

مروری بر فازهای پلوتونیک و رگه های موجود در مجموعه پلوتونیک الوند

علی اصغر سپاهی گرو

گروه زمین شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه بوعلی سینا

دکتر حسین معین وزیری

گروه زمین شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه تربیت معلم تهران

(دریافت: ۷۸/۲/۵؛ پذیرش: ۷۹/۸/۱۱)

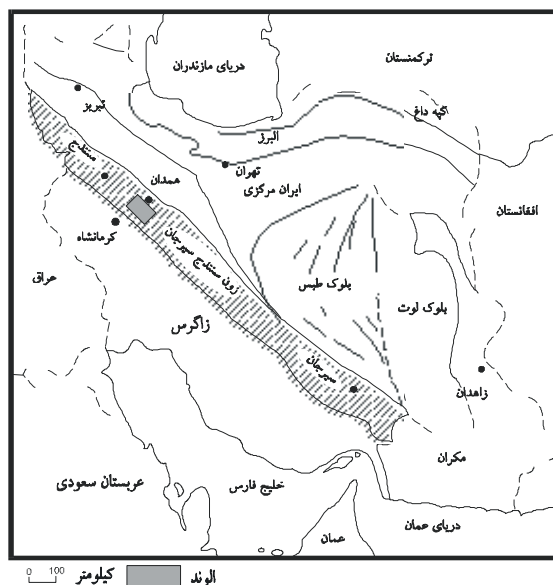
چکیده

مجموعه پلوتونیک الوند در بخش شمال غربی نوار دگرگونی سندانج - سیرجان واقع و متشکل از سنگهای نفوذی مافیک، حد واسط و فلسیک باسن های مختلف می باشد. یافته های این مقاله بر پایه مطالعات صحرایی و پتروگرافی گسترده در این مجموعه و سنگهای دگرگونی مجاور آن حاصل شده است. از نظر پتروگرافی، مجموعه سنگهای مافیک و حد واسط (الیوین گابرو، گابرو، گابرونوریت، دولریت، دیوریت، کوارتز دیوریت و تونالیت) پیوستگی و قرابت ژنتیکی از خود نشان می دهند. گرانیت های پرفیروئید شامل مونزوگرانیت، گرانودیوریت، و مقدار کمی سینیوگرانیت و آلکالی فلدسپار گرانیت بوده و هلولو کوگرانیتوئیدها شامل لوکو تونالیت، لوکو گرانودیوریت، لوکو کوارتز دیوریت و لوکو کوارتز مونزو دیوریت هستند. روابط صحرایی بین توده های نفوذی حاکی از آن است که، پلوتونیسیم الوند در چند مرحله صورت گرفته و ماگماها یکی بعد از دیگری در کنار و یا بدخل یکدیگر تزریق شده اند. کنتاکت اکثر توده ها باهم، واضح و غیر تدریجی است. در اثر تزیقات پیاپی، توده پلوتونیک الوند بصورت یک نوع برش ماگمایی در مقیاس وسیع در آمده است. . . ترتیب جایگزینی ماگماها عبارتست از: گابرو دیوریت ها و تونالیت ها، گرانیت های پرفیروئید دانه ریز، گرانیت پرفیروئید دانه درشت، گرانیتوئیدهای سفید پرفیروئید و گرانیتوئیدهای سفید دانه ریز. گرانیت های پرفیروئید (مونزو گرانیت ها) که حجم اصلی توده پلوتونیک را تشکیل می دهند، در دو مرحله تزریق شده اند. هر دو گرانیت پرفیروئید سرشار از انکلاوهای غنی از میکا (رستی)، زینو کریستهای آندالوزیت، سیلیمانیت و گارنت هستند که نشانه منشأ پوخته ای است. گرانیتوئیدهای سفید نیز در دو مرحله تزریق شده اند. هر چند تزریق ماگماها در چندین مرحله صورت گرفته اما در مجموع سه تیپ ماگما در پلوتونیسیم الوند شرکت داشته اند شامل: ۱- ماگمای مافیک سازنده گابرو، دیوریت و تونالیتها. ۲- ماگمای گرانیتی بوجود آورنده گرانیت های پرفیروئید دانه ریز و دانه درشت ۳- ماگمای سازنده گرانیتوئیدهای سفید پرفیروئید و دانه ریز. رگه های آپلیت، پگماتیت و کوارتز دو گروه اند که گروهی از آنها در سنگهای دگرگونی دیده می شوند و احتمالاً از سیالات غنی از سیلیس حاصل از ذوب بخشی سنگهای دگرگونی بوجود آمده اند و گروه دیگر که در داخل توده های نفوذی یافت می شوند، مایعات باقیمانده از تبلور توده های گرانیتوئید می باشند.

واژه های کلیدی: فازهای پلوتونیک، رگه های آلمینوسیلیکات، اکتیویته سیالات، الوند

مقدمه

منطقه مورد مطالعه بر روی یک کمپلکس دگرگونی- پلوتونیک، در غرب ایران (استان همدان) بین شهرهای همدان، اسدآباد و تویسرکان واقع شده است (شکل ۱). این منطقه بین طولهای جغرافیایی ۴۸ درجه و ۱۰ دقیقه تا ۴۸ درجه و ۴۰ دقیقه شرقی و عرض های ۳۴ درجه و ۳۰ دقیقه تا ۳۴ درجه و ۵۰ دقیقه شمالی قرار گرفته و از نظر تقسیمات ساختاری- چینه‌شناسی ایران جزء زون سنندج - سیرجان (اشتوکلین ۱۹۶۸) به شمار می‌آید.



شکل ۱ - موقعیت جغرافیایی زون سنندج - سیرجان و موقعیت منطقه مورد مطالعه در این زون. ایالت‌های ساختاری ایران براساس اشتوکلین (۱۹۶۸) تقسیم بندی شده اند.

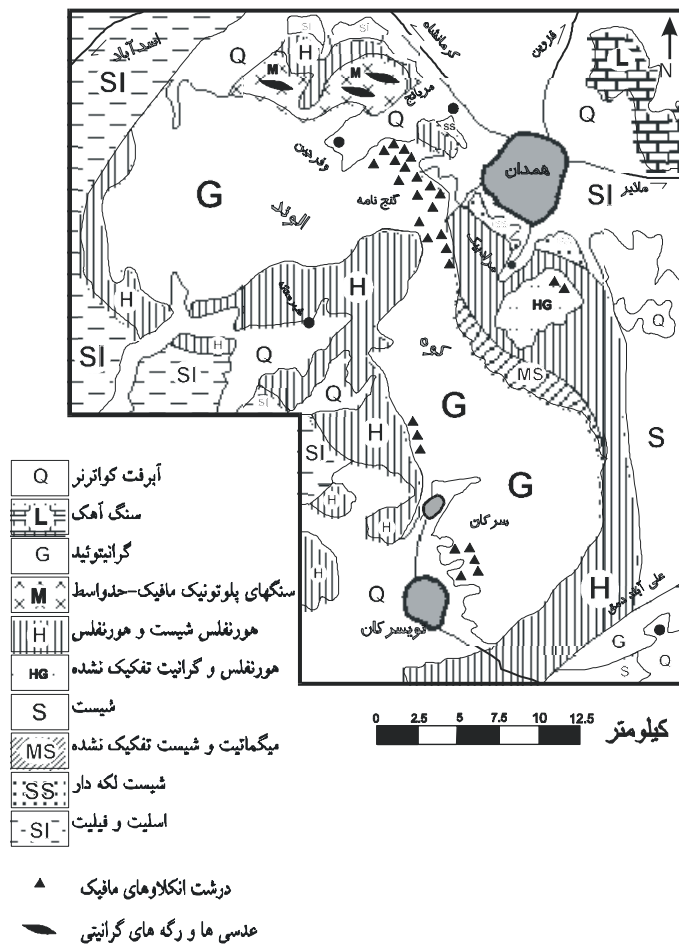
بخش عمده توده پلوتونیک الوند را گرانیتوئیدها، بویژه گرانیت‌های پرفیروئید (مونوزوگرانیت- گرانودیوریت) مزوکرات تالوکوکرات تشکیل می‌دهند. گرانیتوئیدهای تیره رنگ و دانه‌ریزتر (تونالیتها) و روشن تر (گرانیتوئیدهای هلولوکوکرات یا سفیدکه ترکیب کانی‌شناسی و شیمیایی آنها در محدوده کوارتز مونوزودیوریت، تونالیت و گرانودیوریت قرار می‌گیرد) حجم کمتری از توده را می‌سازند. از لحاظ سن نسبی تونالیتها قدیمی‌تر، مونوزوگرانیتها جوانتر از تونالیتها و گرانیتوئیدهای هلولوکوکرات از همه جوانتر هستند. سنگهای مافیک و حدواسط (گابرو و دیوریتها) بیشتر در شمال شرقی توده الوند رخنمون دارند و گاهی در مناطق مرکزی و جنوبی

نیز به صورت انکلاوهای بزرگ دیده می‌شوند (شکل ۲). این سنگهای مافیک و حدواسط از گرانیتوئیدها، بویژه از مونزوگرانیت ها و گرانیتوئیدهای هلولوکوکرات قدیمی تراند. رابطه سنی گابرو و دیوریت‌ها با تونالیت‌ها زیاد روشن نیست و احتمال دارد که این سنگها هم‌سن باشند و یا اختلاف سن آنها کم باشد (سپاهی‌گرو ۱۳۷۸). گرانیت‌های پرفیروئید، مانند یک خمیر ماگمایی، بقیه توده‌های پلوتونیک الوند را درخود گرفته، و یک برش ماگمایی بزرگ مقیاس بوجود آورده است. سنگهای مافیک و حدواسط (مجموعه گابرو- دیوریت) شامل گابرو، گابرونوریت، الیوین گابرو، الیوین گابرونوریت، دولریت، میکرودیوریت، دیوریت، لوکودیوریت و کوارتز دیوریت هستند.

گرانیت‌های پرفیروئید را رگه های پگماتیته و آپلیته بریده اند. رابطه سنی این رگه ها با گرانیتوئیدهای هلولوکوکرات روشن نیست زیرا جایی که آنها همدیگر را قطع کرده باشند، در صحرا قابل مشاهده نیست اما با توجه به وابستگی شیمیایی این رگه ها با مونزوگرانیتها بنظر می‌رسد که قدیمی تر از گرانیتوئیدهای هلولوکوکرات باشند.

پگماتیته و آپلیته بسیار متنوع هستند که در میان آنها آپلیته ها و پگماتیتهای گارنت دار در درجه اول و پگماتیته و آپلیته های تورمالین دار در درجه دوم فراوانی می باشند. این رگه‌ها در حاشیه توده گرانیتی الوند و نیز در داخل هاله دگرگونی دیده می‌شوند، علاوه بر رگه های پگماتیته و آپلیته، که رگه های سیلیسی متشکل از کوارتز و یک کانی دیگر، گرانیتها و سنگهای درون گیر آنها را قطع نموده که مهمترین آنها رگه های کوارتز - آلومینوسیلیکات، کواتز - اسفن، کوارتز - روتیل، کوارتز - اکتینولیت، کوارتز - آپاتیت، کوارتز - اپیدوت هستند.

همچنین رگه های نازکی از سنگهای مافیک تا حد واسط در حد میکروکوارتز دیوریت تا دولریت گرانیت‌های پرفیروئید را قطع نموده اند. طبق سن نگاری رادیومتری ولی زاده و کانتاگرل (۱۹۷۵) به روشهای Rb-Sr و K-Ar سن بیوتیت‌های موجود در سنگهای بازیک الوند ۷۸-۹۰ میلیون سال، گرانیت پرفیروئید ۷۵-۷۰ میلیون سال و مسکوویت موجود در پگماتیته ۱۰۰ میلیون سال است. برو (۱۳۶۹) نیز سن گرانیت پرفیروئید دانه درشت را به روش K-Ar، ۶۴ میلیون سال تعیین نموده است. بنابر این پلوتونیسیم الوند از کرتاسه میانی شروع شده و تا اوایل ترشیری (پالئوسن) ادامه داشته است.



شکل ۲ - نقشه زمین شناسی منطقه مورد مطالعه.

پتروگرافی سنگهای پلوتونیک الوند

در این مقاله فقط به خلاصه‌ای از پتروگرافی سنگهای پلوتونیک، و تقریباً از قدیم به جوان، اشاره می‌کنیم. برای اطلاعات بیشتر به مراجع (ولی‌زاده، ۱۳۵۳)، (زرعیان و همکاران، ۵۳-۱۳۵۰)، (ایرانی، ۱۳۷۲)، (صادقیان، ۱۳۷۳)، (ترکیان، ۱۳۷۴) و (سپاهی‌گرو، ۱۳۷۸) مراجعه نمایید.

دولریت ها و کوارتز دولریت ها: دارای بافت اینترگرانولار (دولریتی) هستند و از لابرادوریت و کلینوپیکسین به همراه مقدار کمتری هورنبلند، بیوتیت، کوارتز، کلینوزوئیزیت و کانیه های کدر تشکیل شده اند.

الیون گابروها: دارای بافت اینترگرانولار و سابفتیک و گاهی سابهدرال گرانولار هستند. کانیه های عمده این سنگها شامل لابرادوریت، کلینوپیکسین و الیون است. کانیه های دیگر سنگ را ارتوپیکسین، هورنبلند، بیوتیت، آپاتیت، روتیل و کانیه های کدر تشکیل می دهند. در این سنگها بیوتیت متاسوماتیک بوده و از تحول کلینوپیکسین ها در اثر متاسوماتیسم پتاسیک و در نتیجه مجاورت سنگهای فوق با ماگماهای گرانیتی حاصل شده است. الیون دارای هاله واکنشی (کورونا) بوده که از پیکسین و آمفیبول دانه ریز تشکیل شده است.

الیون گابرونوریت: بافت سنگ اینترگرانولار، سابفتیک، افیک، انباشته ای و کورونا است. کانیه های این سنگها شامل لابرادوریت، الیون ایدنگسیتی شده، کلینوپیکسین، ارتوپیکسین، هورنبلند سبز و بیوتیت است.

گابروها: بافت این سنگها سابهدرال گرانولار و اینترگرانولار بوده و کانیه های متشکله آنها شامل لابرادوریت، کلینوپیکسین، هورنبلند سبز، بیوتیت و مقداری کمی الیون، اورالیت، کلسیت، ایدنگسیت و کانیه های کدر است.

دیوریت ها و کوارتز دیوریتها: این سنگها دارای بافت سابهدرال گرانولار هستند. پلاژیوکلاز (آندزین) و هورنبلند سبز کانیه های اصلی آنهاست. کانیه های دیگر شامل بیوتیت، آپاتیت، پرهنیت، کلینوزوئیزیت و کلسیت هستند. گاهی مقدار کوارتز در این سنگها بیش از ۵ درصد از کل درصد از کل کانیه های فلسیک است و در نتیجه کوارتز دیوریت نامیده شده اند.

تونالیت ها: بافت این سنگها سابهدرال گرانولار است ولی گاهی به اینترگرانولار متمایل می شود. کانیه های اصلی سازنده این سنگها شامل هورنبلند سبز، بیوتیت، پلاژیوکلاز (آندزین) و کوارتز است. این سنگها از نظر کانی شناسی و ژئوشیمیایی با سنگهای مافیک و حدواسط قرابت نشان می دهند و با گرانیت های پرفیروئید و گرانیتوئیدهای هولوکوکرات بیگانه هستند. در این سنگها یک نوع انکلاو پگماتیستی شبیه به پگماتیت های اطراف توده الوند یافت شده است که می تواند در تفسیر رابطه ماگماتیسم و دگرگونی مفید باشد. این انکلاو متشکل از بلورهای منشوری و سوزنی سلیمانیت به همراه کوارتز و مقدار کمی پلاژیوکلاز است (شکل ۳). همچنین گارنت های دانه ریز جانشین شده با کلریت در آن دیده می شود. چون بعضی از رگه های

پگماتیتهای داخل سنگ‌های دگرگونی و میگماتیتهای از جنس این انکلاو هستند، بنابراین اوج دگرگونی ناحیه‌ای (تبلور سیلیمانیت) قبل از تزریق این تونالیت‌ها به افق فعلی بوده است.

شکل ۳ - انکلاوهای پگماتیتهای غنی از کوارتز و سیلیمانیت در داخل تونالیت‌های جنوب اعتمادیه همدان. Qz = کوارتز، Sil = سیلیمانیت. بزرگنمایی ۲۵ برابر.

گرانودیوریت‌ها و مونزوگرانیت‌ها (گرانیت‌های پرفیروئید): رابطه این سنگها با سنگهای مافیک - حدواسط از نظر صحرایی، کانی‌شناسی و شیمیایی منقطع است. کنتاکت آنها با تونالیت‌ها واضح و غیرتدریجی است. هورنبلند که از کانی‌های عمده تونالیت‌هاست در این سنگها اصلاً وجود ندارد. بافت این سنگها ساب‌هدرال گرانولار، پرفیروئید و گاهی میکروگرافیک است. کانی‌های اصلی سنگ شامل الیگوکلار، کوارتز، بیوتیت و فلدسپات پتاسیم (ارتوز یا میکروکلین) است. کانیهای فرعی شامل زیرکن، آپاتیت، گارنت، تورمالین، مسکوویت، آندالوزیت، سیلیمانیت و کانی‌های کدر است. وجود زینوکریست‌های رستیتی گارنت، آندالوزیت و سیلیمانیت نشانه‌ای از منشأ احتمالی پوسته‌ای یا رسوبی (S) برای این گرانیت‌هاست. بعلاوه خواص شیمیایی و صحرایی نیز مؤید این نکته هستند (سپاهی گرو ۱۳۷۸). این سنگها انکلاوهایی از سنگهای مافیک و تونالیتها دارند و بنابراین از آنها جوانتر هستند.

سپینوگرانیت‌ها و آلکالی فلدسپار گرانیت‌ها: حجم این سنگها بسیار کم و حاصل تفریق اندک در ماگماهای گرانیت پرفیروئید هستند. همچنین در صحرای از مونزوگرانیت‌ها قابل تفکیک

آپلیت‌های گارنت‌دار: بافت سنگ انهدرال گرانولار و گاهی میکروگرافیک و کانی‌های آن شامل کوارتز، ارتوکلاز (گاهی میکروکلین)، آلبیت، بیوتیت، مسکوویت، گارنت، کلینوزوئیزیت و اکتینولیت است.

آپلیت تورمالین‌دار: بافت این سنگ انهدرال گرانولار است و کانی‌های آن شامل کوارتز، ارتوکلاز (میکروکلین)، آلبیت، تورمالین، زیرکن و مسکوویت است.

پگماتیت‌ها: این سنگها نیز بسیار متنوع و شامل انواع زیر هستند:

پگماتیت تورمالین‌دار: بافت سنگ پگماتیسی و متشکل از کوارتز، فلدسپار (ارتوکلاز و آلبیت) و تورمالین است. رشد توأم کوارتز- فلدسپار (گرافیک) و کوارتز- تورمالین در این سنگها بسیار شایع است.

پگماتیت‌های دارای تورمالین، مسکوویت و گارنت: بافت سنگ پگماتیسی و کانی‌های آن کوارتز، ارتوزپرتیتی، آلبیت، مسکوویت، تورمالین و گارنت است.

پگماتیت‌های سیلیکات آلومین‌دار: این پگماتیت‌ها هم در داخل توده گرانیتوئید الوند و هم در حاله اطراف آن (در داخل سنگهای دگرگونی) دیده می‌شوند. در داخل توده گرانیتی از نوع کیانیت‌دار بوده و مونزوگرانیتها و گرانیتوئیدهای هلولوکوکرات را قطع نموده‌اند. این سنگها متشکل از کوارتز، فلدسپار و سیلیکات آلومین (کیانیت و ...) هستند.

رگه‌های تأخیری: این رگه‌ها معمولاً دارای کوارتز به اضافه یک‌کانی دیگر هستند که از فراوانترین آنها می‌توان به انواع زیر اشاره نمود: رگه‌های کوارتز- اسفن، کوارتز- روتیل، کوارتز- تورمالین، کوارتز- آپاتیت، کوارتز- اپیدوت (کلینوزوئیزیت)، کوارتز- سیلیکات آلومین و کوارتز- آمفیبول. کانی شناسی این رگه‌ها بدلیل درشت و اتومورف بودن بلورها، در نمونه دستی کاملاً مشخص است. نکته‌ای که در مورد این رگه‌ها جالب توجه است، وجود رابطه دو جانبه کانی شناسی بین رگه‌ها و سنگ میزبان است. بعنوان مثال هنگامی که رگه‌های سیلیسی سنگهای دیوریتی را قطع کرده‌اند، کانی اکتینولیت در محل تماس رگه و سنگ میزبان هم در رگه و هم در سنگ میزبان تشکیل شده است. بدون شک حرارت لازم برای تشکیل کانی‌ها از رگه تأمین شده اما عناصر لازم برای تبلور این کانیها هم از سنگ میزبان و هم از رگه بوده است. در مورد سایر رگه‌های تأخیری نیز این مسئله تا حدودی صادق است. در اینجا یک دسته مهم از رگه‌های سیلیسی یعنی رگه‌های متشکل از کوارتز و سیلیکاتهای آلومینیم را مورد بررسی بیشتر قرار می‌دهیم.

رگه های کوارتز - سیلیکات آلومین

رگه های کوارتز - سیلیکات آلومین که گاهی همراه با مقادیر کمی مسکویت دانه ریز (سریسیت) نیز هستند، به صورتهای زیر در منطقه گسترش دارند.

۱- رگه های کوارتز-کیانیت، ۲- رگه های کوارتز-آندالوزیت، ۳- رگه های کوارتز-سیلیمانیت، ۴- رگه های مرکب شامل:

کوارتز-آندالوزیت-سیلیمانیت، کوارتز-آندالوزیت-کیانیت و کوارتز-سیلیمانیت-کیانیت.

دو نکته مهم در مورد این رگه ها قابل توجه است: یکی نحوه گسترش آنها و دیگری نحوه تشکیل و ارتباط آنها با دگرگونی منطقه رگه های کوارتز - کیانیت بیشتر از سایر رگه ها در مجاورت یا داخل گرانیتهای دیده می شوند. رگه های کوارتز-سیلیمانیت بیشتر در زون میگماتیسی یافت می شوند. بسیاری از محققین یک منشأ پنوماتولیتی یا هیدروترمال را برای این رگه ها در نظر داشته اند (داون ۱۹۲۹، ۱۹۳۷، گایجر ۱۹۶۴ به نقل از دیبر و همکاران ۱۹۸۲).

وایز پیشنهاد نموده است که بالا آمدن حجم های عظیمی از سیالات غنی از یونهای کلر و H^+ می تواند سبب ایجاد رگه هایی شود که در آن مسکوویت توسط کیانیت جایگزین گردد (وایز، ۱۹۷۵). در این شرایط ابتدا مسکوویت و کوارتز تشکیل می گردد آنگاه مسکوویت توسط کیانیت جانشین می شود. واضح است که در این صورت بقایایی از مسکوویت همراه با کوارتز و کیانیت دیده خواهد شد. فشار لازم جهت تشکیل کیانیت می تواند توسط فشار توده نفوذی بعلاوه فشار لیتوستاتیک یا هیدروستاتیک حاصل بشود.

میسون و مور در مورد پایداری آلومینوسیلیکاتها چنین نوشته اند:

کیانیت پلی مورف فشار بالای سیلیکات آلومین است اما گاهی در رگه ها هم یافت می شود. آندالوزیت کانی شاخص سنگهای دگرگونی مجاورتی است اما تحت اثر استرس ناپایدار می شود. سیلیمانیت خاص سنگهای دگرگونی دمای بالا است (میسون و مور، ۱۹۸۲).

از این اطلاعات می توان به دو نتیجه رسید:

۱- شاید شرایط تشکیل کیانیتهای رگه ای با کیانیتهای پراکنده در متن سنگ متفاوت باشد.

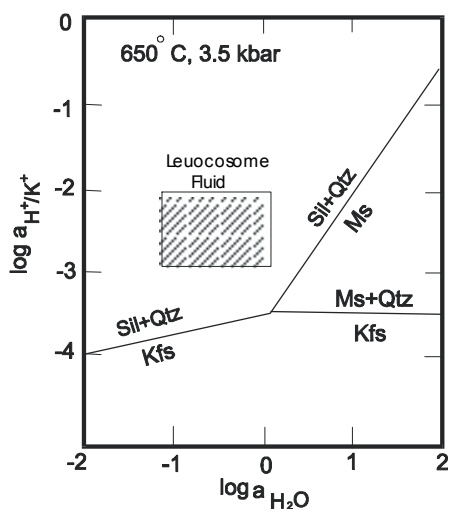
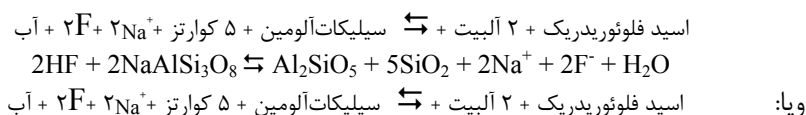
۲- همانطور که در برخی نوشته های دیگر هم آمده است تحت استرس کیانیت بجای آندالوزیت تشکیل می شود.

با توجه به اطلاعات فوق در رگه های کوارتز - کیانیت و سنگهای دگرگونی مجاور آنها که دارای کیانیت هستند، این کانی شاید حاصل تزریق سیالات در زونهای برشی باشد.

از طرفی، کریک از رگه های سیلیکات آلومین دار موجود در سنگهای پلیتی درجه بالا بعنوان پدیده های معمایی یاد نموده است (کریک ۱۹۹۰). به عقیده یاردلی و کریک Al در شرایط

پوسته‌ای یک عنصر کم‌تحرک و نامحلول در سیالات در نظر گرفته می‌شود ولی رگه‌های سیلیکات آلومین نشان می‌دهند که Al تحرک قابل توجهی در سیالات آبدار دارد (یاردلی ۱۹۷۷ و کریک، ۱۹۸۸).

نابلک ضمن بررسی لوکوسوم‌های کوارتز - سیلیمانیت در برخی شیست‌های درجه بالا اشاره می‌کند که در واقع رگه‌های کوارتز - سیلیکات آلومین می‌توانند نوعی پگماتیت باشند که در شرایط خاص تشکیل شده‌اند. مثلاً در سیالی با نسبت a_{H^+}/a_{K^+} بالا، سیلیمانیت - کوارتز بجای فلدسپات پتاسیم مسکوویت تشکیل می‌شود (شکل ۵). به عبارت دیگر رگه‌های دارای سیلیکات آلومین مذابهای پگماتیستی هستند که در آنها کانی‌های دارای عناصر قلیایی نسبت به آلومینوسیلیکات‌ها ناپایدار می‌باشند. تجارب آزمایشگاهی نشان می‌دهد که در حضور اسید فلوئوریدریک (HF) و اکتیویته بالای آن، فلدسپاتهای آلکان ناپایدار شده، عناصر آلکان آنها همراه HF از محیط دور می‌شوند. در رگه‌های کوارتز - سیلیمانیت منطقه مورد مطالعه گاهی مقدار پلاژیوکلاز قابل توجه است، لذا می‌توان آنها را پگماتیتهای سلیمانیت دار نام نهاد. در مقاطع میکروسکوپی به نظر می‌رسد که سلیمانیت جانشین پلاژیوکلاز سدیک (آلبیت) شده‌است. این جانشینی می‌تواند طبق رابطه زیر صورت گرفته باشد:



شکل ۵- پایداری نسبی سیلیمانیت - مسکوویت و فلدسپات پتاسیم با تغییر a_{H^+}/a_{K^+} و a_{H_2O} (نابلک، ۱۹۹۷)

نتیجه

مجموعه، پلوتونیک الوند از فازهای مختلف تشکیل شده و ترتیب جایگزینی آنها از قدیم به جدید عبارتست از:

۱- گابرو، دیوریت و کوارتز دیوریت ها،

۲- تونالیتها (گرانیتوئیدهای قدیمی)،

۳- گرانیتهای پرفیروئید دانه ریز و سپس دانه درشت و بالاخره رگه های پگماتیت و آپلیت های وابسته به آنها،

۴- گرانیتوئیدهای هلولوکوکرات پرفیروئید غنی از کوارتز، سپس گرانیتوئیدهای هلولوکوکرات دانه ریز و آنگاه تزریق رگه های پگماتیت و آپلیت های وابسته به آنها.

۵- رگه های سیلیسی تأخیری.

هر چند جایگزینی توده پلوتونیک الوند در چندین مرحله متوالی صورت گرفته است اما در کل سه نوع ماگما در این پلوتونیسیم شرکت داشته اند.

رگه های پگماتیت، آپلیت و کوارتز(یا کوارتز+ کانیه های دیگر) در این منطقه می توانند حاصل دو فرایند ذوب بخشی و تفریق ماگمایی (تبلور بخشی) باشند.

الف- ذوب بخشی: پیشرفت شدت دگرگونی ناحیه ای و آزدایی کانیه های آبدار موجود در مکاشیستها، گنیسها و آمفیبولیتها سیالات غنی از بخار آب، بور، فلئور و کلر ایجاد می کند. اگر این سیالات از طریق شکستگیها به افقهای بالاتر برسند متناسب با ترکیب شیمیایی خود که مرتبط باشدت دگرگونی و آرایش با سنگهای در برگیرنده مسیر است، می توانند رگه های سیلیسی دارای کانیهایی مانند میکاها+ فلدسپاتهای آلکان \pm سیلیکاتهای آلومین و غیره را بسازند. رگه های محصور در سنگهای دگرگونی که در داخل توده معمول نیستند احتمالاً به این طریق تشکیل شده اند.

ب- تبلور بخشی یا تفریق ماگمایی: آن دسته از رگه هایی که محصور در توده نفوذی بوده و آن را قطع نموده و بنابر این جوانتر از آن هستند، مذابهای باقیمانده از تبلور بخشی ماگماهای گرانیتی به شمار می آیند. فراوانی اسید فلئوریدریک در سیالات حاصل از ذوب بخشی و یا تبلور بخشی می تواند سبب تبلور سیلیکاتهای آلومین به جای آلکالی فلدسپارها شود.

References

- Deer, W.A., Howie, R.A. and Zussman, J., (1982) *Rock Forming Minerals, Volume 1a, Orthosilicates*, Second Edition, Longman, 919 P.
- Dunn, J.A., (1929) *The Aluminous Refractory Materials: Kyanite, Sillimanite and Corundum In Northern Indla*, Mem Geol. Surv. Indla, **52**, Pt. 2.

- Dunn, J.A., (1937) *The Mineral Deposits of Eastern Singhbhum and Surrounding Areas*. Mem. Geol. Surv. Indla, **69**, Pt. 1.
- Geijer, P., (1964) *Genetic Relationships of the Paragenesis Al_2SiO_5 - Lazulite-Rutile*. Arkiv. Min. Geol., **3**, 423- 464.
- Kerrick, D.M., (1988) *Al_2SiO_5 -Bearing Segregations in the Lepontine Alps Switzerland Aluminum Mobility in Metapelites*, Geology, **16**, 636-640.
- Kerrick, D., (1990) *The Al_2SiO_5 Polymorphs*, Min. Soci. America, 406 P.
- Mason, B., and Moore, C.B., (1982) *Principles of Geochemistry*, J.W. & Sons, 344 P.
- Nabelek, P.I., (1997) *Quartz – Sillimanite Leucosomes In High – Grade Schists, Black Hills, South Dakota: A Perspective on Themobility of Al In High-Grade Metamorphic Rocks*, Geology, **25**, 995-998.
- Stocklin, J., (1968) *Structural History and Tectonic of Iran* , AAPG Bull., **25** (7), 1229-1285.
- Valizadeh, M.V., and Cantagrel, J.M., (1975) *Premieres donnees Radiometriques (K-Ar et Rb-Sr) Sur Lesmicasdu Complexema - Gmatique du Mont Alvand, Preshamadan (Iran occidental)*, C.R., Aca. Sc. Paris, T.281, SerieD-1083- 1086.
- Wise, W.S., (1975) *The Origin of the Assemblage: Quartz+ Al – Silicate+ Rutile+ Al-Phosphate*. Fortsch. Min., **52**, Spec. Vol.: Papers Andproc. 9th Gen. Meetingima, Berlin (West) – Regensburg, (1974), pp. 151-159.
- Yardly, B., (1977) *The Nature and Significance of the Mechanism of Sillimanite Growth in the Connemara Schist, Ireland*, Cont. Min. Pet., **65**, 53-58.

ایرانی، محسن (۱۳۷۲) بررسی پترولوژی توده گرانیتی الوند و هاله دگرگونی آن، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی.

برو، ژان (۱۳۶۹) شرح نقشه زمین شناسی چهارگوش باختران، س-ز-ک، ۵۵ صفحه.

ترکیان، اشرف (۱۳۷۴) مطالعه پتروگرافی و پترولوژیکی پگماتیت های الوند (همدان). پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده علوم دانشگاه تهران.

زرعیان، سیروس، فرقانی، عبدالحسین و فیاض، هاشم (۱۳۵۳-۱۳۵۰) توده گرانیتی الوند و هاله دگرگونی آن، نشریه دانشکده علوم دانشگاه تهران، جلد سوم (شماره ۴)، جلد پنجم (شماره های ۳ و ۴)، جلد ششم (شماره ۱).

سپاهی گرو، علی اصغر (۱۳۷۸) پترولوژی مجموعه پلوتونیک الوند با نگرشی ویژه بر گرانیتوئیدها، رساله دکتری، دانشگاه تربیت معلم.

صادقیان، محمود (۱۳۷۳) بررسی پترولوژی سنگهای آذرین و دگرگونی منطقه چشمه قصابان همدان، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده علوم، دانشگاه تهران.

ولی زاده، محمودلی (۱۳۵۳) بررسی سنگ شناسی و شیمی-کانی شناسی کمپلکس الوند (همدان)، نشریه دانشکده علوم دانشگاه تهران، جلد ۶، شماره ۱، صفحات ۲۹-۱۴.