

رادیواکتیویته فسفات‌ها و اکتشاف اورانیوم در کانسارهای فسفات ایران

نوشته: محمدرضا اسپهبد

واحد اکتشاف سازمان انرژی اتمی ایران

خلاصه

کشف مواد رادیواکتیو در کانسارهای فسفات رسوبی و همچنین در رگه‌های فسفات دار غیررسوبی، از دیرزمان مورد توجه زمین‌شناسان اورانیوم قرار گرفته است. بخصوص در سالهای بین ۱۹۵۰ تا ۱۹۶۳ در اکثر ذخیره‌های فسفات جهان که در پاره‌ای از مناطق دنیا مانند آمریکا، آفریقا و آسیا توسعه چشمگیری داشته، استخراج اورانیوم همواره مورد توجه دانشمندان بوده است. استخراج معادن فسفات در فلوریدای آمریکا و نیز در مراکش، به‌منظور تهیه سوپر فسفات، در بسیاری از موارد درصد قابل قبولی از اورانیوم را در برداشته ولی تاکنون هیچگاه فسفات‌ها تنها به‌خاطر اورانیوم استخراج نشده‌اند.

روشهای ابداعی جدید، دانشمندان را برآن داشت که اورانیوم را باوجود عیار کم، که معمولاً در فسفات‌ها بطور متوسط از ۱۵۰ p.p.m. تجاوز نمی‌کند، به‌صورت یک محصول فرعی (By product) ضمن تهیه اسید فسفریک از آن استخراج کنند. با توجه به‌اینکه معادن فسفات تغذیه‌کننده بخش مهمی از صنایع هر مملکت، بویژه در زمینه پتروشیمی است، از این‌سرو در کشورهای دارای ذخیره‌های فسفات کوشیده‌اند که همزمان با پالایش مواد فسفات، در مجاورت کارخانه‌های تهیه سوپر فسفات و اسید فسفریک، دستگاههایی نیز برای پالایش اورانیوم کم عیار مستقر سازند که تاکنون در این راه موفقیت‌های زیادی نیز بدست آمده است.

اورانیوم در تشکیلات فسفات رسوبی، با در نظر گرفتن ابعاد کانسار فسفات مورد بحث که غالباً بالغ بر چند صد میلیون تن است، عموماً " بصورت نودولهای فسفات و فسفریت‌ها جذب می‌شود که تغذیه‌کننده اصلی آن کانی‌آپاتیت است، با این تفاوت که ذخیره‌های فسفات رگه‌ای، که منحصرأ از بلورهای آپاتیت تشکیل شده باشند، بسیار محدود بوده و تقریباً در فسفات‌های رگدای ئیدروترمال - حتی با توجه به تمرکز و بالا بودن عیار اورانیوم ناشی از اجتماع بلورهای آپاتیت یا کانی‌های فسفات، دیگر معمولاً نمی‌توانند کانسار قابل توجهی را از نظر استخراج اورانیوم بوجود آورند. بنابراین در این مقاله بیشتر از نوع کانسارهای فسفات رسوبی بحث می‌شود. از آنجایی که ایران یکی از کشورهای غنی از ذخیره‌های فسفات محسوب می‌شود و گسترش منابع فسفات آن در تشکیلات ائوسن و بالاتربین حد کرتاسه فوقانی در بخش‌های وسیعی از رشته کوه‌های زاگرس و نیز در تشکیلات دونین (فرماسیون جیرود) البرز میانی به‌وسیله زمین‌شناسان تایید شده و اخیراً هم در تشکیلات اینفراکامبرین به‌وسیله کارشناسان سازمان زمین‌شناسی و تحقیقات معدنی کشور آثار فسفات گزارش شده است، بنابراین یک‌سلسله مطالعات مستمری با جهت‌گیری اکتشافی از نظر ذخیره‌های مواد رادیواکتیو (اورانیوم) ضرورت پیدامی -

از رشته کوههای زاگرس و نیز در تشکیلات دونین (فرماسیون جیروود) البرز میانی به وسیله زمین‌شناسان تایید شده و اخیراً هم در تشکیلات اینفراکامبرین به وسیله کارشناسان سازمان زمین‌شناسی و تحقیقات معدنی کشور آثار فسفات گزارش شده است، بنابراین یکسلسله مطالعات مستمری با جهت‌گیری اکتشافی از نظر ذخیره‌های مواد رادیواکتیو (اورانیوم) ضرورت پیدامی‌کند که با انجام آن می‌توانیم همگام با کشورهای دارای منابع فسفات به منابع اورانیوم این‌نوع کانسارها دسترسی پیدا کنیم.

آپاتیت (APATITE)

یکی از ترکیبات فسفات که به مقدار قابل توجهی در سنگها دیده شده، کانی آپاتیت با فرمول کلی $Ca_5(PO_4)_3F$ است و فلئو فسفات کلسیم نامیده می‌شود. این ترکیب را می‌توان به صورت‌های کلروآپاتیت $Ca_5(PO_4)_3Cl$ و فلئوآپاتیت $Ca_5(PO_4)_3F$ نیز نوشت. آپاتیت یکی از کانیهای فرعی سنگهای آذرین و حتی سنگهای دگرگونی است.

کلوفان (COLLOPHANE) به فرمول $Ca_3(PO_4)_2 \cdot nCa(CO_3, F_2) \cdot x(H_2O)$

در فسفات‌های رسوبی گاهی موادی قهوه‌ای رنگ مایل به زرد یا خاکستری تیره دیده می‌شوند. که از نظر خواص نورانی، همگن (ایزوتروپ) هستند. این مواد کلوفان یا کلوفانیت نامیده می‌شوند که شکل مخفی بلور (کریبتوکریستالین) آپاتیت بوده و گاهی نیز به صورت دانه‌های ریز تافیبر مانند به نام فرانکولیت است.

سنگهای فسفات را معمولاً به عنوان فسفات‌ها می‌نامند و اصولاً از کلوفان تشکیل شده‌اند. بطور کلی کانی آپاتیت معمولاً محتوی مقدار ناچیزی از اورانیوم، در حدود چندین الی چند صد p.p.m است، ولی با در نظر گرفتن اینکه سنگهای پوسته جامد، بطور متوسط، فقط شامل چندین p.p.m اورانیوم بوده و نیز آبهای اقیانوسها دارای حدود چند هزار p.p.m است، از اینرو فوراً در می‌یابیم که آپاتیت به عنوان یک کانی متمرکزکننده اورانیوم می‌تواند حائز اهمیت باشد.

گذشته از این، آپاتیت در سنگهای متعدد کریستالین اسید یا قلیایی و یادرسنگهای رسوبی (شیست‌ها و آهکها)، بخصوص در حالت اخیر بشکل قلوه سنگهای فسفات، فراوان یافت می‌شود. این کانی نقش قابل ملاحظه‌ای در چرخه ژئوشیمی اورانیوم دارد. آپاتیت همچنین می‌تواند عامل پخش اورانیوم، به صورت پراکنده (Dissemination)، باشد، لکن همانطور که اشاره شد به گونه خاصی عامل تمرکزدهنده اورانیوم نیز هست. آپاتیت در سنگهای فسفات، رسوبات دریایی یافت می‌شود و در واقع بنا بر نوشته آلت شولر (ALTSCHULER) و دیگران (سال ۱۹۵۳) عموماً به شکل کربنات و فلئوآپاتیت، دیده شده است. بدین ترتیب است که ته‌نشست‌های فسفات، ایالات متحده آمریکا پتانسیل وزنی و حجمی قابل ملاحظه‌ای از اورانیوم را در برمی‌گیرند و برپایه نظر آلت شولر و دیگران (سال ۱۹۵۸)، به این نتیجه می‌رسیم که در چندین کانسار مختلف، عیار متوسط اورانیوم در آپاتیت حدود ۵/۰۱ بوده است.

بنابراین اورانیوم می‌تواند به عنوان یک محصول فرعی در کارخانه‌های ساخت سوپرفسفات، مورد استخراج قرار گیرد.

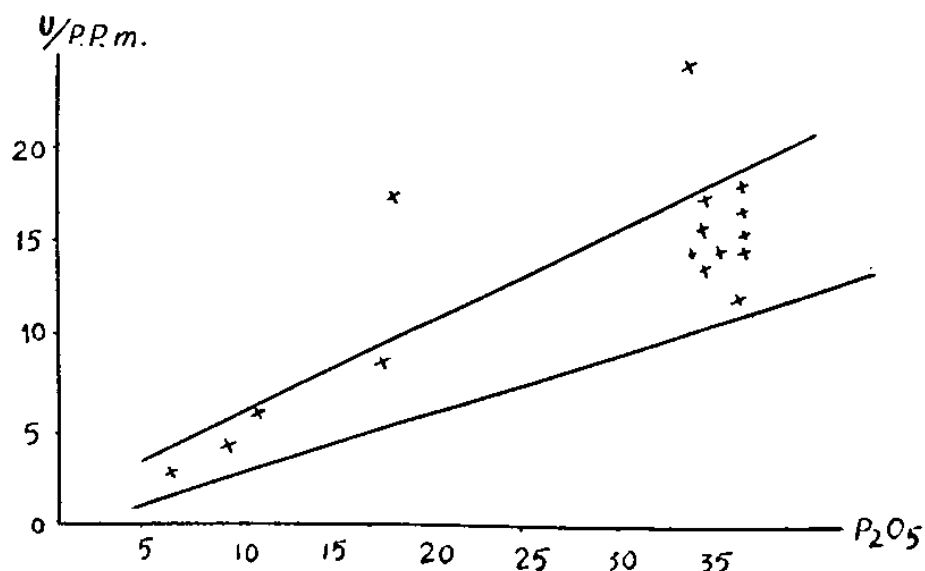
آلت شولر در سال ۱۹۵۸ عیارهای اورانیوم سنگهای فسفات را با دو روش متفاوت تعیین کرده

مقدار اورانیوم کیلوگرم	مقدار آپاتیت تن	ناحیه
۲۵۰	۲۵۰۰	فرماسیون دره فلوریدا
۱۱۰۰	۱۱۰۰۰	فرماسیون هاروتورن
۱۷۰۰	۱۷۰۰۰	Phosphoria Formation
۳۰۰۰	۳۰۰۰۰	مراکش

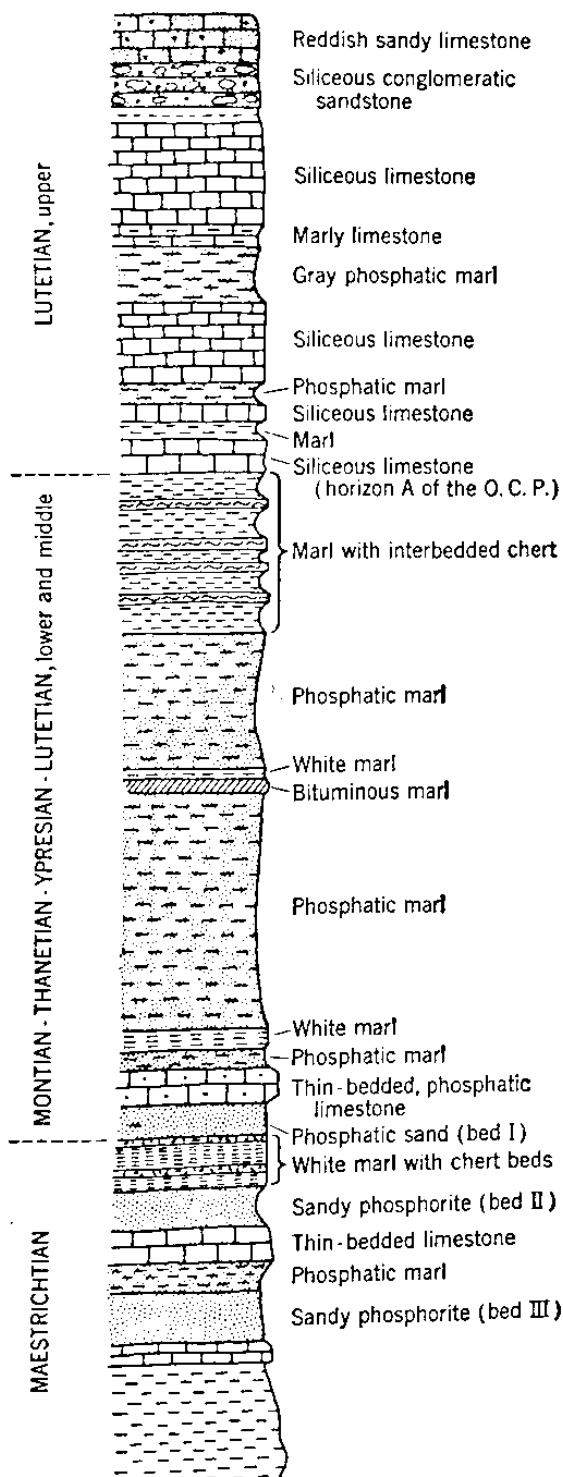
است. در یکی از این روشها توانست با استفاده از اسیدهای ضعیف، آپاتیسیت را براحتی حل کند، درحالی که مواد آرژیلی، پیریت، اکسیدهای آهن و کوارتز تقریباً "بی اثر باقی می ماندند، مگر اینکه این مواد به مدت طولانی تحت تاثیر اسید قرار گیرند.

در روش دیگر مخلوطی از اسید نیتریک و اسید فلوئوریدریک بکار می برند که می تواند تمام مواد سنگ راحل کند. در کلیه نمونه های مورد آزمایش نتایج بدست آمده عملاً "یکسان بوده اند. همینطور آنالیز گانی های همراه آپاتیت، در فسفات های ناحیه فلوریدا و مراکش، نشان می دهند که مقدار آنها از نظر کمیت وزنی نسبت به مقدار آپاتیت نسبتاً کم بوده است.

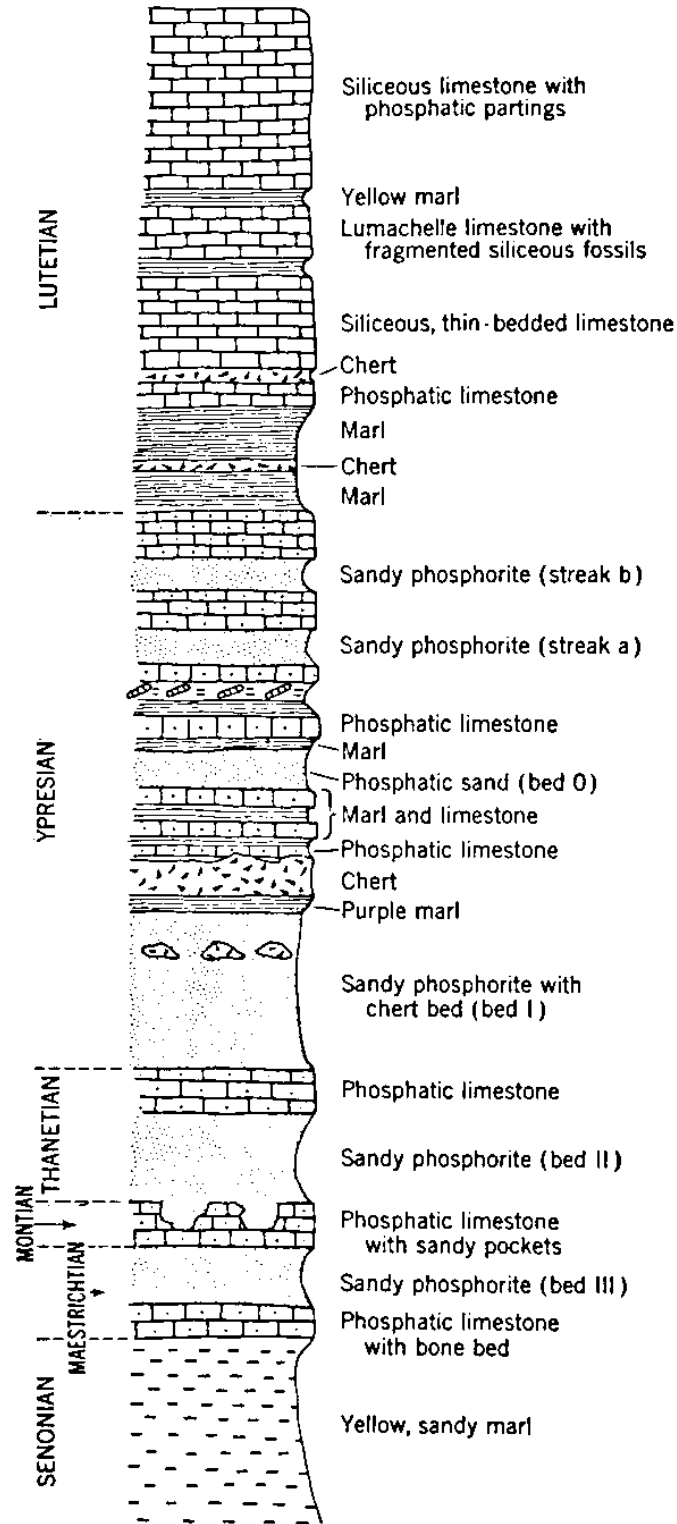
بالاخره مطالعه سنگ های فسفات از طریق اتورادیو گرافی نشان می دهد که رادیو اکتیویته در مقیاس وسیعی ناشی از وجود آپاتیت است. از این مشاهدات چنین استنباط می شود که وجود اورانیوم در قلوه سنگ های فسفات به علت همراه داشتن بلورهای آپاتیت بوده، درحالی که ترکیبات دیگر (کربناتها، آرژیلها، اکسیدهای آهن، کوارتز، پیریت و مواد آلی) معمولاً مقدار قابل توجهی از اورانیوم را در کانسارهای فسفات در برمی گیرند.



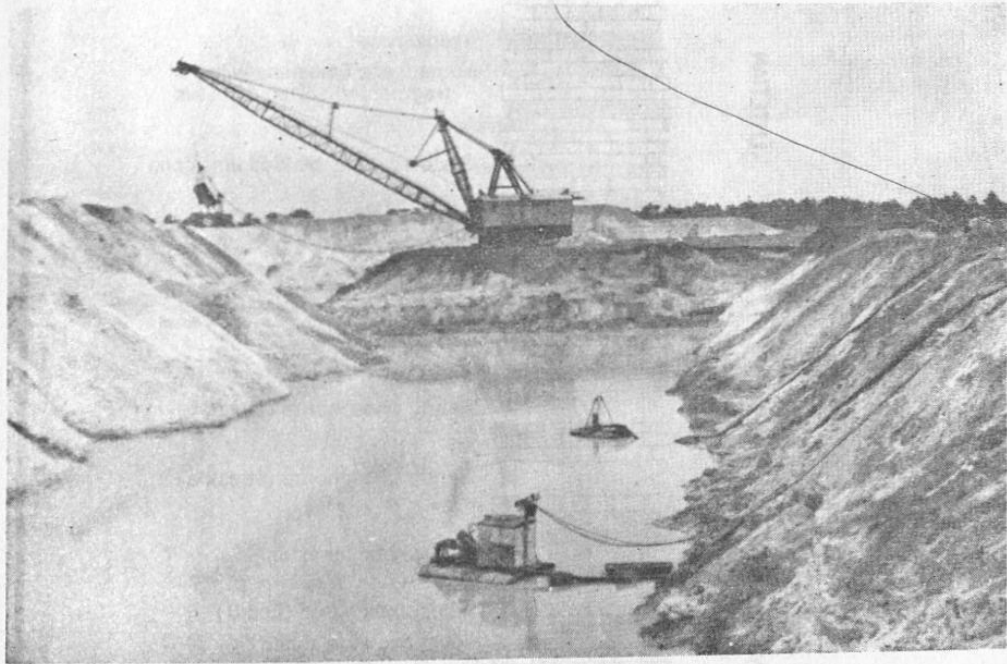
شکل ۱ - همبستگی بین اورانیوم و P_2O_5 در فسفات های مراکش



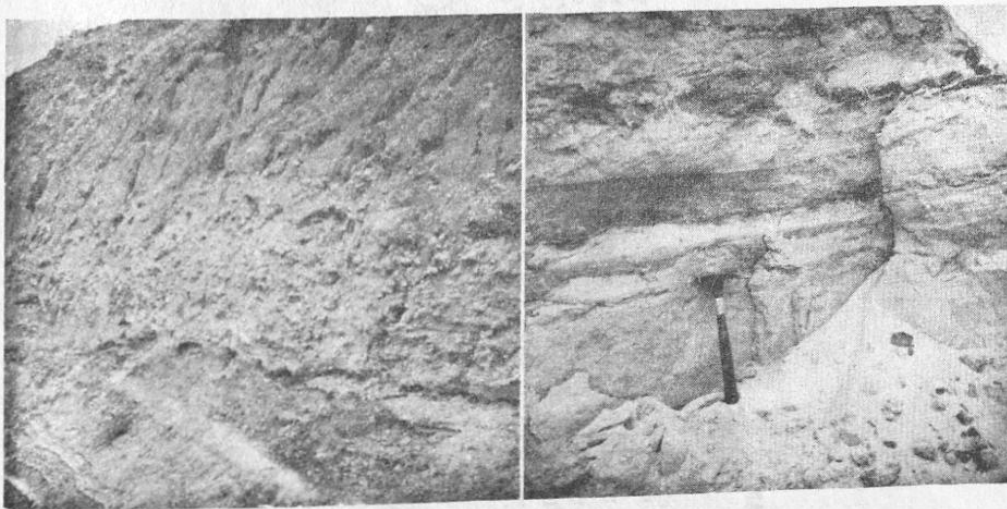
شکل ۲ : ستون چینہ شناسی طبقات فسفات دار نزدیک لوئی ژانتی، مراکش (سالوان ۱۹۵۲)



شکل ۳: ستون چینہ‌شناسی طبقات فسفات دار منطقه اولاد عبدون، مراکش (سالوان ۱۹۵۲)



(a)



شکل ۴ : (a) عمیقات استخراج، گانسارهای فسفریت دار نواحی بون والی، بونی لیک نزدیک پلانت سیتی (b) فسفات قلوهای، ناحیه بون والی، (c) فسفات ماسه‌ای، مربوط به تشکیلات بون والی.

در جدول زیر مقدار اورانیوم بعضی از ژیزمانهای فسفات بنا بر گزارش ماخر (Maucher) آمده است :

مقدار U_3O_8 %	نواحی فسفات دار
۰/۰۰۳	مراکش
۰/۰۰۶	تونس
۰/۰۰۲	الجزایر
۰/۰۱	مصر
۰/۰۰۷	نیجر
۰/۰۴	سنگال
۰/۰۲	ایرلند
۰/۰۴	اروپای میانی
۰/۰۱ - ۰/۰۲	فسفیا فرمیشن
۰/۰۱ - ۰/۰۱۸	بون والی فرمیشن (گوانو)
۰/۰۰۱	ایسلند
۰/۰۰۴۱ - ۰/۰۱۲۵	سواحل کالیفرنیا (رسوبات در حال تشکیل)
۰/۰۰۰۲	خلیج مکزیک (میانگین رسوبات جوان)

رابطه بین اورانیوم و P_2O_5

از تحقیقات بی شماری که تاکنون بعمل آمده چنین نتیجه می شود که مقدار اورانیوم با P_2O_5 تغییر می یابد ، اما بین این دو عامل اساسا " رابطه مستقیمی وجود ندارد . نتیجه تجزیه فسفاتهای مراکش این مفهوم کلی را تایید می کند .

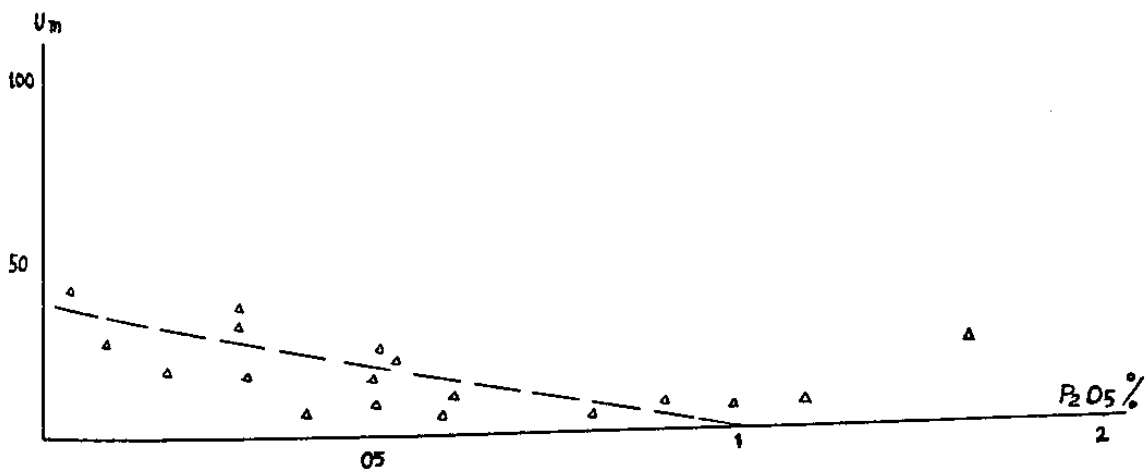
از ۱۸ نمونه ای که نمودار تولید روزانه فسفات از طبقات مختلف ژیزمان منطقه اولاد عبدون است مشاهده می شود که نمودار بالا نمایانگر نقاطی است محدود بین دو خط مستقیم ، که بین خود یک زاویه کاملا " تند را می سازند . در حالی که نمونه های دارای اورانیوم بیش از ۱۱ p.p.m " کاملا " حالت پراکنده ای را پیدا می کنند . یعنی ارتباط و همبستگی تقریبی اورانیوم و P_2O_5 در دو محل مختلف از نمودار بالا که مورد دقت و تعبیر و تفسیرهای گوناگون قرار گرفته نشان داده است که اولاً " فسفیت ها از دسته کانیهای اورانیوم دار ذکر شده برکنار بوده و ثانیاً " اورانیوم اساسا " در رابطه نزدیک با آپایت است و می توان وجود آن را از طریق شیمیایی (روش فلوریمتری) یا از طریق خواص فلوتورسانس نشان داد .

افزون بر این ترکیبات اکثر کانیهای متشکله از فسفیت ها موادی از قبیل آرژیل ها ، کربناتها و کوارتز بوده که عموماً " حاوی مقداری اورانیوم ، در حدود ۱۰ p.p.m ، هستند . چندین نمونه آرژیل نیز وجود دارد که شامل اورانیوم بیشتری هستند ، ولی اینگونه آرژیل های فسفیت دار دارای آپایت اولیاند و ترکیبات فسفاتیه آنها می تواند به وسیله اسیدنیتریک حل شود . باقی مانده ترکیب آرژیلی ، کاملاً " خالص و یا نسبتاً " بدون اورانیوم است . بطور کلی هیچ فسفیتی

به اندازه کافی اورانیوم در بر ندارد که به خاطر آن مورد بهره‌برداری مستقیم قرار گیرد، و به ندرت کانیهای اورانیوم دار بطور جداگانه در فسفریت‌ها پیدا شده‌اند. در این صورت اورانیوم فقط به عنوان یک محصول فرعی (By Product) فسفات کلسیم بشمار می‌رود. بطور کلی نسبت $\frac{U}{P_2O_5}$ در یک آرژیل معمولاً "متناسب با نسبت آپاتیت‌های محتوی در آن آرژیل است. البته همیشه این همبستگی مثبت عمومیت ندارد.

یکی از زمین‌شناسان به نام کاتکارت (CATHCART) در سال ۱۹۵۶ در ناحیه Bone Valley یک همبستگی منفی پیدا می‌کند، بدین معنی که P_2O_5 و اورانیوم دارای ضریب همبستگی $(r = -0.64)$ منفی بودند.

گاهی اوقات فسفات‌ها با ۱۰ درصد P_2O_5 ، اورانیوم بیشتری را نسبت به فسفات‌هایی که حاوی ۲۰ درصد P_2O_5 هستند نشان می‌دهند. البته این حالت بیشتر در مواقعی صدق می‌کند که یک همبستگی منفی بین دو کمیت مورد نظر وجود داشته باشد. این وضع حتی در مورد سنگ‌های غیر رسوبی و کریستالین دارای آپاتیت نیز صادق است. از آنجمله می‌توان رخساره‌های آتشفشانی شمال شرق ایران را نام برد که نمودار همبستگی آن به صورت زیر است:



شکل ۵: همبستگی خطی بین P_2O_5 و اورانیوم متحرک (U_m) در سنگ‌های کریستالین در ناحیه بین مرکز و شرق ایران، گزارش م. اسپهبد (۱۹۷۴).

در مورد سنگ‌های فسفاته رسوبی شرایط تعادل بین آپاتیت و اورانیوم در آب دریا بایستی در طول مدت رسوبگذاری آپاتیت برقرار باشد. از اینرو این چنین تعادلی در یک مقیاس وسیع بستگی به زمان رسوبگذاری و شرایط محیط دریایی خواهد داشت.

یکی از زمین‌شناسان به نام تامسون (THOMSON) در سال‌های ۱۹۵۳-۱۹۵۴ ارتباط بین اورانیوم و آپاتیت را در سری‌هایی که در مناطق محدودی نزدیک به فسفریافرمیشن قرار دارند مورد دقت قرار داده و با مشکلاتی مواجه شده است. به موجب تحقیقات وی بطور کلی در نمونه‌های بدست آمده، اورانیوم با یک عیار قوی بهترین همبستگی مثبت را با P_2O_5 نشان می‌دهد.

ضریب همبستگی	P_2O_5	متوسط اورانیوم p.p.m	تعداد نمونه‌ها
۰/۹	۲۰	۳۱	۱۲ نمونه
۰/۸	۲۶	۲۰	" ۲۴
۰/۲	۲۶	۳۰	" ۵۱
-۰/۲	۲۴	۱۶	" ۳۱

۱ ناحیه Reservoir Mountain

این نمونه‌ها همچنین نشان داده‌اند که بهترین همبستگی مثبت بین CO_2 و P_2O_5 و بهترین همبستگی منفی در آنها با مواد آلی برقرار است. ضمناً "کلیه" نمونه‌ها یک همبستگی مثبت را بین F و P_2O_5 نشان می‌دهند. البته این وضع می‌توانست قابل پیش‌بینی هم باشد، زیرا فسفات فسفریا فرمیشن یک کربنات آپاتیت بوده و نیز فلوئورین آزاد که قبلاً مورد مطالعه و شناسایی قرار نگرفته بود در فسفریا بسیار فراوان است.

در خصوص همبستگی بین اورانیوم و P_2O_5 راه‌های مختلف مورد آزمایش قرار گرفته‌اند و از آنجایی که در ناحیه (Reservoir Mountain) گاهگاهی یک همبستگی ضعیف و منفی به چشم می‌خورد، با این حال چندان تفاوت فاحشی از نقطه نظر متوسط عیار اورانیوم با نمونه‌هایی که همبستگی مثبت و قوی دارند دیده نمی‌شود. از اینرو براحتی این تصور پیش می‌آید که آن دسته از نمونه‌هایی که در بهترین شرایط همبستگی هستند بعد از عمل رسوبگذاری در دریا دستخوش تغییرات عمده‌ای نگشته‌اند.

ضریب همبستگی بین CO_2 و P_2O_5 در آخرین سری نمونه‌ها، در واقع غیرقابل محاسبه بوده و این امر وجود یک آلتراسیون ثانوی در محیط را می‌رساند.

بیان چگونگی وجود اورانیوم در آپاتیت

نتیجه تحقیقات داویدسون و آتکین، در سال ۱۹۵۳، این تصور را قوت بخشید که اورانیوم در داخل آپاتیت‌ها به واسطه جذب و نگهداشتن آن مقدار اورانیوم خارج شده از آبهای زیر زمینی است که در اثر عمل نفوذ آب از فضای بین دانه‌ها (Percolation) بعداً "جان‌شینی" با یون کلسیم صورت گرفته باشد. این طرز استنباط حتی می‌تواند در مورد اورانیوم محتوی در قطعات استخوانی و نیز در مورد تعدادی از رسوبات نوع گوانو و همچنین برای قسمتی از سایر مواد حایز اهمیت باشد. لکن در مورد رسوبات فسفردار اصلی، یعنی رسوباتی که از منشاء فسفریت دریایی و یا شیل‌های فسفاته و کربناته هستند نتیجه‌گیری یاد شده اساساً نمی‌تواند توجیه‌کننده باشد.

در فسفریت‌هایی که غنی از کلسیت هستند عموماً "از نظر اورانیوم، کم عیار بوده و این رابطه نامتجانس بین کربنات و اورانیوم سبب شده است که شیل‌های آهکی و سنگ آهک عموماً" فاقد رادیواکتیویته باشند. مقدار کمی از اورانیوم نیز ممکن است به صورت مواد آلی در فسفریت‌ها جذب شوند.

در شیل‌های سیاه‌رنگ نواحی اوکلاهما و کالیفرنیا مقدار اورانیوم خیلی کم است و عموماً مقدار U_3O_8 از ۰.۳ درصد تجاوز نمی‌کند و می‌توان فرض کرد که یون اورانیوم جانشین یون کلسیم (U بجای Ca) در ساختمان آپاتیت گردد.

اگر این جانشینی را بتوان قبول کرد تنها پاسخ دادن به این سؤال مشکل است که چرا با وجود این مکانیسم میزان عیار اورانیوم در آپاتیت نسبت به سایر کانیه‌های فرعی کم است. در حالی که ساختمان آپاتیت نشان می‌دهد که موقعیت جانشینی ایزومرفیسم را به خوبی داراست. سایر فلزات کمیاب و غیره که در فسفریتها به نحو بارزی تمرکز حاصل می‌کنند، از قبیل: $Ag, As, Mo, Ni, Pb, V, Zn, Cr$ ، ناشی از وجود ماده آلی در فسفریتهاست. گاهی اوقات فسفاتها به صورت فسفات آلومینیوم یا بصورت فسفاتهای آلومینیوم - کلسیم مانند کانی‌اولیت (Wavellite) و غیره یافت می‌شوند که از نظر کریستالوشیمی وجود اورانیوم در سنگهای فسفات آلومینیوم دار به خوبی مشخص نگردیده است. از اینرو حتی در مناطق معینی که اورانیوم با Ca, F, Po^4 تطبیق داشته است با عنصر آلومینیوم به هیچوجه این مطابقت مشاهده نشده است. با این همه فسفاتهای آلومینیوم دار مانند کانی‌اولیت و فیروزه طبق بررسیهای داوید سون و آتکین می‌توانند اورانیوم دار باشند.

نگارنده در سال ۱۹۷۴ ضمن بررسی مقداری از نمونه‌های فسفات دار معدن فیروزه نیشابور، از راه مطالعه اتورادیوگرافی و ژئوشیمی، نتیجه گرفته است که اساساً در آپاتیت‌های نوظهور مقدار اورانیوم بیشتر از آپاتیت‌های ماگماتیک اولیه است و همچنین در فسفاتهای آلومینیوم دار سنگهای فیروزه مقدار اورانیوم تقلیل فراوانی می‌یابد. لکن یک جدایی ژئوشیمیایی طبیعی به خوبی جانشینی اورانیوم با کلسیم برای تشکیل اتونیت (Autunite) از یک طرف و وجود آوردن فسفات مس را، در مجاورت آلونیت، برای تشکیل فیروزه (Turquoise) از طرف دیگر در حرارت عادی نشان می‌دهد که نتیجه تأثیر آلتراسیون سوپرژن است. در توده حاوی رگه‌های فیروزه هرگز اورانیوم بصورت U^{+4} نمی‌تواند تشکیل شود و وجود آثار رادیواکتیویته در معادن فیروزه نتیجه مکانیسم ژئوشیمیایی بالاست.

فرضیه جذب از راه نفوذ آبهای زیرزمینی (Percolation) بعنوان منبع اصلی اورانیوم مستلزم افزایش عیار اورانیوم با عمر رسوبات دربرگیرنده است. برخی از دانشمندان به نامهای زیگلر (ZIEGLER) و لنوبل (LENOBLE) در ۱۹۶۲ مشاهده کرده‌اند که رادیواکتیویته متناسب با عمر رسوب، در فسفاتهای مراکش افزایش می‌یابد اما تغییرات رادیواکتیویته را ناچیز تلقی می‌کنند. لکن یکی از محققان به نام (GUNTZ) با تجزیه کردن تعدادی از نمونه‌های همان رژیمان اثبات می‌کنند که منظم بودن عیارهای اورانیوم نتیجه همزمان بودن با رسوبگذاری است. این مطلب نیز حایز اهمیت است که بدانیم آپاتیت‌های مراکش مربوط به اشکوب سنومانین بوده و کاملاً "بیشتر از آپاتیت‌های ناحیه فسفریا، متعلق به پرمین، اورانیوم دربر داشته است. بنابراین آپاتیت‌های اخیر از نظر عمر، قدیمی‌تر و دارای تاریخچه‌های جداگانه‌اند.

با مقایسه اکتیویته ۹ نمونه از فسفریت‌های لهستان که تغییرات سنی آنها از زمان کمترین تا کرتاسه بالایی است پنکوفسکی (PIENKOWSKI) در سال ۱۹۵۳ ملاحظه می‌کند که فسفریت‌های قدیمی‌تر دارای اکتیویته ضعیفی بوده و بطور کلی مقدار اورانیوم در تشکیلات فسفات جوانتر افزایش می‌یابد.

اشکوبهای زمین شناسی	میلیون سال	اورانیوم بر حسب p.p.m
کمترین میانی	۴۰۰	۳/۷
کمترین میانی	۳۷۰	۹/۴
اردویشین زیرین	۳۵۰	۵/۳
سنومانین زیرین	۱۰۰	۶۳
سنومانین زیرین	۱۰۰	۴۶
سنومانین میانی	۹۵	۴۷/۶
ماستریشین	۷۵	۱۳۸
حدبالایی کرتاسه زیرین	۶۰	۱۳۳

پنکوفسکی رابطه ارقام بالا را بیان نمی‌کند، اما بوضوح متوجه افزایش اورانیوم در سنگهای جوانتر می‌شود و این مغایر تاثیر آبهای زیرزمینی به عنوان در نظر گرفتن منشاء اصلی اورانیوم است.

DIETZ و همکاران در ۱۹۴۵ نتیجه گرفتند که قلوه سنگهای آپاتیت خلیج کالیفرنیا که تحت تاثیر هوازدگی قرار دارند، حاوی اورانیوم بیشتری از قلوه سنگهای فسفریت دار مربوط به مجموعه فسفریا فرمیشن، متعلق به اشکوب پرمین، است در حالی که قلوه سنگهای آپاتیت آبهای جنوب کالیفرنیا که غوطه‌ور بوده‌اند و تحت تاثیر شستشوی بعدی قرار گرفته‌اند اورانیوم کمتری را دربر دارند و اکثراً "بین آنها رسوبات دوران چهارم به چشم می‌خورد.

با آنکه مکانیسم افزایش عیار اورانیوم در صدفهای فسفاته و تشکیلات مارنی بدرستی شناخته شده نیست، مع هذا غنی شدن اورانیوم با یک چنین اهمیتی می‌تواند در محیط‌های صرفاً دریایی صورت گیرد. در چنین احوالاتی است که قلوه سنگهای داخل لجن‌های آبهای سواحل کالیفرنیا یک نسبت $\frac{P_{205}}{P}$ بزرگتری را نسبت به رسوبات فسفاته اورانیوم دار غنی نواحی فلوریدا و مراکش دربرمی‌گیرد. بنابراین اکثر اورانیوم فسفریت‌های رسوبی منشاء دریایی داشته و شرایط خنثی یا قلیایی بودن آپاتیت‌ها سبب حساسیت آنها به قبول آلتراسیون در محیط‌های اسیدی اکثر آنها است. بنابراین تصور می‌شود که اورانیوم دریایی اولیه می‌تواند تحت تاثیر عوامل ثانوی متغیر، دوباره پراکندگی حاصل کند که به موجب نتایج حاصله و متغیر در یک نوع رسوب یا در رسوبات گوناگون با آزمایش جذب اورانیوم در آزمایشگاه از راه مواد استخوانی و فسفریتها می‌توان به حل قضیه بالا دسترسی پیدا کرد.

بنابراین واضح است که عیار اورانیوم نمی‌تواند تنها از راه مطالعه کل تاریخچه زمین - شناسی محیط رسوبگذاری در ارتباط باشد.

نگاهی چند به مطالعات رادیو اکتیویته در فسفاتهای جنوب ایران

در جریان فعالیتهای اکتشافی، ته نشست‌های فسفات دار در جنوب ایران که از طرف شرکت پتروشیمی و کارشناسان شرکت ژئومنتال در سال ۱۹۷۵ صورت گرفت، در افق‌های فسفاته، رادیواکتیویته، بالاتری نسبت به تشکیلات مجاور ثبت شده است. حتی اندازه گیری

راديوآكتيويتد، بخصوص در مناطقى كه پوشيده از واريزه‌هاى آبرفتى است، توانست كمك شايانى در شناخت لايه‌هاى فسفاتى بعمل آورد.

منطقه مورد مطالعه وسعتى به مساحت ۸۰۰۰۰ كيلومتر مربع، بين رامهرمز و بندرعباس، را مى‌پوشاند و تشكيلات زمين‌شناسى مورد مطالعه شامل تشكيلات گوربى، پايده است كه اكثرًا در مركز ساختمانهاى تاقديسى فرسوده شده آشكار شده، همچنين تشكيلات كژدمى، سروك و ايلام، از گروه بنگستان و آسمارى، مورد مطالعه قرار گرفتند.

اندازه‌گيرى راديوآكتيويتد از راه گاما مبرى صورت پذيرفته و نتايج زير بدست آمده است:
در جريان عمليات اكتشافى زمين‌شناسان به سرعت دريافتند كه افقهاى فسفاتى حاوى گلوكونيت مربوط به افقهاى P و EO داراى اكتيويتد بمراتب بيشتراز زمينهاى مجاور بوده و بطور متوسط مقدار راديوآكتيويتد به ميزان ۴ الى ۱۰ برابر ساير افقهاى مورد مطالعه است و كمترين ميزان اندازه‌گيرى راديوآكتيويتد در افقهاى آهكدار بوده است. به اين ترتيب در آهكهاى داراى قلوه‌سنگهاى سيليسى مربوط به تشكيلات پايده به ندرت راديوآكتيويتد متجاوز از ۳۰ ضربه در ثانيه است. افقهاى مارنى و آرژيلى به ترتيب اكتيويتد بين ۴۰ تا ۸۰ ضربه در ثانيه را نشان مى‌دهند. در نهايت اين نتيجه بدست آمده است كه طبقات حاوى لايه‌هاى فسفاتى گلوكونيت دار كربناته و آرژيلى بطوركلى داراى اكتيويتد بين ۱۰۰ الى ۶۰۰ ضربه در ثانيه بوده كه در يال جنوب شرقى كوه ميش، واقع در شمال شرقى شهر بهبهان، است كه بالاترين مقدار اندازه‌گيرى است كه در جريان اكتشاف بدست آمده است.

در اواخر ارديبهشت ۱۹۷۶ در ناحيه كنگان و اشكان، از افق P، ۳۹ نمونه مورد تجزيه قرار گرفت. بين راديوآكتيويتد γ و P_2O_5 رابطه مشخصى بدست آمده است كه از روى مقايسه نسبتهاى گوناگون بين P_2O_5 و راديوآكتيويتد γ چنين استنباط شد كه اكثرًا "بالا رفتن درصد P_2O_5 سبب بالا رفتن ميزان راديوآكتيويتد نيست و در يك سلسله از كانه‌هاى فسفاتى بدست آمده از افقهاى P (افقهاى فسفات دار و گلوكونيت دار پالئوسن) و افقهاى EO (افقهاى داراى شيل و آرژيل ائوسن - اليگوسن) از راه اجراى آزمايش تغليظ كه در آزمايشگاه B.R.G.M فرانسه در اولتان صورت پذيرفت نتايج زير مورد تجزيه و تحليل قرار گرفت:

۱ - كانه فسفاتى گلوكونيت دار

حاصل اندازه‌گيرى مقدار اورانيوم به ميزان ۳۵ الى ۳۶ گرم در تن بوده و متعاقبًا نسبت $\frac{U}{P_2O_5}$ به صورت زير بدست آمده است:

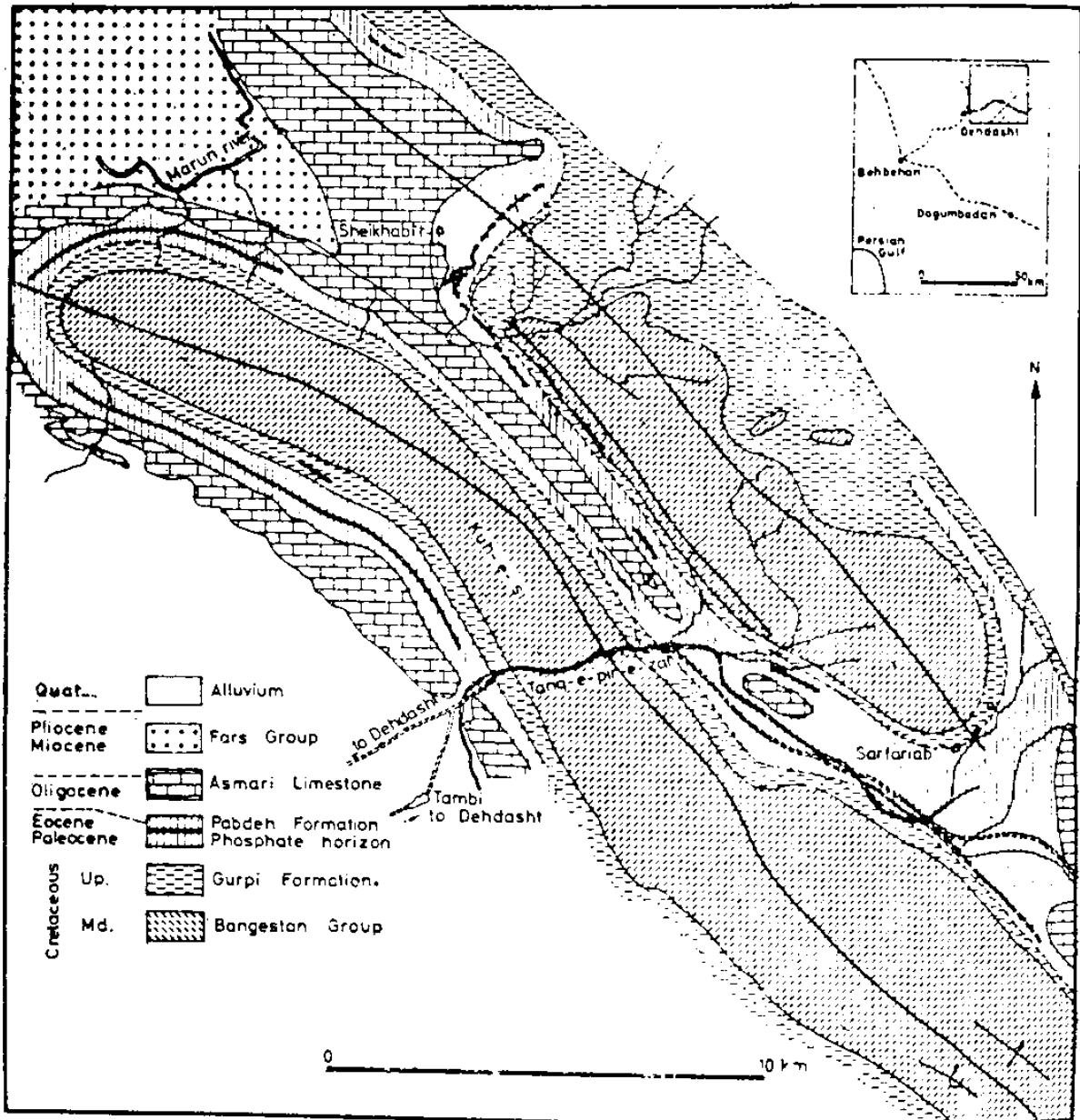
$$\frac{U}{P_2O_5} = 4/396 \times 10^{-4}$$

$$\frac{U}{P_2O_5} = 3/557 \times 10^{-4}$$

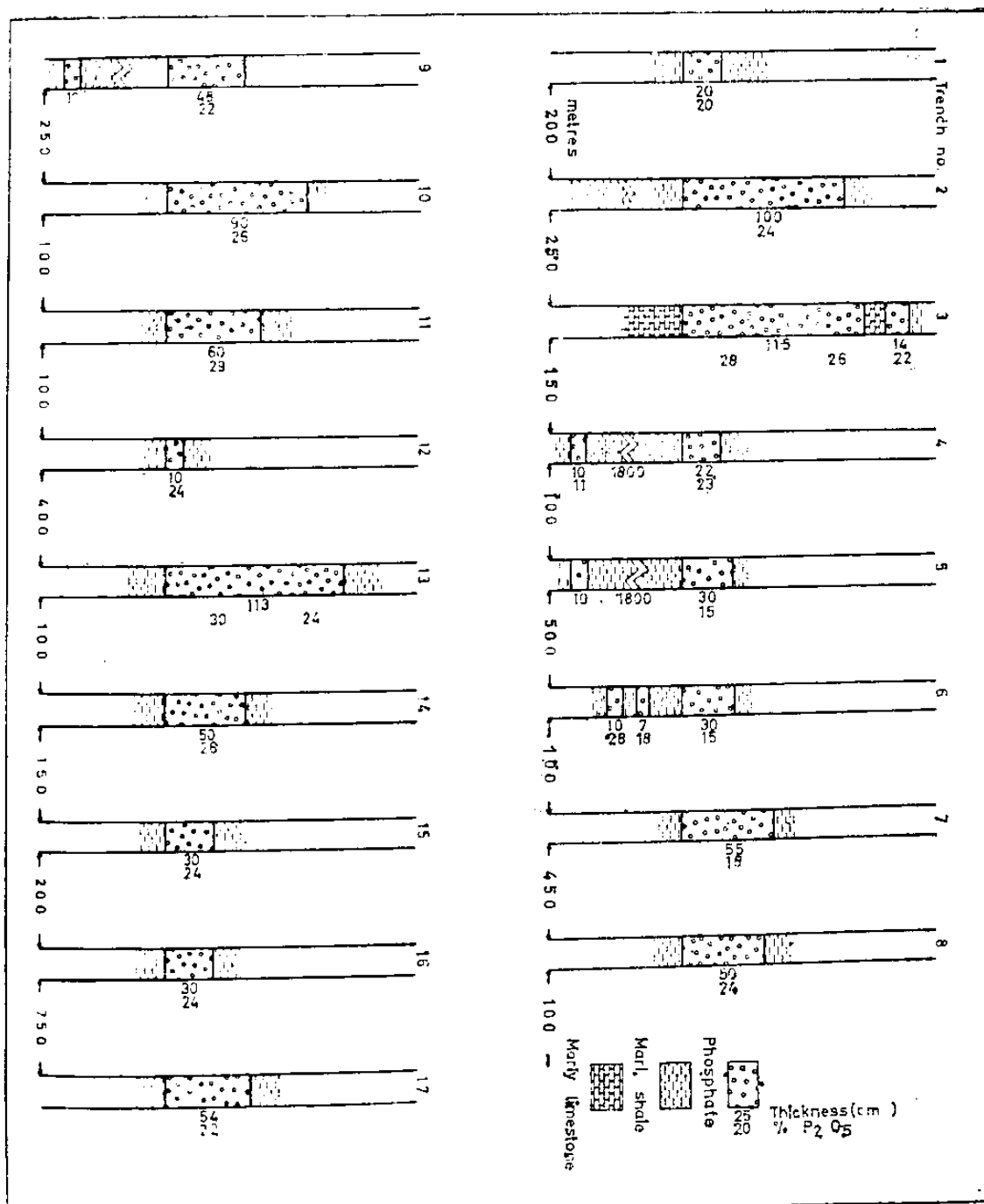
$$\frac{U}{P_2O_5} = 4/000 \times 10^{-4}$$

$$\frac{U}{P_2O_5} = 5/085 \times 10^{-4}$$

مقدار نسبت‌های بالا شبیه مقداری است که در فسفات‌های ناحیه فلوریدا مشاهده می‌شود.



شکل ۶: نقشه زمین‌شناسی عمومی افق فسفات‌دار ائوسن زیرین، واقع در شمال شرقی دهداش از کوه‌های زاگرس، گزارش شماره ۱۰ سازمان زمین‌شناسی کشور.



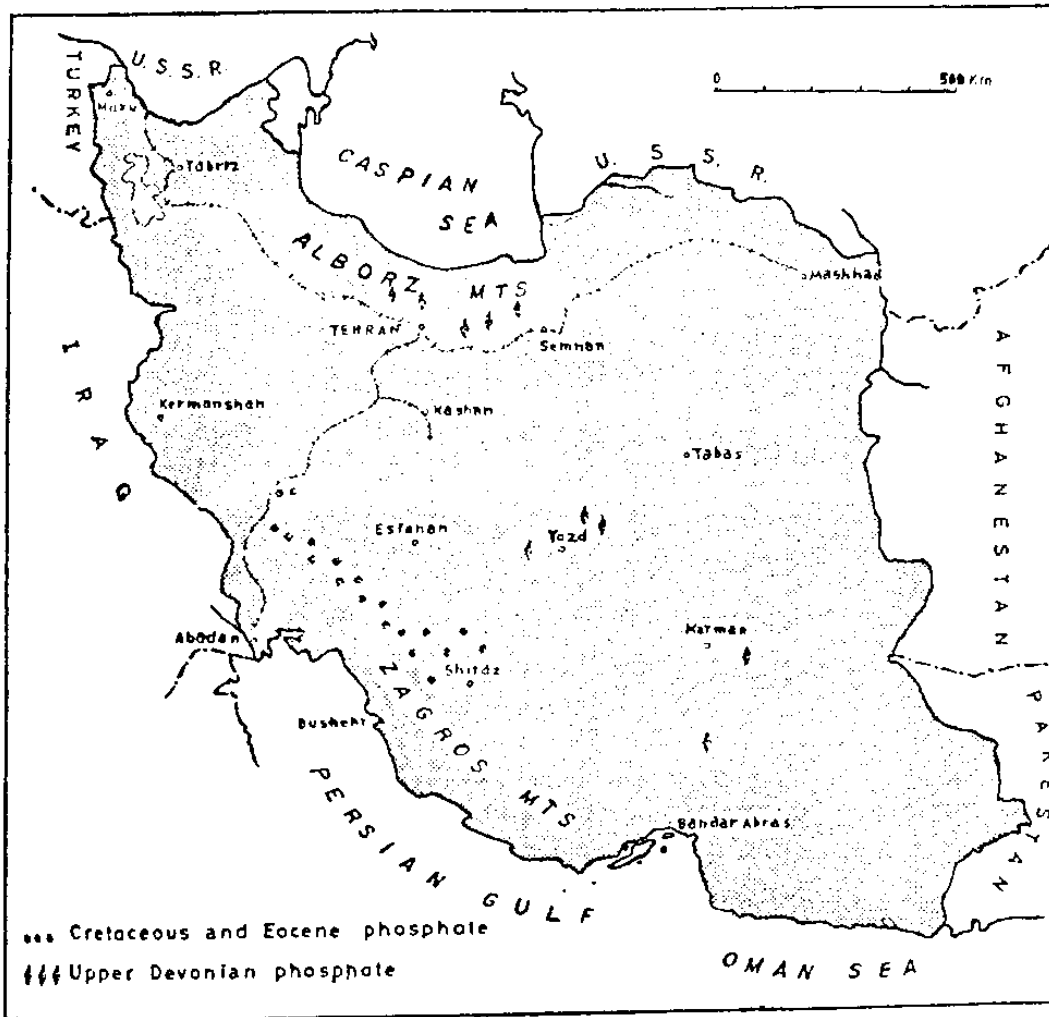
شکل ۷ : افق‌های فسفات دار پابده مربوط به دوره ائوسن ، مقاطع از ترانشه‌هایی نزدیک به دهکده شیخ آبیلا واقع در شمال شرق دهدشت از کوه‌های زاگرس ، اقتباس از گزارش شماره ۱۵ سازمان زمین‌شناسی کشور .

در مقاطع T418 و TIII از گزارش ژئومنال اورانیوم به ترتیب ۳۶ گرم در تن و ۲۵ گرم در تن است. مقدار اورانیوم محتوی در طبقات فسفات دار افقهای P (پالئوسن) و EO (ائوسن - الیگوسن) قابل مقایسه و حتی بیشتر از میزانی است که عموماً "می توان در سایر ژیزمانه های فسفات دار دنیا ملاحظه کرد و اکتشافات زمین شناسان نشان داده است که اندازه گیریهای رادیو- اکتیویته، در مناطق زیر پوشش اکتشافی، صرفاً "در تشکیلات زمین شناسی معینی مانند سری های آلین، سنومانین، سنونین و ائوسن - الیگوسن حایز اهمیت بوده اند.

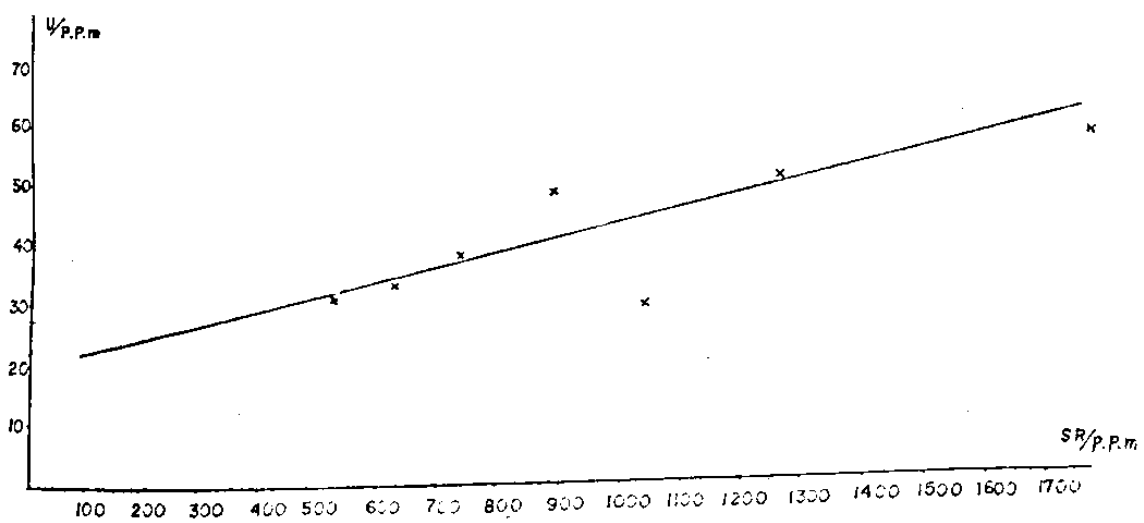
اخیراً "یک سلسله از نمونه های فسفات دار که به وسیله یکی از زمین شناسان ژئومنال مورد کاوش قرار گرفته و در آزمایشگاه تجزیه اورانیوم واحد اکتشاف و کانه آرایی سازمان انرژی اتمی ایران مورد تجزیه قرار گرفته مشاهده شده است که در شیل های فسفاته مربوط به ناحیه بهبهان می توان همبستگی کاملاً "نمایی را بین مقدارهای استرانسیوم و اورانیوم پیدا کرد که این همبستگی مثبت است و حتی بین اورانیوم و زیرکون نیز این همبستگی بچشم می خورد که این وضع نمایانگر شستشوی ضعیف بعد از مرحله رسوبگذاری است.

Sample No	U	SR	TH	CU	ZR
78000 2000 22	54	1717	19	25	25
" 23	50	1225	21	7	45
" 24	49	892	22	8	40
" 25	36	742	32	7	32
" 26	34	653	22	5	37
" 27	32	585	26	5	27
" 28	22	1080	18	9	52

باتوجه به مطالب گفته شده و مثالهای گوناگون، یادآوری این نکته ضروری است که امروزه استخراج اورانیوم در طبقات و لایه های فسفدار مورد توجه بسیار است، ولی همواره اورانیوم به عنوان یک محصول فرعی یا جنبی از سوپر فسفات، و نتیجتاً "تهیه اسید فسفریک از آن، مورد استخراج قرار می گیرد و اخیراً "کشورهای آلمان و ژاپن با اتخاذ روشهای فنی خاصی سعی بر آن دارند که اورانیوم کم عیار فسفاتها را با مقداری در حدود ۵۰ P.P.m به بازارهای تجاری اورانیوم عرضه کنند. این امر به زمین شناسان اورانیوم نوید می دهد که در آتی - نزدیک، بخصوص در صورتی که پی گیریهای اکتشافی کانسارهای فسفاته در ایران با یک مطالعه منظم از نظر مواد رادیواکتیو انجام پذیرد، با اقبال شایان توجهی از نظر اورانیوم می تواند روبه رو گردند.



شکل ۸ : موقعیت نواحی فسفات دار دوتین بالایی و کرتاسه و ائوسن در ناحیه‌های مختلف زاگرس و شمال ایران ، اقتباس از گزارش سازمان زمین‌شناسی کشور .



شکل ۹ : ارتباط بین استرانسیوم و اورانیوم بر حسب گرم در تن .

References

ALTSCHULER.Z.S.,CLARKE R.S. et YOUNG E.J.(1958)

Geochemistry of Uranium in Apatite Phosphorite.
U.S.Geol Survey Prof Pap 314-D 45-90

CATHCART J.B.(1956)

Distribution and Occurrence of Uranium in the Phosphate Zone of
the land pebble. Phosphate district of Florida.
U.S.Geol Survey Prof 300. 489-494

CHENTSOV I.G.(1957)

On the mode of Occurrence of Uranium in Phosphate Rocks Nucl
Energy 5 146-148.

CLARKE R.S. et ALTSCHULER Z.S.(1958)

Determination of the Oxidation State of Uranium in apatite and
phosphorite deposits.

COPPENS.R.(1963)

Radioactivité des Roches Phosphatées.
G.N.S.G., Nancy, France 10p 193-202.

COPPENS.R. et SALEH BASHIR (1975)

Étude Préliminaire de la radioactivité des phosphates d'Alhasa
(Jordanie) C.R. Acad.Sc.Paris,t.280 Série D-807.

DAVIDSON C.F. et ATKIN.D.(1953)

On the occurrence of Uranium in phosphate rock.
19^{eme} Congr Geol Intern Alger 13-32

ESPAHBOD M.R.(1976)

La District Miniér de la Mine de turquoise de KUH-e-MADAN
(NEYCHABUR, IRAN):

Minéralization et Caractères Géologiques, Géochimiques et Métallogéniques de L'uranium, du Cuivre et du Molybdène.
Thèse Doct, Nancy, France. 179p 171-174.

ESPAHBOD M.R. (1970) :

Radioactive Prospection in ZAGROS Mountain
G.S.I., TEHRAN, IRAN, int, report 14p.

GEOMETAL (1977) :

Recherche de Phosphate Dans le sud de l'Iran. Rapport final des
premiere et deuxième phase.

MC KELVEY V.E. et CARSWELL L.D. (1956) :

Uranium in the Phosphoria Formation
Ist Int Conf Peaceful uses Atom Energy 499-502.

MAUCHER.A. (1962) :

Die Zagerstatten des Urans, P 101-106

M.MOVAHED AVAL, M.SAMIMI, R.GHASEMIPUR (1966) :

Recent Phosphate discoveries in IRAN.
G.S.I. P.79 Report No.10

SHELDON R.P. (1959) :

Geochemistry of Uranium in Rich Phosphate beds of the Phosphoria
Formation.

ABSTRACT

The low grade uranium content usually not exceeding 150 p.p.m considered as an average, permitted the scientists to extract the uranium from sulfuric acid as by product. Therefore, in countries rich in phosphate deposits besides their consuming in petrochemical industries they could elaborate to extract the uranium far and wide when the refinery installations are designed for super phosphate and sulfuric acid fabrications.

The objective of this article is strictly devoted to the sedimentary phosphatic deposits in the world. For this reason IRAN entitled relatively as a rich country, possessing the large sedimentary phosphatic horizons in Eocene and uppermost cretaceous periods and also in a well distributed vicinities of Zagros range as well as central Alborz "Jeirood formation" of Devonian age together with western Alborz of Infracambrian age (this latter has been recently discovered by geological survey of Iran) has totally persuaded A.E.O.I to pay attention on uranium prospection in large scale by studying continuously the phosphatic horizons and hopefully to exploit the uranium thereof.