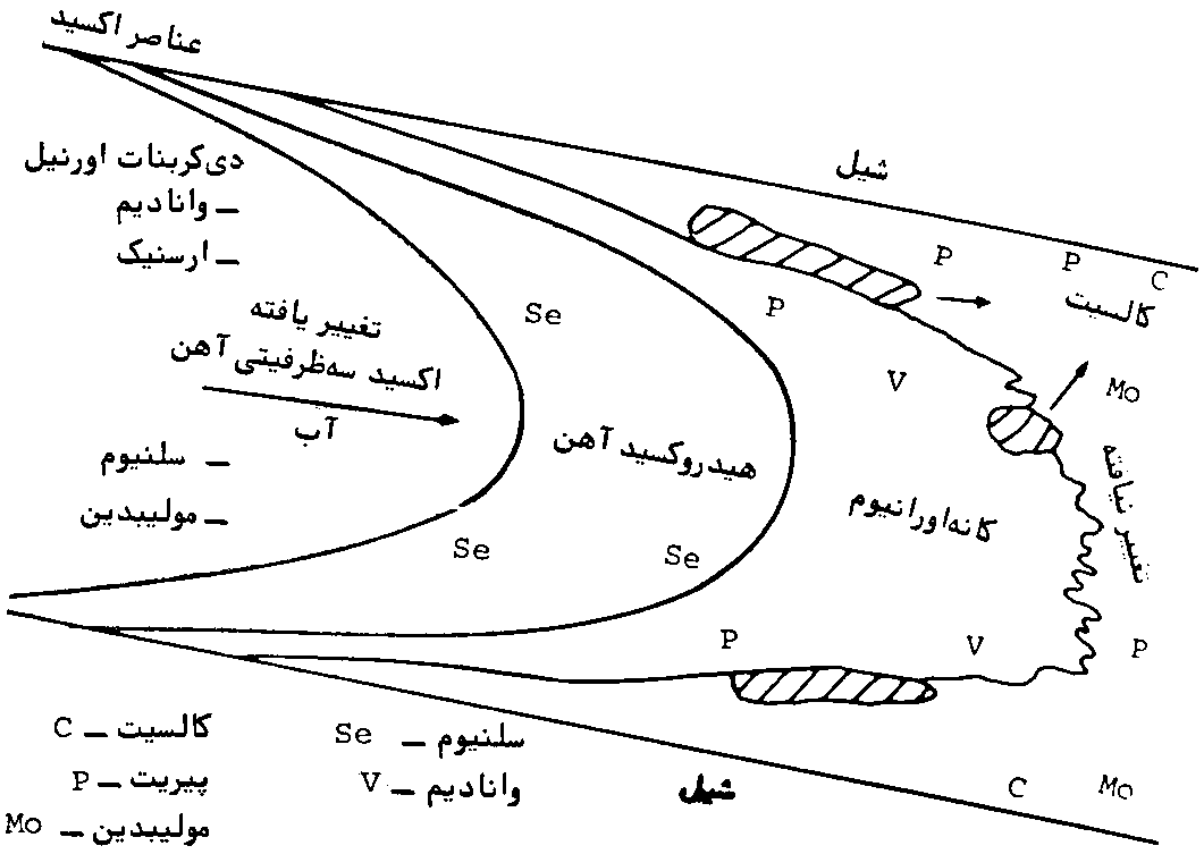


شکل ۵ ـ چرخش رسوب گذاری ناحیه WITWATERSRAND

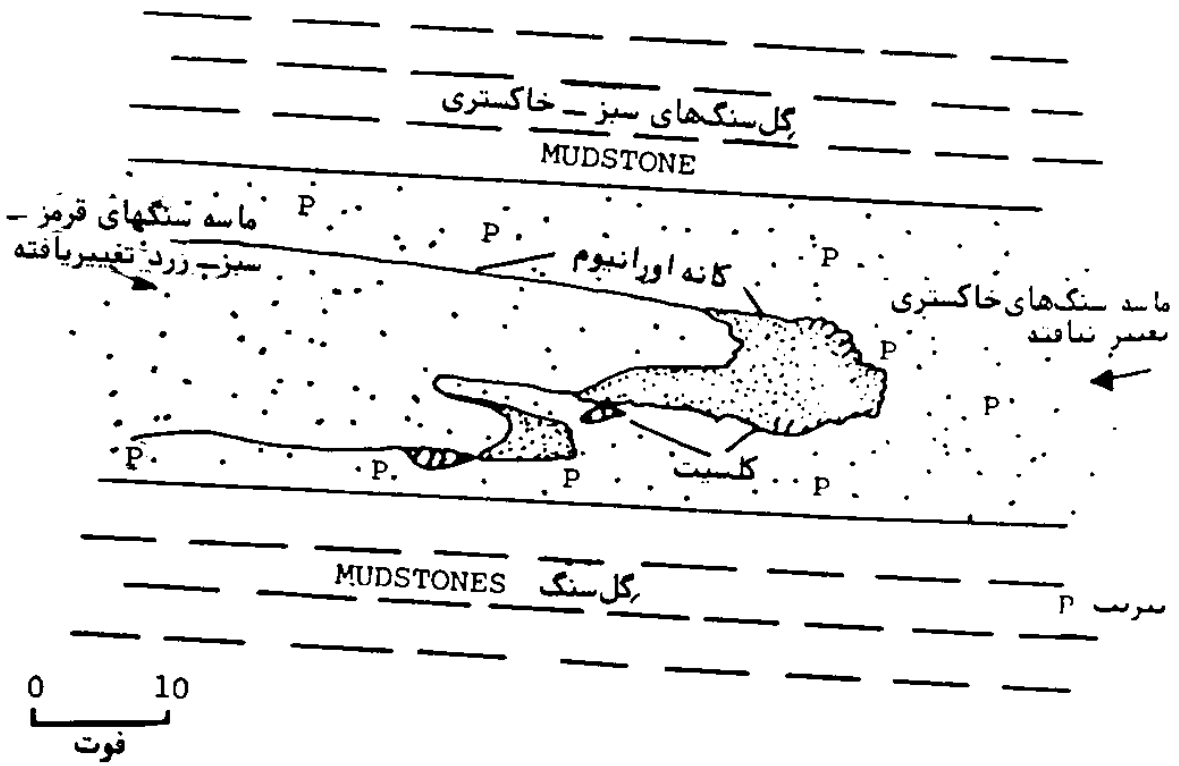


شکل ۶ : مدل رسوب‌گذاری ناحیه Witwatersrand

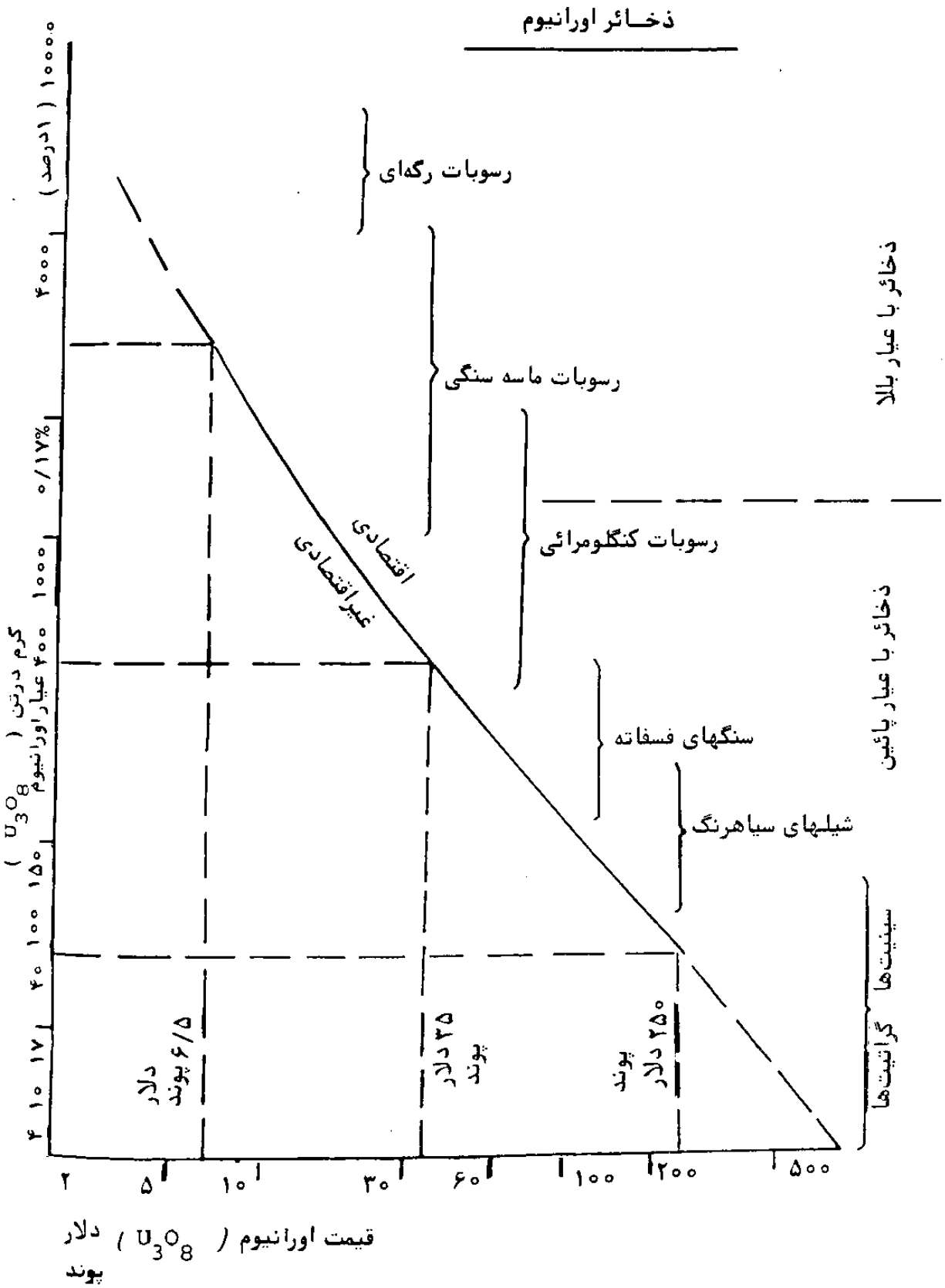
(اقتباس شده از : R. H. DE VOTO, Uranium Exploration. 1978)



شکل ۷ : حد فاصل منطقه اکسیداسیون و احیاء در ماسه‌سنگ‌های اپی‌ژنتیک

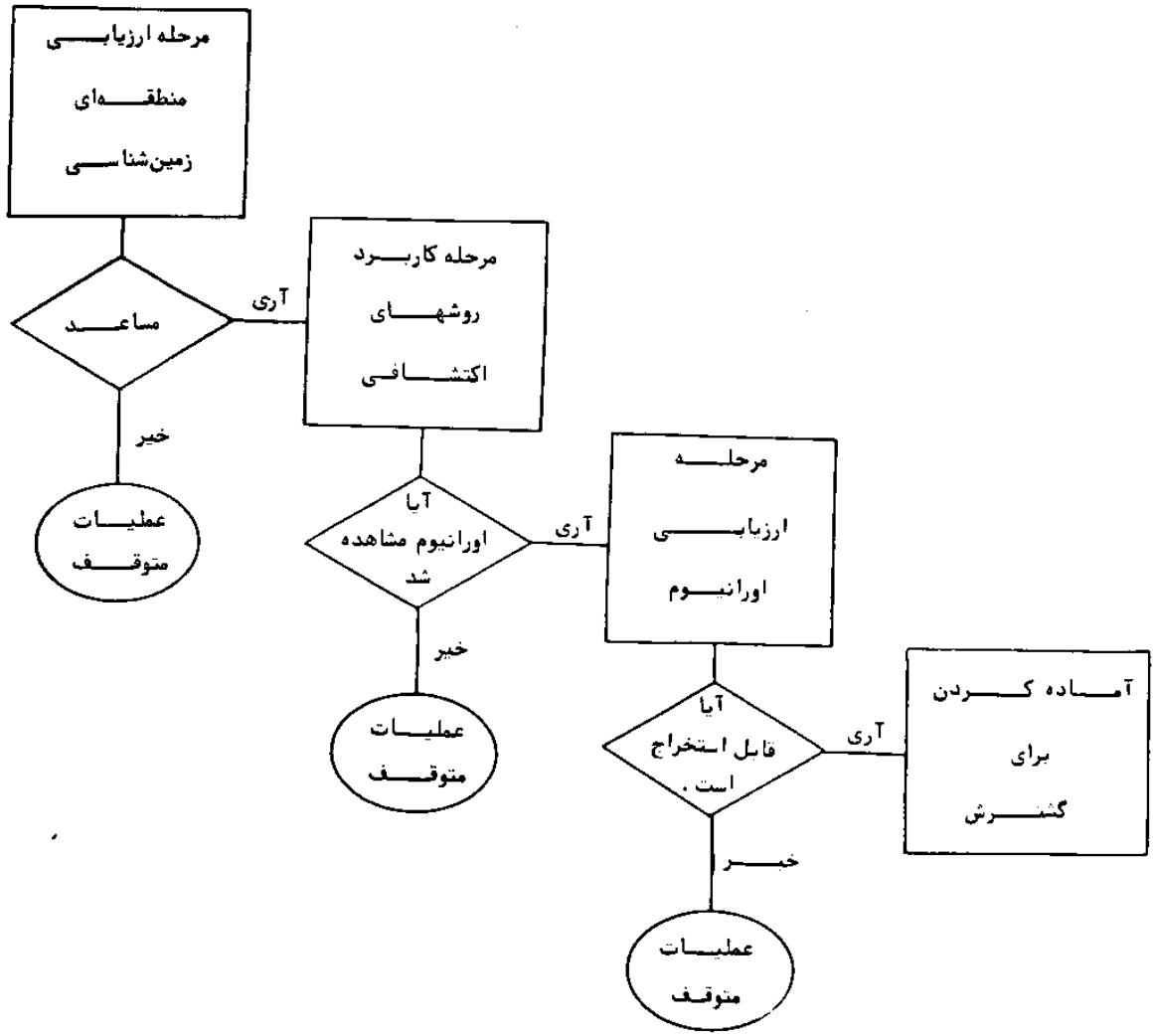


شکل ۸ : کانی‌سازی اورانیوم بصورت هلالی (ROLL - FRONT)
(اقتباس شده از : R. H. DE VOTD, Uranium Exploration, 1978)



شکل ۹ــ ارتباط بین قیمت و عیار ذخائر اورانیوم

(اقتباس شده از : R. H. DE VOTO , Uranium Ezploration, 1978)



شکل ۱۰ " مراحل مختلف اکتشاف اورانیوم "

(اقتباس شده از: IAEA , BULL. Vol. 22 . No. 1, 1980)

References

1. BOULANGER. D.J.R. AND OTHERS, URANIUM ANALYSIS BY NEUTRON ACTIVATION DELAYED NEUTRON COUNTING, ATOMIC ENERGY OF CANADA LTD, 1976.
2. DE VOTO R.H..REPORT ON URANIUM EXPLORATION, COLORADO SCHOOL OF MINES, PP.1.76, 1978.
3. DYCK A.U AND OTHERS, BOREHOLES GEOPHYSICS APPLIED TO METALLIC MINERAL PROSPECTING. CEOLOGICAL SURVEY OF CANADA. PAPER. 75-31.- 1975
4. INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY , (IAEA) BUL. VOL. 22 NO. 1- PP. 24-40 1980.
5. KENNETH D.C., PRELIMINARY ROCK TYPE AND GENETIC CLASSIFICATION OF URANIUM DEPOSITS. ECONOMIC GEOLOGY VOL.71 PP. 941-948,1976.
6. LAVERTY R.A. AND OTHERS, URANIUM ORE GUIDES IN CONTINENTAL ELASTIC SEDIMENTS. U.S. ATOMIC ENERGY COMMISSION, GRAND JUNCTION. COLORADO, 1966.
7. PATON, P.G. AND MILLER G.M. EVALUATION REPORT,MAUREEN URANIUM-FLUORITE MOLYBDENUM PROSPECT, QUEENSLAND, 1974.
8. U.S. ATOMIC COMMISSION URANIUM EXPLORATION, DIVISION OF RAW MATERIALS, WASHINGTON, D.C. 20545, 1966.
9. URANIUM, RESOURCES PRODUCTION AND DEMAND. A JOINT REPORT BY OECD NUCLEAR ENERGY AGENCY AND PP-45, 1977, PP. 18-32.1979.
10. ZUHAIR AL SHAEID, RICHARD OLMSTED AND OTHERS, URANIUM POTENTIAL OF PERMAIN AND PENNSYLVANIAN SANDSTONE IN OKLAHOMA. AAPG. BUL VOK. 61. NO. 3 PP.360-375, 1977.

۱۱ ــ انرژی ومشکلات جهانی آن ــ منصور روحی ــ تیرماه ۱۳۵۹ ــ سازمان انرژی اتمی

۱۲ ــ مطالعه تئوریک تعادل رادیو اکتیویته در کانیهای اورانیوم‌دار وموارد چند از نتایج آن در ایران ــ محمد رضا اسپهبد . ۱۳۵۸ ، سازمان انرژی اتمی ایران

ABSTRACT

The purpose of this paper is to outline the study and understanding of the favorable geological environments used in uranium exploration with emphasis on international activities currently underway.

At first, the geological environments which are found to have an unusual concentration of uranium deposits have been discussed, since uranium is deposited in different environments and each need a special study in order to distinguish the uranium ore mineralization, In this paper, each of these environments with relevant example have been discussed and presented.

It is stated that in uranium exploration we must understand the geological environments of uranium mineralization and use related exploration methods as may be required in a region.

In the next part of article some of the activities being carride out in the world are discussed, since due to increasing need for this essential substance by different countries, and considering the difficulties faced by some of them in obtaining oil, the use of uranium is daily on the increase.

It seems in not too distant future the uranium exploration will commence also in deeper deposits and should prove economical, even though there are some difficulties to overcome.

At present time seventy five percent (75%) of reasonable assured uranium resources are reported to be in the four countries i.e. United States of America, South Africa, Australia, and Canada, however this percentage of uranium concentration in this four countries are mainly due to their geological prospecting, extent of exploration activities, speed of work and sufficient exploration expenses allocated in this respect.

Now in Iran, considering the study and result of air borne radiometric maps of areas which their lights have been completed, and the study of the existing anomalies, the importance of the study of favorable geological environments for the uranium exploration is outlined.