

## بررسی فسفات بافق " اسفوردی " \*

دکتر علی درویشزاده

دانشیار گروه زمین‌شناسی دانشکده علوم دانشگاه تهران

### خلاصه:

کانسار فسفات اسفوردی در ۲۶ کیلومتری شمال شرقی شهرستان بافق و در مجاورت توده آهنی به همین نام قرار دارد و شامل تشکیلات کم و بیش دگرگون شده و بشدت گسل خورده و خرد شده و از نظر سنی به اینفرا کامبرین متعلق است. سنگهای آذرین منطقه اکثراً "ازریولیت آلکالن و توفهای ریولیتی و دایکهای لامپروفیری و دیابار تشکیل می شود که در ژنرکانسار نقش مستقیمی نداشته اند. سنگهای رسوبی شامل آهک، دولومیت قهوه‌ای، ماسه سنگ شیلی، و حتی ژپس می باشد. تنوع سنگ‌شناسی در منطقه بسیار زیاد است.

فسفات مزبور مانند اکثر فسفاتهای آذرین دنیا از عیار  $P_2O_5$  بالایی برخوردار است. علاوه بر فسفر عیار عناصر خاکهای نادر (لانتانوم، سریوم، نئودیمیم، اورانیوم، توریم و نیوبیوم بسیار جالب توجه و از نظر اقتصادی حائز اهمیت است. کانسار مزبور بحالت متاسوماتیت جایگزین شده و ماگمایی باروند کربناتیته در تشکیل آن نقش داشته است.

### مقدمه:

منطقه اسفوردی در ۲۶ کیلومتری شمال - شمال شرقی شهرستان بافق و در طول ۵۵ و ۳۵ و ۶ و عرض ۳۱ و ۴۸ و ۱۸ واقع است. این منطقه که از نظر فسفات مورد مطالعه قرار گرفته است شامل کوههای کم ارتفاعی است که در امتداد شرقی - غربی کشیده شده اند. توده معدنی شامل کانسار آهن و فسفات است که اولی مورد توجه مانیده است. به دلایل زیر، این نوع فسفات در منطقه بافق از اهمیت اقتصادی ویژه‌ای برخوردار است که نباید از آن چشم‌پوشی نمود:

- ۱ - فسفات مزبور از منشاء آذرین است و از عیار بالایی برخوردار می باشد ( تا ۳۸ درصد  $P_2O_5$  ).
- ۲ - در کشورهایی که نهشته‌های رسوبی فسفات شناخته نشده و یا میزان قابل استخراج تجارتنی ندارند. پیدا کردن منابع فسفات از منشاء آذرین، اهمیت زیاد دارد. بنحوی که طبق تخمین ( Notholt - ۱۹۷۹ )، تنها در سال ۱۹۷۸ در حدود ۱۸ درصد فسفات دنیا از منابع آذرین تامین شده است.

---

\* این بررسی با هزینه گروه زمین و معدن دفتر مرکزی جهاد دانشگاهی انجام گردیده است.

۳- از نظر عناصر کمیاب ( عناصر خاکهای نادر ، اورانیوم - توریوم ) ، که در ناحیه مورد مطالعه با عیار بسیار جالبی همراه است .

۴- استخراج این فسفات ها که در جوار معادن آهن واقعند از نظر اقتصادی با صرفه است و از امکانات ذوب آهن محل می توان حداکثر استفاده را نمود .

۵- در مناطق اطراف پراکندگی دارد ( چادرملو ، سه چاهون ) و نگارنده امیدوار است که این مطالعه بتواند مبنای بررسی های آینده در مناطق مشابه باشد .

بطور کلی فسفات های آذرین از نوع آپاتیت اند و معادن عظیم این قبیل فسفات ها در برزیل ، رودزیا ، افریقای جنوبی ، اسکاندیناوی ، اوگاندا ، فنلاند ، کانادا ، هندوستان و روسیه استخراج می شوند . در این مناطق ، ذخائر آپاتیت به سنگ های آذرین آلکالن و کربناتیت ها و گاهی معادن آهن وابسته اند . در اکثر این مناطق ، مخصوصاً " در افریقای شرقی ، هندوستان و کانادا ، مجموعه های مزبور ، در نواحی شکستگی های عظیم و حتی در مناطق خرد شده ( کراش زون Crush-zone ) واقعند ( Notholt ۱۹۷۹ ) که پیدایش سنگ های قلیائی در ریفت های قاره ای هم با این مسئله ارتباط پیدا می کند .

بالاخره ، در اکثر نواحی نامبرده در بالا ، ذخائر آپاتیت وابسته به توده های آلکالن یا با کربناتیت های بصورت حلقوی نمایان گردیده اند . مثلاً " مجموعه های آپاتیت - سنگ های آلکالن شبه جزیره کولا ( در روسیه ) ، ویا مجموعه های آپاتیت - کربناتیت ، فنلاند ، کانادا و افریقای جنوبی وضعیت حلقوی دارند . بطور کلی تشکیلات اسفوردی شامل سنگ های آذرین ( ریولیت ، سینیت ، گابرو و سنگ های رگه ای نظیر لامپروفیرها و دیابازها ) ، رسوبی ( شامل آهک خاکستری ، دولومیت قهوه ای چرت دار ، ماسه سنگ ژاسبی ، شیل ، و حتی ژیبس ) سنگ های دگرگونی ( اسکارن ، آمفی بولیت ، پیروکسنیت ، کوارتزیت ، سیپولن ، اپیدوتیت ، گنیس ، و میکاشیست ) و بالاخره توده های آهن و فسفات است . بیرون زدگی این سنگها در مساحت محدود یعنی در ۵ کیلومتر مربع بنحوی است که قابل نقشه برداری نمی باشد این مسئله به گسلها و شکستگی های متعددی ارتباط دارد که سنگها را در منطقه قطع نموده و از خلال همین شکستگیها ، کانسارهای فسفات بطریق متاسوماتیک تشکیل گردیده اند .

### موقعیت چینه شناسی :

از نظر چینه شناسی ، با توجه به شباهت های لیتولوژیکی ، منطقه مورد مطالعه جزء اینفرا کامبرین یا کامبرین زیرین محسوب می شود ( هوکریده Huckriede ۱۹۶۲ ) ، برومندی ( ۱۹۷۳ ) ، بختیار ( ۱۹۷۳ ) ، حقی پور ( ۱۹۷۳ ) ، اشتوکلین و دیگران ( ۱۹۶۴ ) . بنظر حقی پور رسوبات اینفرا کامبرین منطقه بافق معمولاً دارای اختصاصات دریائی کم عمق یا قاره ای نظیر دولومی ، ژیبس و گاهی آهک ، شیل و ماسه سنگ همراه با ولکانیسم بازالت ، ریولیت است و مشابه سری ریزومی باشد که بوسیله هوکریده مورد مطالعه قرار گرفته است . گرچه در منطقه اسفوردی ، تمامی سنگها ، دگرگونی ضعیف تا متوسطی را تحمل نموده اند ولی بررسی های لیتولوژیکی روی سنگ های کم دگرگون شده نشان می دهد که فاسیس اولیه شامل ماسه سنگها و شیل های ماسه ای ، شیل ، گریواک با انتر کالاسیون هائی از آهک های دولومیتی چرت دار ، مارن ژیبس دار و ولکانیت های مختلف بوده است که به سری هرمز شباهت بیشتر دارد . با توجه به اینکه فاسیس های سری هرمز نیز شامل سنگ های نمکی همراه با ژیبس ، آهک های سیاه متورق ، دولومیت های قهوه ای چرت دار ، ماسه سنگ های قرمز ، شیل های متنوع و سنگ های آذرین از قبیل دولریت اپیدوتیزه ، بازالت ، کوارتز پورفیری ، کراتوفیر ، تراکیت و متعلق به اینفرا کامبرین تا کامبرین زیرین است ( خسرو تهرانی ۱۳۵۳ ) .



دلایل پترولوژیکی زیر می‌تواند بیانگر تشابه شباهت بین تشکیلات اسفوردی و سری هرمز باشد:

۱- شباهت لیتولوژیکی که در بالا ذکر گردید ( البته فقدان رسوبات نمک در اسفوردی مانع از این مقایسه نیست ) .

۲- وجود ریولیت‌های پتاسیک ( که در هر دو مقدار  $K_2O$  بالا است - بین ۸ تا ۱۲ درصد ) .

۳- وجود آپاتیت و سنگهای آپاتیتی که در هر دو منطقه مشابه است . بعلاوه مطالعه بادیفراکتومتر اشعه X مشخصات هر دو آپاتیت را فلوئور - آپاتیت نشان داده است .

۴- شباهت ژیزمان فسفات منطقه اسفوردی بانمونه‌های برداشت شده از هرمز - که در هر دو منطقه بلورهای درشت فلوئور - آپاتیت در کنگ کربنات ، ( کلسیت ، دولومیت ) اکسیدهای آهن قرار دارند و کنگ مزبور بشدت خرد شده است و باتوجه به این نکته که در هر دو منطقه ، ژیزمان فسفات در مجاورت کانسارهای آهن قرار دارند . بعلاوه ، این نوع کنگها در سری هرمز ، در گنبد نمکی چاه بنو در جنوب ایران - در نزدیکی لار - در جزایر زکوه و قرنعین در خلیج فارس نیز که با آپاتیت همراه است بوسیله واترز و علوی ( Waters, Alavi - ۱۹۷۳ ) خاطر نشان شده است که نامبردگان آنها به کربناتیت احتمالی نسبت می‌دهند چنانچه بعداً " نیز اشاره می‌شود پیدایش آپاتیت در اسفوردی ممکن است به مسئله کربناتیت مربوط باشد .

### سنگ شناسی:

منطقه مورد مطالعه ، منطقه‌ای خرد شده ، گسل خورده و درهم برهم بوده و در سطح زمین تغییر فاسیس در فواصل کوتاه بسیار زیاد است . در نتیجه از نظر سنگ شناسی تنوع زیاد دارد .

#### الف - سری‌های آذرین:

سنگهای آذرین شامل گرانوفیرها ، ریولیت‌های آلکالن ( متاریولیت آلکالن ) ، لامپروفیر ( کربناتیت ) ، دیاباز ، گابرو و توف برشهای ریولیتی است .

#### الف - ۱ - ریولیت‌ها:

در منطقه مورد مطالعه ، دو نوع ریولیت سفید و قرمز رنگ دیده شده است . باید توجه داشت که سنگهای مزبور تحت اثر دگرگونی ضعیف قرار گرفته اند و به همین جهت آنها را متاریولیت گفته ایم . آنچه که ما آنها را ریولیت نامیده ایم از نظر شیمیایی است و گرنه از نظر بافت آنها را باید گرانوفیر نامید .

ریولت‌های سفید رنگ : متراکم ، آفانیتی و غالباً " فرسایش یافته اند . در زیر میکروسکپ شامل : کوارتز فراوان با خاموشی موجی ، فلدسپات تجزیه شده ، اپیدوت ، کلریت است . این ریولیت در زیر تشکیلات توف برشها محو می‌گردد و در حدود ۸۰۰ متری شرق توده معدنی قرار دارد . بیرون زدگی آن پراکنده است و از نظر شیمیایی باید آنها را ریولیت پتاسیک محسوب داشت . ( جدول ۱ - شماره  $A_{11}$  ) .

ریولیت آجری رنگ ، رنگ این سنگها قرمز روشن تا قهوه‌ای متغیر است . بصورت توده‌های کم ارتفاع در مشرق ژیزمان اصلی بیرون زدگی دارد . بافت آن میکروولیتی تا میکروگرونودانه درشت بوده و دگرگونی خفیفی را تحمل نموده است . در زیر میکروسکپ به گرانوفیرها شباهت دارد . کانی‌های تشکیل دهنده آن شامل کوارتز با حاشیه دندانهای ، فلدسپات‌های آلکالن کمی پلاژیوکلاز ( An 18 ) ، اپیدوت فراوان و کلریت تقریباً " فاقد آپاتیت است .

#### الف - ۲ - گرانوفیرها:

مطالعه سری‌های ریولیتی وجود بافت میکروگرونو و میکروپگماتیتی آنها را آشکار می‌سازد که البته توفها و برشهای ریولیتی را باید مستثنی نمود . باتوجه به این مسئله که در بخش شمالی و شمال غربی این منطقه

جدول ۱ - نتایج تجزیه شیمیائی

اکسیدها	A-۱۱	A-۸	A-۱۵	A-۱۹	A-۷-۱	A-۲۱	A-۱۰
SiO <sub>2</sub>	۷۲/۴	۶۸/۵	۷۱/۳	۶۹/۱۸	۴۴/۱۲	۴۸/۰۰	۴۵/۰۰
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	۱۱/۲	۱۰/۵۲	۱۲/۱	۱۱/۹۸	۱۷/۴۷	۱۵/۲۵	۱۴/۱۲
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	۰/۵۴	۷/۶۵	۰/۴۸	۰/۵۶	۶/۴۵	۴/۲۷	۳/۲۹
FeO	۰/۱۴	۰/۳۱	۰/۴۳	۰/۶۶	۵/۶۲	۳/۸۵	۱۰/۴۶
MgO	۰/۹۴	۲/۴۱	۰/۴۴	۲/۸۵	۷/۰۵	۱۲/۷۴	۹/۵۲
CaO	۲/۸۰	۰/۰۹	۱/۳۱	۲/۲۴	۴/۶۸	۶/۷۹	۷/۴۴
Na <sub>2</sub> O	۰/۱۳	۰/۲۱	۰/۱۵	۰/۱۴	۵/۲۲	۲/۶۵	۱/۸۸
K <sub>2</sub> O	۹/۳۸	۹/۴۶	۱۱/۴۶	۸/۴۵	۱/۶۷	۱/۴۵	۲/۷۵
TiO <sub>2</sub>	۰/۱۴	۰/۲۷	۰/۰۹	۰/۲۰	۰/۱۸	۰/۷۵	۲/۸۴
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	—	۰/۱۷	۰/۱۲	—	۰/۹۶	۰/۳۸	۱/۱۰
MnO <sup>+</sup>	۰/۰۶	۰/۱۰	۰/۰۹	۰/۰۴	۰/۱۰	۰/۲۴	۰/۲۰
H <sub>2</sub> O <sup>-</sup>	۲/۶۸	۰/۷۵	۰/۴۲	۱/۰۱	۲/۸۳	۵/۰۳	۱/۷۱
H <sub>2</sub> O <sup>+</sup>	۰/۰۷	۰/۱۱	۰/۱۵	۰/۲۴	۰/۵	۰/۵۳	۰/۲۲
جمع	۱۰۰/۵۸	۱۰۰/۵	۹۸/۵۴	۹۷/۵۸	۹۶/۸۵	۱۰۱/۹۳	۱۰۰/۵۱

جدول ۲ - نورم ها

کانی ها	A-۱۱	A-۸	A-۱۵	A-۱۹	A-۷-۱	A-۲۱	A-۱۰
کوارتز	۳۰/۴	۲۷/۹	۲۴/۴	۲۸/۴	—	—	—
ارتوز	۵۵/۶	۵۵/۶	۶۶/۷	۴۹/۵	۱۰/۹۱	۸/۳۴	۱۶/۱۷
آلبیت	۱/۶	۱/۶	—	۱/۶	۳۲/۲	۲۲	۱۶/۲۴
آنورتیت	۲/۳	—	—	۷/۲	۱۷/۵	۲۵/۶	۲۱/۲۴
نفلین	—	—	—	—	۶/۴	—	—
کورندون	—	—	—	—	۰/۷	—	—
ارژین	—	—	۰/۱۳	—	—	—	—
مانیتیت	—	—	—	۱/۰۲	۹/۳	۶/۲۷	۴/۸۷
هماتیت	۰/۵	۷/۷	—	—	—	—	—
دیوپسید {	Ca	۴/۸	۲/۳	—	—	۲/۳۲	۳/۶
	Mg	۲/۱	—	۱/۱	—	۱/۹	۲/۳
	Fe	—	—	۰/۹	—	۰/۱۳	۱/۰۶
هیرستن {	Mg	۰/۳	۶	—	۷/۲	۱۴/۴	۱/۴
	Fe	—	—	—	۰/۶	۱/۳	۲/۰۵
اولیوین {	Mg	—	—	—	—	۱۲/۲۵	۱۴/—
	Fe	—	—	—	—	—	۶/۷۳
آپاتیت	—	۰/۳	۰/۳	۰/۳	۲/۴	۱	۲/۷
ایلمنیت	۰/۳	۰/۷	۰/۲	۰/۴۵	۶/۱	۱/۴	۵/۳۲
جمع	۹۸/۶	۹۹/۸	۹۶/۱۳	۹۵/۹۷	۹۶/۸۶	۹۶/۷۱	۹۸/۲۱

A-۱۱ - ریولیت سفید  
 A-۸ - ریولیت جری رنگ  
 A-۱۵ - گرانوفیر  
 A-۱۹ - توف برش ریولیتی  
 A-۷-۱ - دیاباز  
 A-۲۱ - گابرو  
 A-۱۰ - لامپروفیر  
 تجزیه شده در آزمایشگاه شیمی سازمان زمین شناسی کشور  
 (۱۹۸۰)



گرانودیوریت و گرانیت‌های نریگان و زیرگان اینفراکامبرین گسترش زیاد دارند. تصور می‌شود که گرانوفیرها و ریولیت‌های مزبور بخش سطحی توده‌های نفوذی اینفراکامبرین اند که در اینجا بخشی از آنها در مجاورت و نزدیک به سطح زمین رسیده و پارهای از آن نیز بصورت توف برش فوران نموده‌اند.

در اینجا از ذکر سایر انواع ریولیت‌ها چشم‌پوشی می‌نمائیم و فقط به نتایج تجزیه شیمیائی آنها اکتفا می‌کنیم. نکته جالب، کمبود  $P_2O_5$  در تجزیه شیمیائی آنها است و چنانکه خواهیم دید ظاهراً "بین ژنز فسفات و سنگهای آذرین منطقه از نظر شیمیائی ارتباطی وجود ندارد.

#### الف - ۳ - سنگهای رگه‌ای:

#### الف - ۳ - ۱ - کرسانتیت:

در حدود ۶۵۰ متری شمال غربی ژیزمان فسفات، رگه لامپروفیر به عرض تقریباً " ۲۰ متر سنگهای مجاور را در امتداد شمال - جنوب قطع کرده و تا توده آهن امتداد دارد. بعلت فرسایش رنگ این لامپروفیر به رنگ سبز روشن بوده، دانه ریزو کمی حفره‌داراند. در آن دانه‌های بیوتیت و سوزنهای آمفی‌بول به زحمت با چشم قابل تشخیص است. در زیر میکروسکپ، سنگ‌اساسا "ازپلاژیوکلاز (۲۲ - An ۱۶)، فلدسپات آلکالن، بیوتیت و آمفی‌بول قهوه‌ای (بارکویسیت؟) تشکیل یافته‌اند. با توجه به آنالیز مودال زیر به آن کرسانتیت اطلاق نموده‌ایم.

درصد	کانی‌ها
۳۸/۶ درصد	- پلاژیوکلاز (۲۲ - An ۱۶)
" ۲۴/۷	- آمفی‌بول قهوه‌ای
" ۱۵/۷	- فلدسپات آلکالن
" ۱۶	- بیوتیت (+ کلریت)
" ۲	- و غیره (اکسیدهای اپاک، زیرکن - آپاتیت)
" ۱/۷	- کلسیت
" ۱/۳	- اپیدوت

چنانکه در جدول ۳ دیده می‌شود در این رگه لامپروفیری عیار روی مخصوصاً "زیرکنیوم بطور بی سابقه‌ای بالا است.

#### الف - ۳ - ۲ - دیاباز:

در فاصله ۳۰۰ متری مشرق کانسار فسفات، رگه‌ای شمال - جنوبی بطول تقریباً " ۴۵ متر و بعرض تقریباً " ۸ متر دیده می‌شود که تمام سنگهای مجاور را قطع می‌کند. رنگ آن سبز روشن و درشت بلورهای پیروکسن سبزرنگ پریده با چشم بخوبی قابل تشخیص است. بافت آن افیتی و دانه درشت بوده و در زیر میکروسکپ علاوه بر پیروکسن اورالیتیزه، پلاژیوکلاز داموریتیزه (۵۸ - An ۴۷)، فلدسپات آلکالن، اسفن، کانی‌های اپاک، کلریت، اپیدوت نیز دیده می‌شود. در نورم این سنگ (جدول ۲)، نفلین ظاهر شده است. چنانکه گفته شده در مجاورت ژیزمان، سنگهای رگه‌ای، در امتداد شمال و جنوبی بوده و از نظر ژنز ارتباطی با ریولیت‌های مذکور ندارد. بعبارت دیگر با توجه به نسبت  $\frac{K_2O}{Na_2O}$  در ریولیت‌ها و مقایسه آن با سنگهای رگه‌ای مسئله هم‌ماگمایی آنها منتفی می‌باشد.

#### الف - ۴ - گابروها:

در منطقه مورد مطالعه حجم‌های بسیار کوچکی از گابرو بیرون زدگی دارند که از نظر ظاهری و کانی‌شناسی مشابه‌اند. تعداد این توده‌ها در شعاع ۳ کیلومتری کانسار به ۴ می‌رسد. این سنگها اصولاً "سخت و تیره و درشت بلورند و از پیروکسن اوژیت، اولیوین سرپانتینیزه، پلاژیوکلاز، اپیدوت، اکسیدهای اپاک تشکیل شده‌اند. یک نمونه از آنها را برای تجزیه شیمیائی انتخاب نموده‌ایم (A - ۲۱، جدول ۱ و ۲) که از نظر ترکیب باید آن را

گابروی اولیوین دار معمولی بحساب آورد . بررسی های روی زمین و خواص ژئوشیمیائی سنگهای آذرین ، نشان می دهد که :  
 - سنگهای مزبور از نظر سنی نسبت به ریولیت ها جوان ترند .  
 - هیچگونه قرابت ژنتیکی باریولیت ها ندارند بنحوی که در شکل (۴) این سنگها در قطب سدیک و ریولیت های در قطب پتاسیک متمرکزاند .

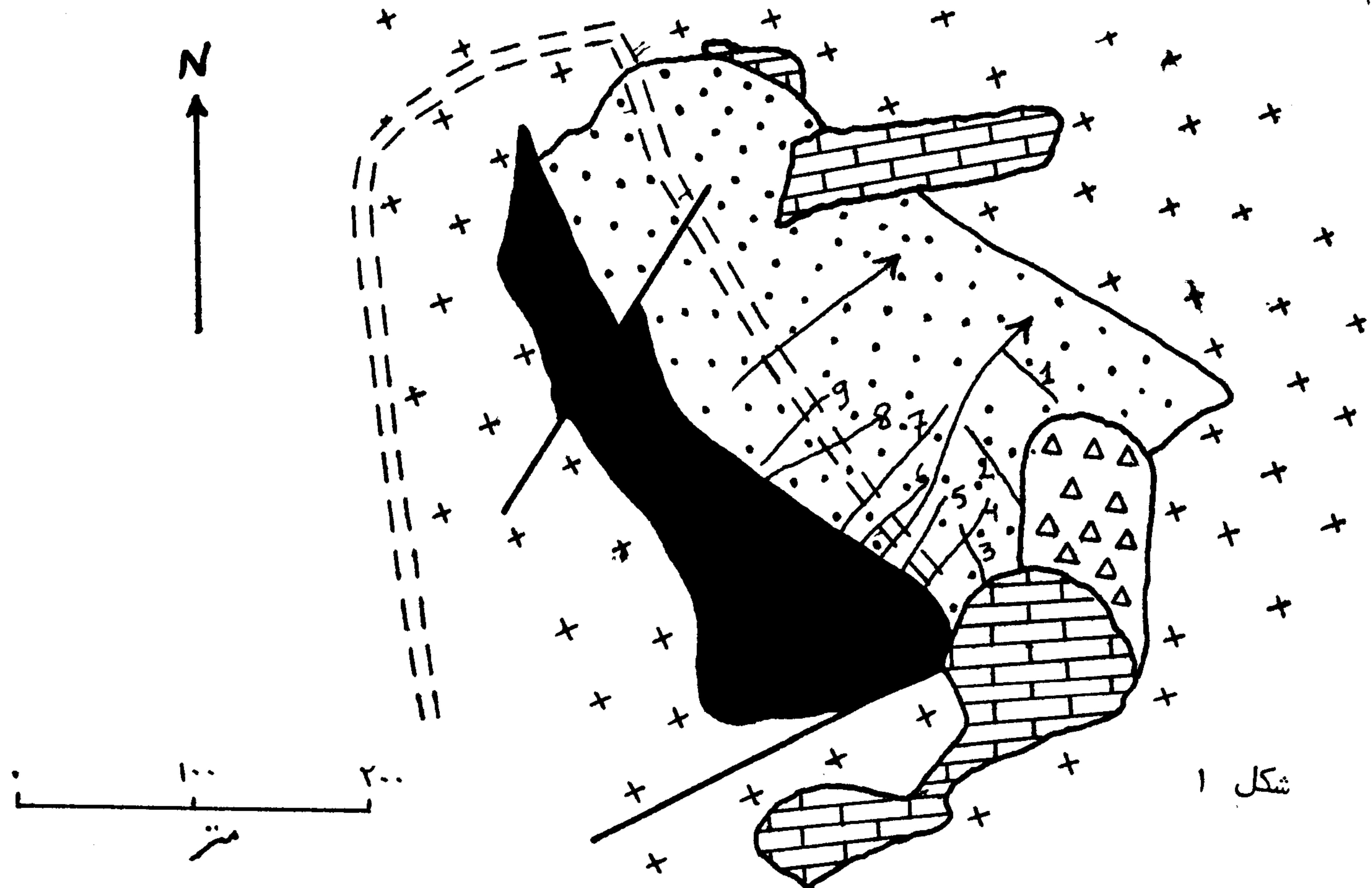
- در ژئرفسفات نیز نقشی نداشته اند .

ب - سنگهای دگرگونی :

در بین سنگهای دگرگونی منطقه باید از آمفی بولیت ، پیروکسنیت ، کوارتزیت ، سیپولن ، شیست ها و بالاخره متاریولیت ها را ذکر نمود .

ب - ۱ - آمفی بولیت :

این سنگها اساساً از آکتینوت با بلورهای سوزنی شکل و به رنگ سبز فیروزه ای تشکیل شده و در بعضی از نمونه ها آپاتیت ، کلسیت ، کانیهای اوپاک ، پیروکسن ، گرونا ( آندرادایت ) و کلریت نیز دیده می شود . بر حسب فراوانی هر یک از کانی ها ، اقسام مختلف زیر را می توان از هم جدا نمود ولی در روی زمین جدا کردن این انواع از هم مشکل است و بهمین دلیل آنها را بطور کلی آمفی بولیت گفته ایم .



شکل ۱

- |                                 |  |
|---------------------------------|--|
| آذرین                           |  |
| توف - برش ریولیتی               |  |
| توده آهن                        |  |
| آپاتیت - آمفی بولیت - پیروکسنیت |  |
| آهک و دولومیت                   |  |
| گسل                             |  |
| جاده خاکی                       |  |
| جهت نقصان $P_2O_5$              |  |
| ترانشه ها                       |  |

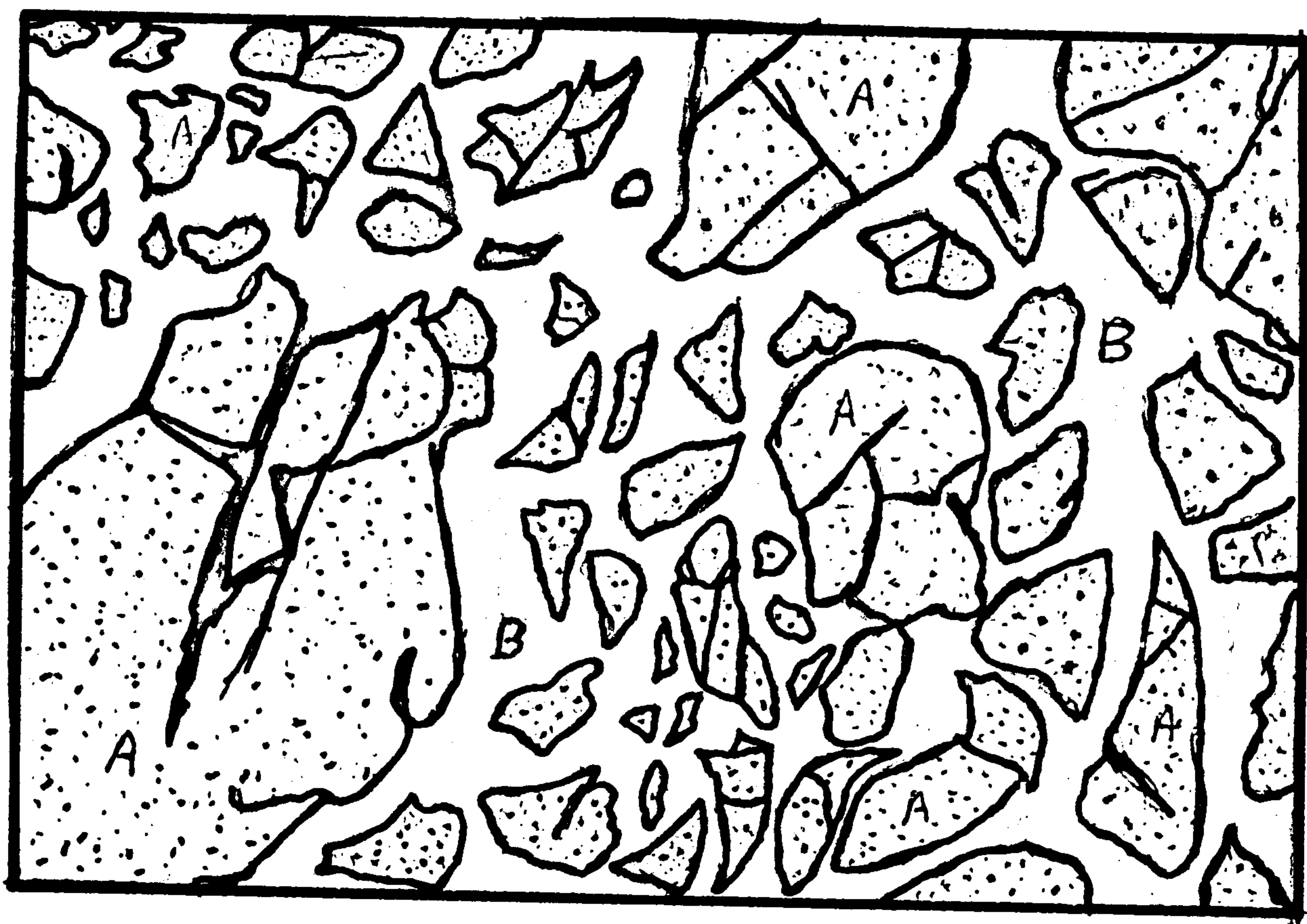


- آپاتیت آمفی بولیت، که کانی‌های اصلی آن شامل آکتینوت و آپاتیت و کمی اکسید اوپاک است. مقدار  $P_2O_5$  در بعضی از نمونه‌ها تا ۲۲ درصد می‌رسد.
- آپاتیت آمفی بولیت — کربنات‌دار، که تا ۱۲ درصد آپاتیت‌دار دولی زمینه اصلی آن در میکروسکپ شامل کلسیت، دولومیت و آکتینوت است. در هر دو گروه فوق‌گرونی اندر ادیت، اکسید آهن، دیوپسید و زیرکن نیز کم و بیش دیده می‌شود.
- دیوپسید — آمفی بولیت، که کانی‌های اصلی شامل آکتینوت، دیوپسید و لاستونیت، کلسیت، آپاتیت (کمتر از ۷ درصد)، اکسیدهای اوپاک و کوارتز ثانوی، اپیدوت و اسکاپولیت است.
- ب — ۲ — پیروکسنیت‌ها:
- در مقاطع میکروسکپی این سنگها دیوپسید، ولستونیت، آپاتیت و آکتینوت دیده می‌شود. پراکندگی آپاتیت در این سنگها یکنواخت نیست و هر قدر بطرف توده آهن نزدیک شویم درصد  $P_2O_5$  بیشتر می‌شود.
- ب — ۳ — کوارتزیت:
- در حد زیرین مجموعه آذرین و رسوبی، بیرون زدگی‌های بسیار کوچکی از کوارتزیت دیده می‌شود که باریولیت سفید اشتباه می‌شود ولی در زیر میکروسکپ ماسه سنگ آهک‌داری است که پس از دگرگونی و تبلور دوباره بصورت کوارتزیت (بیش از ۸۵ درصد کوارتز) کلسیت‌دار درآمده است. بر اثر این پدیده دانه‌های کوچک کلسیت و کوارتز در حاشیه درشت بلورهای کوارتز بنحو مشخصی پراکنده شده‌اند.
- لازم به تذکر است که در انواع مقاطعی که بیشتر از نمونه‌های برداشته شده از زیر ارتفاعات توف‌های ریولیتی و در قست شرقی کانسار فسفات تهیه شده است از مقدار کوارتز تدریجا "کاسته شده و بر مقدار کلسیت اضافه می‌شود بنحوی که مقدار کوارتز گاهی تا ۲۰ درصد حجم کاهش می‌یابد و در نتیجه سنگ آهک متبلور کوارتزدار پدید می‌آید با این ترتیب باید فرض نمود که لایه‌ای از ماسه سنگ اولیه در حد جانبی خود تدریجا "به سنگ آهک متبلور ختم می‌شود که در زیر تشکیلات آذرین و رسوبی مخفی مانده است.
- ب — ۴ — سیپولن:
- سنگ آهک متبلور و دانه درشت، بشدت چین خورده و بطور محلی در شمال و غرب کانسار فسفات وجود دارد که بوسیله رگه لامپروفیر قطع گردیده است. رنگ آن خاکستری تیره بوده و گسترش آن نیز محدود است. در آن علاوه بر بلورهای کلسیت و دولومیت، سیلیکاتهای کلسیم و منیزیم نظیر آکتینوت و لاستونیت، دیوپسید نیز دیده می‌شود.
- اگر به دگرگونی منطقه دقیق شویم به تضاد جالبی بر می‌خوریم چنانکه فاسیس‌های دگرگونی حرارتی (کوارتزیت و سیپولن) در نزدیکی دگرگونی ناحیه‌ای (آمفی بولیت، پیروکسنیت) قرار دارد ولی شواهد روی زمین نشان می‌دهد که این دو دگرگونی از نظر سنی باهم در ارتباط نبوده و مربوط به دو فاز جداگانه‌اند.
- ج — سری‌های رسوبی:
- سری‌های رسوبی منطقه را می‌توان بصورت زیر خلاصه نمود:
- شیل‌ها: که اصولاً "شامل کوارتز، کلریت، سری‌سیت، ولکه‌هایی از اکسیدهای اوپاک است و غالباً متورق و به رنگ سبزاند.
- شیل‌های ماسه‌سنگی: در واقع تغییر فاسیس شیل است و مقدار سیلیس آن زیادتر است.
- دولومیت‌های قهوه‌ای: که گسترش وسیعی دارد.
- آهک‌های خاکستری: ارتفاعات شمالی منطقه را تشکیل می‌سازد و ظاهراً "بدون فسیل است.
- کنگلومرا: بطور سطحی و با گسترش محدود در بخش جنوبی ژیزمان دیده شده است.
- توضیح آنکه تشکیلات مزبور دگرگونی خفیفی را متحمل شده‌اند.

## تجزیه کامل بعضی از سنگ معدن فسفات

Oxides	A.6.2	A.9.2	A.6.1	A.5	A.4	A.18
SiO <sub>2</sub>	11.16	6.27	13.4	1.05	2.02	28.34
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3.35	1.74	5.28	0.61	5.79	5.19
FeO	1.03	0.07	1.80	0.18	0.59	1.51
TiO <sub>2</sub>	0.09	n.d.	0.24	0.05	0.72	0.13
CaO	46.2	50.8	44.8	52.5	49.6	32.72
MgO	0.54	0.22	0.56	0.43	0.53	4.0
Na <sub>2</sub> O	0.20	0.28	0.11	0.14	0.17	0.14
K <sub>2</sub> O	0.01	0.04	n.d.	0.01	0.01	0.01
MnO	n.d.	0.04	0.06	n.d.	0.05	0.12
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	34.1	36.4	33.0	38.19	33.25	19.02
H <sub>2</sub> O <sup>-</sup>	0.04	0.02	-	0.26	0.17	0.13
H <sub>2</sub> O <sup>+</sup>	0.93	0.51	0.75	0.52	0.71	0.72





۰/۷۵x۰/۵ سانتیمتر

### شکل (۲)

منظره میکروسکوپی نمونه A.6.1 با ۳۳ درصد  $P_2O_5$   
A - آپاتیت B - زمینه (هماتیت - دولومیت - اپیدوت)

### کانسار فسفات

#### مشاهدات:

مطابق نقشه (شکل ۱)، توده آهن اسفوردی بصورت تقریباً "مثلثی" است که در ضلع شمالی شرقی آن معدن مورد نظر قرار دارد و شامل دو بخش است:

۱ - مجموعه آمفی بولیت - پیروکسنیت دار این مجموعه بصورت سنگهای بارنگ سبز فیروزه‌ای در سطح زمین گسترش و در زیر میکروسکپ اکتینوت، دیوپسید، کلسیت، کلریت، کانی‌های اوپاک، در آن دیده می‌شود. مقدار اکتینوت و دیوپسید در نمونه‌ها متغیر است به نحوی که بعضی را می‌توان آمفی بولیت نامید که اساساً از اکتینوت تشکیل شده و پارهای نیز دیوپسید زیاد دارند. بلورهای آپاتیت بصورت دانه‌های پراکنده و گاهی مجتمع در این سنگها دیده می‌شود. این مجموعه در سطح زمین مساحتی در حدود ۷۰۰۰۰ متر مربع را اشغال می‌کند مقدار  $P_2O_5$  در این مجموعه بسیار متفاوت است و از ۲ درصد تا ۲۴ درصد می‌رسد. بعلاوه هر قدر از توده آهن بسمت شمال دورتر برویم، عیار  $P_2O_5$  کمتر می‌شود. (به شکل ۱ توجه شود).

۲ - در حاشیه شمال شرقی توده آهن (بین توده آهن و مجموعه بالا)، سنگ معدن آپاتیت قرار دارد که ما آنرا آپاتیت نامیده ایم و به شکل هلال توده آهن را دور می‌کند مقدار آن بطور متوسط در حدود ۳۵ درصد است

( بین ۳۳ تا ۳۸ درصد درنوسان است ) این سنگها در سطح زمین بشدت هوازده اندولی نمونه های عمقی به رنگ قهوه ای روشن - بنفش می باشند . ترکیب کامل این سنگها را در جدول ۳ نشان داده ایم .  
در زیر میکروسکپ نیز اصولاً " بلورهای آپاتیت تمام حجم سنگ را اشغال نموده اند و غالباً " خرد شده و با حاشیه مدور می باشند . در بین قطعات آپاتیت سیمانی از کربنات ، هماتیت و اپیدوت و گاهی آکتینوت وجود دارد که دانه های آپاتیت را به هم جوش می دهد و غالباً " درصد هماتیت و کربنات ( که در سطح شکسته با اسید جوش می خورد ) بیش از سایر کانی ها است . رنگ این نمونه ها غالباً " قهوه ای روشن است . لکه های زرد موجود در این نمونه ها به بلورهای منفرد و درشت آپاتیت مربوط است .

محاسبات تقریبی نشان می دهد که گرچه مقدار نهشته در این بخش نسبت به نوع اول کمتر است ولی باتوجه به عیار آن ارزش اقتصادی قابل اهمیتی دارد . نتایج تجزیه شیمیائی نشان می دهد که عیار  $P_2O_5$  و عناصر خاکهای نادر نمونه های مورد مطالعه ، در مقایسه با انواعی که در دنیا از منابع مشابه استخراج شده اند در پارهای از موارد برتر است . باتاکید این نکته که فسفات مزبور از نظر منشاء آذرین است قطعاً " در بخش زیرین باید مقدار ذخائر بیشتر باشد . حفاری ها و بررسی های ژئوفیزیکی می توانند این نکته را تأیید نمایند .

چنانکه در گزارش مقدماتی اشاره گردید ( درویشزاده - زندی مفرد ۱۳۶۰ ) ، مهمترین عاملی که فسفات مزبور را از لحاظ اقتصادی قابل توجه و با صرفه نشان می دهد عبارتند از :  
- برای اکتشاف و استخراج می توان از امکانات ذوب آهن بافق استفاده نمود که فاصله اش تا معدن آهن چغارت در حدود ۲۶ کیلومتر است .

- در بهره برداری از معدن به جاده و تونل احتیاج نیست .  
- باتوجه به قطار راه آهن که به معدن چغارت رفت و آمد می کند ( یعنی در فاصله ۲۶ کیلومتری آن ) لذا از نظر حمل و نقل به سایر نقاط چندان خرجی ندارد .  
- بالاخره عیار بالای  $P_2O_5$  و همچنین فراوانی عناصر کمیاب موجود در آن .

## مورفولوژی آپاتیت ها :

فسفات های معدن اسفوردی از نوع فلوتور - آپاتیت ( نتیجه اشعه ایکس ) است که بلورهای آن به اشکال زیر در منطقه قابل تشخیص است .

۱ - بلورهای ریز و فراوان بارنگ زرد نارنجی تا قهوه ای که در سطح حفره ها و شکافهای ( مخصوصاً " سنگ معدن آهن ) دیده می شود . اندازه این بلورها ، در حدود ۲ میلی متر است . این بلورها ، بر اثر سرد شدن بخار حاوی فسفر و مواد فرار در شکافهای سرد حاصل شده اند استخراج و بدست آوردن این نمونه ها عملاً " غیر ممکن است و مورد توجه ما هم نبوده است .

۲ - بلورهای درشت به رنگ زرد عسلی تا سبز روشن که اندازه های ۳ تا ۴ سانتی متری آن فراوان تر و به قطر ۱۰ سانتی متری نیز دیده شده است . در سطح این بلورها شکستگی های عرضی فراوان دیده می شود بنحوی که بدست آوردن نمونه سالم تقریباً " غیر ممکن است . سنگهای دربرگیرنده این بلورها ظاهراً " برشی و فرسوده اند این امر مربوط به تاثیر متقابل بخار آب و گازهای حاوی فسفر با سنگهای مجاور است . از این نمونه های برشی ( آپاتیت + سنگ مادر ) ، باتوجه به پراکندگی آن نمی توان استفاده نمود و بیشتر ارزش کلکسیونی دارد . این بلورها گاهی در توده آهن اسفوردی بصورت خود شکل دیده می شود .



## جدول شماره (۲)

درصد  $P_2O_5$  در ۴۳ نمونه

No. Ech.	درصد $P_2O_5$	No. Ech.	درصد $P_2O_5$
T.3.1	۲/۱۸	T.8.5	۲۸/۳۲
T.3.2	۰/۳۷	T.9.1	۲/۱۷
T.3.3.	۱/۰۲	T.9.2A	۲/۵۳
T.4.1	۴/۷۴	T.9.2B	۳۰/۸۰
T.4.2.	۴/۴۰	T.9.3	۳۰/۸۰
T.4.3	۳۰/۲۵	T.9.4	۱/۶۵
T.4.4	۱/۵۴	T.9.5	۲۲/۵۵
T.4.5	۰/۱۶	A.14	۰/۸۸
T.5.1	۲۱/۴۶	1.C	۱/۵۴
T.5.2	۲۹/۲۹	1.A	۷/۰۴
T.5.3	۹/۴۹	2.A	۳/۸۵
T.6.1	۹/۰۷	3.A <sub>1</sub>	۳۱/۶۲
T.6.3	۲۸/۶۰	3.A <sub>2</sub>	۱/۶۵
T.6.4	۵/۱۷	1.B	۰/۷۷
T.7.1	۱/۸۱	2.B	۰/۷۷
T.7.2	۲۳/۹۲	A.4	۳۳/۲۳
T.7.3	۰/۶۹	A.5	۳۸/۱۹
T.7.4	۱۰/۳۴	A.6.1	۳۳/—
T.8.1	۳/۶۳	A.6.2	۳۴/۱
T.8.2	۷/۹۲	A.9.2	۳۶/۴
T.8.3	۳/۵۷	A.18	۱۹/۰۷
T.8.4	۰/۸۸		

— شماره T مربوط به ترانسه‌های نه‌گانه موجود در محل (که مطابق شکل ۱) شماره‌گذاری کرده‌ایم و بقیه مربوط به نمونه‌هایی است که خارج از ترانسه‌ها برداشت نموده‌ایم.  
تجزیه شیمیایی در آزمایشگاه شیمی سازمان زمین‌شناسی کشور و مؤسسه خاک‌شناسی، حاصلخیزی خاک انجام شده است.

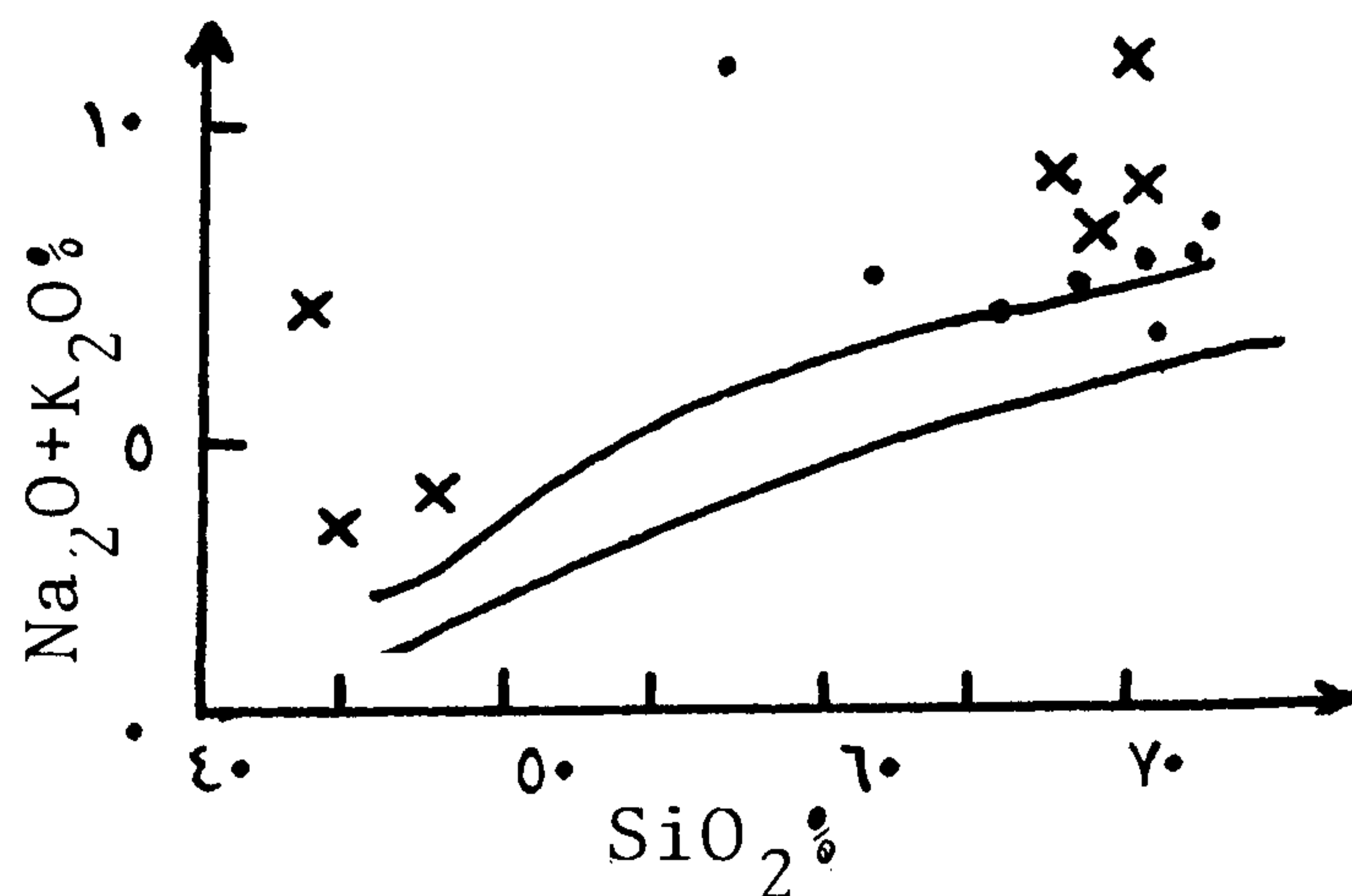
۲- سنگهای آپاتیت - در این سنگها بلورهای آپاتیت مطابق شکل (۲) بسیار فراوان و حاشیه مدور دارند. در واقع متن سنگ از بلورهای میلیمتری و حتی سانتی متری آپاتیت تشکیل شده است که در سیمان هماتیت و کربنات و بندرت آمفی بول و پیروکسن قرار دارند. چنانکه اشاره شد رنگ این سنگها قهوه‌ای متمایل به بنفش بوده و غالباً "باریولیت قرمز اشتباه می‌شوند". این نمونه‌ها از نظر اقتصادی غنی از فسفات است (تا ۳۸/۲ درصد  $P_2O_5$ ). عناصر خاکهای نادر (سریوم، لانتانوم، نئودیمیم) موجود در این سنگها از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. ۴- بالاخره باید از لکه‌های قهوه‌ای روشن که در آمفی بولیت‌ها دیده می‌شوند ذکر نمود که سرشار از آپاتیت ولی با چشم بسهولت تشخیص داده نمی‌شود.

از نظر مورفولوژی، بلورهای درشت آپاتیت ایدئومورف و خرد شده و بلورهای ریز اکثراً "گزنومورف" فضای بین درشت بلورها را پر می‌کنند. این مسئله نشان می‌دهد که آپاتیت‌ها در دو مرحله بوجود آمده‌اند. در مرحله اول بلورهای درشت شکل گرفته‌اند و بعداً "باقیمانده فاز سیال خلل و فرج و درز و شکافهای موجود را پر کرده است."

### روشهای بررسی:

مطالعه سنگ معدن فسفات به طریق زیر انجام شده است:

- ۱- نمونه برداری - نمونه برداری با روش آماری خاصی از مناطق مختلف معدن و سنگهای اطراف انجام شد. علاوه بر انواعی که در طول و عمق مختلف جدار ترانشه‌ها (در منطقه ۹ ترانشه جمعا "بطول تقریباً ۲۲۰ متر و عمق تقریباً یک متر وجود دارد) برداشت گردید نمونه‌هایی نیز از سنگهای مجاور برداشت گردید تا نوع سنگ، منشاء و پراکندگی فسفات دقیقاً بدست می‌آید. به این ترتیب روی هم ۴۳ نمونه جمع‌آوری گردید.
- ۲- مطالعات آزمایشگاهی: هر یک از نمونه‌ها را جهت مقاصد زیر از هم تفکیک نمودیم.
  - الف - برای تهیه مقطع و مطالعه میکروسکپی (روی هم ۱۱۲ مقطع).
  - ب - برای تجزیه شیمیائی کامل: روی ۲۲ نمونه که بوسیله آزمایشگاه شیمی سازمان زمین شناسی کشور انجام شد.
  - ج - برای تجزیه اسپکتروگرافی: که ۲۱ نمونه برای تعیین عناصر خاکهای نادر در اختیار متخصصین اسپکتروگرافی سازمان زمین شناسی کشور قرار گرفت (جدول ۵).
  - د - بررسی عناصر کمیاب معمولی که بطریق فلورسانس اشعه ایکس و بوسیله سازمان انرژی اتمی (بر روی ۴۳ نمونه) انجام گردید (جدول ۶).
  - ه - مطالعه با دیفراکتومتری اشعه ایکس، برای تعیین دقیق نوع آپاتیت، دو نمونه از آپاتیت‌های اسفوردی و جزیره هرمز انتخاب و در آزمایشگاه سازمان انرژی اتمی مورد آزمایش قرار گرفت.



(شکل ۳) - محل نمونه‌ها در دیاگرام  $Na_2O+K_2O$  بر حسب  $SiO_2$  (دیاگرام کونو) - نقطه‌ها معرف ریولیت‌هایی است که بوسیله ح - پرومندی، ۱۹۷۳ تجزیه شده است.



## ژئوشیمیائی

## ۱- سنگهای آذرین:

تجزیه شیمیائی سنگهای آذرین موجود در منطقه را بصورت جدول ۱ و ۲ نشان داده ایم. نتایج حاصل از آن عبارتند از:

- تمام سنگهای آذرین منطقه از انواع آلکالن اندو در دیاگرام کونودر قلمرو آلکالن قرار می گیرند (شکل ۳)

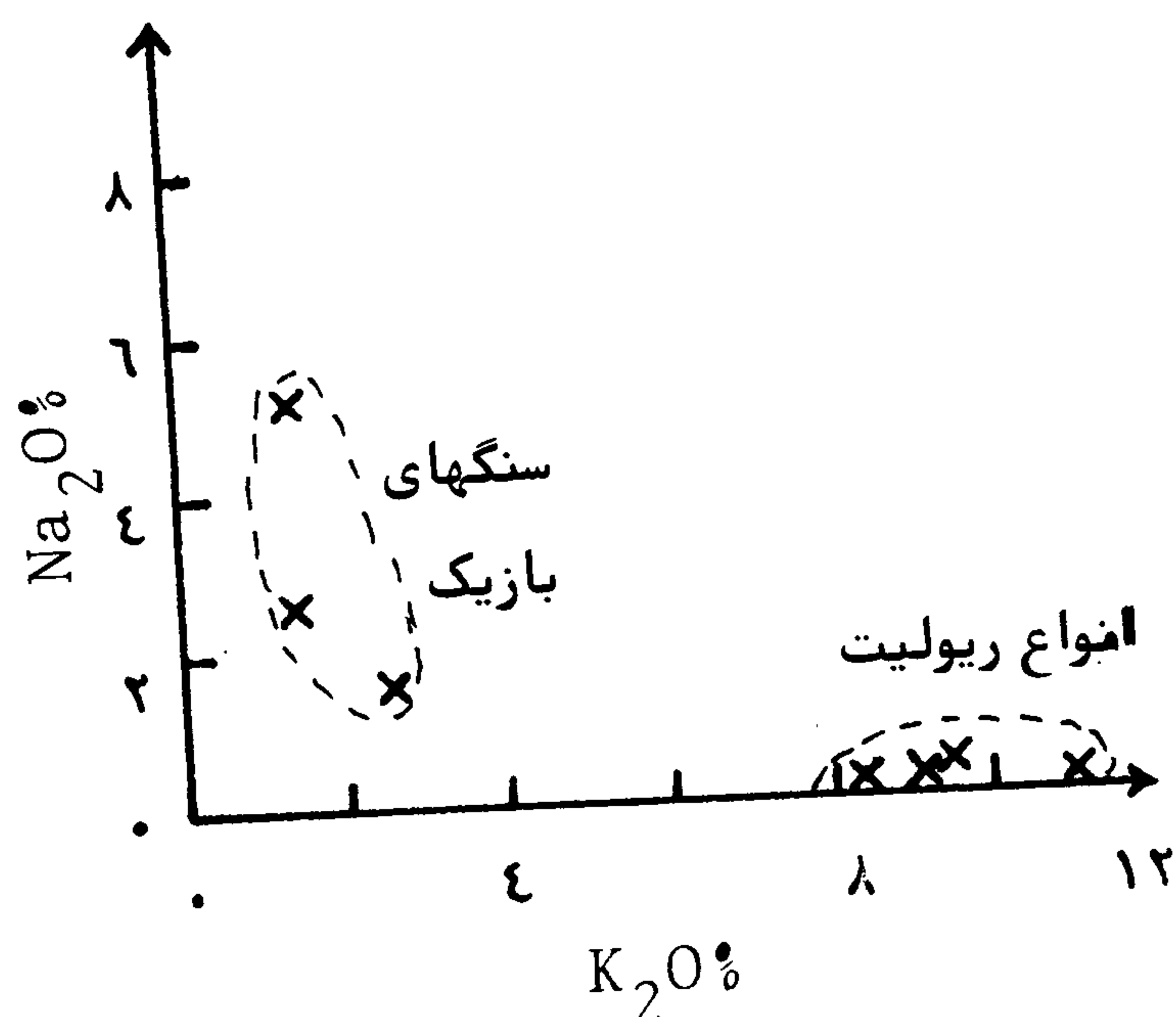
- مقدار  $\text{Na}_2\text{O}$  در ریولیت ها کمتر از حد انتظار است.

- مقدار  $\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{FeO}$  در بعضی از نمونه ها بطور بارزی بالا است که به نظر می رسد مربوط به آلودگی با کانسارهای آهن منطقه باشد.

در ریولیت ها مقدار  $\text{K}_2\text{O}$  زیادتر از  $\text{Na}_2\text{O}$  است و حتی در اکثر نمونه های مقدار زیاد  $\text{K}_2\text{O}$  (بین ۸ تا ۱۱/۵ درصد) بیش از ۵۰ برابر  $\text{Na}_2\text{O}$  است.

بنابراین ریولیت را باید آلکالن پتاسیک نامید. در سایر انواع آذرین اکثراً "سدیم برپتاسیم برتری دارد. بنحوی که در دیاگرام  $\text{Na}_2\text{O}/\text{K}_2\text{O}$  شکل (۴) دیده می شود نقاط معرف انواع ریولیت ها که قدیمی ترند در قطب پتاسیک و سایر انواع، در قطب سدیک پراکنده اند این مسئله نشان می دهد که: بین این دو گروه هیچگونه ارتباط ماگمایی وجود ندارد.

- مقدار  $\text{P}_2\text{O}_5$  موجود در سنگهای آذرین، حتی در انواعی که در مجاورت توده های آتیتی قرار دارند بسیار اندک است. این مسئله نشان می دهد که، در ژئوفسفات منطقه اسفوردی ریولیت های مزبور نقشی نداشته اند. توضیح آنکه مقادیر عناصر کمیاب در ریولیت ها و سنگهای فسفات دار نیز با هم ناهم آهنگ و تأیید کننده این مطلب است.



شکل (۴) - محل نمونه در دیاگرام  $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$

## عناصر اصلی:

در تجزیه شیمیایی سنگهای فسفات دار نکات زیر توجه را جلب می‌نماید: (جدول ۳).  
 - مقدار سیلیس که دامنه تغییرات آن بسیار است از ۱ تا ۲۸/۳ درصد و مربوط به انواع سیلیکات‌هایی است که در مطالعات میکروسکپی در سنگ تذکر داده‌ایم و غالباً "کانی‌هایی مانند: آمفی بول، پیروکسن، گرونا، اپیدوت، حتی کوارتز ثانوی در سنگ دیده شده است.

- فقدان  $Al_2O_3$  در سنگهای غیرعادی است و اگر روی اعداد تجزیه مشکوک نباشیم باید قبول کنیم که هیچ‌نوع کانی سیلیکاته آلومین دار در سنگ‌ها وجود ندارد. البته باید یادآور شویم که در هیچ‌نمونه‌ای به فلدسپات برنخورده‌ایم و سایر سیلیکات‌ها کم و بیش فاقد آلومین می‌باشند.

- وجود آهن زیاد  $Fe_2O_3 + FeO$  مربوط به آلودگی نمونه‌ها است که در کنتاکت کانسار آهن قرار دارند. بعلاوه در زیر میکروسکپ نیز اکسیدهای اوپاک زیاد است چنانکه غالباً "هماتیت همراه با کلسیت یا دولومیت در حدفاصل بین بلورهای آپاتیت وجود دارد.

- مقدار زیاد  $CaO$  دونکته را نشان می‌دهد:

نکته اول آنکه بخشی از  $CaO$  در فرمول کلی آپاتیت  $P_2O_5, 3CaO, F, OH, Cl$  وارد می‌شود و این تعداد از نظر وزنی تقریباً "۱/۱۹ برابر مقدار وزنی  $P_2O_5$  خواهد بود. بنابراین الزاماً" مقدار آن باید بیش از  $P_2O_5$  باشد.

نکته دوم مقدار اضافی  $CaO$  در ساختن کلسیت، دولومیت و سیلیکات‌های کلسیم دار نظیر آمفی بول

ولاستونیت دخالت می‌کند.

- مقدار  $MgO$  موجود در سنگها موید وجود دولومیت، پیروکسن و آمفی بول است.

بالاخره در جدول ۴ درصد وزنی  $P_2O_5$  نمونه‌هایی دیده می‌شود که از نقاط مختلف معدن و ترانشه‌ها برداشت شده است. از اعداد حاصل نتیجه گرفته‌ایم که تمرکز ضلع شمال شرقی معدن و در مجاورت بلا فصل کانسار آهن بیش از سایر بخش‌ها است و هر قدر بطرف شمال برویم از مقدار  $P_2O_5$  کاسته می‌شود. بعلاوه در آمفی بولیت‌ها و پیروکسنیت‌ها کم می‌شود و در ضلع شمالی به حداقل می‌رسد.

## عناصر کمیاب:

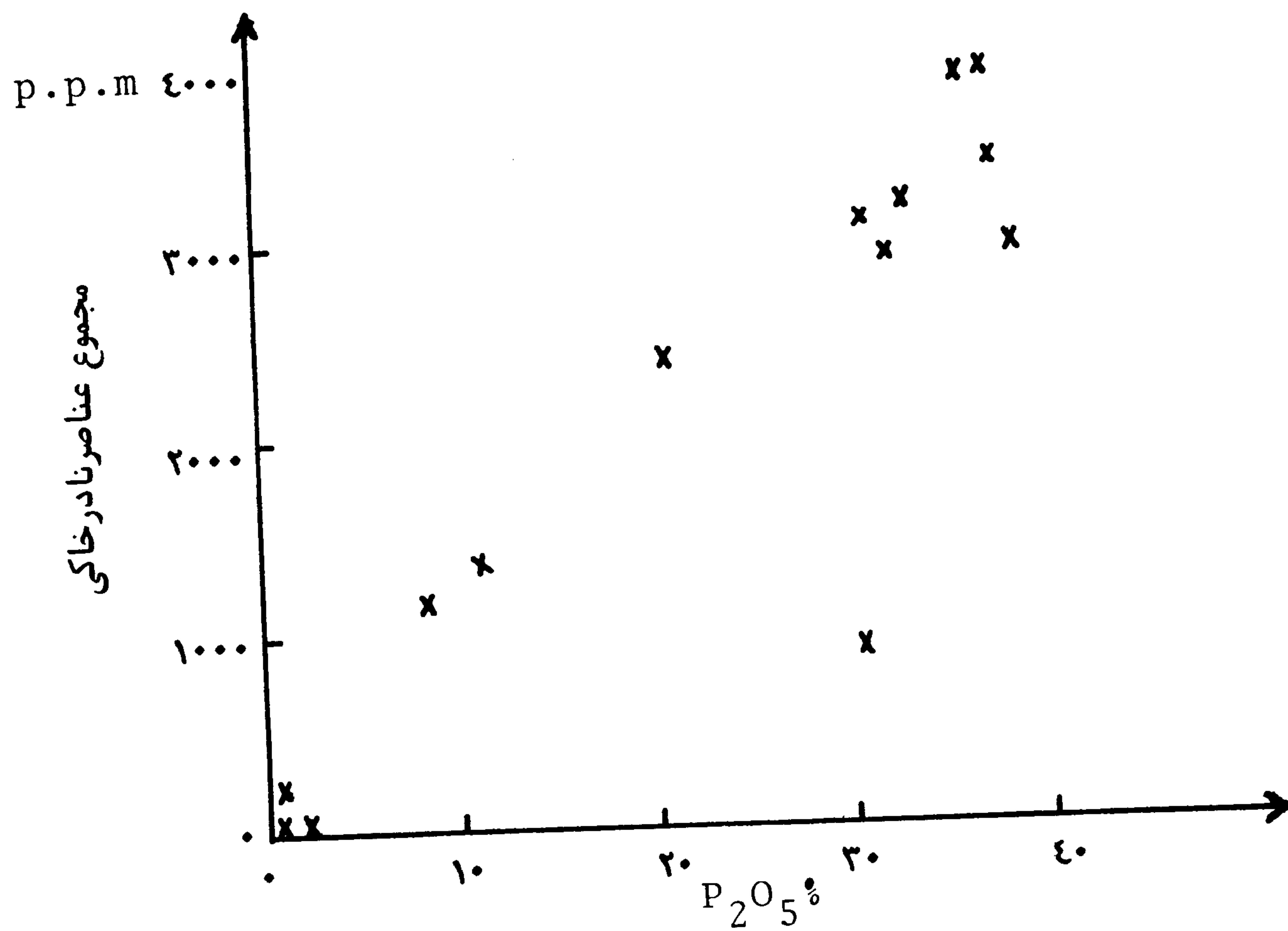
اصولاً "کانسارهای آپاتیت از نوع آذرین با فراوانی غیرعادی بعضی از عناصر کمیاب همراه است که از نظر اهمیت آنها را به دو گروه تقسیم نموده‌ایم:

الف - عناصر خاکهای نادر (Rare Earth):

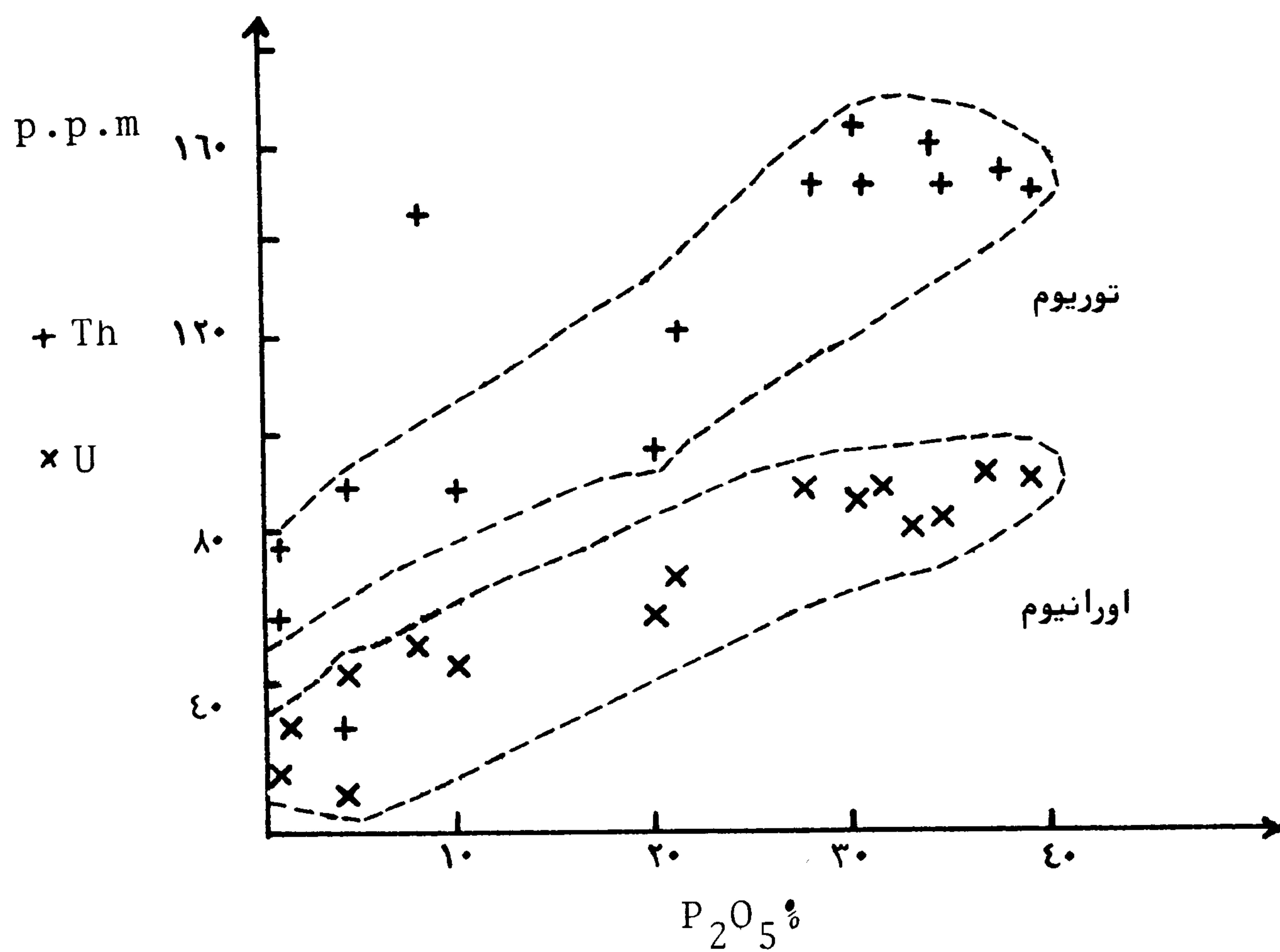
از این گروه عناصری نظیر سریوم، نئودیمیم و همچنین ایتریوم را انتخاب و جهت تجزیه شیمیایی و تعیین عیار به آزمایشگاه اسپکتروگرافی سازمان زمین‌شناسی کشور ارائه گردید. اعداد حاصل در جدول شماره (۵) نشان داده شده است که جالب توجه و اهمیت ویژه‌ای دارد.

بین فراوانی این عناصر و سنگ معدن فسفات رابطه جالبی وجود دارد بنحوی که هر قدر مقدار  $P_2O_5$  سنگ بیشتر باشد مقدار عناصر کمیاب مذکور نیز زیاد می‌شود و دیاگرام شکل (۵) این واقعیت را نشان می‌دهد. بنابراین نتیجه می‌شود که عناصر مذکور باید در ساختمان بلورین فسفات موجود باشد نه در سایر کانی‌های سنگ معدن. عناصر مذکور اصولاً "بصورت موناژیت (فسفات خاکهای نادر) و گزنوتیم (فسفات ایتریوم) دیده می‌شوند. در ژیزمانهائی از فسفات که با کربناتیت‌ها همراه باشند عیار عناصر مذکور بالا است. در این نوع از ژیزمان‌ها سریوم ممکن است بطور بخشی جانشین کلسیم شود و فسفات سریوم بوجود آورد.





شکل ۵ - دامنه تغییرات عناصر نادر خاکی بر حسب  $P_2O_5$



شکل ۶ - دامنه تغییرات اورانیوم و تورنیوم بر حسب  $P_2O_5$

## جدول شماره (۵)

مقادیر سربوم، لانتانوم، نئودیمیم، ایتریوم بر حسب p.p.m.

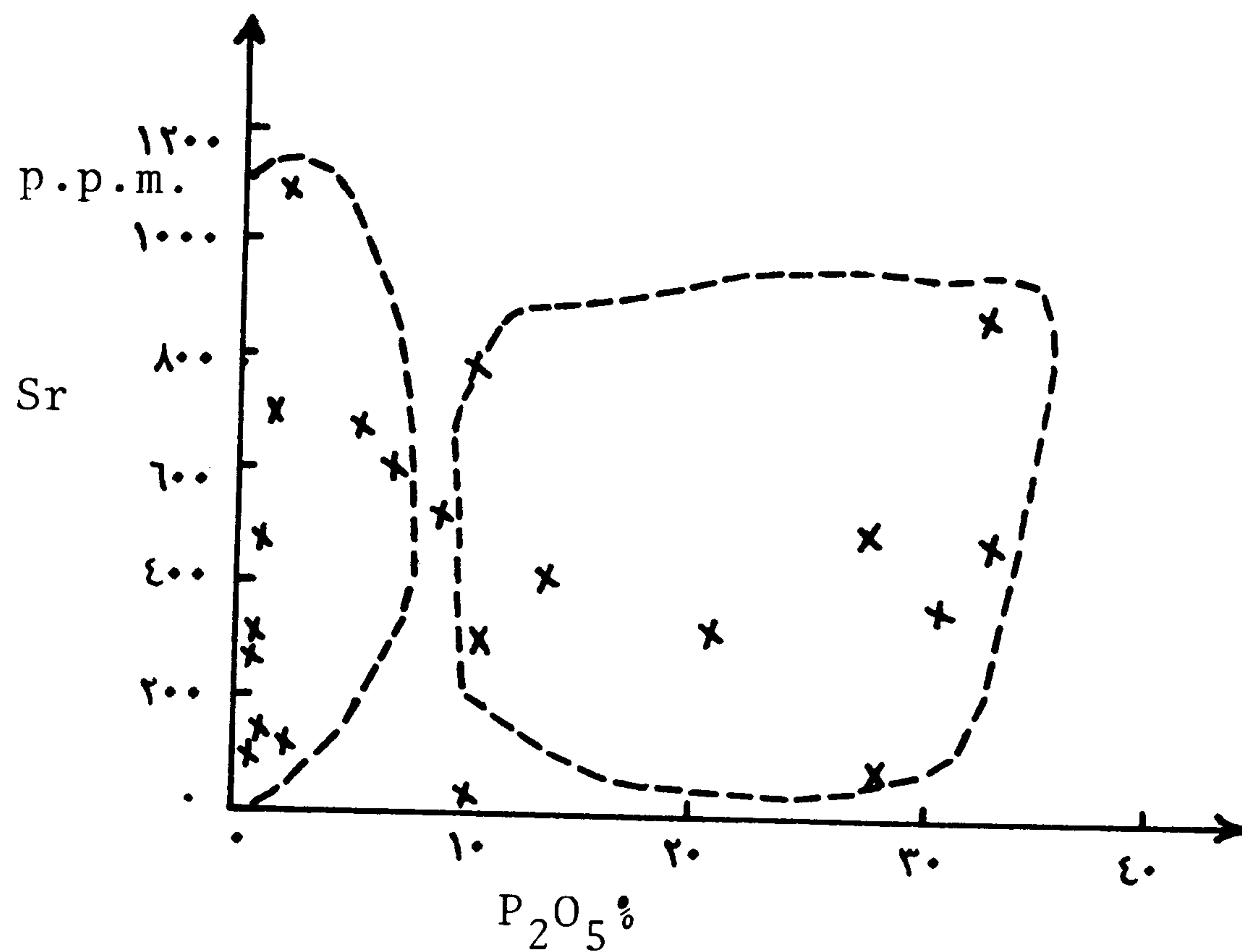
No.	Ce	La	Nd	Y
A.2	100	12	500	8.8
A.3.1	L.	12	1800	8.5
A.3.2	19	14	500	153
A.4	2500	1400	150	1160
A.5	1000	1000	130	1600
A.6.1	2900	1400	N.I.	1520
A.6.2	2800	1300	N.I.	2160
A.7.1	1100	46	200	L.
A.7.2	260	80	200	19
A.8	140	26	N.I.	L.
A.9.1	2600	900	N.I.	1600
A.9.2	2600	1200	N.I.	2480
A.9.3	2000	850	N.I.	1200
A.10	950	90	740	L.
A.11	90	10	N.I.	L.
A.12	100	30	420	18
A.15	115	34	N.I.	27
A.16	2900	1500	500	1760
A.18	1600	800	380	1520
A.19	26	17	N.I.	26
A.21	250	40	750	70

- تجزیه از آزمایشگاه اسپکتروگرافی سازمان زمین شناسی کشور

L = بمعنای کمتر از حد اندازه گیری دستگاه است.

N.I. = شناسائی نشده است.





شکل (۷) - دامنه تغییرات استرُنسیوم برحسب  $P_2O_5$

نکته جالب توجه اینکه در بعضی از نمونه‌های آپاتیت در زیر میکروسکپ خطوطی کم و بیش موازی دیده می‌شود که شبیه حالت اکسولیسین ( Ex-solution ) پیروکسن‌های ارتوکلینو در نظر بیننده است. بعقیده اینجانب خطوط مزبور که موازی با محور C بلورهای آپاتیت‌ها نیز می‌باشد موید این نکته است که فسفات مختلف در قالب آپاتیت و با جانشینی‌های یونی اکسولیسین‌هایی تشکیل می‌شده‌اند مسلماً " با توجه به ارقام تجزیه شیمیایی تعداد این فسفات بسیار کم است در اینجا توصیه می‌شود، به ارزش این عناصر ( با توجه به عیار آن ) جدول (۵) که در صنعت جهانی اهمیت دارند غور و بررسی بیشتر بشود.

ب - عناصر کمیاب معمولی :

با توجه به نحوه کانی‌زایی فسفات در منطقه بافق، برای ردیابی به بعضی از عناصر کمیاب که در سنگ‌های آذرین اسید دیده می‌شوند ( اورانیوم و توریوم ) و یا عناصری مانند زیرکونیوم و غیره از عناصر نادر موجود در فسفات‌های آذرین، تجزیه کمی انجام گردید ( جدول ۶ ) .

از نظر ژئوشیمیایی ۳ گروه زیر را باید از هم مجزا نمود :

گروه ۱ - گروهی که عیار آنها بستگی به فسفات موجود در کانسنگ دارد، بنحوی که هر قدر مقدار آن زیاد شود مقدار این عناصر نیز زیاد می‌شود، مانند اورانیوم، توریوم، سرب، نیوبیوم، آرسنیک.

در این گروه به استثنای سرب، بقیه عناصر از عیار خوبی برخوردار می‌باشند که یک‌به‌یک به شرح مختصری از آنها اکتفاء می‌شود :

— فراوانی اورانیوم و توریوم در نمونه‌ها جالب توجه است. با توجه به اینکه مقدار اورانیوم در سنگهای پوسته در حدود ۴ قسمت در میلیون (P.P.m.) و در مورد توریوم تقریباً سه برابر آن (یعنی ۱۲ قسمت در میلیون است - میسون ۱۹۶۶) و بیش از این مقدار را از نظر اقتصادی با ارزش نشان می‌دهد، بنابراین مانند اکثر ژیزمان‌های فسفات‌دار آذرین دنیا، خوشبختانه، نمونه‌های مورد مطالعه از عیار خوبی برخوردار است. هر قدر مقدار  $P_2O_5$  نمونه‌ها بیشتر باشد مقدار اورانیوم و توریوم نیز بیشتر می‌گردد (شکل ۶). دامنه تغییرات نیوبیوم در همان حدودی است که در سنگهای فسفات آذرین دنیا گزارش شده است. در مورد آرسنیک نیز که عیار آن غیر عادی است می‌توان فراوانی آن را به گرایش ژئوشیمیایی این عنصر نسبت به فسفر (که هم‌گروه‌اند) در نظر گرفت.

گروه دوم — عناصری هستند که میزان آنها با افزایش آپاتیت نسبت عکس دارد مانند زیرکونیوم، روی، روبیدیوم. بالاترین مقدار زیرکونیوم مربوط به رگه‌های لامپروفیری است که قبلاً به آن اشاره شده است. گروه سوم — بالاخره دامنه تغییرات عناصری مانند استرونیوم (شکل ۷)، مس، کبالت و نیکل ارتباطی با افزایش یا کاهش مقدار  $P_2O_5$  ندارد. ولی عیار دو عنصر آخری به مقدار آهن بستگی دارد که با قوانین ژئوشیمی تطبیق می‌نماید.

### منشاء

آپاتیت‌های مورد مطالعه از نوع فلوئور آپاتیت\* اند که از نظر پایداری و شرایط تشکیل نسبت به هیدروکسی و کلر آپاتیت در شرایط حرارت و فشار کمتر (دقیقاً بین ۶۵۰ تا ۸۰۰ درجه حرارت و ۱۰۰۰ بار فشار) و در مجاورت فازهایی نظیر  $CO_2, H_2O, P_2O_5, CaF_2, CaO$  تشکیل می‌گردد (Wyllie et al. — ۱۹۶۲). (ع . درویشزاده ۱۳۵۱). ماگمای مادر احتمالاً کربناتیتی سرشار از گاز و عناصر فرار مذکور، پس از تزریق و تبلور، فاز فرار را در حفره‌ها و شکستگی‌های اولیه متمرکز نموده و رگه‌های آپاتیتی را بوجود آورده است چه وجود مجموعه‌ای از شکستگی‌های اولیه و عمقی در ایجاد رگه‌های فسفات لازم و ضروری است (Notholt ۱۹۷۹). آپاتیت زائی تقریباً هم‌زمان و بلافاصله پس از جایگزینی توده آهن و جملگی بعد از مجموعه آمفی بولیت — پیروکسنیت منطقه بوجود آمده‌اند به دلایل زیر:

- ۱ — وجود بعضی از درشت بلورهای ۱ سانتی متری آپاتیت در سنگ آهن اسفوردی از یک طرف و ریز بلورهای از آپاتیت در درزها و شکافهای سنگ آهن.
- ۲ — عیار  $P_2O_5$  موجود در سنگ آهن بالا است و مقدار آن در سنگ آهن‌های مختلف متفاوت است و حتی در معدن آهن چغارت درصد  $P_2O_5$  بخش شمالی با بخش جنوبی فرق دارد. این غیر یکنواختی، فعالیت‌های بعدی فاز فرار محتوی  $P_2O_5$  را محرز می‌نماید.
- ۳ — وجود قطعاتی از پیروکسنیت در داخل گانگ آپاتیت از یک طرف و در دگرگونی پیروکسنیت مربوطه در کنتاکت سنگ فسفات که بلورهای سرشار از آکتی نوت، اسکا پولیت، گرونا ی سبز (آندر ادیت) بوجود آمده است.
- ۴ — شکل رگه‌های توده آپاتیت و نفوذ آن در پیروکسنیت.

(Wyllie و همکاران، ۱۹۶۲) در کارهای تجربی خود ثابت کرده‌اند که هرگاه آپاتیت در شرایط متعادل و آرام و در مجاورت فازهای فرار سرشار از عناصری که قبلاً نامبرده شده بوجود آید بلورهای کم و بیش پهن و کوتاه (طول آن حداکثر سه برابر عرض آن باشد)، بی‌پیرامید با یالهای کم و بیش مدور و سطوح شیاردار بوجود می‌آید در حالیکه در محیط‌های نامتعادل که سرد شدن سریع و کم دوام باشد بلورهای طویل (نسبت طول به عرض  $\frac{20}{1}$ )

\* متأسفانه مقدار فلوئور با وجود درخواست، مورد سنجش قرار نگرفت و امکانات آزمایشگاهی نیز در این مورد محدود بوده است.



جدول شماره (۶)

است.

اعداد بر حسب

رویداد	آرسنیک	کیالت	نیکل	مس	روی	استونیوم	زیرکیوم	نیوبیوم	مولیبدن	سرب	توریوم	اورانیوم	شماره نمونه
۳۶	۲۳	—	۱۳	۳۶	۲	۱۰۸	۶۵	۹	۶	۱۳	۴	۰	A.2
۲	۳۴	—	۵	۵۸	۶	۹۰	۸	۸	۴	۷	۱۰	۱۰	A.3.1
۱۰۲	۲۰	—	۳۱	۳۹	۱۷	۱۱۶	۱۰۶	۱۵	۲	۳۵	۴۱	۱۶	A.3.2
۱۲	۱۹۴	—	۱۰۸	۶۵	۶	۳۲۹	۱۳	۱۳۳	۱۳	۵۵	۱۲۳	۵۲	A.4
۱۳	۱۹۶	—	۱۰۶	۵۵	۲	۳۷۲	۷	۱۳۴	۱۳	۶۰	۱۳۱	۷۲	A.5
۱۳	۲۱۰	—	۱۳۵	۶۲	۱	۳۳۹	۹	۱۵۶	۱۲	۶۳	۱۳۲	۶۳	A.6.1
۱۲	۲۱۶	—	۱۳۶	۵۷	۴	۳۵۸	۷	۱۵۷	۱۲	۵۵	۱۳۹	۵۹	A.6.2
۴۰	۲۰	—	۴۱	۳۷	۲۵۴	۴۴۴	۴۶۸	۴۶	۲	۱۲	۷	۱۴	A.7.1
۸۳	۱۲	—	۶	۴۹	۶۹	۲۱۳	۱۲۹	۱۲	۳	۸	۱۷	۱۰	A.7.2
۱۵۹	۳۸	—	۱۶	۵۴	۱	۶۵	۱۹۶	۹	۴	۱۵	۲۴	۲۲	A.8
۱۳	۲۰۸	—	۱۱۰	۸۵۰	۱	۴۵۸	۹	۱۳۸	۱۳	۶۶	۱۳۷	۶۵	A.9.1
۹	۲۲۹	—	۱۳۰	۱۵۸	۵	۴۲۷	۶	۱۵۸	۱۳	۵۲	۱۳۶	۶۶	A.9.2
۱۱	۲۰۷	—	۱۰۸	۷۰	۱۲	۴۱۰	۸	۱۳۰	۲۰	۶۶	۱۳۳	۶۷	A.9.3
—	—	—	۷۵	۲۳	۵۹	۵۷	۴۴	۴۶	۳	۱۶	۳۹	۲۲	T.7.1
—	—	۲۰۵	۱۰۲	۱۱۰۱	۳	۶۶۴	۱۶	۱۴۷	۹	۲۰۶	۹۹	۶۲	T.7.2
—	—	۱۰۰	۴۸	۱۰۲	۱۰	۵	۱	۷	۱	۱۰	۱۵	۱۲	T.7.3
—	—	۱۱۳	۱۵۴	۵۴	۲	۳۲۴	۷	۱۲۹	۳	۲۳	۷۰	۳۵	T.7.4
—	—	۱۳۳	۶۹	۱۹	۲۵	۱۱۰۳	۳۱	۳۷	۱	۱۴	۴۴	۹	T.8.1
—	—	۱۴۰	۹۳	۲۱	۲۸	۶۰۸	۳۳	۱۱۳	۱	۱۸	۱۳۴	۳۸	T.8.2
—	—	۱۶۰	۷۹	۱۸	۴۱	۶۱	۴۳	۸۱	۴	۱۰	۵۸	۲۷	T.8.3
—	—	۱۱۷	۷۸	۱۷	۶۷	۶۹	۳۳	۲۹	۲	۱۱	۷۳	۲۴	T.8.4
—	—	۱۵۵	۱۳۶	۳۴	۱	۳۴۸	۳	۳۳۷	۱	۳۹	۱۳۳	۷۰	T.8.5
—	—	۱۴۴	۷۱	۱۴	۷۷	۶۷۴	۱۲۰	۳۵	۳	۵	۵۳	۱۳	T.9.1
—	—	۱۲۲	۵۹	۱۸۳	۴۸	۷۸	۱۱۵	۳۷	۳	۲۰	۱۰۲	۲۲	T.9.2
—	—	۱۸۸	۱۱۵	۲۶	۵	۳۵۴	۱۰	۱۹۳	۸	۴۶	۱۳۲	۶۶	T.9.3
—	—	۱۶۱	۶۰	۹	۲۴	۱۸۶	۶۴	۳۹	۳	۱۵	۴۸	۲۱	T.9.4
—	—	۸۹	۱۳۸	۲۹	۵	۲۵۹	۱۱	۱۸۹	۲	۳۳	۱۰۲	۵۱	T.9.5





باسطوح و یالهای مشخص تشکیل می‌شود. با این ترتیب آپاتیت‌های منطقه اسفوردی در محیط متعادل و آرام متبلور شده و مراحل تشکیل آن نیز طولانی بوده است. مجموعه توده بعدها تحت تاثیر فازهای تکتونیکی قرار گرفته‌اند بنحوی که اکثر " بلورهای آپاتیت خرد شده و کاتاکلاستیتی بوده و اگر به انتشار جغرافیائی منابع تجارسی فسفات از منشاء آذرین توجه کنیم ملاحظه می‌کنیم که در پی ساخت قدیمی نظیر کانادا، اسکاندیناوی، سیرری، جنوب آفریقا و هندوستان، آپاتیت‌ها که اکثر فلوتور آپاتیت‌اند کم و بیش بصورت مجموعه‌های حلقوی و با سنگهای آذرین آلکالن (سینیت نفلینی) اولتراباز یک‌ها و مخصوصاً " کربناتیت‌ها همراه و وابسته‌اند و اغلب در سطح زمین مساحت کوچکی را اشغال می‌نمایند.

اشتقاق فسفر، کلسیم، آهن و عناصر فلزات خاکی از ماگمای اشباع از سیلیس و آبدار از نظر پتروژنیکی و شیمیائی ناسازگار است (Mahendra - ۱۹۷۵). بنابراین پیدایش رگه‌های آپاتیتی ارتباطی باریولیت‌های آلکالن و حتی به‌دگرگونی منطقه ندارد. بعلاوه در تجزیه شیمیائی ریولیت‌های مزبور (جدول ۱) مقدار  $P_2O_5$  حتی به ۰/۲۵ هم نمی‌رسد. بنابراین برای ژنز فسفات‌های اسفوردی احتمالاً " ماگمای کربناتیتی دخالت داشته‌است که فقط عملکرد بخش فرار آن قابل اهمیت است: اولاً " باتوجه به کارهای Wylie و همکاران (۱۹۶۰) که نشان داده‌اند: حضور بخار آب می‌تواند درجه حرارت ذوب ماده سرشار از کلسیت (کربناتیت) را تا حدود ۶۵۰ درجه سانتیگراد (حتی در فشار متوسط) پائین آورد که باتوجه به سایر عناصر فرار نظیر  $Cl, F, CO_2$  و ... موجود در این نوع از ماگماها توانائی نفوذ آن‌ها زیادتر می‌شود. ثانیاً " در دنیا کربناتیت‌ها، از نظر ژئوشیمیائی سرشار از آپاتیت، فلوتورین بوده و عناصری نظیر منگنز، استرونیسیوم، نیوبیوم، باریوم و انادیوم، مس، مولیبدن، اورانیوم، تورنیوم و مخصوصاً " عناصر خاکی نادر غنی می‌باشند که در نمونه‌های خود به آن برمی‌خوریم. ثالثاً " وجود کلسیت و دولومیت اتومورف در بین بلورهای آپاتیت و جوش خوردگی آن با اسید کلریدریک غلیظ در سطوح شکسته تازه، می‌تواند دلیل این مدعا باشد (در کربناتیت‌ها کانی اصلی کلسیت، دولومیت و آنکریت است). رابعاً " وجود گانگ مشابهی از آپاتیت در سری هرمز، در کوه بنودر جزیره قرن عین وزرکوه که واترز و علوی (۱۹۷۳) احتمالاً " کربناتیتی می‌دانند. بالاخره نظیر همین وضع در هندوستان (Mahendra ۱۹۷۵) را بر آن داشت که رگه‌های مانیتیتی، آپاتیت و رمیکولیت منطقه کاسی پاتنام هند را به تزریق ماگمایی باروند کربناتیتی منتسب نماید که کربناتیت مزبور در سطح زمین بیرون زدگی ندارد.

با این ترتیب، احتمال وجود ماگمایی کربناتیتی که فقط عملکرد بخش فرار آن بحالت متاسوماتیت در منطقه مؤثر بوده بیشتر می‌گردد.

#### توصیه و پیشنهادات:

- باتوجه به اینکه فسفر در کشاورزی، دامداری و داروسازی اهمیت زیاد داشته و همه ساله ارزش زیادی برای خرید سنگ معدن فسفات به کشورهای خارج پرداخت می‌گردد پیشنهاد می‌شود:
- برای بهره‌برداری از این معدن، باتوجه به عیار جالب توجه فسفر حفاری‌هایی در منطقه انجام شود و در صورت لزوم باروش‌های ژئوفیزیکی وضعیت عمقی این معدن معلوم می‌گردد و بعبارت دیگر نقشه زیرزمینی آن دقیقاً تهیه شود تا ارزش بین‌المللی واقعی آن معلوم باشد.
- نحوه تشکیل و ذخیره آن در منطقه بنحوی است که باید در حوزه بافق و حتی جزیره هرمز، پی‌جویی‌های لازم جهت اکتشاف این قبیل معادن مطالعات بیشتری انجام شود.
- به عیار بالای عناصر خاکی نادر از یک طرف و اورانیوم و تورنیوم از طرف دیگر توجه شود. لازم است

قبل از بهره‌برداری از این معدن استفاده از عناصر مورد بحث نیز مدنظر باشد. نحوه تغلیظ و جدایش این عناصر از فسفات مشخص گردد بطوری که عناصر مزبور فدای فسفات نشود.

— از امکانات ذوب آهن در منطقه بنحو احسن استفاده شود، توضیح آنکه مقامات ذوب آهن همیشه آمادگی خود را جهت همکاری اعلام نموده‌اند.

— با توجه به اینکه در معدن مس سرچشمه برای تغلیظ و سولفورزدایی، اسید سولفوریک و گازهای گوگردی بدست می‌آید با فراهم کردن امکانات، می‌توان از مواد مزبور در تغلیظ و بالا بردن عیار فسفات بافق بنحوشایسته‌ای استفاده نمود.

#### تشکر:

در اینجا لازم می‌دانم از همکاری سازمان ذوب آهن بافق (آقایان مهندس مهرزاد و خرسند) و شیمیست‌ها و متخصصین اسپکتروگرافی سازمان زمین‌شناسی کشور و سرپرست وقت این سازمان تشکر نمایم که تسهیلات لازم را فراهم نموده‌اند. همچنین از سازمان انرژی اتمی در تعیین عناصر کمیاب (بخش فلورسانس اشعه ایکس) سپاسگزارم. بالاخره از همکاری دانشجویان فوق لیسانس دانشکده علوم و فنی در نمونه‌برداری و مخصوصاً از آقایان حمید زندی مفرد و جواد رادفر که در پیشبرد طرح، صمیمانه با اینجانب همکاری داشته‌اند تشکر می‌نمایم.

#### منابع

- برومندی، ح (۱۳۵۳): آپاتیت‌ها و عناصر کمیاب — ماهنامه آهن — شماره ۱۱ و ۱۲.
- خسرو تهرانی، خ: چینه‌شناسی (۱۳۵۳): از انتشارات دانشگاه تهران، شماره ۱۴۵۳.
- درویش‌زاده، ع. (۱۳۵۱): مطالعه آپاتیت‌ها در بازالت‌ها و مشخصات پترولوژیکی آن نشریه دانشکده علوم — ج ۴ — ش ۲.
- درویش‌زاده، ع — زندی مفرد، ح — (۱۳۶۰): فسفات بافق — نشریه جهاد دانشگاهی — ش ۱.



## REFERENCES

- BACHTIAR, J. - (1973): Petrographische und lagerstättenkundliche untersuchungen des nagigangranite und seines Geologischen Rahmens bei Bafq (Zentral Iran.) Diss. RWTH Aachen.
- BORUMANDI, H. - (1973): Petrographische und lagerstättenkundliche untersuchungen der Esfordi-Formation zwischen Mishdovan und Kushk bei Bafq/Zentral Iran. Von der Fakultät für Bergbau, Grades eines Doktors der naturwissenschaften genehmigte dissetation.
- HAGHIPOUR, A. - (1974): Etude géologique de la région de Biabanak-Bafq (Iran Central). Thèse de Dectorat ès Sciences. Grenoble.
- HACHIPOUR, A. - (1978): Etude géologique de la région de Biabanak-Bafq (Iran Central) Geological Survey of Iran, Report No-34 second edition 1978
- HUCKRIEDE, R. - (1962): Zur Geologie des Gebietes zwischen Kerman und Sagand (IRAN) Beih. Geol. Jb. 51, 1975. Hannover.
- MAHENDRA, A. R. - (1975): Apatite-magnetite veins of Kasipatnam Hill, Visakhapatnam district, Andhra Pradesh. Jour. of the Geol. Soc. of India Vol. 16, No. 2. pp. 157-164.
- MASON, B. - (1966): Principles of Geochemistry, Third Edition, John Wiley and Sons, New York.
- NOTHOLT, A. G. - (1979): The Economic Geology and development of igneous phosphate deposits in Europe and the USSR. Economic Geology. Vol. 74, pp. 339-350.
- STÖCKLIN, J., - RUTTNER, A. and NABAVI, M. - (1964): New data on the lower Paleozoic and pre-cambrian of north Iran. Geol. Surv. Iran. Report No. 1.
- WATTERS, W. A., ALAVI, N. - (1973): Reported occurrence of carbonatite in Southern Iran. Geological survey of Iran. Rep. No. 21 pp. 57-62.
- WYLLIE, P. J., TUTTLE - (1960): The system  $\text{CaO-CO}_2\text{-H}_2\text{O}$  and the origin of carbonatite. J. Petrol. 1, pp. 1-46.
- WYLLIE, P. J., COX, K. G., BIGGAR, G. M., - (1962): The habit of apatite in synthetic systems and igneous rocks. Jour. of Petrol. Vol. 13, Part 2, pp. 238-243.