# بررسي دگرسانيهای اسيد_ سولفات در سنگهاي آتشفشاني اندیس معدني شهرزاد (جنوب غرب نائین)

**بتول تقي پور*، ايرج نوربهشت**، محمود خليلي**، موسی نقره ئیان**،**
**محمد علي مكي زاده*** و صديقه تقي پور*****

*دانشجوي دكتري دانشگاه اصفهان
** گروه زمين شناسي دانشگاه اصفهان
***دانشجوي دكتري دانشگاه شهيد بهشتي
****دانشجوي كارشناسي ارشد دانشگاه اصفهان

## چكيده

محدوده مورد بررسي در نوار ماگماتيسم سنوزوئيک ايران مركزي در قسمت جنوب غرب نائین قرار دارد. سنگ میزبان این منطقه سنگهای آتشفشانی و پیروکلاستیک‌هاي ائوسن با ترکیب اسید تا حدواسط را شامل مي‌شود که بخش وسیعي از ناحیه را در بر گرفته اند. این سنگها داراي تركيب متنوع بوده و شامل پیروکسن آندزیت، تراکي آندزیت و تراکي داسیت مي‌باشد. دگرساني‌هاي مختلفي نظير سيليسي شدن، سريسيتي شدن، كلريتي شدن، كائولينيتي شدن و آلونيتي شدن در اين سنگها مشاهده مي‌گردند. آلونیت زایي از مهمترين دگرساني‌هاي موجود در اين منطقه بوده و با توجه به اهميت آن در كانسار سازي طلا، جيوه و نقره و گسترش فراگیر این پدیده در سنگهاي ميزبان محدوده مورد نظر مطالعات بيشتر بر آن متمركز گرديده است. از نظر كاني شناسي آلونيت، ناترو آلونیت و ژاروسيت به همراه باريت، پيريت، هماتيت، كوارتز ميكرو كريستالين و... در سنگهای آتشفشانی دگرسان منطقه ديده مي‌شود.

آزمايشات ژئوشيميائي توسط روشهاي XRD, NAA بر سنگهاي دگرسان شده منطقه انجام شده است. نتايج ژئوشيميايي غني شدگي طلا، جيوه، نقره و آرسنيک را در آتشفشانی‌هاي دگرسان شده منطقه شهرزاد نشان داده است كه مي‌توان مدل سيستم‌هاي اپي ترمال را براي اين انديس معدني در نظر گرفت.

**كلمات كليدي**: دگرسانی، سنگهاي آتشفشانی، آلونيت، كانسار اپي ترمال، ماگماتيسم ايران مركزی، نائين

# The study of Acid- Sulfate Alteration on the Volcanic Rocks in the Shahrzad Ore Deposits (South West of Nain)

**B. Taghipour*, I. Noorbehesht**, M. Khalili**, M. Noghrehian**, M. A. Mackizadeh***, S. Taghipour*****

* Ph.D. Candidate, University of Isfahan
** Department of Geology, University of Isfahan
*** Ph.D. Candidate, Shahid Beheshti University
**** M. Sc. Student of Geology Department, University of Isfahan

**Abstract:**

The study area is situated in the Cenozoic central Iranian magmatism belt, in Southwest of Nain. The Eocene country rocks covering a vast area are predominantly volcanic and pyroclasitc. These rocks are acid to intermediate in composition and range from pyroxene- andesite through trachy-andesite to trachy- dacite. The country rocks have been subsected to trachy- alterations including silicification, sericitization, chloritiation, kaolinitization and particularly alunitization. The latter alteration is widespread and due to its importance for mercury, silver and gold mineralization a major part of the study has been focused on it.

The altered volcanic rocks consist mainly of alunite, natro- alunite, jarosite a well as barite, pyrite, hematite and microcrystalline quartz. The geochemical study of altered rocks was carried out by using NAA and XRD methods. The obtained data indicated that the studied rocks are enriched in silver, mercury and gold and an epithermal model may be proposed for the hydrothermal alteration of the study area.

**Keywords:** Alteration, Volcanic Rocks, Alunite, Epithermal ore deposit, Central Iran Magmatism, Nain

## مقدمه

بزرگترين ذخاير آلونيت در سنگهاي آتشفشاني اسيدي و حدواسط تشكيل شده اند [۱۸]. آلونيت به صورت رگه اي و جانشيني ديده مي‌شود. محلول‌هاي گرمابي غني از سولفات در شرايط اكسيدان موجب دگرسان شدن گدازه و سنگهاي آذرآواري اسيد و حدواسط مي‌شود [۲۱]. لذا در شرايط مناسب آلونيت تشكيل مي‌شود. كاتيون‌هاي كلسيم، سديم و منيزيم و مقداري از سيليس سيليكات‌ها توسط محلول‌ها حمل و در محل آنها آلونيت تشكيل مي‌شود. زون بندي منظمي بيشتر با آلونيت مشاهده مي‌شود [۱۴]. در بالاي آن زون سيليسي و در پائين آن زون آرژيليک و سريسيتيک ديده مي‌شود. كاني‌هاي مهم زون آلونيت عبارتند از: آلونيت، كوارتز، كلسدوني و اوپال. كاني‌هاي فرعي آن عبارتند از: كائولينيت، سريسيت، دياسپور، ژاروسيت، روتيل، پيريت، هماتيت و پيروفيليت.

دگرسانی آلونيت در بيشتر كانسارهاي طلا و نقره نوع اپي ترمال واقع در سنگهاي آتشفشاني يافت مي‌شود [۵]. نظر به اهميتي كه زونهاي دگرسانی گرمابی در مطالعات اكتشافي فلزات قيمتي Au, Ag دارد، رخداد آلونيت در

سنگهای آتشفشانی جنوب نائین مورد بررسي قرار گرفته است.

## مطالعات قبلي

مطالعات زيادي بر سنگهاي آتشفشاني در اين منطقه انجام گرفته است كه مي‌توان به موارد زير اشاره كرد:

اين مجموعه در نقشه زمين‌شناسي ۱/۱۰۰۰۰۰ كجان منتشره از سوي سازمان زمين شناس ايران به عنوان سنگهای آتشفشانی ائوالیگوسن، توفها و آتشفشانی های نئوژن مشخص شده است [۸].

سنگ شناسي سري آتشفشاني شمال گاوخوني در نقشه ۱/۲۵۰۰۰۰ نائين، بازالت و پيروكسن آندزيت نئوژن، آندزيت و توف برشي، تراكي داسيت و تراكي آندزيت پليوكواترنر معرفي شده است [۱۰]. تنوع تركيب سنگ شناسي واحدهاي تشكيل دهنده اين منطقه و فراواني سنگهاي حدواسط تا اسيدي با تركيب ماگمايي كالكوآلكالن از ويژگيهاي اين منطقه است [۳] و [۶]. در زمینه پتروگرافی، پترولوژی و ژئوشیمی توده های نفوذی و دگرگونی های وابسته منطقه نائین در قالب پایان نامه های کارشناسی ارشد مطالعاتی انجام شده است [۳] و [۷]. نقره ئيان و همكاران (۱۳۷۸) براي اولين بار رخداد مطالعات ديفراكتومتر اشعه X (XRD) نيز دقيقا نوع كاني مشخص شده است. مطالعات ديفراكتومتر اشعه توسط شركت كيان طيف انجام گرفته است. دستگاه XRD به مدل PW2400 مي‌باشد. روش NAA نيز جهت اندازه‌گيري عنصري در سنگهای دگرسان شده منطقه استفاده شده است.

### زمين شناسي عمومي منطقه

منطقه مورد مطالعه در۱۲۰ كيلومتري جنوب شرق اصفهان واقع شده است، اين منطقه داراي مختصات جغرافيايي به عرض جغرافيايي ″۰۰ ´۵۰ °۵۲ تا ″۲۳ ´۵۱ °۵۲ و طول جغرافيايي ″۳۳ ´۳۲ °۳۲ تا ″۴۵ ´۳ °۳۲ مي‌باشد( شكل ۱).

انديس شهرزاد از لحاظ زمين ساختاري در زون ماگمايي ارومیه- دختر واقع شده است. از نظر ليتولوژي عمدتاً از سنگهاي آتشفشاني و آذرآواری های وابسته به آن ساخته شده است. قديميترين واحد سنگي منطقه را سنگهاي دگرگوني شيست سبز و مرمر كه احتمالاً متعلق آلونيت را در اين انديس معدني گزارش نموده اند [۹].

از انواع دگرسانيهای مهم شناسايي شده در زون ارومیه - دختر مي‌توان دگرسانی پتاسيك، پروپليتيك، سريسيتيك، آرژيليك، سيليسي و آلونيتي را نام برد. آلونيتي شدن از مهمترين انواع دگرساني‌هاي موجود در اين منطقه است. كاني‌هاي مهم اين زون عبارتند از: آلونيت، كوارتز، كلسدوني و اويال كاني‌هاي فرعي آن عبارتند از: كائولينيت، سريسيت، دياسپور، ژاروسيت، روتيل، پيريت، هماتيت و پيروفيليت [۵].

## روش مطالعه

دراين تحقيق مطالعات پتروگرافي توسط ميكروسكوپ دو چشمي $BH_2$ انجام گرفت همچنين به علت تمركز مطالعات بر دگرسانيهای اسيد- سولفات و عدم تشخيص كانيهاي دگرسان شده توسط ميكروسكوپ پلاريزان از ميكروسكوپ الكتروني اسكن مدل Stero Scans 360 استفاده گرديد. اين ميكروسكوپ بزرگنمايي را تا ۱۵۰۰ برابر بالا برده كه با آن مي‌توان كانيهاي بسيار ريز سنگهاي دگرسان شده راشناسايي نمود. با استفاده از

بـه پالئوزوئيـك مـي‌باشـد، تـشكيل داده‌انـد. تـشكيلات سنوزوئيك بر اثر حركات زمين سـاختي و فازهـاي مهـم كـوهزايي چـين خـورده و دگرگـوني خفيفـي را تحمـل كرده‌اند [۴]. سنگهاي آتشفـشاني متـشكل از گـدازه‌هـا و توفهاي اسيدي تا بازيك مي‌باشـند. روانـه‌هـاي گـدازه‌اي بافت پورفيريتيـك بـا زمينـه شيـشه‌اي دارنـد. همـراه بـا توف‌ها گاهي سيلتستون و ماسـه سـنگ تـوفي بـه رنـگ خاكستري تيره مايل به بنفش ديـده مـي‌شـود. از ويژگـي توف‌ها در اين منطقه وجود اكسيد آهن فراوان، شيـشه و فلدسپات آلكالن مي‌باشـد. عـلاوه بـراين ايگنمبريـت بـه ندرت همراه با گدازه‌هاي تراكـي آنـدزيتي – داسـيتي بـه رنگ صورتي ديده مي‌شود و در بخـشهايي حـاوي ميـان لايه‌هاي ماسه سنگ و ميكروكنگلومراي توفي مـي‌باشـد. كانيهاي اين واحدها اغلـب تجزيـه شـده انـد. فلدسـپات آلكالن بـه كانيهـاي رسـي دگرسـان شـده‌انـد، همچنـين دگرسانيهاي كلريتي، اپيدوتي، سيليسي و آلونيتي در ايـن منطقه رخ داده است.

**روابط صحرايي و پتروگرافي**

سنگ ميزبان منطقه را لوكوكرات ها، پيروكلاستيك‌هـا و گدازه‌هاي ائوسن با تركيب اسيدي و بافت پـورفيري – برشي تشكيل مي‌دهند. مجموعه آذرين ائوسن تحت فـاز ماگماتيسم نئوژن و پليو پليئستوسن قرار گرفته اسـت كـه در شمال غرب منطقه و با تركيب بازالت، آندزيت، تراكي آندزيت و تراكي داسيت رخنمون دارنـد. احتمـالا همـين ماگماتيسم سبب وقوع دگرسـاني‌هـاي مختلفـي از قبيـل آلونيتي شدن، سيليسي شدن، كلريتي شـدن و كـائولينيتي شدن در اين منطقه شده است(شكل۲). آلونيـت زايـي از مهمترين اين دگرساني‌ها مي‌باشد(شـكل۳) بـا توجـه بـه اهميت اين دگرساني در كانسار سازي طلا، جيوه، نقره و گسترش فراگير اين پديده در سـنگهاي ميزبـان محـدوده مورد نظر، مطالعات بيشتر برآن متمركز گرديده اسـت. در مطالعات صحرايي، آلونيت – ناتروآلونيت – ژاروسيت بـه اشكال داربستي، جعبه‌اي، رگچـه‌اي، قلـوه‌اي پوشـشي و پوسته‌اي و با رنگ‌هاي متنوع خـاكي، قهـوه‌اي، نـارنجي، كرم و سفيد از جمله كانيهاي ديگر منطقه مي‌باشند كه در هيچ مورد ظاهراً بلورين نيستند.

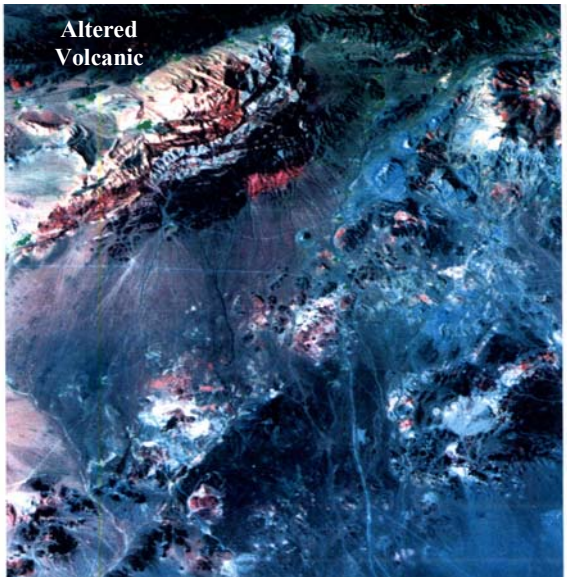
بررسي مقاطع ميكروسكوپي كانيهاي تشكيل دهنده را آلكـالي فلدسـپات، كـوارتز و سريـسيت نـشان مي‌دهد(شكل٤). آلكـالي فلدسپاتها عمومـاً بـه كانيهـاي بسيار ريزرسـي، كائولينيـت، كلريـت و كـوارتز دگرسـان


Shahabpour and Karmers, 1987

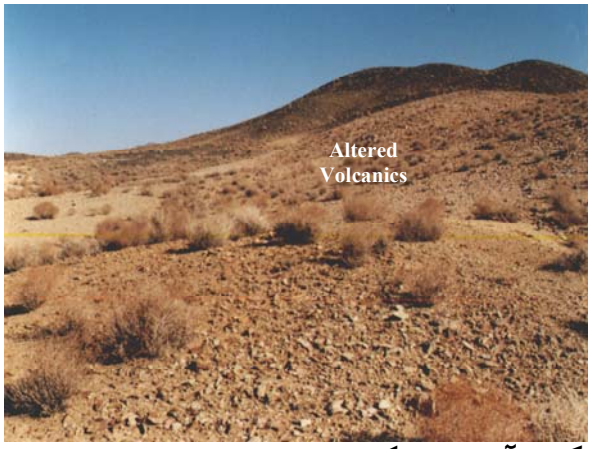
**شکل ۱- نقشه زمین شناسی محدوده مورد مطالعه، مقیاس:۱/۱۰۰۰۰۰ ( اقتباس از نقشه زمین شناسی ۱/۱۰۰۰۰۰ کجان، سازمان زمین شناسی، ۱۳۸۲)**

شده‌اند. آلونيت – ژاروسيت در نور طبيعي بـه رنـگ زرد عسلي و در نور پلاريزه به رنگ‌هاي اينترفـرانس بـالا بـه صورت جانشيني و يـا پراكنـده داخـل فنوكريـست‌هـاي آلكالي فلدسپات دگرسان و يـا بـه صـورت روكـشي بـر روي آنهـا مـشاهده مـي‌شـود(شـكل۵ و ٦). ايـن كـاني همچنين به صورت مستقل در هميافتي بلورهـاي كـوارتز ديده مي‌شود. در بعضي موارد بلورهاي ريز مربع شكل و لوزي شكل در زمينه‌اي از اكسيدهاي آهن ديده مي‌شود.

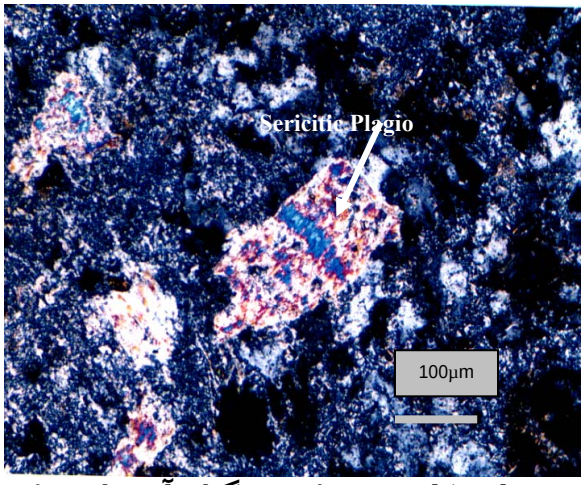
هميافتي آلونيت - ژاروسيت، سريـسيت، كائولينيـت، آلكالي فلدسپات، كوارتز و باريت بيان‌گر اين امراست كه



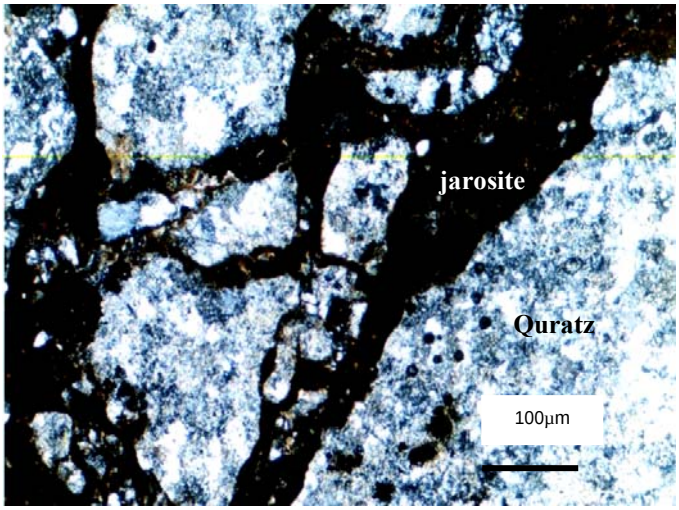
**شکل۲- تصویر ماهواره اي (RGB) از سنگهای آتشفشانی دگرسان شده منطقه جنوب غرب نائین، مقیاس: ۱/۵۰۰۰۰**



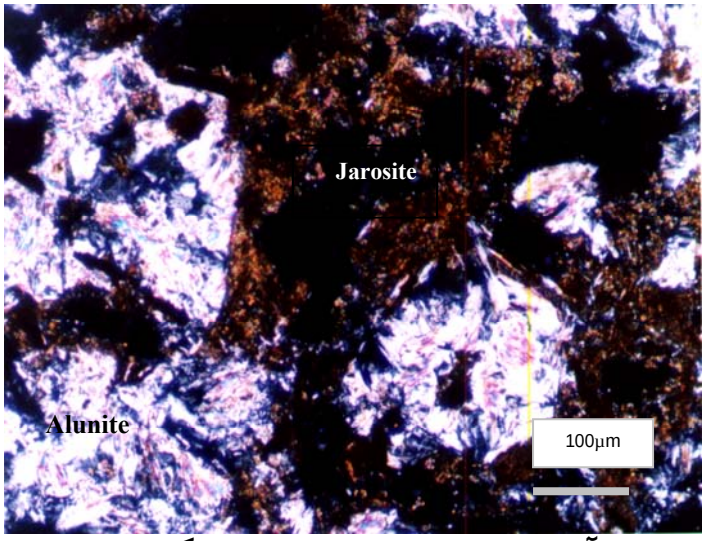

**شکل ۳- رخنموني از سنگهاي آتشفشاني دگرسان شده به كانيهاي اسيد- سولفات در اندیس معدني شهرزاد**




**شکل ۴- سريسيتي شدن پلاژيوكلاز سديم دار در سنگهای آتشفشانی منطقه مورد مطالعه( XPL)**




**شكل۵- ژاروسيت همراه با كوارتز دانه ريز در زون سيليسي**




**شكل۶- تيغه‌هاي آلونيت به همراه ژاروسيت دانه ريز به رنگ قهوه اي در زمينه XPL)**

ولكانيك‌هاي اسيدي در يك محيط با فعاليت بالاي $H^+$ و $SO^{-2}_4$ دگرسان شده‌اند. احتمالاً در فوگاسيته بالاي اكسيژن، اكسيداسيون $H_2S$ «از تصاعد آتشفشاني» باعث شكل‌گيري $HSO_4$ طبق واكنش زيرمي‌شود.

$$H_2S + 2O_2 \rightarrow HSO^-_4 + H^+$$

و يا اينكه $SO_2$ ماگمايي از طريق زير وارد واكنش مي‌شود:

$$4SO_2 + 4H_2O \rightarrow H_2S + 3H_2SO_4$$

مي‌توان اسيديته بالاي محيط را ناشي از اكسيداسيون سولفيدها در شرايط دگرساني دانست:

$$4FeS_2 + 10H_2O + 15O_2 \rightarrow 4FeOOH + 4H_2SO_4 + 4O_2$$
$$4FeS_2 + 7H_2O + 9O_2 \rightarrow 2Fe_2O_3.3H_2O + 4H_2SO_4$$

انجام واكنش‌هاي فوق باعث افزايش اسيديته محيط و دگرساني آلومينوسيليكات‌ها براي تشكل آلونيت خواهد شد.

$$3KAlSi_3O_8 + 2H^+ \rightarrow KAl_3Si_3O_{10}(OH)_2 + 6SiO_2$$
$$2KAl_3SiO_{10}(OH)_2 + 3H_2O + 2H^+ + K^+ \rightarrow 3KAl_2Si_2O_5(OH)_4$$
$$2KAl_3(SO_4)_2(OH)_6 + 6SiO_2 + K^+ + 3/2O_2$$
$$3KAl_2Si_2O_5(OH)_4 + 4SO_4^{2-} \longrightarrow$$

آلونيت كائولينيت

شواهد ميكروسكوپي نشان مي‌دهند كه تبديل مستقيم پتاسيم فلدسپات و سريسيت به آلونيت نيز طبق واكنش زير امكان پذير است:

$$3KAlSi_3O_8 + 6H^+ + 2SO^{2-}_4 \longrightarrow KAl_3(SO_4)_2(OH)_6 + 9SiO_2$$
$$KAl_3Si_3O_{10}(OH)_2 + 2SO^{2-}_4 + 4H^+ \longrightarrow KAl_3(SO_4)_2(OH)_6 + 3SiO_2$$

ترتيب توالي تشكيل كانيها در سنگهاي آتشفشاني دگرسان شده انديس معدني شهرزاد مطابق زير مي‌باشد.

| كانيها | مرحله اول | مرحله دوم | مرحله سوم |
|---|---|---|---|
| پلاژيوكلاز | ——— | | |
| فلدسپار پتاسيم | ——— | | |
| كوارتز | ——— | | ——— |
| بيوتيت | ——— | | |
| هورنبلند | ——— | | |
| مسكويت | ——— | | |

| | | | |
|---|---|---|---|
| **کلریت** | | | |
| **سریسیت** | | | |
| **آلونیت** | | | |
| **ژاروسیت** | | | |
| **پیریت** | | | |

با توجه به مطالعات پتروگرافي، تشکیل آلونیت از کائولینیت، پتاسیم فلدسپار و سریسیت در یک محیط با اسیدیته بالا امکان پذیر است که این اسیدیته به علت وجود پیریت در محیط حاصل مي‌شود. روابط پایداري آلونیت و کائولینیت تابع شرایط PH و $fO_2$ مي‌باشد(شکل ۷). با توجه به این شکل آلونیت در شرایطي که فوگاسیته اکسیژن بیشتري وجود داشته باشد و PH کمتري در محیطي باشد(۳-۱) تشکیل مي‌شود در حالي که کائولینیت در PH بیشتر(۶-۴) و فوگاسیته کمتر اکسیژن پایدار است.

## بحث و بررسي

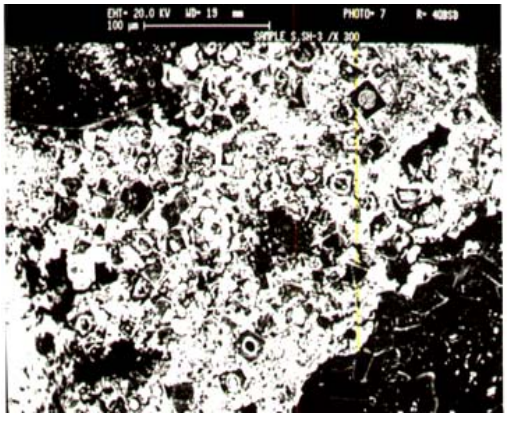
به دلیل ریز بودن کانیهاي حاصل از دگرساني و عدم تشخیص آنها توسط میکروسکوپ پلاریزان آزمایشات میکروسکوپ الکتروني اسکن (SEM) بر سنگهاي دگرسان شده حاوي کانیهاي اسید- سولفات انجام گرفته است. تصویر (SEM) یک نمونه سنگ دگرسان حاوي ژاروسیت به همراه آنالیز شیمیایي آنها نشان داده است(شکل ۷). در این تصویر اشکال بلورین و یا واضحي از ژاروسیت دیده نشده است. آنالیز نقطه‌اي کیفي از این تصاویر وجود عناصر $Al, Si, K, Fe^{3+}, Fe^{2+}, Cu, Na Mg$ را در این نمونه تأئید مي‌کند.

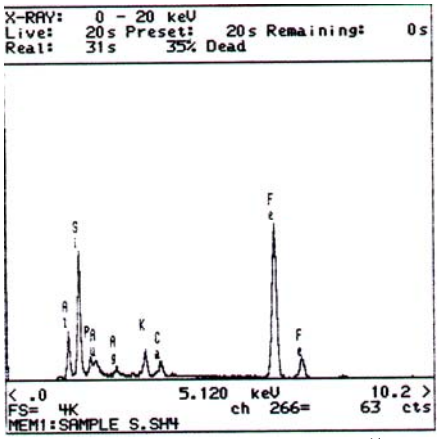
آزمایش‌هاي دیفراکتومتر اشعه X(پراش اشعه X) نیز موید وجود مجموعه کانیهاي زیر در دو نمونه مي‌باشد(شکل ۹):

الف) نمونه رگچه اي: ناترو آلونیت، کوارتز، آلونیت

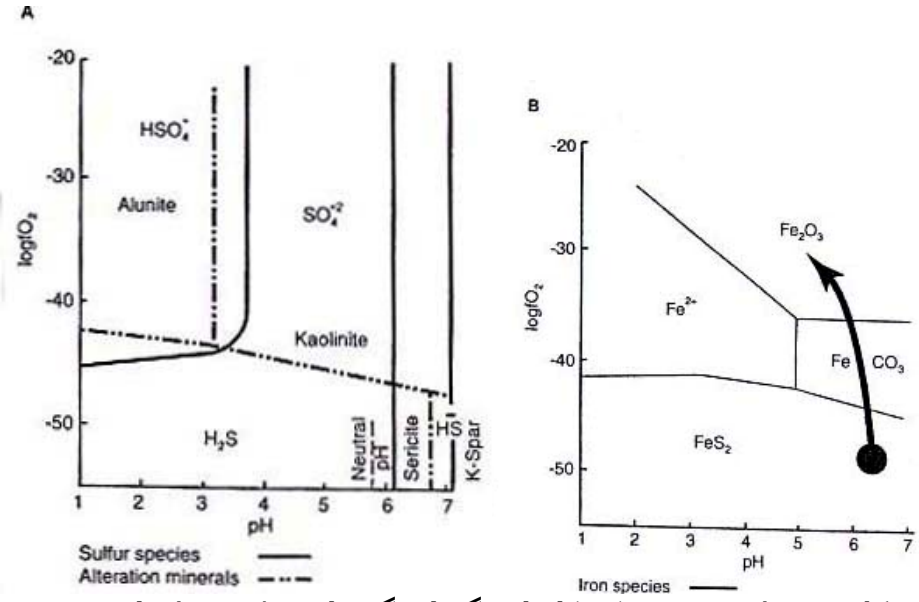
ب) نمونه جانشیني: کوارتز، کائولینیت، فیروزه، میکروکلین و مونت موریلونیت

مطالعات پراش اشعه X نشان داده است که آلونیت موجود در این نمونه‌ها از نوع ناتروآلونیت مي‌باشد. آلونیت ترکیب متغیري دارد زیرا محلول جامدي بین






**شکل ۷- تصویر RGB از ژاروسیت به همراه آنالیز نقطه اي کیفي**




**شكل۸-: نمودار □□□ –□□ كه كانيهاي دگرساني گونه‌هاي سولفوري را نشان مي‌دهد:**

A – گونه‌هاي سولفور و كانيهاي دگرساني

B- گونه‌هاي آهن، پيكان جهت احتمالي تغيير شرايط سيالات به بخشهاي سطحي تر سامانه را نشان مي‌دهد.

آلونيت و ناترو آلونيت وجود دارد [۸]. وقوع آلونيت در دماي بالاتر شامل جانشيني سديم بيشتري مي‌باشد كه در نتيجه ناتروآلونيت محصول محيط گرمتر توليد مي‌شود. براي تشكيل زون سيليكات كه در محيطهاي هيدروترمال ماگمايي وجود دارد، آبشويي Al بيشتري لازم است كه لازمه آن PH كمتر از ۲ و دماي كمتر از ۲۵۰ درجه لازم مي‌شود [۹].

بر روی ۶ نمونه از سنگهاي آلونيت دار منطقه شهرزاد آزمايشات NAA انجام شد(جدول۱). نتايج ژئوشيميايي غني شدگي از عناصر نقره، طلا، آرسنيك، جيوه و آنتيموان را در سنگهاي دگرسان شده نشان داده است كه در مقايسه با مقدار طبيعي آنها در پوسته بالاتر مي‌باشد. همچنين فراواني استرانسيوم در نمونه‌هاي آلونيت دار ديده شده است كه به دليل جايگزيني Sr به جاي Na در آلونيت‌هاي اين منطقه مي‌باشد.

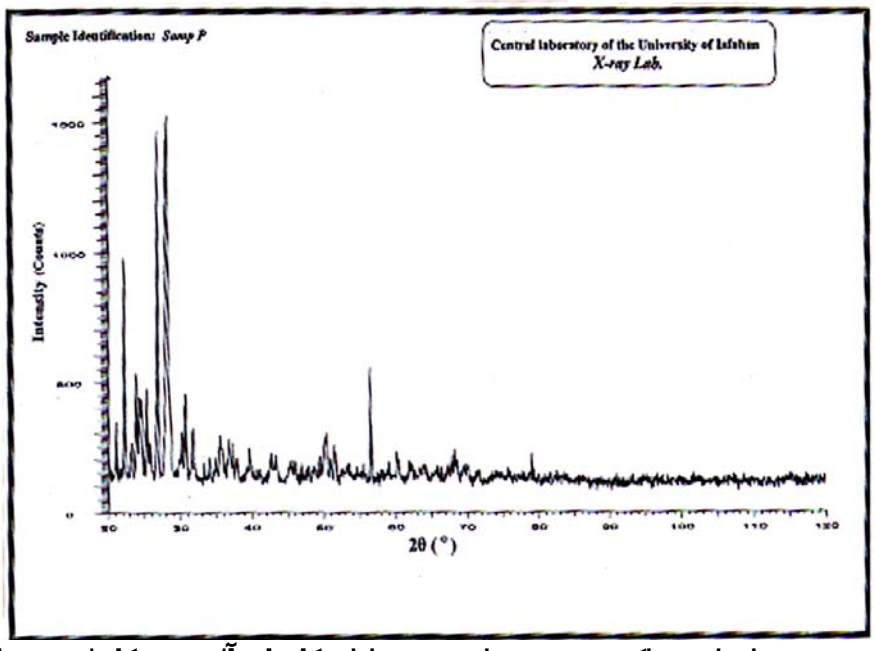
**جدول ۱- نتايج آناليز RGB از ۶ نمونه منطقه شهرزاد**

| Element(ppm) | S.G-1 | S.G-2 | S.G-3 | S.G-4 | S.SH | S.SH-1 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Ag | 614.9 | 49.6 | 0.21% | <4.4 | 178.9 | 12.7 |
| Al | - | - | - | - | 1.30% | 14.20% |
| As | 0.14% | 234.3 | 2.56% | 0.17% | 206.5 | 155.4 |
| Au | <1..9 | 51* | 4..32 | <42* | 291* | 112* |
| Ba | 14.25 % | <285.8 | 3.88% | 460.25 | 4931 | 229 |
| Ca | - | - | - | - | 0.58% | 0.72% |

| Element(ppm) | S.G-1 | S.G-2 | S.G-3 | S.G-4 | S.SH | S.SH-1 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Ce | <976 | 73.6 | 0.1% | 23.8 | 3.2 | 10.2 |
| Cu | - | - | - | - | 4.79 | 939.2 |
| Dy | <5 | 3.9 | <5.9 | <636* | 880* | 915* |
| Eu | - | - | - | - | 248* | 280* |
| Fe | 3.04% | 1.32% | 6.65% | 20.71 % | 3.57 % | 3.30% |
| K | 0.57% | 3.67% | 0.88% | 7.19% | 0.28% | 0.12% |
| La | 7.42 | 44.14 | <13.8 | 11.82 | 208 | 3.5 |
| Lu | 5.2 | 505* | <6.4 | 103* | 90* | 96* |
| Mg | - | - | - | - | 0.25 | 1.29% |
| Na | 0.33% | 0.10% | 0.18% | 0.58% | 262.7 | 0.13% |
| Rb | <532.5 | 175.7 | <652 | 105.9 | 35 | 34.1 |
| Sb | 2.36% | 321.6 | 4.09% | 464.7 | 14.7 | 147.5 |
| Sm | 8.65 | 4.93 | <3.5 | 2.21 | 500 | 19.9 |
| Sr | 387.1 | <282 | <419.4 | 0.19% | 280 | 0.14% |
| Zn | <546.9 | 56.4 | 541.2 | 170.4 | 0.20% | 459.3 |
| Zr | - | 194.4 | - | 108.7 | 230 | 179.2 |

* = ppb

فرمول عمومي كانيهاي گروه آلونيت $AB_3(XO_4)_2(OH)_6$ است [۱۴] كه در آن A كاتيون بزرگ (REE, (Ba,Ca, Pb, $NH_4$, Ag, K, U است. مكانهاي B توسط كاتيونهاي عناصر Al, Fe, Cu, Zn اشغال شده است. در طبيعت آنيون ($XO_4$) توسط S نمايان شده است. از طرفي هملي و همكاران(۱۹۶۹) در آزمايشات




**شكل ۹- نمونه اي از ديفراكتومتر پرتو X، اين نمونه داراي كانيهاي آلونيت و كائولينت مي‌باشد**

تجربي خود بخوبي روابط پايداري آلونيت با كوارتز نسبت به مسكويت، كائولينيت و پتاسيم – فلدسپار را تعيين كرده اند و اين كار در سيستم اشباع از $SiO_2$ صورت گرفته است [۱۷]. لذا مي‌توان گفت مقدار $SiO_2$ بالا به علت سيليس نهشته شده در مراحل تاخيری همراه با آلونيت باشد. همينطور مقادير بالاي Na, Sr با جانشيني اين دو عنصر در موضع A يعني كورديناسون ۱۲ قابل توجيه است [۱۷] و [۱۵].

دگرسانی آلونيت در اكثر كانسارهاي طلا و نقره نوع اپي ترمال واقع در سنگهاي آتشفشاني يافت مي‌شود. زون آلونيتي از بالا به زون سيليسي و از اطراف و پائين به زون آرژيليك محدود مي‌شود [۱۰] و [۱۱]. در زون آرژيليك و سريسيتيك كانسارهاي مس پورفيري نيز به مقدار كم آلونيت يافت مي‌شود. كانسارسازي آلونيت – ژاروسيت، آلكالي فلدسپار، كوارتز، كلريت و سريسيت به همراه كانيهاي پيريت، باريت، هماتيت، فيروزه، مالاكيت و آزوريت در منطقه مورد مطالعه به خوبي مشهود است.

محلولهاي ماگمايي و گرمابي غني از سولفات در شرايط اكسيدي و دمايي پائين تر از ۳۰۰ درجه سانتيگراد باعث هيدروليز سنگهاي غني از Al , K مي‌شود در نتيجه آلونيت تشكيل مي‌شود [۱۹]. اين كانی در بخش بالاي سيستمهاي مس پورفيري و بعضی از كانسارهاي اپي ترمال يافت مي‌شود. افزايش غلظت $SO_4$ عامل اساسي و مهم تشكيل آلونيت است، كاهش درجه حرارت محدوده تشكيل آلونيت را گسترش مي‌دهد [۱۱].

حضور آلونيت به عنوان يک كاني شاخص در رخساره دگرسانی آرژيليک پيشرفته نشان دهنده فعاليت بالاي يون سولفات در محلولهاي هيدروترمال است [۱۶]. مهمترين كانيهاي اين گروه آلونيت، ناتروآلونيت( سديم به جاي پتاسيم) و ژاروسيت (آهن به جاي آلومينيوم) مي‌باشد. ميدان پايداري آلونيت تابع ميزان تاثير محلول‌هاي حاوي $H_2SO_4$ و $K_2SO_4$، كاهش حرارت و سنگهاي والد غني از Al است [۲۰].

## نتيجه‌گيري

سنگهاي آتشفشاني ائوسن با ترکيب غالب آندزيتي تا تراکي آندزيتي تحت تاثير فازهاي ماگمايي بعد از ائوسن دگرسان شده اند. دگرساني در مقياس ميکروسکوپي شامل سريسيتي شدن، سيليسي شدن، کلريتي شدن، کائولينيتي شدن و آلونيتي شدن است. پيدايش مجموعه کانيهاي آلونيت، کائولينيت، کوارتز و پيريت دراين اندیس معدني معرف دگرساني از نوع اسيد- سولفات يا آلونيت – کائولينيت است. اين دگرسانی در شرايط رخساره آرژيليلک پيشرفته تشکيل مي‌شود و نشان دهنده فعاليت بالاي فوگاسيته اکسيژن و يون سولفات درمحيطهاي گرمابی است. نتايج ژئوشيميايي حاکي از افزايش بيش از مقدار Ag, Au, As, Sb نسبت به کلارک در اين منطقه مي‌باشد، که از ويژگيهاي نهشته‌هاي اپي ترمال طلا با ميزباني سنگ‌هاي آتشفشاني است. از اين جهت ضرورت دارد با در نظر گرفتن مطالعات کاني شناسي تفضيلي همگام با ژئوشيمي اکتشافي پتانسيل متالوژني طلا در اندیس معدني شهرزاد مشخص گردد.

## منابع


۱- آقا نباتي، سيدعلي، زمين شناسي ايران(سازمان زمين شناسي و اکتشافات معدني کشور)، ۵۸۶ ،صفحه، ۱۳۸۳.

۲- امامي، ماگماتيسم در ايران، سازمان زمين شناسي و اکتشافات معدني کشور، شماره ۱۸. ۱۳۷۹.

۳- خدامي، مهناز، بررسي پترولوژيکي سنگهاي آتشفشاني شمال باتلاق گاوخوني، پايان نامه کارشناسي ارشد،۱۷۰ صفحه.۱۳۷۷.

۴- درويش زاده، علي، زمين شناسي ايران، انتشارات دانشگاه اميرکبير،۹۰۱ صفحه.۱۳۷۹.

۵- کريم پور، محمد حسن، زمين شناسي اقتصادي کاربردي، انتشارات جاويد ،۴۰۴ صفحه.۱۳۶۸ .

۶- لله گاني، عليرضا، پتروگرافي و ژئوشيمي توده‌هاي نفوذي و دگرگوني مجاورتي غرب گردنه ملااحمد(فوداز)، پايان نامه کارشناسي ارشد، ۱۲۳ صفحه.۱۳۸۰.

۷- منصوري، مهين، بررسي زمين شناسي و پترولوژي توده‌هاي نفوذي گجد، پايان نامه کارشناسي ارشد، دانشگاه اصفهان، ۱۸۲ صفحه.۱۳۷۱.

۸- نقشه زمين شناسي ۱/۱۰۰۰۰۰ کجان ، سازمان زمين شناسي ايران، ۱۳۸۲.

۹- نقره ئيان، موسي و محمد علي مکي زاده، رخداد آلتراسيون هيدروترمال در زون ارروميه – دختر، دانشگاه آزاد واحد اراک ۲۳-۳۲. ۱۳۷۹.

10- S.M, Amidi, Etude Geologiqe de la region de Natans- Nain - Surk, (Iran- Central) Stratigraphie et petrologie, Geological survey of Iran, Report No. p. 42.316. (1979).

11- A., Jr , Arribas. Characteristics of high sulfidation epithermal deposits, and their relation to magmatic fluids: Mineralogical Association of Canada short Course Series, V23, p. 419-454. (1995).

12- T., Bissig, A.H. Clark, J.K.W., Lee, and C.J., Hodgson, Miocene landscape evolution and geomorphologic controls on epithermal processes in the El Indio- Pascua Au-Ag- Cu belt, Chile and Argentina: Economic Geology, V.79, p. 971-996. (2002).

13- H. B., Dill, A. Fricke, K. H. Henning and H. Gebert, An APS mineralization in the kaolin deposit Desa Toraget from northern Sulawesi/

Indonesia, Journal of Southeast Asian Earth Sciences, V. 11, no.4, p. 289-293. (2004).

14- H. G., Dill, A comparative study of APS minerals of the pacific rim fold belts with special reference to south American argillaceous deposits, Journal of South American Earth Sciences, v. 16, p.301-320. (2005).

15- R. P. Forster," Gold metallogeny and exploration", Chapman and Hall, p. 432 . (1996).

16- A. Jennifer Lenz, " Geochemistry and alunite mineral chemistry of the acid- sulfate alteration in the porphyry peak rhyolite, faculty sponsor, V.54, p. 324-356. (2004).

17- J. J., Hemley, Hostetle, P.B., Gude, A.J. and Mountoyoy, W.T., Some stability relations of alunite", Econic Geology, v.64, p. 599-612. (1969).

18- M., Hosseini, Petrology of alunite-bearing argillasied rocks in volcanic suits and economic significance of alunites(an example Tarom NW. of Iran), Ph.D thesis, Moscow State, University, p. 202. (1997).

19- C., Klein, J.R., Hurlbut, S., Cornelius, "Manual of mineralogy", 20th, edition, Wiley, p. 596. (1985).

20- I. Maranda, Loflin, " Origin of acid sulfate alteration of the Porphyry Peak Rhyolite, Bonanza Caldera, San Juan volcanic field, South Central Colorado", Faculity sponsor, lori Bettison-varaga, V.34 , p. 415-430. (2003).

21- R. O., Rey, P. M. Bethke, and M. D., Wasserman, The stable isotope geochemistry of acid sulphate alteration, Economic Geology, v.87, p. 225-262. (1992).

22- J. Shahbpour, and J. D., Kamers, Lead isotope data from the Sra-Cheshmeh porphyry copper deposit, Iran, Mineral. Deposita 22, 278-281. (1987).