



## تعیین همبستگی طلا با مقدار آلونیت در ولکانیک‌های دگرسان شده اندیس معدنی قلعه‌دار، جنوب شرق اصفهان

(زون ارومیه - دختر)

علی قاسمی\*<sup>۱</sup>، بتول تقی پور<sup>۲</sup>، سهراب افشاری<sup>۳</sup>، سعید چراغی<sup>۴</sup>

۱ و ۲ و ۳ و ۴ عضو هیئت علمی جهاد دانشگاهی واحد صنعتی اصفهان

E-Mail: ghasemi16@yahoo.com

### چکیده:

محدوده مورد بررسی در ناحیه جنوب نائین و در حواشی قلعه دار قرار دارد. سنگ میزبان این منطقه ولکانیک‌ها و پیروکلاستیک‌های ائوسن با ترکیب اسیدی تا حدواسط می باشد که قسمت وسیعی را در بر گرفته اند سنگهای آتشفشانی دارای ترکیب متنوع بوده و شامل بازالت، پیروکسن آندزیت، تراکی آندزیت و تراکی داسیت می باشد. آلونیت زایی در این سنگها مهمترین پدیده قابل ملاحظه است. مطالعات ژئوشیمیایی کانسار سازی طلا، نقره، جیوه و ... را در این منطقه نشان داده است.

کلید واژه: آلونیت، ژاروسیت، قلعه دار، ژئوشیمی، اکتشاف، ولکانیک، نائین

### مقدمه:

گستره مورد مطالعه در فاصله ۱۰۰ کیلومتری شرق اصفهان، با موقعیت جغرافیایی  $34^{\circ} 29'$  عرض شمالی و در نزدیکی قلعه‌دار، جنوب نائین قرار دارد. منطقه مذکور بخشی از کمربند ماگماتیسم ایران مرکزی در زون ارومیه - دختر را شامل می‌شود.

مطالعات زیادی بر سنگهای آتشفشانی در این منطقه انجام گرفته است که می‌توان به موارد زیر اشاره کرد: در سالهای اخیر خدای (۱۳۷۸) در پایان‌نامه کارشناسی ارشد خود به مطالعه آتشفشانهای گردنه ملا احمد پرداخته است. [۲]. نقره‌ئیان و همکاران (۱۳۷۹) اولین بار به رخداد آلونیت در کمربند ماگماتیسم سنوزوئیک (زون ارومیه- دختر) اشاره کرده‌اند [۵].

اصفهان - دانشگاه صنعتی اصفهان - جهاد دانشگاهی - معاونت پژوهشی - گروه پژوهشی ژئوشیمی \*



از انواع آلتراسیون‌های مهم موجود در منطقه می‌توان آلتراسیون پتاسیک، پروپلیتیک، سریسیتیک، آرژیلیک، سیلیسی و آلونیتی را نام برد.

آلتراسیون آلونیتی: کانی‌های مهم زون آلونیت عبارتند از: آلونیت، کوارتز، کلسدونی و اوپال. کانی‌های فرعی آن عبارتند از: کائولینیت، سریسیت، دیاسپور، ژاروسیت، روتیل، پیریت، هماتیت و پیروفیلیت.

### روش مطالعه:

در این تحقیق مطالعات پتروگرافی توسط میکروسکوپ دو چشمی BH2 انجام گرفت. همچنین به علت تمرکز مطالعات بر دگرسانی آلونیتی و شناسایی کانیهای ژاروسیت موجود در ولکانیک‌های منطقه قلعه دار از میکروسکوپ الکترونی اسکن مدل Stero scans 360 استفاده شد.

روش ICP-MS نیز جهت اندازه‌گیری ۵۰ عنصر در ولکانیک‌های منطقه استفاده شده است. دستگاه ICP-MS مدل HP4500 می‌باشد. آزمایشات ICP-MS در استرالیا انجام شده است.

### بحث

#### زمین شناسی عمومی منطقه

منطقه مورد مطالعه از لحاظ زمین ساختاری در زون ماگمایی ارومیه- دختر واقع شده است. [۴]. از نظر لیتولوژی عمدتاً از سنگهای آتشفشانی و پیروکلاستیک‌های وابسته به آن متشکل است. قدیمترین واحد سنگی منطقه را سنگهای دگرگونی شیست سبز و مرمر که احتمالاً متعلق به پالئوزوئیک می‌باشد تشکیل داده‌اند. طی دوره‌های کرتاسه - پالئوسن تشکیلات سنوزوئیک بر اثر حرکات زمین ساختی و فازهای مهم کوهزایی چین خورده و دگرگونی خفیفی را تحمل کرده‌اند. نهشته‌های رسوبی ائوسن اغلب از واحدهای سنگی کنگلومرایی و آهکی تشکیل شده و سنگهای آتشفشانی متشکل از گدازه‌ها و توفهای اسیدی تا بازیک می‌باشند. روانه‌های گدازه‌ای بافت پورفیریتیک با زمینه شیشه‌ای دارند. همراه با توف‌ها گاهی سیلتستون و ماسه سنگ توفی به رنگ خاکستری تیره مایل به بنفش دیده می‌شود. از ویژگی توف‌ها در این منطقه وجود اکسید آهن فراوان، شیشه و فلدسپات آلکالن می‌باشد. علاوه بر این ایگنمبریت به ندرت همراه با گدازه‌های تراکی آندزیتی - داسیتی به رنگ صورتی و در بخشهایی حاوی میان لایه‌های ماسه سنگ و میکروکنگلومرای توفی می‌باشد. کانیهای این واحدها اغلب تجزیه شدگی نشان می‌دهند. فلدسپات آلکالن به کانیهای رسی دگرسان شده‌اند، همچنین دگرسانیهای کلریتی، اپیدوتی، سیلیسی و آلونیتی در این منطقه به خوبی واضح است.

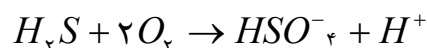


## روابط صحرایی و پتروگرافی

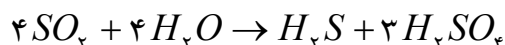
ولکانیک‌های ائوسن با بافت پورفیری - برشی سنگ میزبان غالب منطقه را شامل می‌شود. این سنگها دارای ترکیب متنوع بوده و سنگهای بازالت، پیروکسن آندزیت، تراکی آندزیت و تراکی داسیت را در بر گرفته‌اند. دگرسانی‌های مختلفی از قبیل آلونیتی شدن، سیلیسی شدن، کلریتی شدن و کائولینیتی شدن در این سنگها مشاهده می‌گردد. آلونیت زایی از مهمترین این دگرسانی‌ها بوده و با توجه به اهمیت آن در کانسار سازی طلا- جیوه - نقره و ... و گسترش فراگیر این پدیده در سنگهای میزبان محدوده مورد نظر، مطالعات بیشتر بر آن متمرکز گردیده است. در مطالعات صحرایی، آلونیت - ناتروآلونیت - ژاروسیت به اشکال داربستی، جعبه‌ای، رگچه‌ای، قلوه‌ای، پوششی، پوسته‌ای و با رنگ‌های متنوع خاکی، قهوه‌ای، نارنجی، کرم و سفید از جمله کانیهای دیگر منطقه می‌باشند که در هیچ مورد ظاهراً بلورین نیستند. همراهی این کانیها با باریت، پیریت، هماتیت، کوارتز میکروکریستالین و کریپتوکریستالین، فیروزه، ملاکیت، آزوریت به وضوح قابل مشاهده است. بررسی مقاطع میکروسکوپی کانیهای تشکیل دهنده را آلکالی فلدسپات، کوارتز و سریسیت نشان می‌دهد. آلکالی فلدسپاتها عموماً به کانیهای بسیار ریزریزی و کائولینیت، کلریت و کوارتز دگرسان شده‌اند. آلونیت - ژاروسیت به رنگ زرد عسلی «ppl» و رنگ‌های اینترفرانس بالا «xpl» به صورت جانشین و یا پراکنده داخل فنوکریست‌های «Phenoerysts» آلکالی فلدسپات دگرسان و یا بصورت روکشی بر روی آنها مشاهده می‌شود (تصویر ۱ و ۲).

این کانی همچنین به صورت مستقل در همیافتی بلورهای کوارتز با بافت میان کانی‌یابی نیز دیده می‌شود. در بعضی موارد بلورهای ریز مربع شکل «Pseudocubic» و لوزی شکل در زمینه‌ای از اکسیدهای آهن دیده می‌شود.

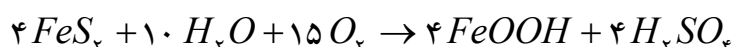
همیافتی آلونیت - ژاروسیت، سریسیت، کائولینیت، آلکالی فلدسپات، کوارتز و باریت بیان‌گر این امر است که ولکانیک‌های اسیدی در یک محیط با فعالیت بالای  $H^+$  و  $SO_4^{2-}$  دگرسان شده‌اند. احتمالاً در فوگاسیته بالای اکسیژن، اکسیداسیون  $H_2S$  «تصاعد آتشفشانی» باعث شکل‌گیری  $HSO_4^-$  طبق واکنش زیر می‌شود.

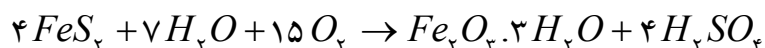


و یا اینکه  $SO_2$  ماگمایی از طریق زیر وارد واکنش می‌شود:

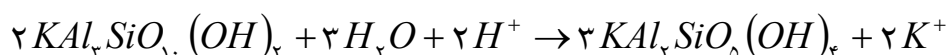


می‌توان اسیدیته بالای محیط را ناشی از اکسیداسیون سولفیدها در شرایط دگرسانی دانست:





انجام واکنش‌های فوق باعث افزایش اسیدیته محیط و دگرسانی آلومینوسیلیکات‌ها «Alumino Silicate» برای تشکیل آلونیت خواهد شد.



آزمایشات میکروسکوپ الکترونی اسکن بر سنگ‌های دگرسان آلونیت‌دار جهت شناسایی کانیه‌های آلونیت-ژاروسیت انجام گرفته است، در این روش سعی شده که مطالعات بر ولکانیک‌های آلونیت‌دار منطقه قلعه دار با بزرگنمایی متفاوت انجام شده است.

تصاویر سنگ‌های آلونیت-ژاروسیت‌دار به همراه آنالیز شیمیایی آنها نشان داده است. در این تصویر اشکال بلورین و یا واضحی از آلونیت‌ها دیده نشده است.

آنالیز نقطه‌ای کیفی از این تصاویر وجود عناصر Al, Si, K, Fe, Cu, Na, Mg را در ولکانیک‌های آلونیت‌دار تأیید می‌کند (تصویر ۳ و ۴).

## ژئوشیمی

زون آلونیتی از بالا به زون سیلیسی و از اطراف و پائین به زون آرژیلیک محدود می‌شود. آلتراسیون آلونیت راهنمای مناسبی جهت اکتشاف کانسارهای طلا و نقره نوع اپی‌ترمال است [۳].

کانی‌سازی آلونیت - ژاروسیت، آلکالی فلدسپار، کوارتز، کلریت و سرسیت به همراه کانیه‌های پیریت، باریت، همتایت، فیروزه، مالاکیت و آزوریت در منطقه قلعه‌دار به خوبی مشهود است. این کانی‌سازی می‌تواند ردیاب کانسارسازی از نوع این ترمال در منطقه باشد [۱].

۴ نمونه از سنگ‌های آلونیت دار مورد مطالعات ICP-MS قرار گرفت، این نتایج نیز میزان بالایی از عناصر نقره، آرسنیک، جیوه و آنتیموان نشان داده است که در مقایسه با مقدار طبیعی آنها در پوسته بالاتر می‌باشد. در نمونه Dk-55-1: میزان طلا ۷/۶۶۰ ppm، نقره ۱۸/۶ ppm، مس ۴۵۷۰۰ ppm که همگی ردیاب طلا در این ولکانیک‌ها می‌باشند. کلیه اطلاعات و آزمایشات ژئوشیمیایی موجود از منطقه قلعه‌دار حاکی از وجود آنومالی طلا، آرسنیک، آنتیموان، جیوه و نقره و بعضاً مس در این معدن است این عناصر ردیاب کانسارهای طلای اپی‌ترمال می‌باشند (جدول ۱).



## شیمی آلونیت:

آلونیت ترکیب متغیری دارد زیرا محلول جامدی بین آلونیت و ناترو آلونیت وجود دارد [۶]. وقوع آلونیت در دمای بالاتر شامل جانشینی سدیم بیشتری می باشد که در نتیجه ناتروآلونیت محصول محیط گرمتر تولید می شود. برای تشکیل زون سیلیکات که در محیطهای هیدروترمال ماگمایی وجود دارد، شستشوی Al بیشتری لازم است که لازمه آن PH کمتر از ۲ و دمای کمتر از ۲۵۰ درجه لازم می شود [۷]. فراوانی استرانسیوم در نمونه های آلونیت دار دیده شده است که به دلیل جایگزینی Sr به جای Na در آلونیت های این منطقه می باشد.

## نتیجه گیری

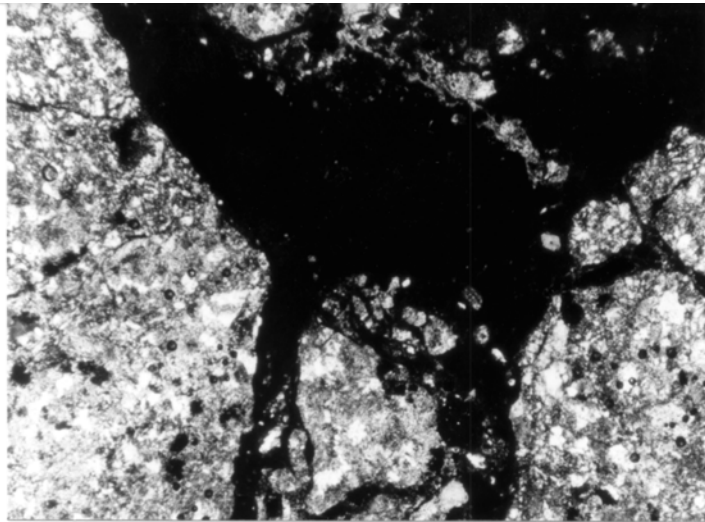
محلولهای ماگمایی و گرمایی غنی از سولفات در شرایط اکسیدی و دمایی پائین تر از ۳۰۰ درجه سانتیگراد باعث هیدرولیز سنگهای غنی از Al, K می شود در نتیجه آلونیت تشکیل می شود اینگونه آلونیت در بخش بالای سیستمهای مس پورفیری و بعضی کنسارهای اپی ترمال یافت می شود. افزایش غلظت SO<sub>4</sub> عامل اساسی و مهم تشکیل آلونیت است، کاهش درجه حرارت محدوده تشکیل آلونیت را گسترش می دهد. آلتراسیون آلونیت در اکثر کنسارهای طلا و نقره اپی ترمال سنگهای آتشفشانی یافت می شود.

## منابع

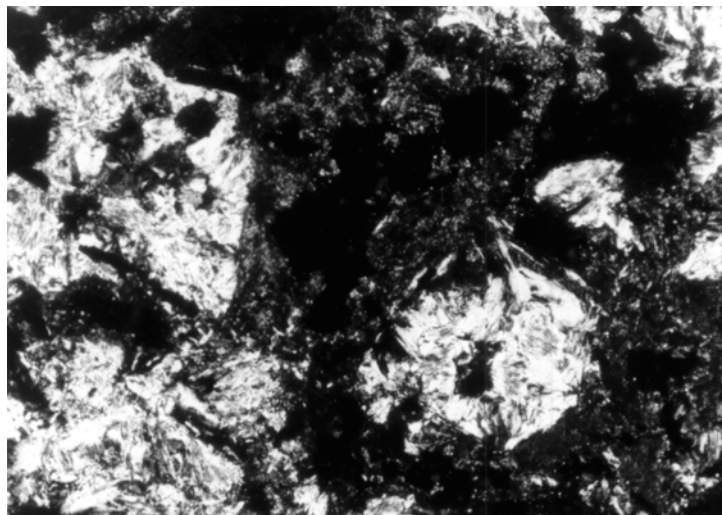
- [۱] پی جوئی آلتراسیون های هیدروترمال با استفاده از پردازش داده های رقومی ماهواره ای جنوب نائین، طرح پژوهشی، ۱۳۸۲، جهاد دانشگاهی واحد صنعتی اصفهان.
- [۲] خدامی، مهناز، ۱۳۷۸، مطالعه زمین شناسی و پترولوژی آتشفشانهای سنوزوئیک شمال گاوخونی (زون ارومیه- دختر)، پایان نامه کارشناسی ارشد، ۲۱۰ صفحه.
- [۳] کریم پور، محمد حسن، ۱۳۶۸، زمین شناسی اقتصادی کاربردی، انتشارات جاوید، ۴۰۴ صفحه.
- [۴] درویش زاده، علی، ۱۳۷۹، زمین شناسی ایران، انتشارات دانشگاه امیرکبیر، ۹۰۱ صفحه.
- [۵] نقره ئیان، موسی، ۱۳۷۹، اولین گزارش از رخداد آلونیت در کمر بند ماگماتیسم سنوزوئیک (زون ارومیه- دختر)، مجله پژوهشی دانشگاه آزاد اسلامی واحد اراک، صفحه ۷۹.

[7] Jennifer, A. lenz, 2002, "Geochemistry and alunite mineral chemistry of the acid sulfate alteration in the porphyry peak rhyolites, Bonanza Galdera, Central colorado", mineral deposits, P 234- 238.

[8] Miranda, I. Loflin. 2001. "Origin of acid sulfate alteration of the porphyry peak Rhyolite, Bonanza caldera, San Juan Volcanic field, South Central colorado, Mineral deposit, P 472- 479.



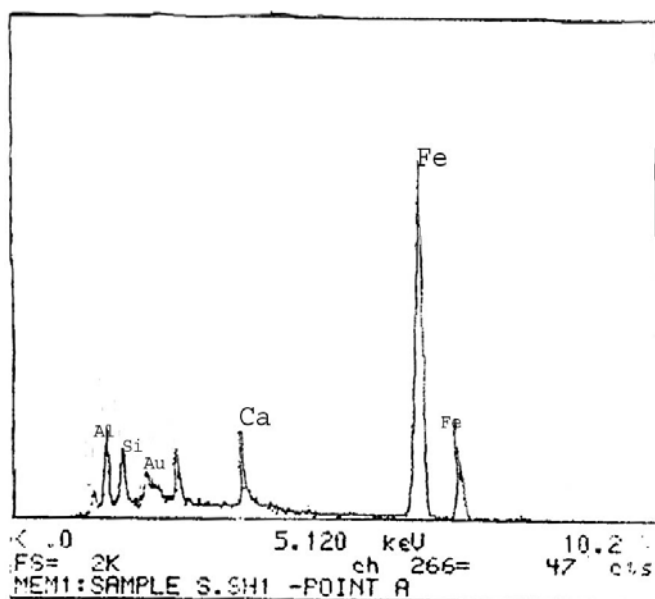
تصویر (۱) زون سیلیسی همراه با کانه در آندزیت های منطقه قلعه دار نور عادی بزرگنمایی ۴۰ (ppl.40)



تصویر (۲) آلونیت و ژاروسیت داخل شکستگی ها، نور پلاریزه بزرگنمایی ۲۵ (xpl.25)



تصویر ۳) نمایی از ولکانیک های آلونیت دار به همراه کانیها رسی



تصویر ۴) آنالیز نقطه ای کیفی از تصویر بالا



جدول (۱) نتایج ICP-MS ولکانیک های آلونیت دار منطقه جنوب نائین

Element PPM	Dk-55	Dk-55-1	SH-50	SH-53	SH-57	SH-58
Ag	3.45	18.6	37.1	0	0.77	0.12
Al	10700	5000	6400	19300	2280	430
As	145	169	714	62.8	25.6	3.5
Au (ppb)	80	7660	420	3	5	3
Ba	388	71	44	14	8	19
Be	0.41	0.36	0.12	0.05	0.22	0
Bi	1.4	37.3	761	0	0.8	0.3
Ca	0.27	0.28	0.91	0.25	4.18	0.16
Cd	1.2	1.4	1.7	0	0.2	0.3
Ce	24.8	9.6	29.8	10.5	6.3	2.5
Co	8.4	2.2	1	0.2	25.8	0.9
Cr	4	6	6	3	4	18
Cs	0.65	0.26	4.17	2.03	0.15	0.16
Cu	19500	45700	3060	218	17.5	27.7
Fe%	3.63	5.69	2.5	10.62	3.25	1.04
Hf	0.05	0.03	0.02	0	0	0.02
Hg	0	0	0.4	0	0	0.3
K	957	674	2270	21200	1.8	113
La	12.6	4.4	12.9	3.8	2.6	1.1
Li	4.7	2	2	1.1	0.9	0.2
Mg	3630	1140	1630	430	23000	130
Mn	579	336	73	37	320	59
Mo	2.1	5.4	3.1	2	1	2
Na	418	486	4260	4240	2250	761
Ti	17	11	19	0	15	26
U	4.15	1.84	4.09	0.26	0.33	0.83
Y	9.55	4.53	1.59	0.69	6.74	1.65
Zn	345	310	21.1	3.4	11.7	3.1
Zr	1	0	0.7	0.7	0	0.9