

# SID



سرویس های ویژه



سرویس ترجمه تخصصی



کارگاه های آموزشی



بلاگ مرکز اطلاعات علمی



عضویت در خبرنامه

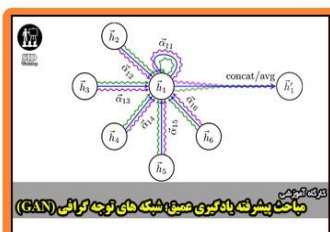


فیلم های آموزشی

## کارگاه های آموزشی مرکز اطلاعات علمی جهاد دانشگاهی



کارگاه آنلاین آشنایی با پایگاه های اطلاعات علمی بین المللی و ترند های جستجو



مباحث پیشرفته یادگیری عمیق؛ شبکه های توجه گرافی (Graph Attention Networks)



کارگاه آنلاین مقاله نویسی IEEE و ISI ویژه فنی و مهندسی

## بررسی ژنز و ارائه مدل ژنتیکی زون‌های آلتراسیون هیدروترمال گسترده طارم قزوین- زنجان

حمید رضا پیروان- استادیار پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری  
صدرالدین امینی- دانشیار دانشگاه تربیت معلم

### چکیده:

یکی از زون‌های مهم آلونیتی- کائولینیتی ایران در پالئوسن تا الیگوسن که طول آن به صدها کیلومتر می‌رسد در شمال کشور و از قزوین و زنجان تا غرب آذربایجان امتداد دارد. ماگماتیسم انوسن بالایی و الیگوسن سبب افزایش درجه زمین گرمایی منطقه طارم شده و توده‌های خطی سینیتی و گرانیتی طارم را در ژرفای کم تزریق نموده است. در اثر این فرآیند، محلول‌های گرمایی حاوی مقادیر انبوه یون سولفات، دگرسانی گسترده‌ای را ایجاد کرده است. در نواحی مرکزی طارم از جمله سیردان، یوزباشی چای، نهران و زاجکندی، محلول‌های گرمایی دارای یون سولفات و میزان اسیدیته بالا بوده و لذا به تشکیل یکان‌های آلونیتی به همراه یکان‌های کائولینیتی منجر شده است و در نواحی جنوبی از جمله تاکستان میزان اسیدیته و یون سولفات محلول‌های هیدروترمال کمتر بوده و کائولینیت به خوبی گسترش یافته است. تبعیت آلتراسیون‌ها از روند شکستگی‌ها و ساختارهای تکتونیک، همراهی قاطع با سنگ‌های آذرآواری و فقدان سنگ‌های رسوبی، فقدان کانی‌های دیاسپور و بوهمیت، تطابق میزان سیلیس و آلومین سنگ‌های دگرسان با تیپ گرمایی، زوناسیون مشابه با تیپ اپی‌ترمال و حضور رگه‌های هیدروترمال و لکه‌های باز مانده سنگ مادر در بدنه آلتراسیون همگی دلالت بر منشاء اپی‌ترمال بودن آلتراسیون منطقه طارم دارد. فراوانی کانی‌های اسیدی (آلونیت- کائولینیت) و نبود آدولاریا در یکان‌های مختلف آلتراسیون منطقه مورد مطالعه نشانگر این موضوع است که در منطقه طارم، سیستم اپی‌ترمال نوع اسیدی و اکسیدان (High Sulfidation)، حاکم بوده است.

**کلید واژه:** ژنز، مدل ژنتیکی، زون آلتراسیون، هیدروترمال، طارم، قزوین، زنجان

### The origin of hydrothermal alteration zones and presentation a genetic model in Tarom Range ( Qazvin- Zanjan in Iran)

Peyrowan, Hamid Reza- Associated prof. of soil conservation and watershed management research institute

E- mail : [peyrowan@scwmri.ac.ir](mailto:peyrowan@scwmri.ac.ir)

Amini, Sadreddin, prof. of Tarbiat Moallem University

### **Abstract**

One of the most important Alunite- Kaolinite zones in Iran with Paleocene to Oligocene age is located in the north of Iran, from Qazvin to Zanjan provinces that extend to west Azarbayjan. Upper Eocene - Oligocene magmatism exceeded the geothermal gradient of the region, consequently, the linear plutons with granitic to syenitic composition have emplaced in lava and tufaceous rocks of Eocene to Oligocene age. Due to intrusion of these plutons, widespread alteration zones are formed by sulfated hydrothermal fluids. In central areas of Tarom Range such as Syrdan, Youzbashichai, Nahran and Zajkandi areas, hydrothermal fluids had high sulfate ions and high acidity so Alunite units mainly have formed with kaolinite units. In somewhere such as Takestan area the amount of sulfate ions were lesser with higher pH, so Kaolinite units were formed more. Dependency of alteration zones from main fault and general structural trends, association with volcanoclastic rocks and lack of sedimentary strata, lack of Diaspore and Boehmite minerals, accordance the silica and alumina contents of altered rocks with hydrothermal alteration types, similar zonation towards epithermal type and finally selective formation of alteration process with remnants of fresh and origin rocks, all of these witness introduce epithermal genesis for alteration zones in Tarom Range. The high amount of acidic minerals ( Alunite and Kaolinite) and lack of Adularia mineral in various alteration units in studied area have confirmed the epithermal system, acidic and oxidant ( high sulfidation), had been predominant in the Tarom.

Key word: Genesis. Genetic model, Alteration zone, hydrothermal, Tarom, Qazvin, Zanjan

### **مقدمه**

بررسی سابقه مطالعات و تحقیقات انجام شده در مورد ژنز زونهای وسیع آلتراسیون گستره طارم نشان می‌دهد که مطالعات در دو برهه زمانی مشخص به انجام رسیده است. اولین مطالعات مربوط به اکتشاف سراسری آلونیت ایران است که توسط سازمان زمین‌شناسی کشور در سال ۱۳۶۵ به انجام رسیده است. نوائی (۱۳۶۲) در مطالعات خود، آلونیت و کائولینیت گستره طارم را از منشاء رسوبی و همخاست با تشکیل خاکسترهای زیردربایی (Syngenetic) در نظر گرفته است. احمدیان (۱۳۷۰) ، بخش کوچکی از آلتراسیون منطقه طارم در حوالی ذاکر زنجان را مطالعه کرده و منشاء هیدروترمالی برای آن

برشمرده شده است. پیروان (۱۳۷۱ و ۱۳۸۱) بخش عمده زون‌های آلتراسیون منطقه طارم (محور قزوین- زنجان) را بررسی و ژنز آن را هیدروترمال بیان داشته است. مطالعاتی که توسط حسینی (۱۳۷۱) به انجام رسیده، ژنکانسار آلونیت سیردان را از نوع آلتراسیون اپی ترمال دانسته است.

هدف از این تحقیق، بررسی ویژگی‌های کانیشناسی کانیهایی مهم آلتراسیون از جمله آلونیت و کائولینیت، فرآیندهای مؤثر بر کائولینیتیزاسیون و آلونیتیزاسیون سنگ‌ها و ویژگی‌های زمین‌شناسی، کانیشناختی و شیمیایی این ذخایر بوده تا نهایتاً منجر به ارائه مدل ژنتیکی مناسب منطقه طرح گردد. لازم به ذکر است که عقاید مختلفی در مورد ژنز کانسارهای آلونیت و کائولینیت زون طارم مطرح شده که همگی مورد نقد و بررسی قرار خواهد گرفت.

### **آلونیت و کائولینیت زایی در گستره طرح**

ماگماتیسم ائوسن بالایی و الیگوسن سبب افزایش درجه زمین گرمایی در بیشتر مناطق ایران شده و توده‌های ماگمایی بسیاری را در ژرفای کم جای داده است که در اثر آن، محلول‌های گرمایی حاوی مقادیر زیادی یون سولفات جریان یافته و دگرسانی گسترده‌ای در محور تاکستان - میانه تا جلفا ایجاد کرده است. در صورتی که محلول‌های گرمایی دارای یون سولفات بیشتر و در نتیجه PH پایین باشد، دگرسانی حاصل از آنها به تشکیل آلونیت‌های منطقه انجامیده و چنانچه میزان اسیدیته محلول‌های گرمایی کمتر باشد باعث کائولینیتیزاسیون در منطقه شده است. زون آلونیتی منطقه مورد مطالعه بخشی از زون آلونیتی است که از غرب آذربایجان تا طارم، زنجان و قزوین ادامه دارد. ذخایر بزرگ آلونیت منطقه که اکثراً در توف‌های ولکانیکی تشکیل شده‌اند، دارای زون بندی مشخصی هستند. به این ترتیب که از قاعده تا بالا یکان پروپلیتی، یکان کائولینیت، یکان آلونیت و نهایتاً یکان سیلیس در بالاترین افق تشکیل شده است و لذا ذخایر آلونیت ایران با کائولن و سیلیس به مقدار فراوان همراه است.

### **بررسی نظرات و عقاید مختلف در زمینه ژنز زون‌های آلتراسیون گستره طارم**

همانگونه که در مقدمه ذکر گردید پاره‌ای از محققین با توجه به جمع بندی شواهد بررسی‌های صحرائی تشکیل آلونیت به صورت آلتراسیون هیدروترمال را به دلایل زیر بعید دانسته اند (۱۲):

۱- آلتراسیون گرمایی نمی‌تواند منظم عمل نموده و در نتیجه شکل خاصی داشته باشد و معمولاً به گونه نامشخص عمل می‌کند. در حالی که در منطقه طارم، آلونیت همواره جایگاه خاصی در چینه‌شناسی منطقه دارد.

۲- واحدهای مختلف زون آلونیتی شده درست مانند یک واحد رسوبی به طور جانبی تغییر ضخامت می‌دهد. در حالی که در مکان زمین‌شناسی خاص خود قرار دارد. ولی یک آلتراسیون گرمایی دارای چنین خاصیتی نیست.

۳- محلول‌های کانی‌ساز بر سنگ‌های دارای ترکیب شیمیایی یکسان اثر مشابه دارد، در صورتی که منطقه با اینک سنگ‌های زیر و بالای آلونیت، دارای ترکیب شیمیایی و در نتیجه کانی‌شناسی یکسانی هستند در آنها اثری از آلونیتی‌شدن دیده نمی‌شود.

۴- وجود گچ بخصوص در قاعده واحد توف‌های ماسه‌ای بنفش رنگ در حالی که هیچگونه اثری از آلتراسیون در آن دیده نمی‌شود دلیلی بر رسوب خاکستر آتشفشانی در یک محیط رسوبی کم عمق و کولابی است و لذا رسوب خاکسترهای آتشفشانی در یک محیط فوق اشباع از سولفور باعث می‌شود که در مراحل اولیه، کلیه یون‌های سولفور به صورت گچ رسوب نماید و سپس باقی‌مانده سولفور باعث تغییر بنیاد سیلیکات‌های آلومینیوم‌دار (فلدسپات‌ها) موجود در خاکسترها به سولفات شده و تشکیل تدریجی آلونیت انجام می‌گیرد.

بر اساس شواهد صحرایی و آزمایشگاهی انجام شده ( ۴ ) در مورد زون‌های آلتراسیون هیدروترمال در پاسخ به شبهات وارده موارد زیر ارائه می‌شود.

۱- اولاً آلتراسیون هیدروترمال وسیع در گستره طارم به گونه‌ای منظم عمل نکرده و از روند شکستگی‌ها، خردشدگی‌ها و ساختارهای تکتونیک تبعیت نموده است. بیشترین توسعه و گسترش این زون‌ها در مجاورت با توده‌های نفوذی و در سنگ‌های آذرآواری ائوسن - الیگوسن رخ داده است. ثانیاً زون‌های آلتراسیون منطقه از قاعده به سمت بالا دارای زوناسیون منظمی است که از زون پروپیلیتی در قاعده شروع و به ترتیب به زون آرژیلی متوسط، آرژیلی شدید (آلونیت) و سیلیسی ختم می‌شود که این نوع توالی منظم یکی از شناخته‌ترین زوناسیون آلتراسیون تیپ اپی ترمال در دنیا می‌باشد. مشکل عمده در شناسایی ژنز این نوع آلتراسیون در صحرا در پاره‌ای از مطالعات قبلی، همین مطلب است که توالی منظم یکان‌های مختلف آلتراسیون، با توالی رسوب‌شناسی یکسان فرض شده و لذا اعتقاد به منشأ رسوبی پیدا شده است.

۲- تغییر ضخامت جانبی یکان‌های مختلف زون دگرسانی به دلیل شکل قیفی این نوع آلتراسیون‌های هیدروترمال است که در انواع آلتراسیون اپی ترمال و هیدروترمال شناخته شده است.

۳- فرآیند آلتراسیون تحت شرایط خاص از نظر عمق، درجه حرارت و شرایط فیزیکوشیمیایی بر سنگ‌های منطقه تأثیر می‌گذارد لذا ممکن است حتی در سنگ‌های با لیتولوژی مشابه در شرایط متفاوت، تأثیر یکسانی نداشته و لذا دیده می‌شود که بعضاً آلتراسیون در یک افق مشخص بر سنگ‌های منطقه تأثیر گذاشته است. ضمن این که بررسی لیتواستراتیگرافی منطقه نشان می‌دهد که فازهای ولکانیکی جوان‌تر از آلتراسیون هم در منطقه بوقوع پیوسته است که به صورت کاملاً سالم و فاقد شواهد دگرسانی بر روی پهنه‌های آلتراسیون قرار گرفته‌اند ( ۴ ).

۴- اکثر زون‌های آلتراسیون منطقه طارم فاقد گچ و یا حاوی مقادیر بسیار کمی از آن می‌باشند. ضمناً فرآیند گچ‌دار شدن توف‌های منطقه می‌تواند از منشأ آب‌های سطحی به وجود آمده باشد و لذا فرض بر کم عمق و کولابی بودن محیط تشکیل خاکسترهای آتشفشانی منطقه امری است که به سادگی قابل اثبات نمی‌باشد.

۵- مدل‌های رسوبی، به هیچ وجه قادر به توجیه چگونگی و نحوه پیدایش زوناسیون منظم (از قاعده به بالا: زون پروپلیتی، آرژیلی، آرژیلی پیشرفته (آلونیتی) و پوش‌سنگ سیلیسی) در آلتراسیون طارم نمی‌باشد.

۶- فقدان کانی‌های دیاسپور و بوهمیت در مجموعه کانی‌های زون‌های دگرسانی دلیل محکمی بر رد ژنز رسوبی این نوع کانسارها است (جداول ۱ تا ۴ را بنگرید).

۷- میزان سیلیس و آلومین این نوع سنگ‌های دگرسانی با تپ کانسارهای کائولن‌گرماهی تطابق بیشتری نشان می‌دهد (جداول ۱ تا ۳ را بنگرید).

۸- فقدان سنگ‌های رسوبی همراه و حضور قاطع سنگ‌های ولکانی کلاستیک متوسط تا اسیدی در کنار توده‌های نفوذی متوسط تا اسید کم ژرفا دلیل دیگر بر رد شرایط رسوبی و Syngenetic بودن کانی‌های آلتراسیون منطقه می‌باشد.

۹- حضور رگه‌های هیدروترمال و لکه‌های بازمانده سنگ مادر در بدنه آلتراسیون نشان از تبعیت پیشرفت آلتراسیون در ارتباط با سیستم شکستگی‌های موجود و انتخابی بودن این فرآیند در سنگ دارد.

۱۰- حضور اشکال عدسی و رگه‌ای دگرسان شده که لایه بندی طبقات توفی را قطع می‌کنند دلیل دیگری بر این مطلب است که آلتراسیون اتفاق افتاده با سنگ مادر همزاد نبوده و به طور ثانوی بر آن تأثیر گذاشته است.

۱۱- همراهی قاطع زون‌های آلتراسیون با توده‌های نفوذی متوسط تا اسید کم ژرفا می‌تواند نشانگر آلتراسیون هیدروترمال ناشی از تزریق توده‌های نفوذی بر مجموعه سنگ‌های متوسط تا اسیدی ائوسن والیگوسن منطقه باشد. در مناطقی همچون زاجکان و یوزباشی چای که در گذشته اثری از توده‌های نفوذی ذکر نگردیده است با بررسی‌های تصاویر ماهواره‌ای، حضور توده نفوذی نسبتاً بزرگ در مجاورت زون وسیع آلتراسیون زاجکان و یوزباشی چای در این مطالعه بازنشاسی گردید (۵) که نقش محلول‌های گرماهی حاصل از تزریق توده نفوذی بر پیدایش و توسعه زون‌های آلتراسیون را در این منطقه نیز محرز می‌کند.

### **تعیین شرایط حاکم بر آلتراسیون منطقه با توجه به توالی کانی‌های آلتراسیون**

کانی‌های آلتراسیون و کانسارهای حاصل از این فرآیند می‌توانند در تعیین شرایط شیمیایی حاکم بر تشکیل کانی‌های دگرسانی و ته‌نشست کانه‌ها و نیز تغییرات شیمیایی مرتبط بسیار مفید باشد. شرایط تشکیل مجموعه آلتراسیون‌های آرژیلیتی، سربستی و سیلیسی موجود با توجه به تنوع کانی‌های دگرسانی قابل بررسی است. با ملاحظه تغییرات میزان PH و فعالیت اکسیژن می‌توان شرایط تشکیل زون‌های دگرسانی طارم را به قرار زیر تفسیر نمود.

سربست به وسیله محلول‌های خنثی تا قلیایی ضعیف تشکیل می‌شود و فلدسپات پتاسیم، محصول آلتراسیون محلول قلیایی است (PH خنثی در  $250^{\circ}C$ ، تقریباً ۵/۵ است، منبع ۶). این بخش از آلتراسیون در منطقه طرح از ضخامت کمی برخوردار بوده و در فاصله اندکی به آلتراسیون آرژیلیتی ختم می‌گردد.

میدان پایداری آدولاریا در PH های قلیایی است. حضور این کانی در رگه‌های هیدروترمال می‌تواند معرف افزایش PH باشد که در نتیجه از دست دادن کربن در خلال جوشش حاصل می‌گردد. البته ممکن است که PH محلول به طور اولیه نیز بالا بوده باشد. با توجه به اینکه این کانی در مجموعه کانی‌شناسی یکان‌های مختلف آلتراسیون منطقه ملاحظه نشده است، لذا می‌توان چنین دریافت که PH محلول زاینده آلتراسیون منطقه طرح طبیعتاً پایین بوده است که این امر را می‌توان از گسترش محدود یکان سریسیتی در بدنه زون‌های آلتراسیون موجود و گسترش وسیع و قابل ملاحظه دگرسانی‌های آرژیلیتی نتیجه گرفت. مجموعه‌های آلتراسیونی که به وسیله محلول‌های اسیدی تا اسیدی ضعیف تولید می‌شوند، با آلونیت و کائولینیت مشخص می‌گردند.

در مجموعه آلتراسیون آرژیلیتی منطقه طرح، کائولینیت، مونتموریونیت، ایلیت، و آلونیت به نسبت‌های متفاوتی موجود است (۴). اغلب این فازها بر PH های کمتر از ۵ دلالت دارند. مجموعه اسیدی (آلونیت و کائولینیت) یکان‌های مختلف آلتراسیون منطقه طرح، محصول محلول‌های اسیدسولفوریک داری است که تشکیل آنها از طریق اکسیداسیون بخارات  $H_2S$  فراهم گردیده است. این بخارات می‌بایستی از یک سیستم در حال جوشش سرچشمه گرفته باشند. آلونیت و کائولینیت موجود در منطقه طرح، می‌توانند در مجموعه‌های اکسیدکننده اسیدی تشکیل شوند. مجموعه اسیدی می‌تواند به عنوان نتیجه تراوش رو به پایین (Downward Percolating) محلول‌های اسید سولفوریک تفسیر شوند. این محلول‌ها خود حاصل اختلاط آب زیرزمینی اکسید با بخارات  $H_2S$  برخاسته از نواحی عمیق‌تر می‌باشد. اکسیدان محلول‌های هیدروترمال ممکن است به علل جوشیدن، اختلاط با آب زیرزمینی اکسیژن‌دار و یا برخورد آنها با سنگ میزبان حاوی مجموعه‌ای از کانی‌های اکسیدی روی دهد. عمقی که محلول شروع به جوشیدن می‌نماید تابع حرارت محلول، املاح و میزان ساختمان‌های اولیه و ثانویه محیط می‌باشد. اختلاف عمق ظهور حباب‌های گاز و شروع جوشش، بیشتر به غلظت گازها بستگی خواهد داشت که هر اندازه غلظت گازها بیشتر باشد این اختلاف زیادتر خواهد شد.

تغییرات مهمی که در زون جوشش رخ می‌دهند عبارتند از: کاهش گازهای  $HCl$ ,  $H_2S$ ,  $CO_2$  محلول، کاهش سریع حرارت، افزایش PH در قسمت تحتانی و کاهش آن در بخش فوقانی و سرانجام، افزایش شرایط اکسیدان محلول. از خصوصیات مهم زون جوشش، وجود دو نوع سیال درگیر می‌باشد. یکی سیال غنی از گاز و دیگری سیال غنی از محلول (۱۰).

زون سریسیتی و آرژیلیک به دلیل هیدرولیز سیلیکات‌های آلومینیوم دار به وجود می‌آیند. در قسمت‌های زیرین زون جوشش، زون سریسیتی تشکیل و در بخش بالایی به دلیل بالا بودن میزان غلظت گازهای  $H_2S$  و  $CO_2$  زون آرژیلیک تشکیل خواهد گردید (۱۰).

هیدرولیز پتاسیم فلدسپات موجب تشکیل سریسیت و رها شدن سیلیس و  $K^+$  در محلول خواهد شد. چنانچه شدت هیدرولیز زیاد باشد، سریسیت به کائولینیت تبدیل می‌شود. یکان آلونیت در نزدیکی سطح زمین و در شرایط اکسیداسیون بالا و غنی بودن محلول از سولفور و بالا بودن میزان K و Al سنگ‌های منطقه تشکیل شده است. این یکان از بالا به یکان سیلیسی و از اطراف و پایین به یکان آرژیلیک ختم شده است. یکان آرژیلیک نیز در منطقه طرح بر روی یکان پروپیلیتی قرار دارد.

در پاره‌ای موارد، غلظت آهن در محلول بالا رفته و به جای آلونیت، ژاروزیت تشکیل شده است. این بخش در صحرا به رنگ‌های قرمز به خصوص در ناحیه سیردان قابل تشخیص است.

زون سیلیسی توده‌ای، برشی و جانشینی در بالاترین افق آلتراسیون منطقه طرح به صورت کلاهک و سرپوش سخت تشکیل شده است. سیلیس آزاد شده از زون سرسیستیک و آرژیلیک به شکل محلول به سطح انتقال یافته و گاهی در مسیر انتقال با سنگ‌ها واکنش انجام داده و آنها را سیلیسی نموده است. سیلیس محلول در سطح به اشکال مختلف اکسید سیلیس به صورت بافت کلونیدی، جریان‌ی و برشی نهشته شده که به آن مجموعه ژاسپروئید گویند. افزایش غلظت سیلیس ناشی از آلتراسیون‌های سرسیستیک و آرژیلیک، موجب ته نشینی کوارتز یا کالسدون از سیالات اولیه، در دمای حدود ۲۵۰ تا ۳۰۰ درجه سیلیسیوس شده است.

حداکثر میزان سیلیس در جایی تشکیل می‌شود که سیال در شرایط آدیباتیک در فشار ۱ atm بجوشد و پس از رسیدن به مرحله فوق اشباعی، ته نشست سیلیس آمورف یا سیلیس کالسدون - اپالی آغاز گردد. قابلیت انحلال کوارتز در دمای حدود ۳۲۰°C به حداکثر میزان خود می‌رسد، از این رو جوشش سیال هیدروترمال در دماهای اولیه بالاتر موجب می‌شود تا سیال نسبت به کوارتز تحت اشباع گردد. در چنین مواردی، یک زون گسترده سیلیسیفیکاسیون تشکیل نخواهد شد بلکه ممکن است ذرات ریزدانه آن به طور پراکنده یافت شود. همچنین ممکن است ته نشینی سیلیس از سیال هیدروترمال در اثر رقیق شدن به وسیله آب‌های سرد زیرزمینی نیز رخ دهد. اما در این صورت درجه اشباعی چندان بالا نخواهد بود. این امر با ته نشست آهسته سیلیس و تشکیل کوارتز تبلور بالا (Well - crystallized) در دمای بیش از ۲۰۰°C سازگاری دارد. کالسدون ممکن است در دماهای پایین‌تر تشکیل شود اما عموماً فاقد مشخصه‌های نواری محیط‌های جوشش است.

در اغلب موارد، سیلیس توده‌ای با نهشته‌های اسید سولفات (آلونیت - کائولینیت) منطقه طرح همراه است. در این حالت درجه اشباعی نسبتاً بالای سیلیس با تخریب سریع آلومینوسیلیکات‌های اولیه به وسیله سیالات اسیدی، مرتبط می‌باشد.

### مدل ژنتیکی زون‌های آلتراسیون طارم

توده سیال آبی یک سیستم ژئوترمال معین در PH تقریباً خنثی حاوی  $\text{CO}_2$  و  $\text{H}_2\text{S}$  می‌باشد. در نزدیکی سطح زمین از این توده سیال آبی دو نوع سیال در شرایط جدایش فاز ممکن است ایجاد گردد (۶). یک سیال که با بخارات رها شده از قسمت‌های عمیق‌تر، حرارت داده می‌شود، به طور واضح‌تر، سیالاتی که تحت اثر بخارات  $\text{H}_2\text{S}$  قرار می‌گیرند که در این صورت میزان بخار و جذب  $\text{H}_2\text{S}$  در نواحی اکسیژن دار (مربوط به اکسیژن جوی) موجب اکسیداسیون سولفید به سولفات در این نوع آب‌ها و کاهش شدید PH می‌گردد و به دنبال آن آلتراسیون شدید سنگ‌های سطحی و تبدیل آن به مجموعه‌های اسیدی اکسیدان (آلونیت - کائولینیت - سیلیس) میسر می‌گردد که اغلب با پیریت و گوگرد آزاد ارتباط زایشی دارند. این نوع آلتراسیون تحت عنوان آلتراسیون هیدروترمال نوع اسید سولفات High



(HS) Sulfidation موسوم است. تیپ آلتراسیون منطقه طرح از این نوع می‌باشد (جدول ۴). اگر سیال آبی یاد شده به جای  $H_2S$  از  $CO_2$  غنی شود، در سطوح عمیق‌تر، محلول‌هایی با اسیدیته متوسط حاصل می‌شود. این سیال‌های آبی، زون‌های دگرسانی رسی از نوع ایلیت، کائولینیت را به وجود می‌آورند که تحت عنوان آلتراسیون نوع Low Sulfidation (LS) موسوم است. دو الگوی HS و LS در شکل ۱ و ۲ به لحاظ ویژگی‌های کانی‌زایی مقایسه شده است.

در شکل (۱) دو الگوی رسوبگذاری از دو سیال با ترکیب کاملاً متفاوت: نوع هیدروترمالی-ولکانیکی (نوع HS) و سیستم هیدروترمالی (نوع LS) دیده می‌شود. همانطور که ملاحظه می‌شود درجه حرارت سیال نوع LS پایین‌تر

از نوع HS می‌باشد. در سیستم LS، سیالات مشتق شده از مخزن ماگمایی قبل از آنکه به محیط ژئوترمال وارد شود با برخورد به سیستم گردش آب‌های با منشأ جوی ترکیب و متعادل می‌شود. در سیستم HS، سیالات مشتق شده از مخزن ماگمایی با کمترین تغییرات و تبدیلات به محیط آبی ترمال وارد شده و سپس در آن شرایط با آب‌های جوی ترکیب و یک سیال هیپوژن اسیدی را تشکیل می‌دهد که این سیالات با سنگ دیواره وارد واکنش شده و آن را تحت فرآیند شستشو (Leaching) قرار می‌دهد. کانی‌های فلزی عموماً در فاز تأخیری اختلاط سیالات ماگمایی و آب‌های جوی تشکیل می‌شوند.

بسیاری از کانی‌های هیدروترمال در محدوده‌های PH و حرارت معینی پایدار هستند، لذا نقشه برداری نحوه توزیع و پراکنش کانی‌های دگرسانی در نواحی با رخساره آبی‌ترمال این امکان را به ما می‌دهد که بتوان زون‌های ژئوشیمیایی و ترمال را بازسازی نمود تا از این طریق به ارائه مدل هیدرولوژیکی سیستم هیدروترمال دست یافت.

کانی‌های آلتراسیون همچنین در تعیین الگوی نهشته‌های نوع LS یا HS کاربرد قاطع و واضح دارند. همانطور که در شکل ۲ نشان داده شده است، در زیر محیط آبی ترمالی، یک توده ماگمایی قرار دارد که به مانند یک موتور و مولد به سیستم هیدروترمالی موجود، گاز، حرارت، آب و عناصر فلزی تزریق می‌نماید که دو نوع سیستم نوع LS و HS را تولید می‌کند که در بالا توضیحات آن داده شد. فراوانی کانی‌های اسیدی (آلونیت- کائولینیت) و نبود آدولاریا در یکان‌های مختلف آلتراسیون منطقه مورد مطالعه نشانگر این موضوع است که در منطقه طارم، سیستم آبی‌ترمال نوع اسیدی و اکسیدان (High Sulfidation)، حاکم بوده است.

## فهرست منابع

- ۱- احمدیان، جمشید (۱۳۷۰): بررسی ژئوشیمیایی زون‌های آلتراسیون هیدروترمال با نگرشی بر کانی‌سازی‌های انجام شده در منطقه ذاکر، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تبریز.
- ۲- پیروان، حمیدرضا (۱۳۷۱): بررسی پتروگرافی و پترولوژی و ژئوشیمی سنگ‌های آذرین درونی شمال ابهر و ارتباط پلوتونیزم منطقه با کانی‌سازی‌های انجام شده، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تربیت‌معلم تهران.

- ۴- پیروان، حمیدرضا (۱۳۸۱) : - پیروان ، حمید رضا، (۱۳۸۱) : بررسی ژئوشیمیایی زون‌های آلتراسیون هیدروترمال سنگ های ماگمایی منطقه طارم و اثرات زیست محیطی آن، رساله دکتری زمین شناسی (Ph.D) ، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات
- ۵- پیروان، حمید رضا، غیومیان، جعفر، امینی، صدرالدین، لطفی، محمد (۱۳۸۲) : شناسایی و تفکیک زون‌های آلتراسیون هیدروترمال و سنگ‌های ماگمایی با استفاده از فن و دانش سنجش از دور، مجله پژوهش و سازندگی، شماره ۶۰، صفحات ۸۰ تا ۸۷.
- ۶- حسنی پاک، علی اصغر (۱۳۷۵) : ژئوشیمی اکتشافی ( محیط سنگی ) ، دانشگاه هرمزگان، ۲۷۳ صفحه.
- ۷- حسنی پاک، علی اصغر(۱۳۷۸): اکتشافات ذخایر طلا، انتشارات دانشگاه تهران، ۶۰۸ صفحه.
- ۸- حسینی، مهدی(۱۳۷۴): آلونیت زایی در منطقه طارم، دومین همایش انجمن زمین شناسی ایران.
- ۹- قربانی، منصور، ارزانی، کاوه (۱۳۷۳) : کائولن و رس های نسوز ، طرح تدوین کتاب زمین شناسی ایران، ۱۷۲ صفحه.
- ۱۰- کریم پور، محمد حسن ( ۱۳۶۸ ) : زمین شناسی اقتصادی کاربردی، انتشارات جاوید ، ۴۰۴ صفحه.
- ۱۱- نوایی، ایرج (۱۳۶۲) : پروژه اکتشافات آلونیت ایران، ۶ جلد، سازمان زمین‌شناسی کشور.
- ۱۲- نوایی، ایرج (۱۳۶۲) : موقعیت زون آلونیتیزه در زمین‌شناسی منطقه طارم، اولین سمپوزیوم معدن‌کاری ایران، کرمان.

13- Geological survey of Iran 1969. Explanatory text of the Zanjan Quadrangle Map, 1: 250000, No.D4.

14-Geological survey of Iran 1975. Explanatory text of the Qazvin – Rasht Quadrangle Map, 1: 250000, Nos.E3, E4.

15-Hubert LLOYD Barnes. 1979.Geochemistry of hydrothermal ore deposits, John Wiley & Sons.

جدول (۱): ویژگی کانسارهای کائولن رسوبی ایران (۹)

نوع ویژگی	مشخصات
کانی شناسی	کانی غالب کائولین نیت است. مقدار کوارتز اندک و کانیهای پر مایه از آلومینیم مانند دیاسپور - بوهمیت و گاهی پیروفیلیت در آنها یافت می شود.
میزان تیتان	به طور معمول دارای تیتان هستند که به صورت کانی آنتاز تجلی می کند.

میزان سیلیس	$SiO_2 < 55\%$
میزان $Al_2O_3$	$Al_2O_3 > 25\%$ و گاهی تا ۴۰ درصد
سنگهای همراه	اغلب در تناوب با طبقات آهکی و دولومیتی - رس های آرزبلی - شیل و شیل های بیتومین دار و به طور کلی سنگ های رسوبی کم ژرفا
ارتباط با سنگهای ولکانیکی	در حال حاضر بین این کانسارها و سنگ های ولکانیکی ارتباطی دیده نشده است. ولی وقوع و حضور چنین سنگ هایی در فواصل زمانی رویداد کانسارهای رسوبی کائولن در این نواحی ممکن است بیانگر خاستگاه ماگمایی آنها باشد.
سایر ویژگیها	دارای لایه بندی اند. این کانسارها در نتیجه دگرسانی سنگ های اسیدی نواحی پیرامون حوضه رسوبی پدید آمده اند. با رسوب های کربناتی خشکی زاد پیوند خویشاوندی داشته و فاقد فسیل های جانوری و گیاهی می باشند.

جدول (۲): ویژگی کانسارهای گرمابی ایران (۹)

نوع ویژگی	مشخصات
کانی شناسی	برتری کامل کائولینیت، همراه داشتن چشمگیر کوارتز و گاه آلونیت، فقدان کانیهای دیاسپور و بوهمیت
میزان سیلیس	به طور معمول $SiO_2 > 60\%$
میزان $Al_2O_3$	$Al_2O_3 < 24\%$
سنگهای همراه	سنگ های ولکانیکی از نوع توف، آندزیت، داسیت و توده های نفوذی متوسط تا اسیدی کم ژرفا

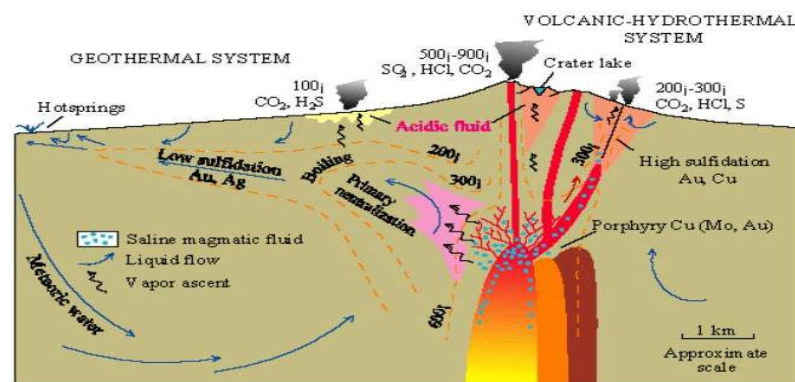
جدول (۳): ویژگی کانسارهای کائولینیتی گستره طرح (۴)

نوع ویژگی	مشخصات
کانی شناسی	برتری کامل کائولینیت، همراه داشتن چشمگیر کوارتز و گاه آلونیت، فقدان کانیهای دیاسپور و بوهمیت، حاوی آناتاز و همتایت
میزان سیلیس	به طور میانگین $56/35\%$ ، حداقل $49/73\%$ ، حداکثر $65/67\%$
میزان $Al_2O_3$	به طور میانگین $22/7\%$ ، حداقل $16/06\%$ ، حداکثر $29/01\%$
سنگهای همراه	آندزیت بازالتی، آندزیت و توف های آندزیتی، توف های کوارتز آندزیتی، لیتیک تاف آندزیت داسیتی، گدازه های آندزیت داسیتی، کریستال لیتیک تاف ریوداسیتی، گدازه های ریولیتی و سنگ های نفوذی متوسط تا اسید کم ژرفا
کانی شناسی سنگ مادر	کانی های بازمانده سنگ مادر: اشباح و بازمانده هایی از پلاژیوکلاز، آمفیبول، بیوتیت، پیروکسن و لیتیک
سنگ مادر	داسیت، تراکی آندزیت، آندزیت، آندزیت بازالتی، ریولیت

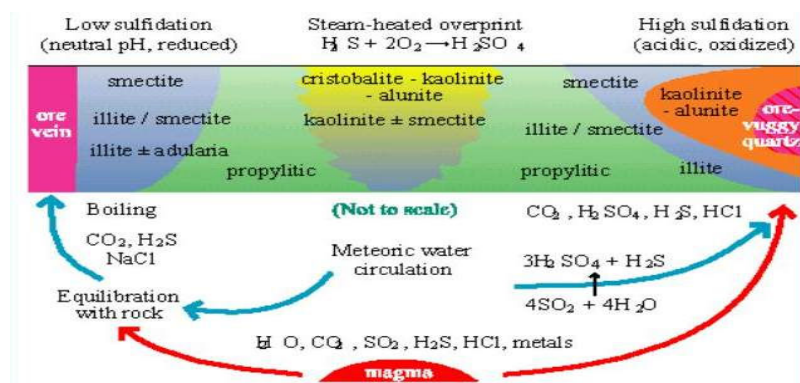
جدول (۴): استنباط‌هایی در مورد محیط و شرایط تشکیل زون‌های آلتراسیون منطقه طارم (

( ۴

مشاهدات	استنباط در مورد محیط تشکیل
کنترل کننده های محلی	گسل‌های بزرگ ناحیه ای وشکستگی‌های محلی ویا توده های نفوذی نیمه عمیق
ویژگی دگرسانی	مشابه با تیپ آلتراسیون اپی‌ترمال
کانی شناسی	فقدان آدولاریا و فراوانی آلونیت - کائولینیت و سیلیس مشابه با تیپ اسید سولفات
کائولینیت	pH اسیدی و دمای کمتر از ۲۸۰ درجه
پیروفیلیت	وجود سیالات اسیدی: سیال سیلیس دار نسبت به کوارتز فوق اشباع و درجه حرارت کمتر از ۲۶۰ درجه سلسیوس و عمق بیشتر از ۸۰۰ متر
آلونیت	شرایط اسیدی-غلظت اسید سولفوریک زیاد - دمای کمتر از ۳۰۰ درجه
سیلیسیفیکاسیون (کوارتز)	در اثر اشباع سیال نسبت به کوارتز-تشکیل در فشارهای پائین و حرارت کمتر از ۳۰۰ درجه و یا باقی ماندن سیلیس پس از شستشوی اسیدی
سیلیس حفره دار	ناشی از شستشوی اسیدی قوی و خروج آلومینیوم از محیط، PH کمتر از ۲ و سولفیداسیون بالا
کائولینیت+ آلونیت+ کوارتز	نشانه حرارت کمتر از ۱۸۰ درجه، آرژلیک پیشرفته(حرارت پائین)
پیروفیلیت ( همراه با کوارتز یا بدون آن)	نشانه حرارت ۲۵۰ تا ۳۵۰ درجه، آرژلیک پیشرفته( حرارت بالا)
سیلیس های برشی شده	ته نشست سیلیس از محلول اشباع و مسدود نمودن کانال‌های عبور سیال و وقوع انفجارات هیدروترمالی
سیلیس های بسیار ریز دانه	سیالات فوق اشباع از سیلیس
ژاروزیت	تخریب پیریت در شرایط اکسیدان و آزاد سازی یون آهن و جانشینی بجای پتاسیم آلونیت
مونتموریونیت و یا کلریت	PH قلیایی؛ باقی ماندن کاتیون‌های آزاد شده



شکل (۱): برش طرح واره (Schematic) از نهشته‌های کانساری اپی ترمال نوع LS, HS در این شکل موقعیت توده‌های ساب ولکانیک و استراتو ولکان همراه با آن و محیط هیدروترمال فعال و کانسارزا نشان داده شده است.



شکل (۲): توزیع طرح واره (شماتیک) از آلتراسیون هیدروترمال همراه با نهشته‌های نوع LS و HS، کانسارهای هیدروترمالی در محل سیستم کنوکسیون قدیمی محلول‌های گرمابی جای گرفته‌اند. در قاعده منطقه اپی‌ترمال، یک توده ماگمایی در حال رهاسازی و تخلیه گازهای اسیدی، آب و حرارت به همراه فلزات به محیط ژئوترمال می‌باشد.

### نویسندگان:

دکتر حمید رضا پیروان- دکترای تخصصی زمین شناسی گرایش پترولوژی

محل دریافت مدرک: لیسانس: دانشگاه تهران- ۱۳۶۷

فوق لیسانس: دانشگاه تربیت معلم- ۱۳۷۱

دکترای تخصصی: دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات-

۱۳۸۱

محل کار: پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری - تهران صندوق پستی ۱۱۳۶-۱۳۴۴۵  
 تلفن: تهران ۱۸-۱۲۱۴-۴۹۰-۴  
 E-mail: payrowan@scwmri.ac.ir

دکتر صدرالدین امینی- دانشیار دانشگاه تربیت معلم- دکترای تخصصی پترولوژی

# SID



سرویس های ویژه



سرویس ترجمه تخصصی



کارگاه های آموزشی



بلاگ مرکز اطلاعات علمی



عضویت در خبرنامه



فیلم های آموزشی

## کارگاه های آموزشی مرکز اطلاعات علمی جهاد دانشگاهی



کارگاه آنلاین آشنایی با پایگاه های اطلاعات علمی بین المللی و ترند های جستجو



مباحث پیشرفته یادگیری عمیق؛ شبکه های توجه گرافی (Graph Attention Networks)



کارگاه آنلاین مقاله نویسی IEEE و ISI ویژه فنی و مهندسی