

Antimony Mineralization in Relation to Alvand Granitoids(Hamedan)

Maanijou, M. and Aliani, F.

Department of Geology, Faculty of Sciences, Bu-Ali Sina University, Hamedan.

Key Words : *Alvand Granitoids, Faghireh, Keshin Fault, Antimony, Au, As, REE*

Abstract: Antimony mineralization occurred in Hamedan district (Faghireh) which is related to Alvand Granitoids. The mineralization occurred as a series of veins. Thickness of veins are variable and reach up to 0.7m. The veins are emplaced along high angle faults. These faults acted as a pathway for migration of ore fluids. Veins are composed of stibnite, pyrite, realgar and orpiment with quartz as a gangue. The textures of veins are open space filling, however brecciations also occurred. Monzogranites, which formed the main part of Alvand pluton, is the host of quartz - stibnite veins. Monzogranites are composed of quartz, sodium plagioclase (oligoclase), orthoclase, biotite and sometimes muscovite.

The veins are composed of 30.5% antimony, 0.83 ppm gold and 498 ppm arsenic. Based on geochemical studies, Sb, Au, As, Ag, Hg, Sn, Ni, Co and Cr contents of host rocks are much higher than the world's average monzogranites and have probably anomalies. Spiderdiagrams show an identical pattern for host rocks and veins, which strongly suggests that these veins are cogenetic with the intrusive rocks (monzogranite).

In summary, with all geological evidences in the region, it can be concluded that the mineralization is probably occurred in the epithermal type.

پژوهشی

کانی سازی آنتیموان در ارتباط با گرانیتوئیدهای الوند (همدان)

محمد معانی جو و فرهاد آلیانی

گروه زمین شناسی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان.

چکیده: در اطراف همدان (فقیره) مجموعه‌ای از کانی سازی آنتیموان صورت پذیرفته است که در ارتباط با گرانیتوئیدهای الوند است. کانی سازی به صورت چندین رگه با ضخامتهای مختلف شناسایی شدند که بیشترین ضخامت به $0/7$ متر می‌رسد. شیب رگه‌ها بسیار تند است و در محل گسل‌ها تشکیل شده‌اند. این گسل‌ها مسیر عبور آبگونیهای کانی سازند. رگه‌های معدنی از استیبنیت، پیریت، رآلگار، اورپیمنت و کوارتز تشکیل شده‌اند. بافت کانیها به صورت پرکننده فضای خالی و برشی در رگه‌ها دیده می‌شود.

سنگ میزبان رگه‌های کوارتز- استیبنیت یعنی مونزو گرانیت‌ها، بخش اصلی پلوتونی توده الوند را تشکیل می‌دهند. کانی‌های عمده مونزوگرانیت‌ها را کوارتز، پلاژیو کلازسدیک (الیگوکلاز)، ارتوز، بیوتیت و گاهی مسکویت تشکیل می‌دهند. مقدار میانگین آنتیموان در رگه‌ها $30/5$ درصد، طلا $0/83$ ppm و آرسنیک 498 ppm بوده است. با توجه به نتایج بدست آمده، مقدار عناصر Ni, Sn, Hg, Ag, در سنگ‌های همبر بسیار بیشتر از مقدار متوسط جهانی آنهاست و احتمالاً دارای نابهنجاری هستند. در نمودارهای عنکبوتی نشان می‌دهند که الگوهای پراکندگی عناصر کمیاب و REE سنگ‌های گرانیتی و رگه‌ها یکسان است که بیانگر ارتباط بسیار نزدیک بین آنها از لحاظ ژنتیکی است. با جمع بندی شواهد موجود در منطقه می‌توان به این نتیجه رسید که کانی سازی در فقیره احتمالاً از نوع فراگرمایی (اپی ترمال) است.

واژه‌های کلیدی: گرانیتوئید الوند، گسل کشین، آنتیموان، طلا، آرسنیک، REE

مقدمه

پیش از این ضمن بازدیدهای صحرایی دریافته بودیم که در اطراف فقیره، رگه‌های استیبنیت وجود دارند و چون برای اولین بار این رگه‌ها شناسایی شدند در نتیجه هیچگونه اطلاعاتی در این زمینه وجود نداشت. بدین جهت سعی شد تا در قالب یک طرح پژوهشی کانی سازی آنتیموان در فقیره مطالعه شود. در این پژوهش کانی سازی آنتیموان از لحاظ کانه‌نگاری، ژئوشیمی، سنگ شناسی و زمین شناسی مورد بررسی قرار می‌گیرد.

موقعیت جغرافیایی

کانسار سازی آنتیموان فقیره در طول جغرافیایی $31^{\circ}48'$ و عرض جغرافیایی $34^{\circ}45'$ قرار دارد. فقیره که قبلاً روستایی جدا از همدان بود، امروزه تقریباً به شهر همدان متصل شده است. محل کانی سازی دارای شیبی تند است و در دامنه کوه الوند قرار دارد.

زمین شناسی منطقه

همدان از نظر تقسیمات ساختاری - چینه‌شناسی ایران در منطقه سنندج - سیرجان (استوکلین^(۱)، ۱۹۶۸) واقع شده است. این منطقه که از شمال غرب تا جنوب شرقی ایران (سیرجان) به موازات رشته کوه‌های زاگرس گسترش دارد، از سنگ‌های دگرگونی، با شدت مختلف دگرگونی تشکیل شده و در میان سنگ‌های دگرگونی توده‌های نفوذی مافیک، حد واسط و فلسیک جای گرفته‌اند.

نوار دگرگونی - پلوتونیک سنندج سیرجان به نام‌های دیگری از جمله منطقه اسفندقه مریوان (نبوی، ۱۳۵۵) اسفندقه - رضاییه (تکین^(۲)، ۱۹۷۲، ویالین^(۳) و همکاران، ۱۹۷۲)، همدان - ارومیه (افتخارنژاد، ۱۳۵۹) و کمپلکس دگرگونی زاگرس (پامیچ^(۴) و همکاران، ۱۹۷۹) مشهور است. این منطقه بین ایران مرکزی و زاگرس مرتفع قرار

1-Stocklin

2-Takin

3-Vialin

4-Pamic

دارد (برو^(۱)، ۱۹۸۷). آنچه که در مورد این منطقه به ویژه در بخش شمال غرب آن قابل توجه است مشابه بودن سن نسبی توده های آن (الوند)، باتوده های بروجرد و اطراف گلپایگان است و همه در سنگ های درون گیر مشابهی نفوذ کرده اند. یعنی مجموعه دگرگونی پلوتونیک آنها بطور حتم از لحاظ جایگاه چینه ای و سن نسبی و ویژگی های سنگ شناختی همانندند به طوری که گاهی حتی خواص ظاهری آنها نیز کاملاً با هم مشابه است.

سن نسبی این توده های نفوذی بدون شک همانطور که تیله^(۲) و همکاران (۱۹۶۸) نیز به آن اشاره کرده اند بعد از لیاس است. سن تعیین شده از تابش سنجی گرانیات های اصلی توده الوند را ولی زاده و کانتاگرل^(۳) (۱۹۷۵) و برو (۱۳۶۹) اواخر کرتاسه تا پالئوسن (۶۵-۷۵) میلیون سال) تعیین کرده اند.

در منطقه همدان، اکثر سنگ های رخنمون، دگرگونی و آذرین (درونی) هستند اما به سمت شرق سنگ های رسوبی جوان و دگرگون نشده نیز یافت می شوند. سنگ های نوار دگرگونی به دوران دوم تعلق دارند که بین آنها و سنگ های دوران سوم و کواترنری ناپوستگی وجود دارد.

در محدوده کانسار سازی آنتیموان فقیره، رگه های استیبنیت در داخل سنگ های گرانیات پرفیروئید صورت پذیرفته است، علاوه بر این سنگهای آپلیتی تورمالین دار در مجاورت رگه ها مشاهده می شود. شکل ۱ نقشه زمین شناسی منطقه کانسار سازی را نشان می دهد.

برای نام گذاری سنگ ها بر اساس تقسیم بندی IUGS، مقاطع میکروسکپی سنگ های دیواره رگه ها، دانه شماری شدند و باتوجه به نمودار QAPF معلوم شد که سنگ های همبر رگه های کانی سازی شده، در محدوده مونزوگرانیات ها واقع می شوند.

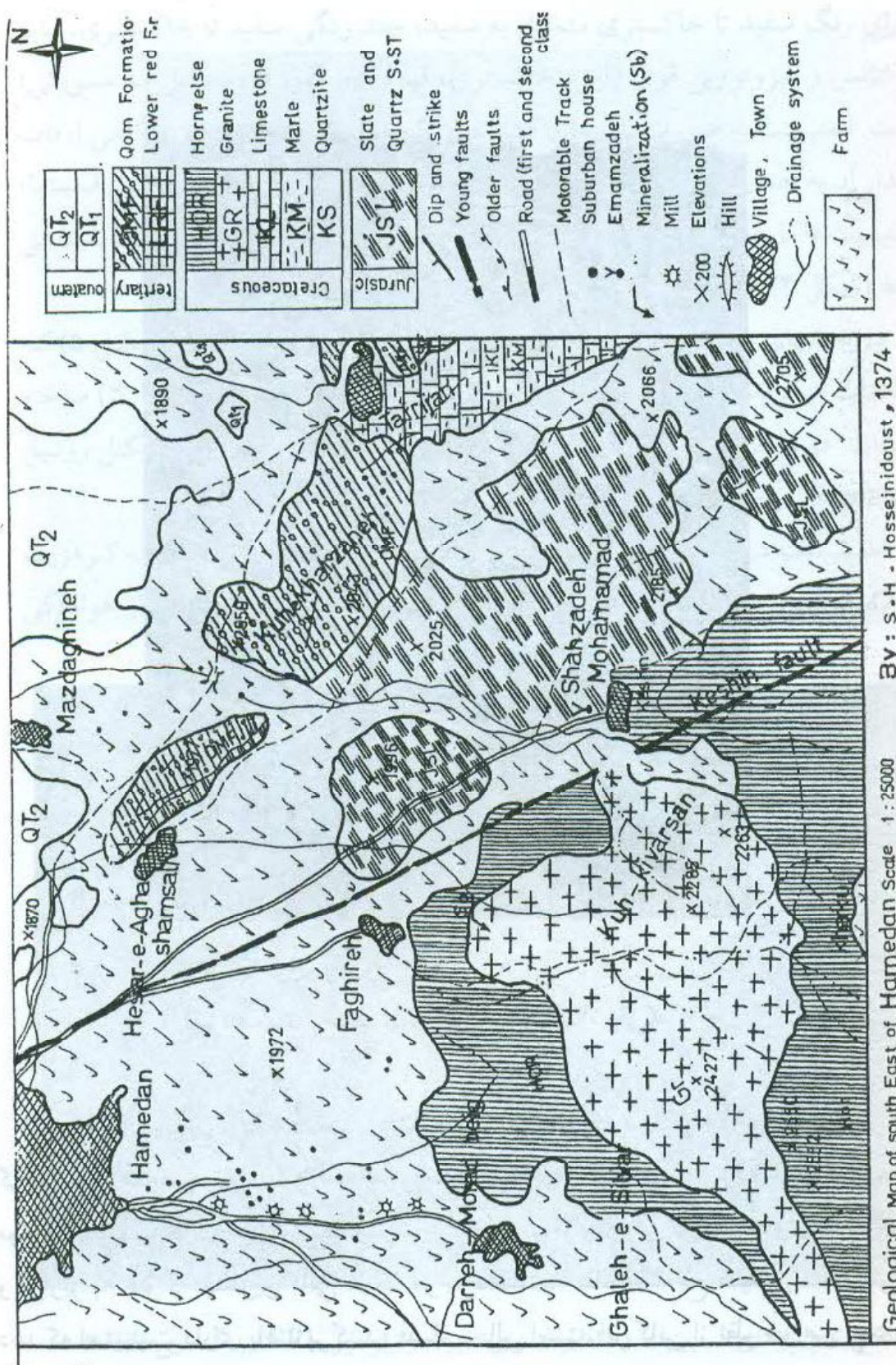
کانی سازی و کانی نگاری

چندین رگه در سطح زمین منطقه شناسایی شدند که طول آنها به ۱۵۰ متر و ضخامتشان به ۰/۷ متر می رسد (شکل ۲).

1-Brand

2-Thiele

3-Contagrel



شکل ۱ نقشه زمین شناسی منطقه کانسار سازی را نشان می دهد.



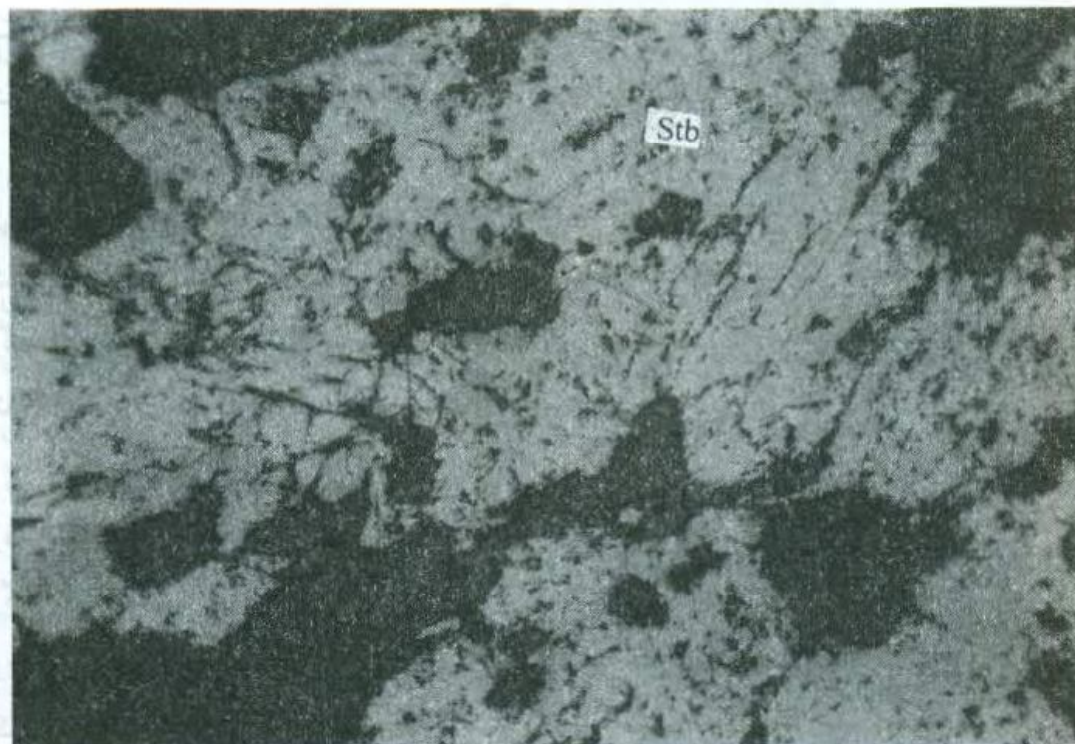
شکل ۲ رخنمون یکی از رگه های کوارتز - استینیت در
فقیره همدان (جهت شمال غربی - جنوب شرقی).

از رگه های موجود در منطقه، ۱۷ نمونه صیقلی ساخته شد و مورد مطالعه قرار گرفت. شواهد صحرایی و مطالعه میکروسکوپی مقاطع تهیه شده از رگه های حاوی مواد معدنی، بیانگر وجود کانی استینیت^(۱) به عنوان فراوان ترین ترکیب حاوی آنتیموان و کوارتز به عنوان مهمترین کانی کانگ موجود است. مطالعه مقاطع صیقلی نشان می دهد که استینیت دارای بافت پرکننده فضای خالی است. این کانی از نظر خواص نوری

دارای رنگ سفید تا خاکستری متمایل به سفید، چند رنگی سفید تا خاکستری، بایر فلکتانس و انیزوتروپی قوی (آبی، خاکستری، قهوه ای، قهوه ای متمایل به صورتی) است. استیینیت به صورت بلورهای کشیده (نازک و طویل) وجود دارند، گاهی اوقات مقدار آن به حدی می رسد که بافتی توده ای ایجاد می کند (شکل ۳). در بعضی قسمتها، استیینیت ماکل های تغییر شکل یافته و تیغه های فشارشی یا موجدار^(۱) از خود نشان می دهد (شکل ۴) و خاموشی موجی^(۲) به وضوح مشخص است.

در بخشهای دیگر کانی های کوچک کروی و زردی دیده می شوند (شکل ۵) که مطالعات میکروسکوپ الکترونی بر روی آنها نشان می دهد که از (S, Sb, Fe) ساخته شده اند. در داخل بلورهای کوارتز موجود در رگه، بلورهای سوزنی شکل روتیل (Sagenite) وجود دارند.

استیینیت در امتداد شکستگی های موجود، در اثر دگرسانی به کرمزیت (Sb_2S_3O) تبدیل شده است. رآلگارو اریسمنت که احتمالاً As خود را از هوازدگی



شکل ۳ بلورهای استیینیت (Stb) رگه های فقیره در زیر نور PPL (بزرگنمایی ۱۰۰x).

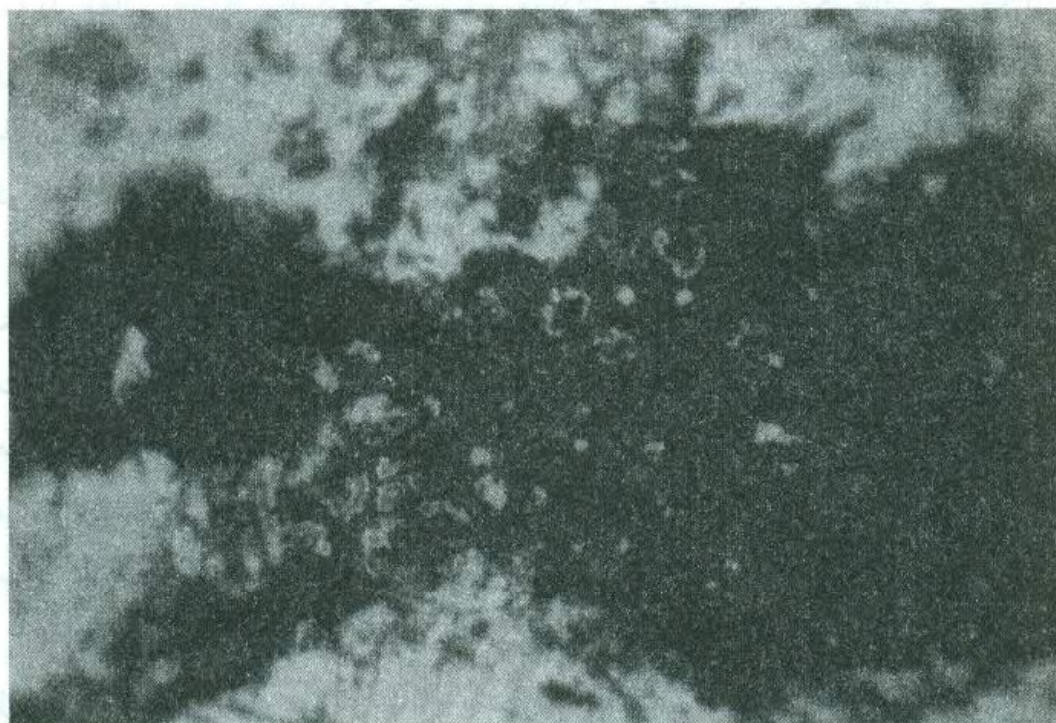


شکل ۴ بلورهای استیبنیت (Stb) که تحت تأثیر تنش های بعدی شدیداً خمیده شده اند در زیر نور PPL (بزرگنمایی 100x).

ارستو پیریت به دست آورده اند، که در محل جانشین استیبنیت شده اند. به طور کلی کانی سازی در منطقه در بیش از یک مرحله انجام شده است. در سنگ های اطراف، رگه های ضعیفی بصورت سرسیتی شدن و پیریتی شدن (که تبدیل به اکسید آهن شده اند) وجود دارند که دارای گسترش کمی هستند.

زمین شناسی ساختمانی

رگه های کواتز - استیبنیت فقیر در داخل گسل هایی انجام شده است که در صحرا به وضوح قابل تشخیص است. سمت رگه های کانی سازی شده ۱۳۵ - ۱۲۰ درجه است که همجهت گسل های بزرگ منطقه و گسل کشین است. به نظر می رسد که گسل ها محل عبور محلول های گرمابی از میان سنگ ها بوده اند.



شکل ۵ کانی های زرد و کوچک و کروی که دارای خصوصیتی چون پیریت بوده و ترکیب کلی آنها از (S, Sb, Fe) است (در زیر نور PPL، بزرگمایی 400x).

بنابراین با مطالعات زمین شناسی ساختمانی و تعیین محل دقیق گسل های موجود می توان محل کانی سازی های دیگر را کشف کرد. به نظر می رسد که در محل کانی سازی سیستمی از گسل ها وجود دارد که گسل کشین گسل اصلی بوده و گسل های دیگر کانی سازی شده تقریباً به موازات آن قرار دارند. گسل های موجود احتمالاً قدیمی هستند (اواخر دوران دوم) و در زمانهای بعد و کواترنری فعالیت مجدد داشته اند. آینه گسل در رگه ها بیانگر حرکت بعدی آنهاست.

ژئوشیمی

مطالعه ژئوشیمیایی کانی سازی آنتیموان بر اساس نتایجی است که از تجزیه شیمیایی نمونه های برداشته شده از منطقه بدست آمده است. ۴ نمونه از عناصر رگه های کانی سازی شده و سنگ های همبر گرفته و به روش فعال سازی نوترونی (NAA) تجزیه

شدند. مقادیر میانگین اندازه گیری شده تعدادی از عناصر در سنگ های همبر (گرانیت و آپلیت) ورگه ها در جدول ۱ آورده شده اند. به علت تداخل ایجاد شده در اثر درصد بالای آنتیموان مقادیر بعضی عناصر در رگه ها به روش NAA قابل اندازه گیری نبودند. در اینجا می پردازیم به بحثی مختصر در مورد عناصر مختلف.

مقدار میانگین آنتیموان در رگه های کانسار سازی شده $30/5$ درصد بوده است که نشان دهنده عیار بالا و اقتصادی بودن رگه ها در صورت گسترش زیاد آنهاست. میزان متوسط آنتیموان در سنگ های گرانیت پوسته $2\text{ppm}/0$ است (ودپول^(۱)، ۱۹۹۸). در صورتی که میانگین آن در سنگ گرانیت و آپلیت منطقه برابرست با 9ppm که این موضوع نشان می دهد آن می باشد که مقدار Sb در سنگ های منطقه بسیار بالاتر از میزان کلارک آن است.

مقدار میانگین طلا در رگه های کانی سازی شده $83\text{ppm}/0$ است. بنابراین می توان از آن به عنوان عنصر فرعی در هنگام استخراج استفاده کرد. میزان میانگین طلا در سنگ های همبر $5/5\text{ppb}$ است که چندان تفاوتی با مقدار میانگین آن در سنگ گرانیت یعنی $23\text{ppm}/000$ (ودپول، ۱۹۷۸) ندارد.

میزان قلع در سنگهای گرانیتی پوسته به طور متوسط 3ppm (ودپول، ۱۹۷۸) است ولی سنگ های گرانیتی و آپلیتی منطقه برابر است با 55ppm . با توجه به مطالعات آماری می توان وجود ناهنجاری در این عنصر فقیره را انتظار داشت.

مقادیر عناصر Ni, Hg, Ag, As نیز در سنگهای همبر بسیار بیش از مقدار متوسط جهانی آنهاست و با توجه به مطالعات آماری احتمالاً داری ناهنجاری هستند. اما مقدار عناصر Zn, Mo, Fe, U, Th, Ta, Ba, K, Sr و Rb, V, Zr در حد مقدار متوسط آنها در پوسته زمین اند و فاقد ناهنجاری هستند.

نمودارهای عنکبوتی

برای سادگی مقایسه بین سنگ های منطقه فقیره و سایر سنگ های آذرین دنیا، میانگین مقادیر عناصر نادر خاکی REE و عناصر کمیاب را برای سه سنگ منطقه فقیره یعنی گرانیت (fg28)، آپلیت (fa23) و رگه های استیپیت (fs29) به دست آورده

جدول ۱ - میانگین عناصر اندازه گیری شده در سنگ های منطقه

عنصر (ppm) نمونه	Ag	As	Au	Ba	Br	Ce	Cl	Co	Cr	Cu	Dy	Em	Fe	Ga	Gd	Hf	Hg	Ir	La	La	Mo	Mn	Na	Nd
گرانیت	<0.4	20.0	<6*	414	<1	80.3	340	7.32	29.7	25.6	6.02	1.32	3.05%	16.3	<1	5.76	<0.5	10*	42.0	0.75	<1	544	1.86%	27.0
آبلیت	<0.3	8.0	<5*	255	1.1	31.0	173	1.62	15.4	9.46	3.68	0.80	1.08%	<12	<1	9.14	<0.5	10	15.6	0.51	<1	145	3.05%	<10
رگه استینیت		498	0.83				144				<1								<4			4.6	305	
عنصر (ppm) نمونه	Ni	Rb	Sb	Sc	Sn	Sm	Sr	Ta	Tb	Ti	Tm	U	V	W	Yb	Zn	Zr							
گرانیت	<40	190	13.6	9.68	60	7.12	<100	0.85	1.50	18.1	0.28%	0.51	2.34	55.7	<3	4.90	79	133						
آبلیت	<30	75.9	4.60	3.61	50	20.58	148	1.0	0.44	17.9	<0.1%	0.43	2.31	<10	<3	314	43	102						
رگه استینیت			30.5%	6		3					700		33											

ppb=*

(جدول ۱) و آنها رانسبت به ترکیب اولیه گوشته، ترکیب بازالت های پشته های میان اقیانوسی MORB نرمالیزه کردیم (شکل ۶). نمودارهای عنکبوتی برای سه سنگ منطقه براساس ثابت های نرمالیزه متفاوت، نشان می دهد که سنگ های منطقه دارای الگوهای همانندی هستند و بنابراین منشأ واحدی دارند و همگی از یک ماگما به وجود آمده اند. علاوه بر این اکثر عناصر ناسازگار از خود غنی شدگی نشان می دهند اما عناصر MREE نظیر Gd و Dy و Eu از خود فقیر شدگی نشان می دهند. وجود ناهنجاری منفی Eu و فقیر شدگی Sr نشان می دهد که پلاژیوکلاز (که Sr و Eu با آن سازگارند) نقش مهمی در فاز تفریق بازی می کنند.

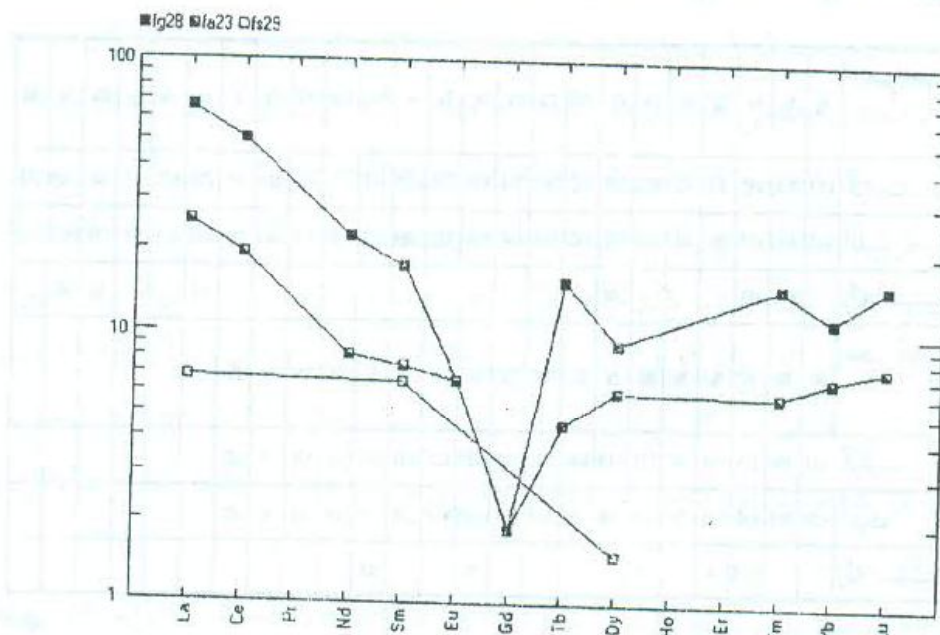
نتیجه

با توجه به شواهد بدست آمده، کانی سازی آنتیموان در فقیره همدان احتمالاً از نوع فرا گرمایی و در ارتباط با گرانیتوئیدهای الوند است. این شواهد عبارتند از:

- دمای تشکیل آن نسبتاً کم است که وجود پیریت های کروی شکل تأیید کننده آن است.
- محل پیدایش آنها سنگ های نفوذی مونزو گرانیتی است (گرانیت الوند).
- شکل توده معدنی به صورت رگه های ساده است که در محل گسل (گسل کشین) با شیب تند تشکیل شده اند.

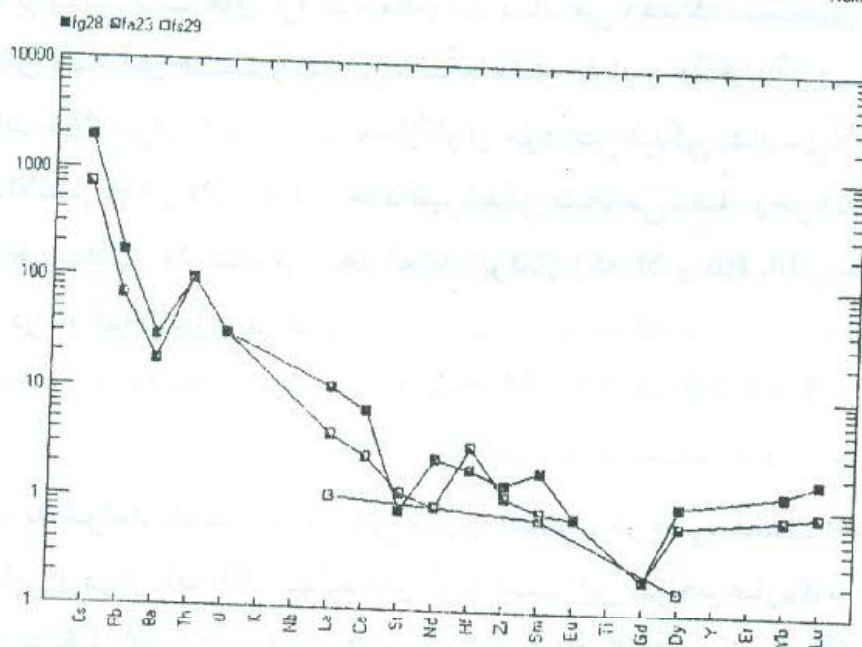
A:FG.ROC

Norm: PRIM



A:FG.ROC

Norm: MORB



شکل ۶ نمودار عنکبوتی عناصر فرعی، کمیاب و REE برای سنگ های منطقه فقیره که الف) بر مبنای مقادیر گوشته اولیه ب) بر مبنای ترکیب بازالت های پشته های میان اقیانوسی MORB نرمالیزه شده اند. fs29 (رگه های استینیت)، fa23 (آپلیت فقیره)، fg28 (گرانیت فقیره).

- وجود مجموعه عناصر As, Au, Sb به مقدار زیاد در رگه‌ها.
- دگرسانی سنگ دیواره که شامل سرسیتی شدن، سیلیسی شدن و پیریتی شدن است.
- بافت کانه‌ها اغلب به صورت پرکننده فضای خالی بوده و برشی شدن رگه‌ها دیده می‌شوند.
- کانی گانگ در رگه‌ها به طور کلی از کوارتز کریستالین تشکیل یافته است.
- کانه‌های اصلی موجود در رگه به صورت ساده استینیت‌اند که به مقدار جزئی رآلگاروار پیمنت و پیریت نیز وجود دارند.
- وجود الگوهای یکسان پراکندگی عناصر کمیاب و REE در سنگ‌های گرانیتی و رگه‌های کانی سازی شده که بیانگر ارتباط نزدیک بین آن‌ها از لحاظ ژنتیکی است.
- آنچه مسلم است عیار Sb در رگه‌ها در حد اقتصادی است خصوصاً آنکه مقداری طلا هم آن را همراهی می‌کند. اما گسترش عمقی رگه‌های شناسایی شده در سطح زمین مشخص نیست. با توجه به زمین‌شناسی، دگرسانی و ژئوشیمی منطقه احتمال وجود رگه‌های دیگر زیاد است و نیاز به کارهای اکتشافی بیشتر در منطقه شدیداً احساس می‌شود. از آن جا که مقدار قلع در سنگ‌های گرانیتی در حد بالایی است، از این رو امکان کانی سازی قلع در منطقه وجود دارد.

قدر دانی

در این جا از معاونت پژوهشی دانشگاه بوعلی سینا که امکانات لازم را برای انجام این پژوهش فراهم کرده‌اند قدر دانی و تشکر می‌شود.

مراجع

- ۱- معانی جو، م. و آلیانی، ف.، گزارش طرح پژوهشی به دانشگاه بوعلی سینا، ۱۳۷۸.
- ۲- سپاهی گرو، ع. ا.، پترولوژی مجموعه پلوتونیک الوند با نگرشی ویژه بر گرانیتوئیدها، پایان نامه دکتری، دانشکده علوم، دانشگاه تربیت معلم، ۱۳۷۸.
- ۳- سعادت، س. و شهاب پور، ج.، نگرشی بر کانسار سازی آنتیموان در منطقه سیرزار (شمال شرق خراسان)، مجله بنورشناسی و کانی شناسی ایران، ۱۳۷۵، ۱، صفحات ۴۵-۵۹.

4. Bernasconi, A., Glover, N. and Viljoen, R.P. (1980) The geology and geochemistry of the Senator antimony deposit, Turkey, *Mineral. Deposita*, 15, 259 - 274.
5. Nutt, T. H. C., Oberthur, T., Saager, R. and Tomschi, H. P. (1988) *The Geology, Mineralogy, and Geochemistry of the Broomstock Gold Deposit, Kwekwe Greenstone Belt, Zimbabwe; Some Implications for Gold Mineralization* in Springer Verlag, 36: 145 - 162.
- ۶ - حسینی دوست، س.ج.، مطالعه زمین ساخت و نئوزمین ساخت همدان و شرق آن، خلاصه مقالات اولین همایش سالانه انجمن زمین شناسی ایران، ۱۳۷۶.
- ۷ - حلی زاده، م و صادقیان، م.، پتروژنتزوده گرانیتوئیدهای الوند، فصلنامه علوم زمین، س. ز.ک.، ۱۳۷۵، ۱۹، صفحات ۳۱-۱۴.
8. Ramdohr, P. (1980) *The Ore minerals and their intergrowths*, 2nd ed., Pergamon Press, 1205p.
9. Rose, A. W., Hawkes, H. E., and Webb, J. S. (1981) *Geochemistry in mineral exploration*, 2nd ed., Academic Press, 675p.