# پتروگرافی توصیفی سنگ‌های آنومالی پنج ساغند (ایران مرکزی)

**معصومه خلج معصومی*[۱]، محمد لطفی[۲]، ایوب معمار کوچه باغ[۳]، احمد خاکزاد[۴]**

*۱-دانشجوی دکترای زمین شناسی‌اقتصادی، دانشگاه آزاد واحدعلوم و تحقیقات تهران- گروه دورسنجی مرکز مطالعات کاربردی کرج*

*۲و۴-دکترای زمین شناسی‌اقتصادی، عضو هیئت علمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شمال*

*۳-دکترای زمین شناسی، عضو هیئت علمی پژوهشکده چرخه سوخت هسته ای سازمان انرژی اتمی ایران*

*(*عهده دار مکاتبات - Khalajmasoumi@gmail.com)*

**چکیده**

آنومالی پنج ساغند از دیدگاه محتوی عناصر نادر خاکی و پرتوزایی اورانیوم و توریوم منطقه ای قابل توجه می باشد، لذا پیدا کردن پدیده ای که کانه زایی فوق را کنترل نماید از اهداف اصلی این مطالعه می باشد در این ارتباط سنگ‌های اصلی در منطقه به طریق توصیفی مطالعه و دو تیپ اصلی سنگ شامل: توده های نفوذی (پریدوتیت، پیروکسنیت، گابرو، توده‌های گرانیتوئیدی، دیوریت پورفیری) و سنگ‌های آذرآواری – ولکانیت (دیابازها، داسیت پورفیری، اسپیلیت، آندزیت آمفیبول دار) تشخیص داده شد، لیکن بیشتر آن‌ها تحت تأثیر فرایند متاسوماتیسم که تابعی از تغییر ترکیب کانی شناختی و تأثیر دما و فشار محلول‌های هیدروترمالی وابسته و عوامل ساختاری است، قرار گرفته و رخساره‌های مختلف متاسوماتیت (آلبیت آمفیبول متاسوماتیت، آلبیت متاسوماتیت، آمفیبول متاسوماتیت و کربنات متاسوماتیت) را به وجود آورده است که باعث غنی شدگی عناصر نادر خاکی و پرتوزایی عناصر اورانیوم و توریوم در منطقه شده است.

***واژگان کلیدی:*** *سنگ شناسی، آنومالی پنج، ساغند، متاسوماتیت، اورانیوم وتوریوم.*

## ۱- مقدمه

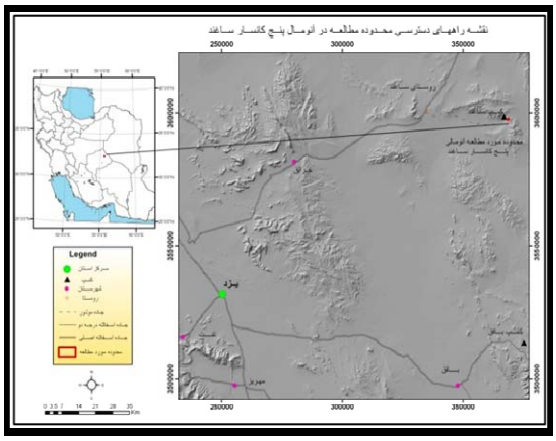
محدوده مورد مطالعه قسمتی از آنومالی پنج ساغند،که در زون ایران مرکزی و بلوک پشت بادام (شکل ۱) و در قسمت شرقی روستای ساغند و جنوب معدن آهن چادرملو در ۱۹۰ کیلومتری استان یزد و در حدود ۴۰ کیلومتری روستای ساغند قرار گرفته است . جاده آسفالته درجه یک تهران به یزد تا محل انشعاب به جاده طبس (۲۰ کیلومتری یزد) به طول ۶۵۷ کیلومتر می باشد که در ادامه ۱۲۵کیلومتر از جاده خاکی طبس از محل انشعاب آن از جاده اردکان به یزد تا روستای ساغند می‌باشد (شکل ۲). در کل هفتادوسه مقطع نازک و دوازده مقطع صیقلی که پنجاه مقطع از کارهای قبلی انتخاب شده و بیست و سه مقطع نازک و دوازده مقطع صیقلی طی مطالعات صحرایی پانزده روزه از منطقه همراه نمونه برداری ژئوشیمی برداشت شده است مطالعه شد.

## ۲- زمین شناسی منطقه مورد مطالعه

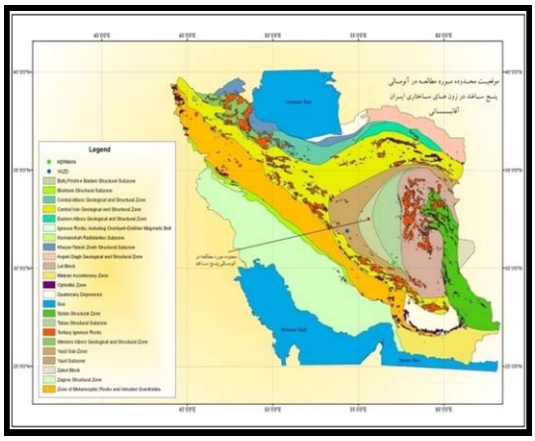
به طور کلی آنومالی پنج در منطقه ساغند در مجموعه‌ای از سنگ‌های آذرآواری زیر دریایی حاوی لایه‌های منیتیت و رسوبات تبخیری و کربناته قرار دارد که فاصله چینه‌شناسی بین سازند تاشک و سری ریزو را در بر می‌گیرد. در بخش شمال غربی این آنومالی رخنمونی از سنگ‌های کربناته متبلور، طبقات گچ و سنگ‌های تبخیری با میان لایه های آذرآواری (توفی) و شیل و ماسه سنگ وجود داردکه میان لایه هایی با ضخامت متفاوت از سنگ آهن چرتی قرمز رنگ و هماتیت - منیتیت در آن دیده می شود.

Archive of SID

www.SID.ir



**شکل ۱:** راه‌های دسترسی آنومالی پنج ساغند



**شکل ۲:** موقعیت محدوده مورد مطالعه در زون‌های ساختاری ایران

بخش عمده ای از این ناهنجاری پرتوزا که تحت تاثیر دگرنهادی قرار گرفته اند سنگ‌های اصلی متاسوماتیت‌ها شامل آلبیت متاسوماتیت، آمفیبول متاسوماتیت، آلبیت آمفیبول متاسوماتیت می باشند در بخش شمالی منطقه مورد مطالعه رخنمون نسبتاً وسیعی از توده متبلور و سفید رنگ گرانیتوئید وجود دارد، در منتهی الیه جنوب شرقی منطقه مطالعه شده، رخنمون از حدود کنگلومرا با قلوه‌ها و تخته سنگ‌های کربناتی، ملات توفی-گدازه‌ای و لایه‌هایی از ماسه سنگ و کنگلومرای دانه‌ریز وجود دارد.

## ۳-سنگ شناسی آنومالی پنج ساغند

### ۳-۱- سنگ‌های آذرین نفوذی

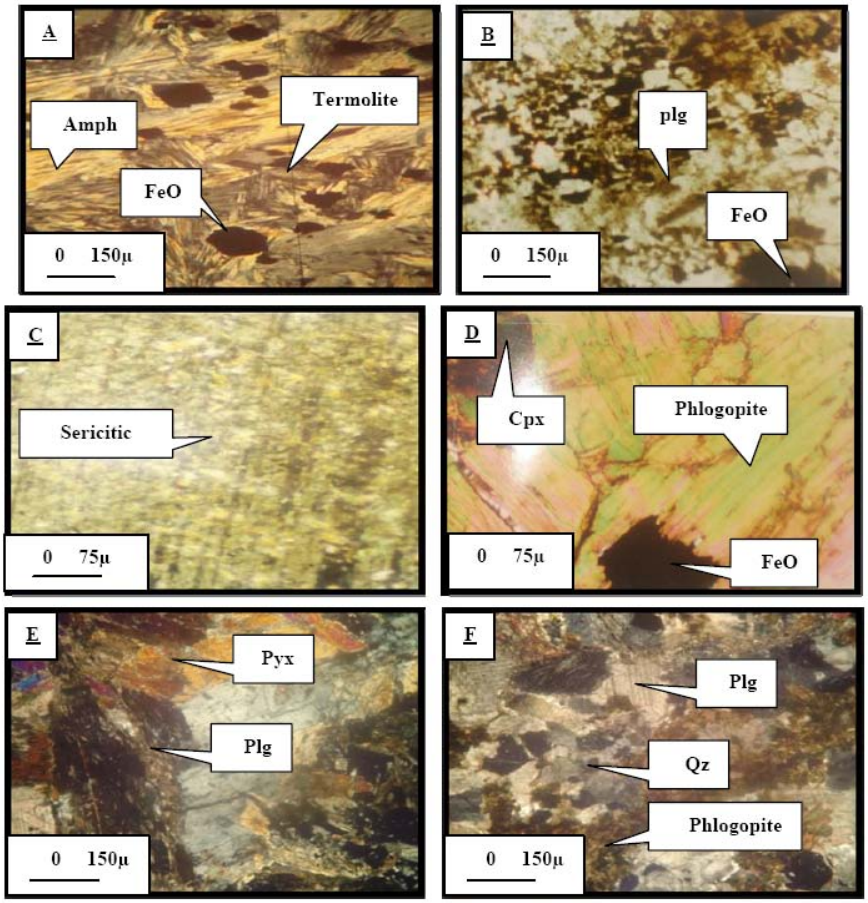
الف) گابرو: گابروها در یک قسمت از لایه‌های نفوذی در نمونه‌های دستی به رنگ خاکستری تیره، سخت و توده‌ای‌اند و به صورت بلورهای خیلی ریز دیده می‌شوند. توده کوچکی از گابرو بین آنومالی چهار و پنج بیرون زدگی دارد وسعت آن به چندصد متر مربع می‌رسد بر اساس مطالعات مقاطع نازک این سنگ دارای بافت لایه‌ای هیپیدومرفیک و کانی‌های اصلی کلینوپیروکسن، اوژیت و پلاژیوکلاز است پلاژیوکلازها ترکیب اصلی کلسیک خود را حفظ نکرده‌اند و به طور ثابتی ترکیبی از آلبیت تا الیگوکلاز دارند. در نمونه‌ها، پیروکسن‌ها اغلب به آمفیبول آلتره شده‌اند که به شکل سوزن‌های کوچک می‌باشند (شکل ۳). پلاژیوکلازها یک دوقلویی را نشان می‌دهند که در اثر فشردگی، ساخت صفحه شطرنجی را ایجاد می‌کنند کانی‌های فرعی آن مگنتیت دانه ریز، زیرکن به ندرت و کانی‌های مافیک، اکسید آهن، تیتان و کوارتز است. دگرسانی‌های آن، که پیروکسن‌ها به آمفیبول (ترمولیت تا اکتینولیت)، بیوتیت و کلریت و پلاژیوکلازهای آن به میکا و اپیدوت تجزیه گشته‌اند. به علاوه آلبیتی شدن به وسیله پلاژیوکلازها در طی روند هیدروترمال در گابروها دیده شده است همین طور آلتراسیون سریسیتیک (شکل ۳) از پلاژیوکلازها در قسمت‌های کوچکی از گابروها دیده شده‌اند بر اساس نتایج آنالیز دیفراکتومتری اشعه ایکسکه شامل آندزین، دیوپسید، ترمولیت، دیویدایت، کوارتز می‌باشند و با توجه به نتایج آنالیز عناصر اصلی در گابروها که غنی شدگی در مقادیر $SiO_2$=54.40% و $Na_2O$=6.10% در نمونه دیگر $SiO_2$=50.18% و $Na_2O$=3.13% را نشان می‌دهد سنگ فقیر از آهن و منیزیم و غنی شدگی غیرمعمولی در $TiO_2$ =2.11% دارند سنگ غنی شدگی معمولی در MgO=10.044% دارد که با آهن بالاتر از مقدار نرمال کانی های مافیک می‌باشد (Memar, 1990).

ب) پیروکسنیت: در نمونه دستی بصورت توده‌های سبز تیره و متراکم، هلوملانوکرات، تمام بلورین و دانه متوسط دیده می‌شوند اغلب بلورهای منشوری پیروکسن با چشم غیر مسلح قابل رویت‌اند در برخی نمونه‌ها لکه‌های بسیار ریز با رنگ گوشتی در آن‌ها دیده می‌شود که این‌ها آلبیت‌هایی هستند که به طور ثانویه در پیروکسنیت‌ها تشکیل

Archive of SID

www.SID.ir

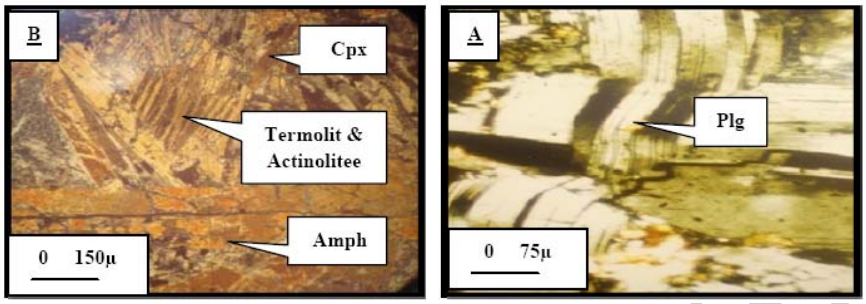
گردیده‌اند. بر اساس مطالعات مقاطع، بافت سنگ گرانولار وکانی‌های اصلی شامل پیروکسن بیشتر از نوع دیوپسید، اوژیت می‌باشد که بلورهای پیروکسن منشوری و غالباً ماکله هستند این بلورها اغلب به کانی‌های سری ترمولیت-اکتینولیت و گاهی هورنبلند سبز تبدیل شده‌اند این تبدیل شدگی بر اثر پدیده هیدروترمالی ایجاد می‌گردد که به اورالیتیزاسیون معروف است. کانی‌های فرعی شامل اپیدوت، آلبیت، اسفن، کانی‌های رادیواکتیو، کانی‌های فلزی، کوارتز، کلسیت می‌باشد که مقدار اپیدوت در چند نمونه زیاد می‌باشد ولی به طور کلی کم است به صورت دانه‌های جدا از هم تشکیل شده است. آلبیت در این سنگ‌ها بصورت ثانویه تشکیل شده است این کانی علاوه بر این که فضای بین شکاف‌های سنگ را پر می‌کند بصورت بلورهای مجتمع در متن سنگ جایگزین شده‌اند تشکیل این کانی را می‌توان به پدیده‌های هیدروترمالی که بعد از تشکیل سنگ مادر اتفاق افتاده مربوط دانست مقدار اسفن کم و در بعضی جاها با کانی‌های رادیواکتیو همراه است این سنگ حاوی مقدار کمی کانی فلزی از نوع تیتانومنیتیت که بطور ثانوی تشکیل شده‌اند و حاصل تبدیل پیروکسن بوده است. کلسیت به طور ثانویه در شکستگی‌ها و رگچه‌های سنگ وجود دارد کوارتز از اجزای ثانویه و به مقدار ناچیز می‌باشد. کانی‌های اوپاک اکسید آهن و تیتانیوم که گاهی اوقات مرتبط با کانی قهوه‌ای تیره داویدیت می‌باشد. در اینجا فشار بخار آب نقش اصلی را در تبدیل پیروکسن به آمفیبول ایفاء می‌کند.




**شکل ۳:** A- پیروکسن ها اغلب به آمفیبول آلتره و به شکل سوزن های کوچک ترمولیت تا اکتینولیتی شده .بزرگنمایی xpl (۱۰*۱۰) شکل۳-B- دوقلویی پلاژیوکلازها در اثر فشردگی، ساخت صفحه شطرنجی . بزرگنمایی xpl (۱۰*۱۰) شکل۳-C- سریسیتی شدن انتخابی در پلاژیوکلاز بزرگنمایی xpl (۱۰*۲۰) شکل۳-D- آلتراسیون سریسیتیک از پلاژیوکلازها در گابرو. بزرگنمایی xpl (۱۰*۲۰). شکل۳-E - پیروکسن اورالیتی شده به همراه پلاژیوکلاز ها . بزرگنمایی xpl (۱۰*۱۰) شکل۳-F -فلوگوپیت و این نکته که گابروها قلیایی هستند و به دلیل آلکالینیته بالای آنها می باشد که اورانیوم می تواند همراه آنها باشد که قرابت بین اورانیوم و پتاسیم می باشد ک فلوگوپیت موجود در این سنگ است که نشان می دهد سنگ به طرف قلیایی پیش رود. بزرگنمایی xpl (۱۰*۱۰)

www.SID.ir

بر اساس نتایج آنالیز دیفراکتومتری اشعه ایکس شامل کانی‌های دیوپسید، ترمولیت، کلریت، آندزین، آلبیت، داویدیت، فلوگوپیت و کوارتز و در نتایج آنالیز عناصر اصلی، سنگ غنی از MgO و CaO می‌باشد در حالی که مقدار آهن کل آن‌ها کم و مقدار $SiO_2$ آن به ۵۴ درصد است سنگ‌ها بی‌نهایت فقیر از $Al_2O_3$ هستند که به خوبی این انتظار می‌رود که تجمع پیروکسنیت به وسیله گراویتی و تجمع بلور پیروکسن از ماگمای بازیک باشد (شکل ۴).



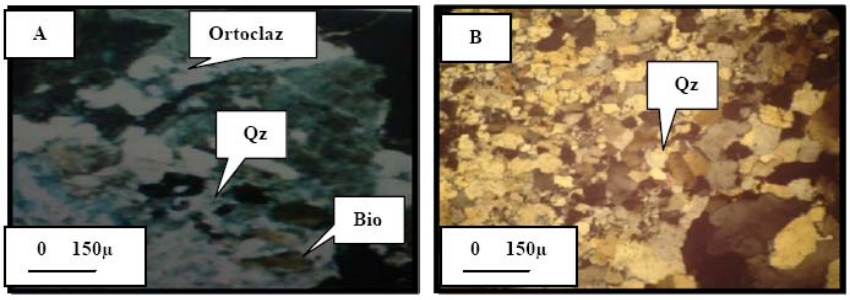

شکل ۴: A- پلاژیوکلازها در این سنگها بصورت ثانویه فضای بین شکافهای سنگ را پر میکند و بصورت بلورهای مجتمع در متن سنگ. بزرگنمایی xpl (۱۰*۲۰) شکل B-۴- بلورهای پیروکسن منشوری و غالبا ماکله این بلورها اغلب به کانی های سری ترمولیت-اکتینولیت که تبدیل می شوند. بزرگنمایی xpl (۱۰*۱۰)

ج) گرانیت: در قسمت شمالی منطقه رخنمون دارند رنگ عمومی توده‌ها کرم و مقدار کانی‌های مافیک در آن‌ها ناچیز است و این گرانیت هلولوکوکرات می‌باشد ولی رنگ سنگ سفید و سفید مایل به صورتی می‌باشد و بلورهای فلدسپات و کوارتز با چشم غیر مسلح قابل رویت هستند و کانی‌های آهن و منیزیم‌دار در آن ناچیز است از نظر شدت اکتیویته ضعیف است و به ۱۵۰ cps می‌رسد (Zerun and et al., 1990).

زنولیت‌های سیاه رنگ دانه‌ای در این سنگ‌ها دیده شده‌اند که از آمفیبول و مقدار کمی پلاژیوکلاز تشکیل شده‌اند. کانی‌های اصلی شامل کوارتز، فلدسپات (ارتوکلاز)، پلاژیوکلاز (آلبیت)، مسکویت، بیوتیت می‌باشند کوارتز یکی از کانی‌های اصلی سنگ می‌باشد در گرانیت‌هایی که بافت گرانولار دارند بصورت دانه‌های بی‌شکل می‌باشند همراه با کانی فلدسپات آلکالن بافت گرافیک و همراه با پلاژیوکلاز بافت میرمکیتی را به وجود می‌آورند کوارتزها به نظر می‌رسد که ناشی از ذوب بخشی باشد که در سنگ میزبان گرانیت در رگه‌ها شکل گرفته‌اند. پلاژیوکلاز در این نوع سنگ از نوع آلبیت می‌باشد که بصورت بلورهای درشت خودشکل و نیمه خودشکل دیده می‌شوند محلول‌های هیدروترمال اعمال دگرسانی شدیدی بر روی پلاژیوکلازها انجام داده‌اند. فلدسپات آلکالن بیشتر بصورت میکروکلین با ماکل مشبک بصورت بلورهای بزرگ و کوچک مشاهده می‌شوند. بیوتیت در نمونه‌هایی که دارای کانی‌های مافیک هستند دیده می‌شوند. کانی‌های فرعی سنگ شامل زیرکن، آپاتیت، اسفن به مقدار ناچیز وجود هستند پلاژیوکلازها در اثر آلتراسیون تبدیل به سریست،کانی‌های رسی، کلریت و گاهی اپیدوت و کربنات می‌شوند. بیوتیت بر اثر دگرسانی به کلریت تبدیل گشته است که در اثر این تبدیل شدگی عنصر آهن بیوتیت آزاد گشته و همراه اکسیژن، اکسیدهای آهن را تشکیل داده است. بر اساس نتایج آنالیز دیفراکتومتری اشعه ایکس شامل کانی‌های ارتوکلاز، پلاژیوکلاز، مسکویت، بیوتیت هستند و نتایج آنالیز عناصر اصلی که این نوع آنالیز در گرانیت‌ها مقدار بالای کوارتز $SiO_2$=74.10، مقدار پتاسیم بیشتر از سدیم $K_2O$› $Na_2O$ را نشان می‌دهد که یک گرانیت لوکوکراتیک آلکالی می‌باشد (شکل ۵).

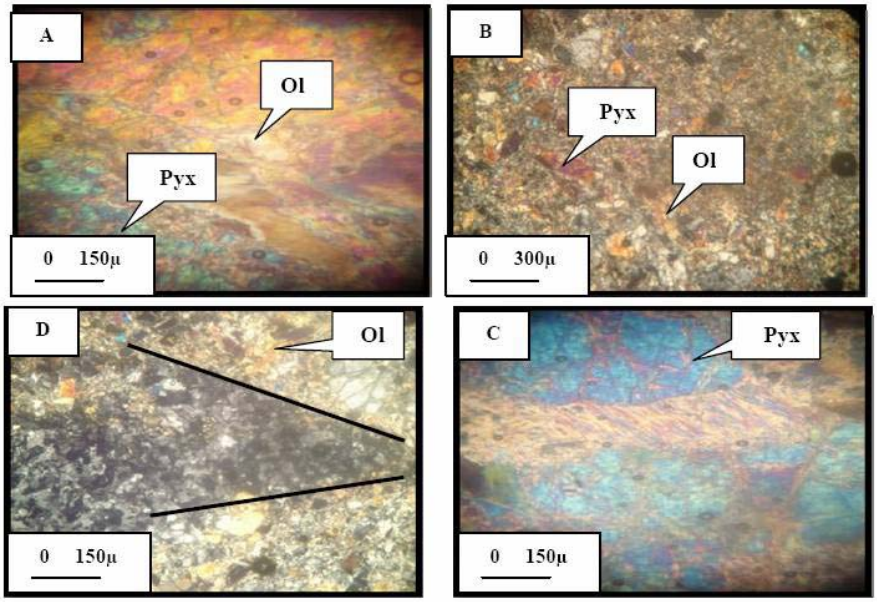
Archive of SID

www.SID.ir




**شکل ۵:** A- همرشدی آلکالی فلدسپار و کوارتز در گرانیت xpl (۱۰*۱۰) شکل۵ -B- کوارتز بزرگنمایی xpl (۱۰*۱۰)

د)پریدوتیت: این سنگ دارای بافت رشته‌ای و از بلورهای بزرگ کلینوپیروکسن، دیوپسید و بقایای از اولیوین و پیروکسن در زمینه برجامانده که تبدیل به سرپانتین شده‌اند تشکیل شده و دارای کانی‌های فرعی، کانی‌های اوپاک (اکسید آهن و تیتانیوم)، فلدسپات و نوع دگرسانی و کانی‌های حاصل از آن که، پیروکسن‌ها آلتراسیون کلریت را در بعضی جاها نشان می‌دهند و در بعضی جاها به هورنبلند و یا اکتینولیت آلتره شده‌اند سرپانتینیزه شدن نیز در این مقاطع دیده شده است. این نمونه سنگی پرتوزایی 2500cps را نشان داده است (شکل ۶).




**شکل ۶:** A&D - الیوین و آبی رنگ ها پیروکسن هستند که سرپانتینیزه شدند و نوع سنگ پریدوتیت نوع ورلیت است بزرگنمایی xpl (۱۰*۱۰) شکل ۶ -B سنگ اولترامافیک بقایای از اولیوین و پیروکسن در زمینه برجامانده که تبدیل به سرپانتین شده اند و سنگ پریدوتیت سرپانتینیزه شده می باشد بزرگنمایی xpl (۱۰*۲۰)- شکل-۶ -C-فلدسپات ها - منطقه گسلی که مرز گسلی پریدوتیت ها و سنگ متاسوماتیت هستند گسلی اتفاق افتاده که اینها را باهم مخلوط کرده وگرنه هیچ ارتباطی با هم ندارند بزرگنمایی xpl (۱۰*۱۰)

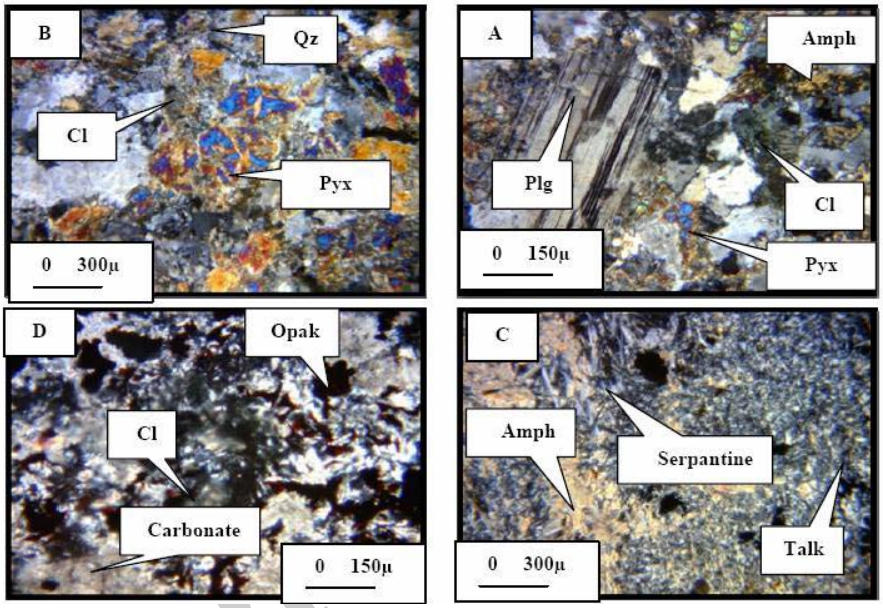
هـ) دیوریت: این سنگ دارای بافت اینترگرانولار و کانی‌های اصلی پلاژیوکلاز (آلبیت)، آمفیبول، کلینوپیروکسن (هیپرستن) و کانی‌های فرعی بیوتیت بطور ثانویه بصورت بلورهای ریز و کشیده، کوارتزو کمتر از یک درصد کانی‌های فلزی می‌باشند این نمونه سنگی پرتوزایی 900cps را نشان داده است نوع دگرسانی و کانی‌های حاصل از آن، عمدتاً مربوط به کانی‌های مافیک می‌باشد و با شدت کم تا متوسط ٪ ۲ تا ٪۱۰ به کلریت، سرپانتین، اپیدوت و کمی مواد رسی تبدیل شده‌اند و کانی کلسیت نیز به مقدار محدود دیده می‌شود. شواهد ضعیفی از آلبیتی شدن در متن سنگ به چشم می‌خورد. در ٪ ۴ تا ٪ ۵ نقاط، آمفیبول همراه کلینوپیروکسن به سرپانتین و کلریت تبدیل شده‌اند. کانی فلزی

www.SID.ir

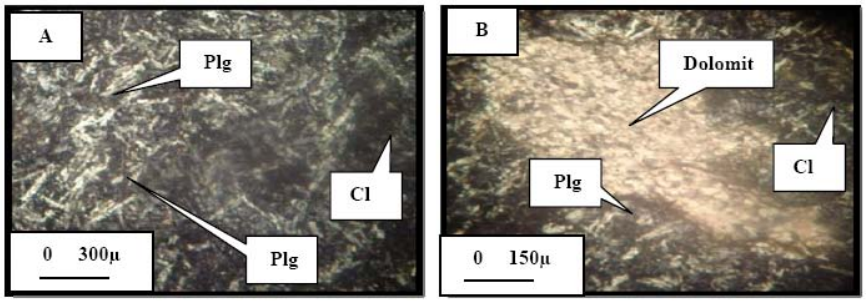
احتمالاً مگنتیت که در حاشیه تبدیل به اکسید آهن شده است بصورت بلورهای پراکنده نیمه شکلدار دیده می‌شوند این سنگ یک سنگ مافیک آلتره شده می‌باشد. خاموشی موجی کریستال‌های اولیه کوارتز و جهت یافتگی نسبی آمفیبول‌ها حاکی از تأثیرات گسلش یا دگرگونی در منطقه است (شکل ۷).

### ۳-۲-سنگ های آذرین خروجی

الف) اسپیلیت آلبیتوفیری شده: کانی‌های اصلی پلاژیوکلاز میکرولیت‌های پلاژیوکلاز بصورت کشیده متن سنگ را پر کرده است که تیغه پلاژیوکلاز آن آلبیتوفیری شده است، بازالتی که تیغه پلاژیوکلاز آن آلبیتوفیری شده است (اسپیلیت آلبیتوفیری) و زمینه سنگ بیشتر مواد رسی مخلوط با کلریت است کانی‌های فرعی کانی‌های مافیک، دولومیت،کلریت و مواد رسی هستند که حالت میلونیتی شده دارند (شکل ۸).



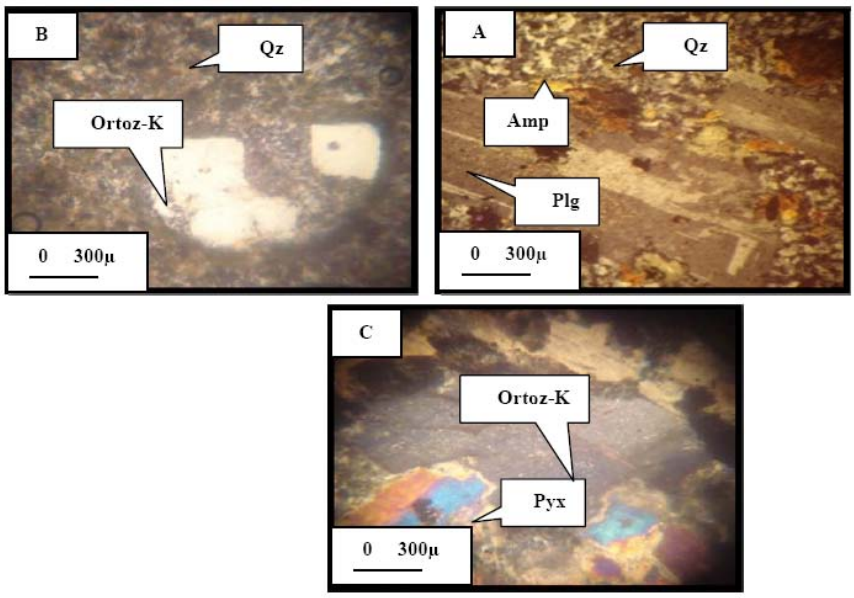

**شکل ۷:** A- بلور درشت پلاژیوکلاز در سنگ دیوریت، آمفیبول، پیروکسن بزرگنمایی xpl (۱۰*۱۰) -شکل ۷ -B - بلور پیروکسن در حال آلتره شدن به کلریت در مرکز عکس و مقداری پلاژیوکلاز و کوارتز- بزرگنمایی xpl (۱۰*۵) –شکل-۷ -C - در ٪ ۴ تا ٪ ۵ نقاط آمفیبول به سرپانتین و کلریت تبدیل شده اند بزرگنمایی xpl (۱۰*۵) شکل-۷ – D- مواد کربناته(پایین سمت چپ)، کلریت در مرکز، کانی های فلزی که از حاشیه به اکسید ثانویه آهن تبدیل شده اند بزرگنمایی xpl (۱۰*۱۰)




**شکل ۸:** A- میکرولیت های پلاژیوکلاز بصورت کشیده متن سنگ را پر کرده است که تیغه پلاژیوکلاز آن آلبیتوفیری شده است و سنگ ولکانیکی که تماما کانی های مافیک آن تبدیل به کلریت شده است. بزرگنمایی xpl (۱۰*۵)-شکل-۸ -B - حالت میلونیتی شده که در راستای میلونیتی شدن دولومیت تشکیل شده است - بزرگنمایی xpl (۱۰*۱۰)

www.SID.ir

ب) داسیت: بافت سنگ پورفیری و کانی‌های اصلی آمفیبول، کوارتز، فلدسپات پتاسیم‌دار که مینرال‌های آلبیت در اندازه‌های ریز بلور تا متوسط دانه و مینرال‌های آمفیبول به مقدار زیاد و در اندازه‌های ریز بلور تا متوسط دانه و در اشکال نامنظم و بی شکل دیده می‌شوند. کوارتزها به صورت ثانویه و به مقدار زیاد و در اشکال نامنظم و بی‌شکل و فلدسپات پتاسیم‌دار به مقدار زیاد و به صورت ریز بلور تا متوسط دانه قابل رویت‌اند که گاهی آمفیبول‌ها را در بر گرفته‌اند. کانی‌های فرعی، اکسید آهن، اسفن، کانی اپک و پلاژیوکلاز هستند پلاژیوکلازها به مقدار زیاد و در اندازه‌ای متوسط دانه از نوع الیگوکلاز و آندزین می‌باشند. اکسیدهای آهن به مقدار کم و در اندازه‌های ریز بلور و در اشکال نامنظم و بی شکل و اسفن‌ها در اندازه‌های ریز بلور و به مقدار نسبتاً زیاد به چشم می‌خورند. مینرال‌های ریز بلور زیرکن به مقدار کم و کانی‌های اپک به مقدار کم و در اشکال نامنظم و بی شکل و در اندازه‌های ریز بلور تا متوسط دانه مشاهده می‌شوند کانی‌های رسی و سریسیت به مقدار کم مشاهده می‌شوند که محصول آلتراسیون فلدسپات پتاسیم‌دار می‌باشند (شکل ۹).




**شکل ۹:** A- بلور پلاژیوکلاز ، آمفیبول،کوارتز بزرگنمایی xpl (۱۰*۵)-شکل -۹ B- در زمینه ریز بلور کوارتز و فلدسپات دیده می شود( به خاطر کوارتز وفلدسپات فلدسپات فراوان گرایش داسیتی دارد ) - بزرگنمایی xpl (۱۰*۵)–شکل-۹ C- ماکل کارلسباد فلدسپات پتاسیم و کمی پیروکسن در سنگ بزرگنمایی xpl (۱۰*۵)

### ۳-۳- سنگ‌های متاسوماتیت

در منطقه مورد مطالعه اغلب سنگ‌ها احتمالاً دیابازها و گابروها، که تحت تأثیر پدیده‌های دگرسانی همراه با تبادل عناصر شیمیایی (متاسوماتیسم) قرار گرفته‌اند و سنگ‌هایی را که تحت تأثیر اعمال متاسوماتیسم هستند، تحت عنوان متاسوماتیت‌ها به وجود آورده‌اند. کوارتز از کانی‌هایی است که در اغلب سنگ‌های متاسوماتیت موجود می‌باشد این کانی در نمونه‌ها به طور ثانوی تشکیل شده و عموماً حاصل دگرسانی پلاژیوکلازها و کانی‌های مافیک می‌باشد و به صورت بلورهای شکلدار به طور ثانوی در مرحله هیدروترمال در سنگ‌های منطقه به وجود آمده و رگه و رگچه‌های موجود در سنگ را به تنهایی و یا همراه با کانی‌های دیگر اشغال نموده است در تعداد زیادی از نمونه‌ها پلاژیوکلاز آلبیتی با کوارتزها مرتبط بوده که مشخصات ویژه بافتی خاصی را نشان می‌دهد که احتمالاً این مشخصات می‌تواند نشانه‌هایی از سنگ‌های اصلی منطقه (احتمالاً آذرآواری‌ها وگابروها) باشد. بافت سنگ‌ها به طور عمومی پورفیریتیک با

www.SID.ir

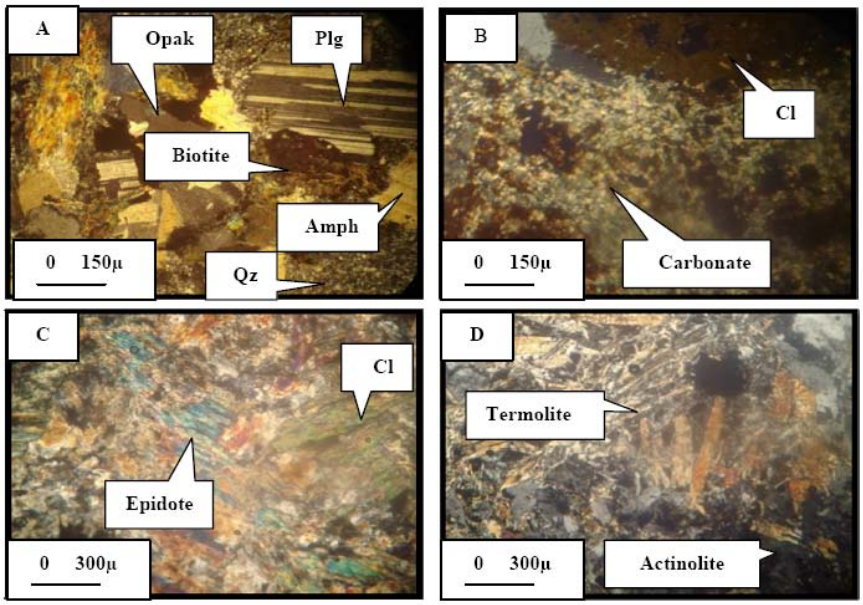
فنوکریست‌هایی بزرگ پلازیوکلاز می‌باشند دانه‌های کوارتز در مقاطع تغییراتی را از لحاظ شکل و اندازه و همچنین محیط تشکیل‌شان نشان می‌دهند. اجزای تشکیل دهنده این سنگ‌ها عبارتند از:

الف) آلبیت آمفیبول متاسماتیت: اجتماع بلور آلبیت قرمزگوشتی تا صورتی و سفیدرنگ و آمفیبول بصورت اجتماع بلورهای منشوری و سوزنی برنگ سبز روشن تاسبز تیره در نمونه دستی قابل دیدن هستند. بطورکلی سنگ‌های آمفیبول آلبیت متاسوماتیت خاکستری تیره، سبز تیره، سبز متمایل به خاکستری و سبز روشن می‌باشند و ساختمان توده‌ای دارند بافت سنگ پورفیری و گرانوبلاستیک و کانی‌های اصلی شامل آلبیت، آمفیبول که مینرال‌های آلبیت به مقدار نسبتاً زیاد و در اندازه‌های ریز بلور تا متوسط دانه و مینرال‌های آمفیبول به مقدار فراوان و در اندازه‌های متوسط دانه و در اشکال نامنظم و بی‌شکل دیده می‌شوند. کانی‌های فرعی شامل اپیدوت، بیوتیت، کانی‌های اپک، اکسیدهای آهن و تیتان و کلریت هستند که مینرال‌های اپیدوت به مقدار کم و در اندازه‌های متوسط دانه، بیوتیت در اندازه‌های ریز بلور تا متوسط دانه و به مقدار کم، و در نهایت اکسیدهای آهن و تیتان به فراوانی در شکل‌های نامنظم قابل رویت هستند. کانی‌های فرعی شامل اکسید آهن و تیتان، آپاتیت، کانی اپک، کوارتز، اپیدوت، بیوتیت، اسفن، پلاژیوکلاز هستند که پلاژیوکلازها به مقدار کم در اندازه‌های متوسط دانه که از نوع الیگوکلاز و آندزین می‌باشند. اسفن به مقدار کم در اندازه‌های ریز در اطراف کانی‌های اپک دیده شده است اپیدوت‌ها به مقدار نسبتاً زیاد به صورت تجمعی و دانه‌ای دیده می‌شوند کوارتزها به صورت ثانویه در اندازه‌های ریز بلور و به مقدار کم و در اشکال نامنظم و بی‌شکل و کانی‌های اپک به مقدار زیاد و در اشکال نامنظم و بی‌شکل هستند آپاتیت به مقدا کم به صورت ریز بلور و در اشکال سوزنی و بیوتیت‌ها به مقدار کم مشاهده می‌شوند. کانی‌های رسی به مقدار کم که محصول آلتراسیون آلبیت‌ها و کلریت‌ها به مقدار کم حاصل آلتراسیون بیوتیت‌ها می‌باشند. کلریت‌ها یکی از کانی‌های مشخص سنگ‌های متاسوماتیت منطقه است و در فازهای آخر ماگمایی و یا این که عموماً در فازهای بعد از ماگمایی بصورت ثانوی از تبادل کانی‌های اولیه (پلاژیوکلازها و بیشتر کانی‌های مافیک) به وجود آمده‌اند این کلریت‌ها در داخل یا همجوار کانی‌های اولیه تبدیل شده، جایگزین می‌شوند یا در درزه و شکاف‌های سنگ فضای بین سنگ را اشغال می‌کنند. اپیدوت زایی عمده‌ترین عملکرد متاسوماتیسم کلسیم در حرارت پایین می‌باشد که در منطقه اتفاق افتاده است بر اثر این عملکرد پیروکسن‌ها، آمفیبول‌ها و مخصوصاً پلاژیوکلازهای سنگ‌های منطقه تحت تأثیر قرار گرفته و کانی‌های اپیدوت به وجود آمده‌اند و این اپیدوت‌ها همراه با کلریت‌ها درز و شکاف‌های موجود در سنگ را پر کرده‌اند و منشاء هیدروترمال دارند. نتایج آنالیز دیفراکتومتری اشعه ایکس بصورت آلبیت، آندزین، ترمولیت، کلسیت، دولومیت، آمفیبول، دیویدایت، مونازیت و کوارتز و نتایج آنالیز عناصر اصلی که پنج نمونه برای این نوع سنگ آنالیز شده است که در مقایسه با آلبیت متاسوماتیت‌ها این نمونه‌ها مقدار کمتری از $SiO_2$ را نشان می‌دهند که بین ۵۳ تا ۶۳ درصد متغیر است مقدار محتوی $Al_2O_3$ تا حدی پایین و به ۱۷٪ می‌رسد و مقدار آهن کل نسبت به آلبیت متاسوماتیت‌ها بالاتر می‌باشد محتوی $MgO$ بین ۶.۱۰ و ۸.۵۰ ٪ می‌رسد. به طور نسبی مقدار $Na_2O$ این سنگ‌ها در مقایسه با آلبیت متاسوماتیت‌ها کمتر است و به حداکثر ۶.۶۹٪ می‌رسد مقدار $K_2O$ پایین و به نظر می‌رسد نسبت به آلبیت متاسوماتیت‌ها بالاتر باشد حداکثر درصد $K_2O$ حدود ۳.۶۴ می‌باشد (شکل ۱۰).

ب) آلبیت متاسوماتیت: اجتماع بلورهای آلبیت به رنگ قرمز گوشتی تا صورتی و سفید رنگ در سنگ هم بصورت پراکنده و هم رگه‌ای قابل رویت است و اجتماع بلورهای منشوری و سوزنی آمفیبول به رنگ سبز روشن تا سبز تیره به مقدار کم قابل دیدن هستند بافت سنگ، اسپیلیتیک، گرانوبلاستیک است کانی‌های اصلی آلبیت و آمفیبول که این دو کانی با نسبت‌های متفاوت در ترکیب مینرالوژیکی سنگ‌ها شرکت دارند. آلبیت‌ها بصورت میکرولیت‌های کشیده و اغلب خمیده و صورت بلورهای درشت می‌باشد که اکثراً بدون ماکل می‌باشند آلبیت‌های گوشتی رنگ توسعه فوق‌العاده زیادی دارند که در سنگ هم بصورت پراکنده و هم رگه‌ای دیده می‌شوند اما آلبیت‌های سفیدرنگ از گسترش کمتری برخوردارند و از نظر پرتوزایی کم می‌باشند.

Archive of SID

www.SID.ir



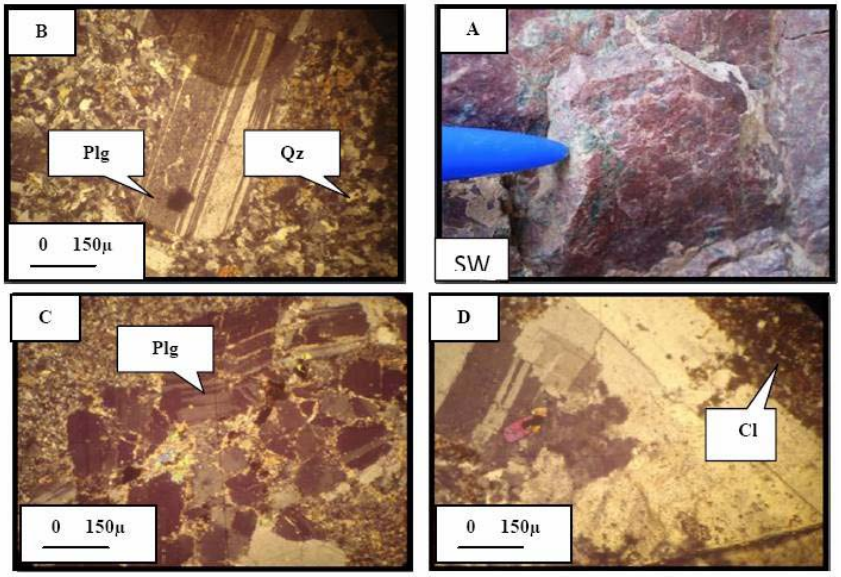

**شکل ۱۰:** A- پلاژیوکلازها به مقدار کم در اندازه های متوسط دانه از نوع الیگوکلاز و آندزین و مینرال های آمفیبول به مقدار فراوان و در اندازه های متوسط دانه و در اشکال نامنظم و بی شکل، کوارتزها به صورت ثانویه در اندازه های ریز بلور و به مقدار کم، کانی های اپک در اشکال نامنظم و بی شکل و بیوتیت. بزرگنمایی xpl (۱۰*۱۰).شکل -۱۰-B-کربنات ها به مقدار زیاد و به صورت پراکنده و کلریت ها به مقدار کم حاصل آلتراسیون بیوتیت که کلریت ها یکی از کانی ها ی مشخص سنگ های متاسوماتیت منطقه اند بزرگنمایی xpl (۱۰*۱۰). شکل -۱۰-C- کلریتی شدن و اپیدوت زایی عمده ترین عملکرد متاسوماتیسم کلسیم در حرارت پایین میباشد که در منطقه اتفاق افتاده است بر اثر این عملکرد پیروکسن ها، آمفیبول ها و مخصوصا پلاژیوکلازهای سنگ های منطقه تحت تاثیر قرار گرفته و کانی های اپیدوت به وجود آمده‌اند. بزرگنمایی xpl (۱۰*۵)شکل -۱۰-D-ترمولیت و اکتینولیت بزرگنمایی xpl (۱۰*۵)

آمفیبول این نوع از سنگ‌ها از نوع ترمولیت و اکتینولیت هستند که به صورت بلورهای سوزن‌های پراکنده و مجتمع با حالت شعاعی و رشته‌ای مشاهده می‌گردد. پلاژیوکلازهای آلبیتی یک رنگ قرمز مشخصی را نشان می‌دهند روند آلبیتی شدن قرمز خیلی مهم می‌باشد و مرتبط با غنی شدگی اورانیوم می‌باشد که معمولاً رادیواکتیویته بالایی را نشان می‌دهد. نتایج آنالیز دیفراکتومتری اشعه ایکس که شامل آلبیت، آندزین، کوارتز، دولومیت، کلریت، آلانیت، دیویدایت است و آنالیز عناصر اصلی به صورت این که $SiO_2$ بین۶۱ تا ۷۲ درصد، $Al_2O_3$ نزدیک به ۱۳ تا ۱۸ درصد، مقدار آهن در این نوع سنگ‌ها خیلی پایین و حداکثر مقدار آن ۵٪ می‌باشد، همچنین محتوی MgO کاملاً پایین و ۴.۵٪ ، مقدار CaO پایین و حداکثر مقدار آن ۳٪ ، مقدار $Na_2O$ بالا و بین ۷.۵ تا ۹.۱۹ ٪ متغیر و $K_2O$ کاملا پایین و ۰.۷۴ درصد می باشند. (اشکال۱۱)

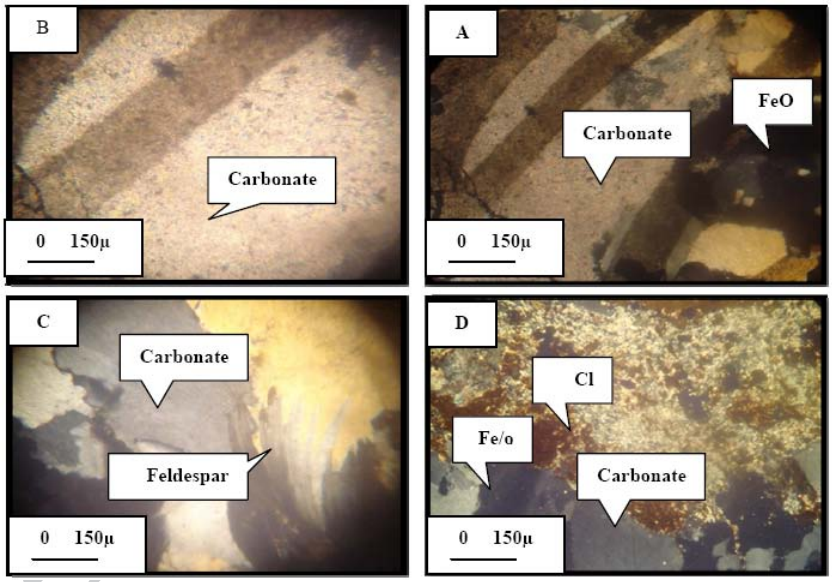
ج) کربنات آلبیت متاسوماتیت: کانی‌های اصلی آلبیت، اپیدوت، فلوگوپیت، آمفیبول، کلسیت، کوارتزکه مینرال‌های آلبیت در اندازه‌های ریزبلور و در مقادیر زیاد، اپیدوت‌ها به صورت فراوان و در اندازه‌های ریز بلور تا متوسط دانه دیده می‌شوند که به نظر می‌رسد حاصل آلتراسیون پیروکسن‌ها باشند. همچنین مینرال‌های آمفیبول در اشکال نامنظم و بی شکل و به صورت ریز بلور دیده می‌شوند. کانی‌های فرعی شامل لیمونیت، گوتیت، کانی اپک که دانه‌های بزرگ لیمونیت، گوتیت و اکسیدهای آهن در اندازه‌های ریز و اشکال نامنظم و بی شکل دیده می‌شوند و نتایج آنالیز دیفراکتومتری اشعه ایکس کلسیت، آندزین، آلبیت، پاراگونیت، دیوپسید، کوارتزاست و آنالیز عناصر اصلی که آنالیزها شبیه آلبیت متاسوماتیت است تنها تفاوت در مقدار بالای CaO و مقادیر کمتر $SiO_2$ می‌باشد و در یکی از نمونه‌ها محتوی MgO کاملاً بالا در حالی که در نمونه دیگر محتوی آهن بالا است بنابراین مشاهده شده که کانی‌های کربنات اساساً کلسیت هستند در حالی که در نمونه دیگر دولومیت و آنکریت زیاد می‌باشد و محتوی $K_2O$ خیلی پایین است (شکل ۱۲).

Archive of SID

www.SID.ir




**شکل ۱۱:** A- نمونه دستی آلبیت. شکل-۱۱-BوC- آلبیت ها بصورت میکرولیت های کشیده و اغلب خمیده و صورت بلورهای درشت و کوارتز بزرگنمایی xpl (۱۰*۱۰) . شکل-۱۱-D-کلریتی شدن بزرگنمایی xpl (۱۰*۱۰)



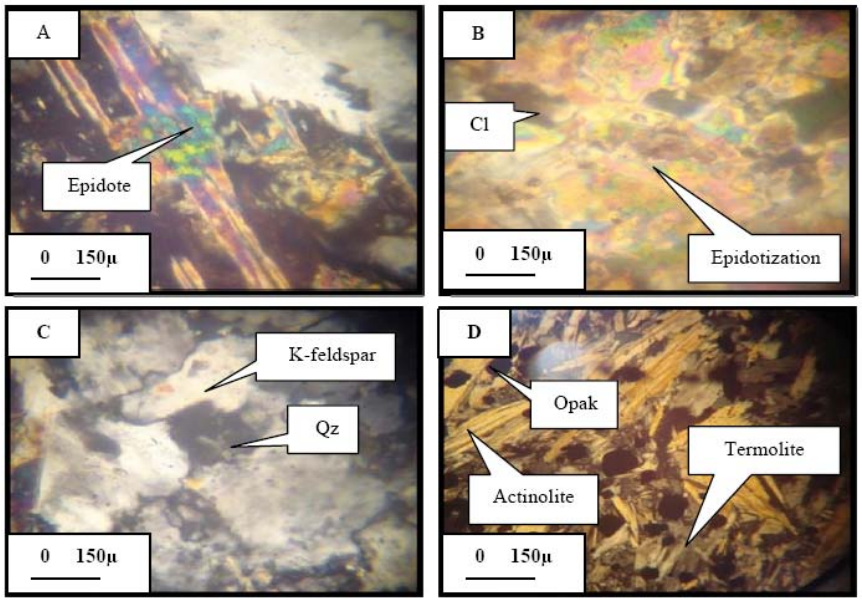

**شکل ۱۲:** A-کربنات متاسوماتیت بزرگنمایی xpl (۱۰*۱۰). -B۱۲-وجود کربنات و هیدروکسید آهن بزرگنمایی xpl (۱۰*۱۰). -C۱۲- فلدسپات های سرنیزه ای به همراه کربنات ها بزرگنمایی xpl (۱۰*۱۰). -D,۱۲ -کلریت های سیزرنگ که با کربنات ها مخلوط شده اند کلریت و کربنات بوسیله هیدروکسید آهن جانشین شده است بزرگنمایی xpl (۱۰*۱۰).

د) آمفیبول متاسوماتیت: سنگ دارای بافت گرانوبلاستیک و کانی‌های اصلی ترمولیت، اکتینولیت، هورنبلند سبز ترمولیت فراوان‌ترین کانی حاصل از متاسوماتیسم و عمده‌ترین نوع آمفیبول موجود در منطقه است که دارای پلی‌کروئیسم بیرنگ تا سبز روشن می‌باشد و اکتینولیت (ترمولیت غنی از آهن) دارای پلی کروئیسم سبزروشن تا سبز تیره می باشد هر دو کانی در زیر میکروسکوپ دارای ساختمان رشته‌ای، الیافی و ستونی است. هورنبلند نسبت به دو کانی دیگر از گسترش کمتری برخوردارند و کاملاً شکل‌دار هستند و حاصل تبدیل شدگی این نوع آمفیبول کانی‌های کلریت، اپیدوت، اکسید آهن است در برخی نمونه‌ها ترمولیت بر اثر دگرسانی شدید به تالک تبدیل شده است (شکل ۱۳).

www.SID.ir

## ۴- نتیجه‌گیری

بر اساس مطالعات انجام شده می‌توان نتیجه گرفت که سنگ‌های اولیه در منطقه تحت تأثیر متاسوماتیسم قرار گرفته‌اند و انواع سنگ‌های اصلی منطقه را برحسب ترکیب اولیه به وجود آورده است، احتمالاً از نوع سنگ‌های آذرآواری، دیاباز، داسیت پورفیری و گابرو بوده‌اند. نحوه تغییرات و سنگ‌های حاصل از متاسوماتیسم تابع ترکیب و بافت سنگ میزبان، درجه حرارت و فشار محلول‌های هیدروترمال، موقعیت سنگ میزبان نسبت به حجره حرارتی و نقش فعالیت‌های تکتونیکی می‌باشند. پدیده متاسوماتیسم نقش تعیین کننده‌ای در تغییرات کانی‌شناسی و سنگ‌شناسی دارد و احتمالاً سنگ‌های گرانیتی و گابرویی می‌تواند خود معلول و محصول پدیده فوق باشد کانی‌سازی در منطقه از نوع متاسوماتیسم بوده که با روند پیشرونده سبب شستشو و خارج شدن آهن، اورانیوم، وانادیوم و سایر عناصر فلزی و غیر فلزی بوده و آن‌ها را از سنگ میزبان تحت واکنش خارج و حمل و در میدان پایداری شیمیایی خاص بر جای گذاشته است مناطقی که در آن‌ها شدت متاسوماتیسم کاهش می‌یابد و محلول‌ها حرارت پایین‌تری داشته‌اند اغلب دگرنهادی بصورت کلریتیزاسیون و اپیدوتیزاسیون و فلوگوپیتیزاسیون نمود کرده است البته باید در نظر داشت که که اپیدوت منحصر به آلتراسون حرارت پایین نیست و متاسوماتیسم حرارت بالا آلبیت‌ها را ایجاد کرده است. در مطالعه مقاطع و نتایج آنالیزهای دیفراکتومتری اشعه ایکس سه نوع تیپ سنگ، شامل سنگ‌های نفوذی، خروجی و متاسوماتیت تشخیص داده شده است. سنگ‌های درونی پیروکسنیت، گابرو (اکثر این سنگ‌ها تغییرات آلتراسیون را که اساساً نتیجه روند هیدروترمال است را نشان می‌دهند)، پریدوتیت، دیوریت و گرانیت‌ها که در شمال منطقه مورد مطالعه برونزد دارند، سنگ‌های خروجی شامل اسپیلیت آلبیتوفیری شده، داسیت و سنگ‌های اصلی منطقه متاسوماتیت‌ها هستند که کانی‌سازی اصلی اورانیوم و توریوم و عناصر نادر خاکی در این سنگ‌ها صورت گرفته و شامل آلبیت متاسوماتیت، آمفیبول متاسوماتیت، آلبیت آمفیبول متاسوماتیت، و اپیدوت کلریت آلبیت آمفیبول متاسوماتیت (فاسیس شیست سبز) به صورت محدود و کربنات متاسوماتیت می‌باشند.




**شکل ۱۳:** A- قسمت آبی رنگ اپیدوت را نشان مید هد حاصل تبدیل شدگی آمفیبول کانی اپیدوت ایجاد شده بزرگنمایی xpl (۱۰*۱۰) شکل-B۱۳- کلا این مقطع فرایند اپیدوتی شدن است بزرگنمایی xpl (۱۰*۱۰) شکل-c۱۳- ترمولیت فراوان ترین کانی حاصل از متاسوماتیسم و عمده ترین نوع آمفیبول موجود در منطقه است که دارای پلی کروئیسم بیرنگ تا سبز روشن می باشد و اکتینولیت (ترمولیت غنی از آهن) دارای پلی کروئیسم سبزروشن تا سبز تیره می باشد هر دو کانی در زیر میکروسکوپ دارای ساختمان رشته ای، الیافی و ستونی است و اکسید های آهن هم دیده می شوند بزرگنمایی xpl (۱۰*۱۰). شکل-D۱۳-کوارتز در مرکز و بالای آن فلدسپات پتاسیک بزرگنمایی xpl (۱۰*۱۰).

www.SID.ir

## ۵- منابع


۱. سامانی، ب.، ۱۳۶۶، پدیده‌های زمین شناسی و کانی شناسی اورانیوم در منطقه ساغند (ایران مرکزی). سازمان انرژی اتمی.

۲. معزز لسکو، ض. و شریفیان عطار، ر.، ۱۳۸۰، کانی شناسی نوری، انتشارات واژگان خرد.

۳. وثوقی عابدینی، م.، ۱۳۸۳، مبانی تئوری و عملی کانی شناسی نوری، مرکز پژوهشی آرین زمین زمین شناسی پارس.

4. Memar Koche Bagh, A., 1990, Mineralogy and petrochemistry of a part of Saghand area central Iran, Department of geology ST.XAVIER' S College Bombay.

5. Zerun, Q.; Zhizhang, H.; Xiheng, F. and Ju, W., 1990, Report of research programe at Saghand district, Iran, Chinese Expert Group.


Archive of SID

www.SID.ir