

Indices of Mineralization In The North - East Arsanjan Ophiolite Complex With Special Reference To Listvenitization

Khademi, E. and Shahabpour, J.

*Department of Geology, Shahid Bahonar University,
Kerman, IRAN*

Key Words : *North - east Arsanjan ophiolite complex, Listvenites, Gold*

Abstract : The north - east Arsanjan ophiolite complex is part of the Neyriz ophiolite complex located 24 km north - east of Arsanjan in the south - eastern part of the Zagros range . In 1:250,000 geologic map of Shiraz, this complex has been considered as an ultramafic complex, however, it is principally represented by serpentized harzburgite and dunite, basalt, metadolerite, spilite, limestone, radiolarian chert, dolostone, sedimentary breccia, and listvenites which are reported for the first time from the outer Zagros ophiolite belt in this article.

Economic mineral indications in this region can be divided into two groups : 1) primary magmatic deposits which include chromite and platinum group elements , and 2) secondary deposits which are produced due to alteration, and include listvenites and talc.

پژوهشی

کانسار سازی در مجموعه افیولیتی شمال شرق ارسنجان با نگرشی ویژه بر پدیده لیستونیتی شدن

ابراهیم خادمی و جمشید شهاب پور

بخش زمین شناسی، دانشگاه شهید باهنر، کرمان

چکیده: مجموعه افیولیتی شمال شرق ارسنجان، بخشی از افیولیت‌های نیریز است که در کمربند افیولیتی زاگرس - عمان - بلوچستان، یا کمربند خارجی تراس زاگرس، بیرون زده است. این مجموعه در شمال شرق استان فارس و در فاصله ۲۴ کیلومتری شمال شرق شهرستان ارسنجان قرار گرفته است. در نقشه زمین شناسی ۱:۲۵۰۰۰۰ شیراز، از آن به عنوان یک مجموعه الترامافیکی نام برده شد، ولی در اینجا این مجموعه به واحدهای سنگی تفکیک شده‌اند. این مجموعه افیولیتی از سنگهای متنوعی تشکیل شده است. به طور کلی واحدهای سنگی منطقه مورد مطالعه عبارت اند از: هارزبورژیتها و دونیت‌های سرپانتینه - که زمینه اصلی سنگهای منطقه را تشکیل می‌دهند - بازالت، متادلریت، اسپلیت، سنگهای آهکی، چرت‌های رادیولاریت، دولومیت، واحدهای برشی، و لیستونیتها، که در این مقاله برای اولین بار در مجموعه افیولیتی کمربند خارجی گسل زاگرس گزارش می‌شود.

بطور کلی دو گروه پدیده کانسار سازی را می‌توان در این منطقه مشاهده کرد: گروه اول که دارای نشانه‌هایی است از کانسارهای ماگمایی اولیه، مانند آثاری از کانسار سازی کرومیت و عناصر گروه پلاتین (پالادیوم)، و گروه دوم کانسارهای حاصل از فرایندهای دگرسانی، مانند لیستونیت و تالک.

واژه‌های کلیدی: مجموعه افیولیتی شمال شرق ارسنجان، لیستونیت، طلا

مقدمه

مجموعه‌های افیولیتی دارای منابع معدنی با ارزشی هستند که از آن جمله می‌توان از عناصری مانند کرم، نیکل، پلاتین، طلا، مس، و کانیهای غیرفلزی نظیر تالک، منیزیت، هونتیت، و پنبه نسوز نام برد. این مجموعه‌های افیولیتی در ایران گسترش قابل توجهی یافته‌اند، و اگرچه بسیاری از آنها مورد مطالعه قرار گرفته‌اند، اما مناطقی از این مجموعه‌ها نیز وجود دارند که مطالعات دقیقی روی آنها انجام نشده است. از جمله این مناطق، مجموعه افیولیتی شمال شرق ارسنجان است. وجود لیستونیته‌ها و آثاری از کانسارهای کرومیت و عناصر گروه پلاتین (پالادیوم) در مجموعه افیولیتی شمال شرق ارسنجان ما را بر آن داشت که این مجموعه را به طور دقیقتری مورد مطالعه قرار دهیم. براساس مطالعات بوئیسون و لوبلان^(۱) [۱] روی سه مجموعه افیولیتی، ولتری^(۲) (لیگوریا، ایتالیا)، کمر بند مافیک - الترامافیک سپر عربی^(۳) (عربستان سعودی)، و بوآزر^(۴) (مراکش)، وجود طلا در لیستونیته‌های این مناطق به اثبات رسیده است. آنها لیستونیته‌ها را به عنوان سنگهائی مستعد کانسارسازی می‌دانند. همچنین آیدال^(۵) [۲] (۱۹۹۰) لیستونیته‌های جمی‌کوی^(۶) واقع در شمال مرکزی ترکیه را مورد مطالعه قرار داد و وجود نابهنجاری طلا در آنها را به اثبات رساند. لیستونیته‌ها از لحاظ کانسارسازی جیوه [۳، ۴، ۵]، آرسنیک [۶]، سرب [۷]، و نیکل [۸] نیز مورد توجه قرار دارند. هدف از این مقاله معرفی مجموعه افیولیتی شمال شرق ارسنجان از نظر کانسارسازی، خصوصاً کانسارسازی طلای مرتبط با سنگهای لیستونیته است.

زمین‌شناسی منطقه مورد مطالعه

به طور کلی افیولیت نیریز در سه منطقه بیرون‌زده است: ۱- شمال غرب نیریز، ۲- شمال

1- Leblanc and Buisson

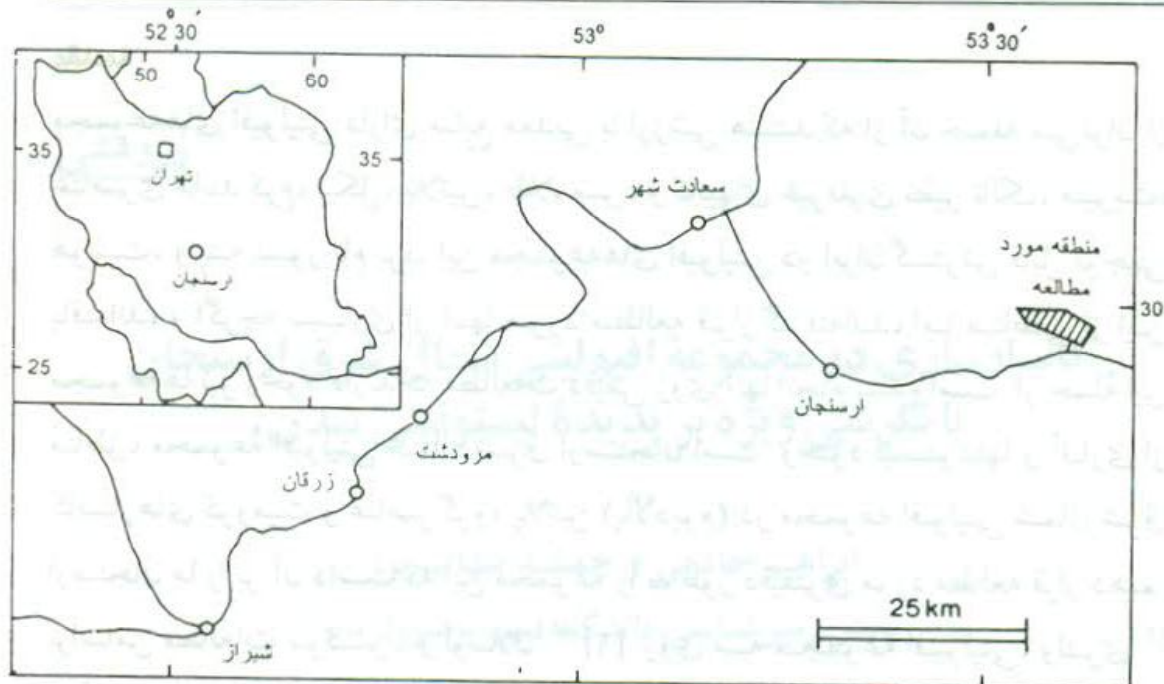
2- Voltri

3- Ultramafic - mafic belts of the Arabian shield

4- Bou Azzer

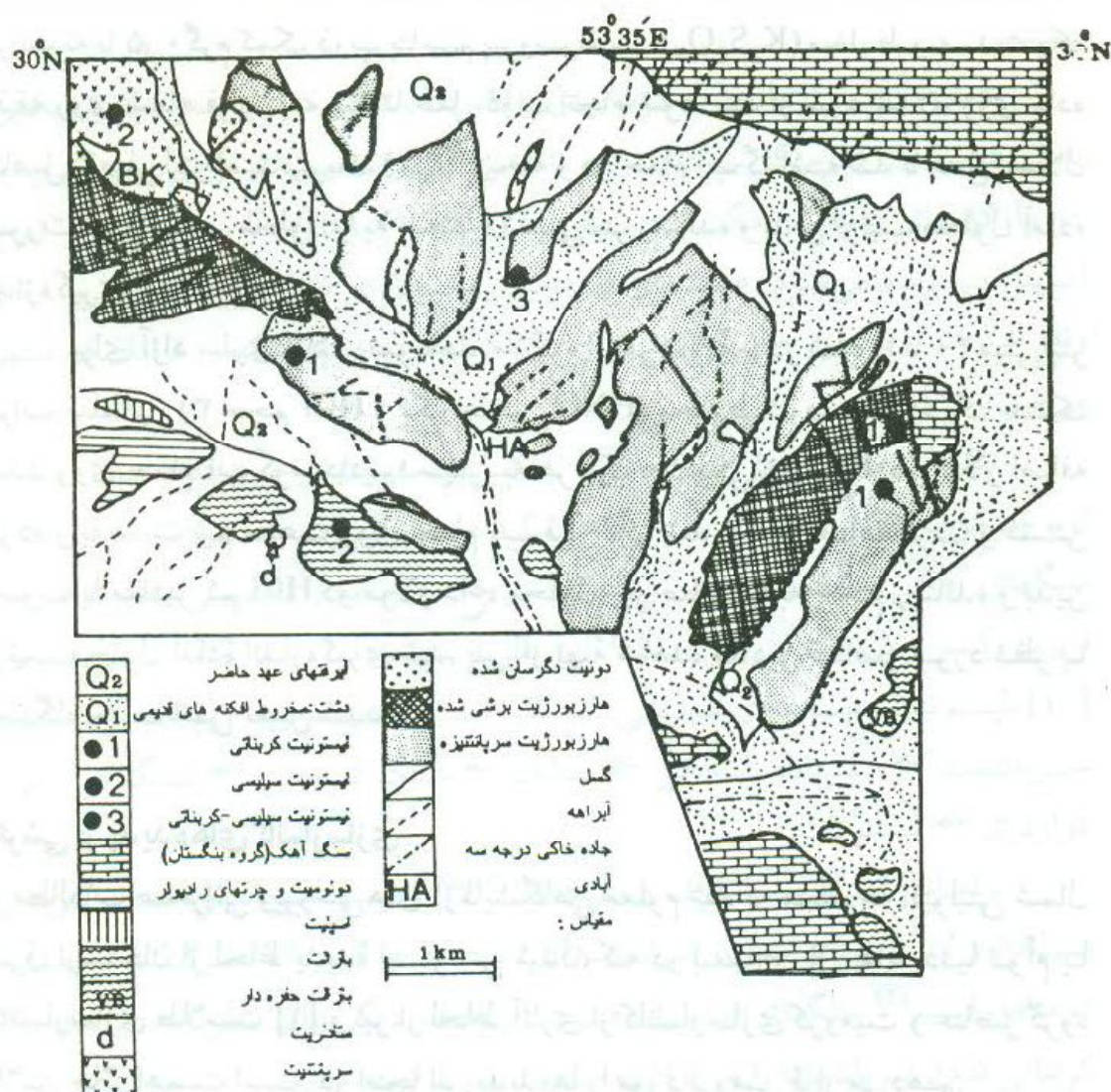
5- Aydal

6- Gemikoy



شکل ۱ موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه.

شرق دریاچه طشک و ۳- شمال شرق ارسنجان. مجموعه افیولیتی شمال شرق ارسنجان، بین طولهای جغرافیائی $53^{\circ}30'$ و 38° شرقی و عرضهای جغرافیایی $29^{\circ}56'$ و $30^{\circ}00'$ شمالی (شکل ۱)، قرار دارد. براساس مطالعات صحرائی، واحدهای سنگی منطقه مورد مطالعه از سنگهای فرامافیک شامل هارزبورژیتها، دونیتها، سرپانتینیتها، و سنگهای مافیک، شامل متادلریت، بازالت، اسپلیت، و سنگهای رسوبی، شامل سنگهای آهکی، سنگ دولومیت، جرتهای رادیولاریت و واحدهای برشی تشکیل یافته است (شکل ۲). بیرون زدگی هارزبورژیتها از دونیتها و سرپانتینیتها به مراتب بیشتر است؛ به طوری که بخش اصلی سنگهای منطقه را تشکیل می دهند. بازالت از جمله فراوانترین سنگ بازی موجود در منطقه است که به صورت توده ای است، و ساخت بالشی در آن دیده نمی شود. از پدیده های بسیار جالب موجود در بازالت ها وجود بافت های بسیار متنوع پرفیری، گلو مرو پرفیری، حفره ای، آبله ای (بافت شعاعی) و بین پردای است. سنگهای آهکی به صورت میکرایت اند و به سری بنگستان مربوط می شوند. این سری شامل تشکیلات کژدمی و سروک است که از سنگهای آهکی و آهکهای مارنی با لایه بندی ضخیم و یا توده ای تشکیل شده است. سن



شکل ۲ نقشه زمین‌شناسی منطقه مورد مطالعه (HA حاجی آباد، BK بهکدان).

این تشکیلات آلبین پیشین تا سنومانین پسین است. تماس بین واحدهای مختلف سنگی، در این مجموعه افیولیتی بیشتر از نوع زمین‌ساختی و یارسوبی است و در بعضی از قسمت‌ها نیز پوشیده است.

روش کار

اندازه‌گیریهای شیمیایی در آزمایشگاه ژئوشیمی بخش زمین‌شناسی دانشگاه شهید باهنر کرمان انجام شدند. برای آزاد سازی عناصر سرب، مس، روی، و نقره، از گرم از

هر نمونه با ۰.۵ گرم کمک ذوب پتاسیم پیروسولفات ($K_2S_2O_7$) مخلوط و به مدت یک دقیقه روی شعله قرار داده شد تا عمل ذوب انجام شود. بعد از سرد شدن، روی ماده حاصل ۳ میلی لیتر اسید نیتریک (۱:۱) ریخته و در حمام آب گذاشته شد تا عمل انحلال صورت گیرد. سپس محلول را به حجم ۱۰ میلی لیتر رسانده و بدین ترتیب محلول آماده اندازه گیری شد.

برای آزاد سازی طلا از نمونه‌ها، ۱۰ گرم از هر نمونه پودر شده را با ۴۰ میلی لیتر تیزاب سلطانی (۳ حجم HCl و یک حجم HNO_3) مخلوط کرده و تا نزدیک خشک شدن روی حمام آب گرما دادیم؛ سپس به هر یک ۵۰ میلی لیتر HCl دو مولار اضافه کرده و به مدت نیم ساعت روی حمام آب قرار داده شد. بعد از صاف کردن و شستن رسوب با مقادیر کم HCl دو مولار داغ، محلول زیر صافی را به حجم رسانده و بدین ترتیب محلول آماده اندازه گیری شد. پس از تهیه شاهد، مقادیر عناصر مورد نظر با دستگاه جذب اتمی تعیین شدند.

نگرشی بر پدیده‌های کانسارسازی

از مطالعات صحرائی و بررسی‌های آزمایشگاهی معلوم شد که مجموعه افیولیتی شمال شرق ارسنجان از لحاظ پدیده لیستونیتی شدن، که در بسیاری از نقاط دنیا توأم با کانسارسازی طلاست [۱] و نیز از لحاظ آثاری از کانسارسازی کرومیت و عناصر گروه پلاتین حائز اهمیت است. در اینجا این پدیده‌ها را مورد بررسی قرار می‌دهیم.

لیستونیتها

به طور کلی لیستونیت یک مجموعه سیلیسی - کربناتی است که در اثر کربناتی شدن سنگهای فرامافیک به وجود می‌آید [۱]. این واژه را اولین بار لوبوچنیکوف^(۱) [۹]، بک^(۲) [۱۰] و پلوشکو^(۳) بکار گرفتند. لیستونیتها عمدتاً در توده‌های فرامافیک نوع آلیی مشاهده می‌شوند [۶، ۸، ۱۲] و با هیچ سنگ آذرین درونی یا بیرونی در تماس مستقیم

1- Lobochnikov

2- Bok

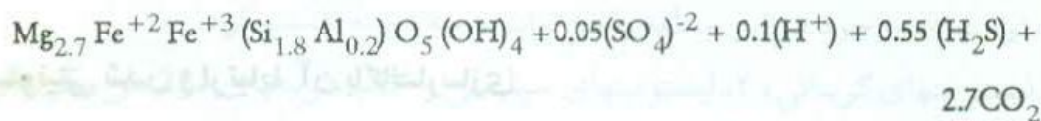
3- Ploshko

نیستند.

معمولاً لیستونیتها حاوی کربناتهای Ca ، Fe ، Mg و کوارتز همراه با سرپانتین، تالک، فوشسیت (موسکویت کرم دار) و کانه های فلزی به صورت فرعی است. بین این کانیها، کانیهای هماتیت، مگنتیت، سولفیدهای Fe ، Ni یا Fe-Cu و آثار کمی از کرم - اسپینل نیز دیده می شود. عدسیهای لیستونیتی معمولاً در طول مرزهای زمین ساختی واقع شده اند و به طور جانبی از طریق زون تالک - کربنات به سنگهای فرامافیک منتهی می شوند [۱].

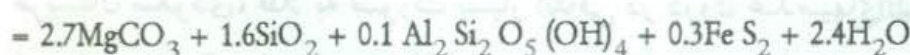
نظریات متفاوتی در مورد نحوه تشکیل لیستونیتها وجود دارد. بنابر عقیده لوبوچنیکوف [۹]، لیستونیت سنگی است که در اثر افزوده شدن Fe ، Mg و Si به سنگهای آهکی به وجود می آید. لیکن با توجه به حضور کانیهای نظیر اولیون، ارتوپیروکسن و کرومیت در این سنگها، این نظریه نمی تواند درست باشد. بنا بر نظر بک [۱۰]، لیستونیت مجموعه ای سیلیسی - کربناتی است که طی مراحل زیر حاصل می شود: سرپانتینیت $\leftarrow$ سرپانتینیت تالکی $\leftarrow$ تالک $\leftarrow$ سنگ کربناتی $\leftarrow$ سنگ کربناتی - کوارتزی $\leftarrow$ لیستونیت.

براساس نظریه میخائیلوف و مسکالوا^(۱) [۱۳] فرایند سرپانتینی شدن، کربناتی شدن و لیستونیتی شدن، فرایندهائی مستقل و غیرقابل برگشت از پدیده اتومتامورفیسم^(۲) سنگهای فرا بازی هستند. از طرف دیگر بنابر نظریه هندرسون [۳] کربناتی شدن سرپانتینیتها را می توان به صورت زیر توضیح داد.



سرپانتین

سیال گرمایی



مگنتیت

کائولینیت

پیریت

سنگهای کربناتی - سیلیسی (سیلیکاتی)

یکی از ایرادهایی که به این نظریه وارد است، آن است که کانسارسازی مگنیزیت در بسیاری از مناطق همراه با لیستونیت مشاهده نشده است. براساس مطالعات بوئیسون و لوبلان [۱]، لیستونیتی شدن سنگهای اولترا شیبیه به عمل سرپانتینی شدن است و این فرایند نتیجه دگرسانی گرمابی در دمای متوسط (حدود ۱۵۰ تا ۳۰۰ درجه سانتی‌گراد) است. تحقیقات مقدماتی ایزوتوپی روی کانیهای کربناتی موجود در لیستونیت‌های مراکش [۱] بیانگر این مطلب است که مقدار $\delta^{13}\text{C}$ در محدوده ۳٪ - تا ۵٪ - قرار می‌گیرد، که مشخص کننده مواد ناشی از گوشته است؛ اما نسبت $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ از ۰.۷۹ تا ۰.۷۱۱ و گستره وسیع $\delta^{18}\text{O}$ (۱۰٪ + تا ۲۵٪ +) نشان دهنده وجود محلول گرمابی پیچیده‌ای است که با مواد پوسته‌ای یا آب دریا واکنش داشته است. طبق نظریه مارگاریتز و تایلور^(۱) [۱۴]، به طور کلی منشاء محلولهای گرمابی هم از مواد گوشته‌ای و هم از آب دریاست.

بررسی پراکندگی لیستونیتها در ایران

مطالعه لیستونیتها در ایران قدمت چندانی ندارد. در ایران لیستونیتها توسط افتخارنژاد و همکاران [۱۵] در منطقه خراسان، علوی تهرانی [۱۶] در منطقه حاجات، و زرین کوب [۱۷] در منطقه سهل آباد بیرجند مورد مطالعه گرفته است. لیستونیت‌های موجود در افیولیت‌های تراست زاگرس (شمال شرق ارسنجان) برای اولین بار در این مقاله گزارش می‌شود.

لیستونیتی شدن و ارتباط آن با کانسارسازی

بنابر مطالعات بوئیسون و لوبلان [۱] روی لیستونیت‌های لیگوریا (ایتالیا)، مراکش، و عربستان سعودی، طلا به صورت بسیار اتفاقی در درون عدسیهای لیستونیتی توزیع شده است. در زونهای غنی از طلا، بیشتر نمونه‌ها دارای ۱ تا ۱۰ پی‌پی‌ام طلا هستند، و نیز مقدار آن در لیستونیتها ۵ تا ۲۰ برابر بیش از مقادیر پیشنهاد شده برای سنگهای فرامافیک است (۵ پی‌پی‌بی^(۲)).

1- Margaritz and Taylor

2- PPb

بیشترین عیار طلا در سرپانتینیت‌های غنی از سولفید (۵ پی پی بی) مشاهده شده است. این امر نشان می‌دهد که طلا در سرپانتینیت‌ها بیشتر در کانیه‌های اوپک متمرکز می‌شود و تقریباً ۵۰ درصد طلا مربوط به فازهای اوپک موجود در سرپانتینیت‌ها است. به طور کلی لیستونیت‌ها معمولاً سنگهایی حاوی طلا هستند و بیشترین مقدار طلای آنها (۱ تا ۱۰ پی پی ام) در زونهای غنی از پیریت و به طور استثنائی به آرسنورهای کبالت و نیز رگه‌های کوارتزی تأخیری، با کانیه‌های فرعی پیریت و آرسنوپیریت مربوط است. تجزیه کانیه‌های جدا شده از لیستونیت‌ها بیانگر آن است که طلا بیشتر همراه با پیریت (۱۰ تا ۵۰ پی پی ام) و یا آرسنور کبالت (۱ تا ۱۰۰ پی پی ام) مشاهده می‌شود. طلای خالص (۵ تا ۵۰ میکرون) به طور استثنائی در پیریت و یا در اطراف دانه‌های لیمونیتی شده پیریت دیده می‌شود. بنابراین در زونهای اکسیده، هواز دگی پیریت ممکن است موجب غنی شدن طلا شود [۱].

تجزیه عناصر کمیاب موجود در نمونه‌های لیستونیتی رابطه‌ای مثبت بین Au، As و K را نشان می‌دهد [۱]. عناصری مثل Cu، Ag، Bi، Sb و B نیز ممکن است همراه با مقادیر بالای طلا وجود داشته باشند. این عناصر می‌توانند به عنوان ردیاب برای پی جوئی لیستونیت‌های مستعد کانسار سازی طلا بکار روند.

لیستونیت‌های مجموعه افیولیتی شمال شرق ارسنجان

لیستونیت‌های موجود در این منطقه را می‌توان به سه دسته تقسیم کرد:

۱- لیستونیت‌های کربناتی، ۲- لیستونیت‌های سیلیسی و ۳- لیستونیت‌های سیلیسی-کربناتی.

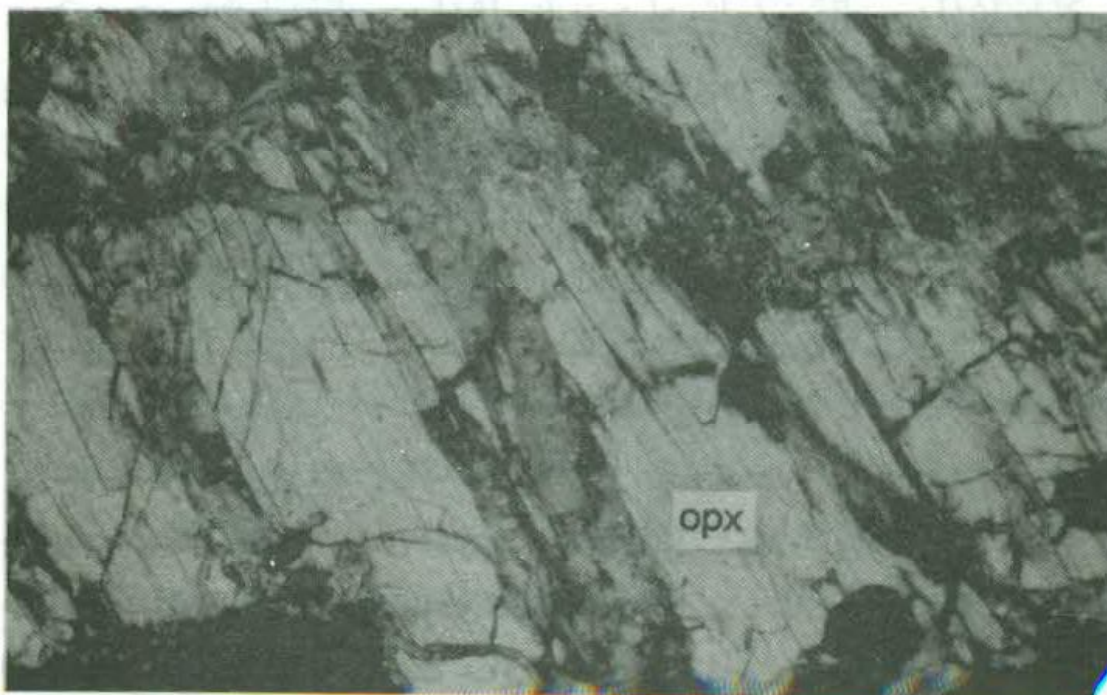
۱- لیستونیت‌های کربناتی

با توجه به حضور مقادیر زیادی لیمونیت در آنها، این سنگها دارای رنگ زرد متمایل به قهوه‌ای هستند (شکل ۳). در مواردی که سطح سرپانتینیت‌ها با خاکهای برجا، پوشاند شده است، وجود لیستونیت‌ها به صورت خاک زرد رنگی بر سطح زونهای برشی کاملاً مشخص است.

در زیر میکروسکوپ بلورهای نیمه شکل دار تا بی شکل ارتوپیروکسن که تحت



شکل ۳ بیرون زدگی لیستونیت‌های کربناتی.



شکل ۴ شروع دگرسانی کربناتی شدن در ارتوپروکسین‌های موجود در لیستونیت‌های

کربناتی (نورپلاریزه، بزرگنمایی ۱۲۵X، OPX= ارتوپروکسین).

تأثیر کربناتی شدن قرار گرفته است، قابل مشاهده است (شکل ۴). ارتوپیروکسها از بقایای کانیهای سنگ اولیه است که در بعضی از قسمتها به باستیت تبدیل شده‌اند. البته در مقاطع میکروسکوپی بقایایی از کلینوپیروکسها نیز دیده می‌شوند که آنها نیز تحت تأثیر دگرسانی کربناتی شدن قرار گرفته‌اند. کانیهای اوپک شامل کرومیت و اکسیدهای آهن است. این کانیها نیز خرد شده‌اند و تحت تأثیر محلولهای گرمابی غنی از CO_2 قرار گرفته‌اند.

۲- لیستونیت‌های سیلیسی

این نوع لیستونیت در نمونه دستی به رنگ سرخ تیره و قهوه‌ای دیده می‌شود، و به علت ریز دانه بودن هیچ بلوری در آنها قابل مشاهده نیست. از پدیده‌های بسیار جالب موجود در این لیستونیتها وجود بافت جعبه‌ای است. از این بافت می‌توان به عنوان راهنمایی برای شناسایی لیستونیت‌های سیلیسی در منطقه استفاده کرد. مراحل تشکیل این نوع بافت را می‌توان به صورت زیر توضیح داد:

الف - ایجاد شکستگی در اثر فرایندهای زمین‌ساختی در سنگهای مربوط به مجموعه افیولیتی

ب - نفوذ محلولهای گرمابی بالارو حاوی CO_2 و SiO_2 و ایجاد دگرسانی سیلیسی شدید در امتداد درزه‌ها و تشکیل رگچه‌های مقاوم.

ج - هوازگی و فرسایش بخشهای آسیب‌پذیر واقع بین رگچه‌ها و باقی ماندن دیواره‌های مقاوم که از جنس کوارتز، کلسدونی و غیره است.

۳- لیستونیت‌های سیلیسی - کربناتی

این نوع لیستونیتها در نمونه دستی به رنگ زرد مایل به قهوه‌ای دیده می‌شوند و در درون آنها رگه‌های کلسیتی و کوارتزی فراوانی دیده می‌شود.

کانی‌شناسی لیستونیتها

براساس مطالعات میکروسکوپی، کانیهای مختلف موجود در لیستونیت‌های شمال شرق ارسنجان را می‌توان در جدول ۱ خلاصه کرد:

جدول ۱ مقایسه انواع لیستونیتهای شمال شرق ارسنجان

نوع لیستونیته	کانی‌های اصلی	کانی‌های فرعی
لیستونیته کربناتی	دولومیت، کلسیت، کانی‌های گروه سرپانتین، تالک، ارتوپیروکسن و کلینوپیروکسن	هماتیت، کرومیت، کرم اسپینل، لیمونیت و پیرونیت
لیستونیته‌های سیلیسی	کربنات‌ها، کوارتز و سیلیس آمورف	هماتیت، گالن و لیمونیت
لیستونیته‌های سیلیسی - کربناتی	کوارتز، سیلیس آمورف، دولومیت، کلسیت و کانیهای گروه سرپانتین	طلا، پیریت، کرومیت و لیمونیت

ژئوشیمی لیستونیتهای شمال شرق ارسنجان

مطالعات ژئوشیمیایی به منظور بررسی حضور نابهنجاری طلا، نقره، سرب، روی، و مس انجام شد. با توجه به عیارهای محاسبه شده در مورد مس و روی، هیچگونه عیار غیرعادی در نمونه‌ها دیده نشد، و حتی عیار آنها کمتر از عیار عادیشان در پوسته زمین بود (جدول ۲). این مطلب می‌تواند نشانگر شسته شدن این عناصر از سطوح فوقانی و انتقال آنها به قسمت‌های عمیق‌تر و احتمالاً تشکیل یک زون غنی‌سازی سولفوری در عمق باشد. حضور بافت جعبه‌ای در لیستونیته‌ها دلیل دیگری است بر این مدعا؛ لیکن سرب و نقره دارای عیار غیرعادی است. وجود طلا در لیستونیته‌های سیلیسی - کربناتی (شکل ۵- الف) باعث به وجود آمدن عیار غیرعادی طلا در سنگهای مورد مطالعه شده است. حضور گالن در لیستونیته‌های سیلیسی، و پیریت در لیستونیته‌های سیلیسی - کربناتی شواهدی دال بر رخداد کانسارسازی در این سنگها است. از نتایج جالب توجه، وجود ارتباط معکوس بین عیار طلا و نقره (شکل ۶- الف) و رابطه مستقیم بین عیار نقره و سرب (شکل ۶- ب) در لیستونیته‌های منطقه مورد مطالعه است.

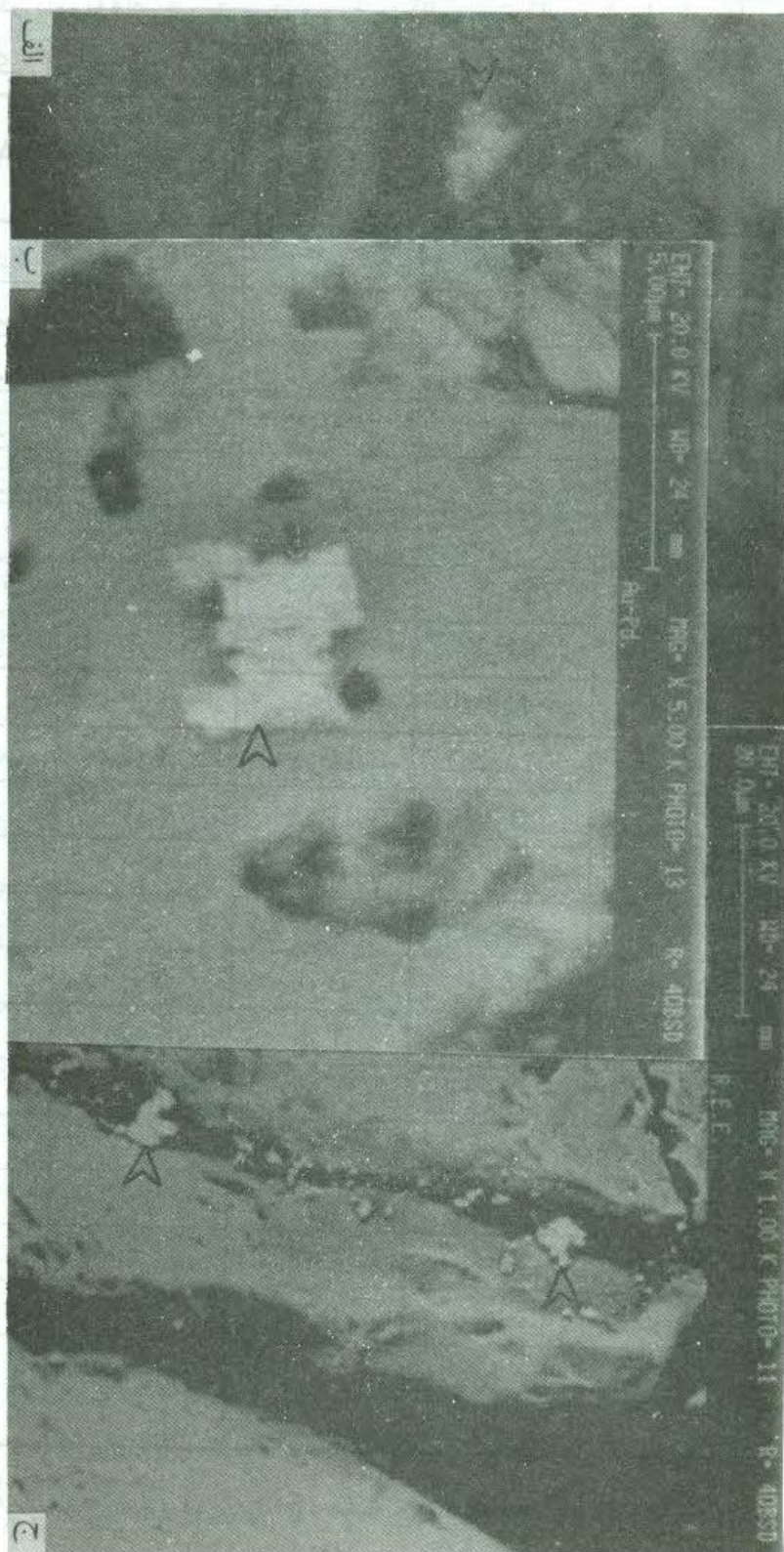
دخایر کرومیت و عناصر گروه پلاتین

ضمن مطالعات صحرایی، یک توده دونیتی سرپانتینی شده حاوی لایه‌ای از کرومیت در منطقه مورد مطالعه، مشاهده شد. در این توده دو نوع بافت قابل تشخیص است: بافت

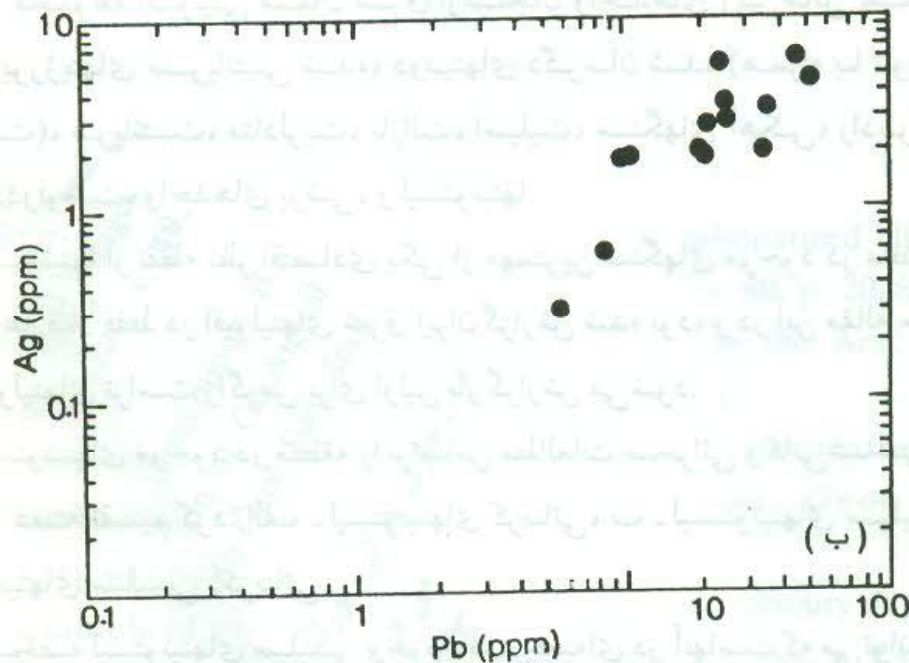
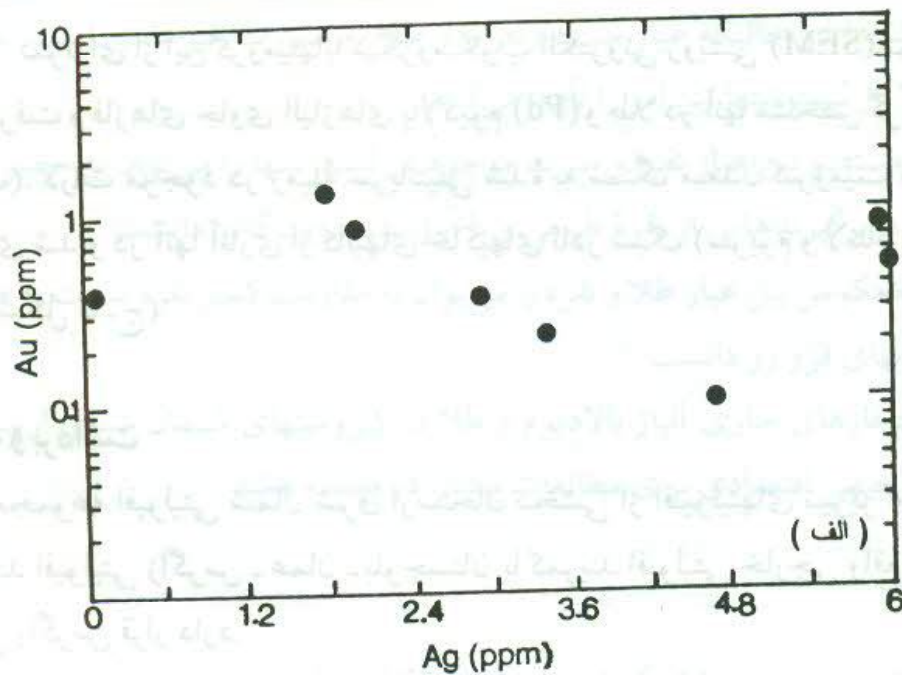
جدول ۲ نتایج حاصل از تجزیه عناصر طلا، نقره، سرب، روی، و مس با دستگاه جذب اتمی در نمونه‌های لیستونیت مورد مطالعه و مقایسه آنها با مقادیر میانگین این عناصر در پوسته زمین (بر حسب ppm)

عنصر شماره نمونه	Au	Ag	Cu	Pb	Zn
۱	۰٫۸۳	۵٫۹	۳٫۳	۲۳٫۸	۲۸٫۸
۲	۰٫۳۶	۲٫۹	۲۷٫۰	۲۵٫۳	۸۰٫۸
۳	۰٫۵۲	۶٫۰	۶۶٫۰	۴۶٫۸	۲۸٫۵
۵	۰٫۳۹	۰٫۱	۲۹٫۶	-	۲۱٫۳
۷	۱٫۲۹	۱٫۸	۸۶٫۰	۱۰٫۰	۳۲٫۷۸
۱۱	۰٫۸	۲٫۰	۸٫۱	۲۰٫۱	۴۴٫۳
۱۲	۰٫۲	۴٫۷	۶٫۷	۵۲٫۳	۳۵٫۹
۱۳	۰٫۲۲	۳٫۴	۵٫۲	۳۶٫۳	۱۹٫۵
۴	-	۰٫۶	۷۷٫۰	۸٫۶	۳۲٫۵
۶	-	۲٫۷	۱۵٫۰	۲۱٫۶	۱۰۴٫۹
۸	-	۰٫۳	۱۳٫۱	۵٫۷	۳۱٫۵
۹	-	۱٫۹	۵٫۵	۲۱٫۰	۴۳٫۸
۱۰	-	۱٫۹۸	۵٫۶	۱۰٫۵	۳۳٫۹
۱۴	-	۲٫۰	۵٫۱	۳۵٫۰	۵۷٫۹
۱۵	-	۳٫۵	۴٫۹	۲۵٫۰	۲۰٫۲
۱۶	-	-	۴٫۹۵	-	۶۹٫۱
۱۷	-	۴٫۰	-	-	۲۱٫۷
۱۸	-	-	۳٫۰	-	۲۳٫۷
۱۹	-	-	۳٫۵	-	۴۴٫۹
۲۰	-	۰٫۶	۵٫۰	-	۲۰٫۵
میانگین در پوسته زمین	۰٫۰۰۳	۰٫۰۷	۵۰	۱۲٫۵	۷۰

(-) اندازه گیری نشده است.



شکل ۵ الف: یک ذره طلا در یک لیستونیت سیلیسی - کربناتی (نور عادی منعکسه $\times 500$): ب، فاز حاوی آلایدهای پالادیوم و طلا در کرومیت‌های شمال شرق ارسنجان؛ ج: کانیه‌های مربوط به خاک‌های نادر در زمینهٔ سربانیت شمال شرق ارسنجان.



شکل ۶ ارتباط بین عیار طلا و نقره (الف) و نقره و سرب (ب) در

نمونه‌های لیستونیت شمال شرق ارسنجان.

اولیه ماگمایی و بافت ثانویه حاصل از فرایندهای زمین ساختی؛ بافت اولیه کرومیتها از نوع پراکنده و بافت ثانویه از نوع برشی یا کاتاکلاستیک است.

نمونه‌ای از این کرومیت‌ها با میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM) مورد مطالعه قرار گرفت و فازهای حاوی آلیاژهای پالادیوم (Pd) و طلا در آنها مشخص گردید (شکل ۵-ب). ذرات موجود در زمینه‌ی سرپانتینی شده به سنگ معدن کرومیت نیز تجزیه نقطه‌ای شد و در آنها آثاری از کانیهای خاکیه‌ای نادر سبک (سریوم و لانتانوم) مشاهده شد (شکل ۵-ج).

نتیجه و برداشت

۱- مجموعه‌ی افیولیتی شمال شرق ارسنجان بخشی از افیولیت‌های نیریز است که در کمر بند افیولیتی زاگرس - عمان - بلوچستان یا کمر بند افیولیتی خارجی واقع در تراس اصلی زاگرس قرار دارد.

۲- در مجموعه‌ی افیولیتی شمال شرق ارسنجان واحدهای زیر قابل تشخیص‌اند: هارزبورژیت‌های سرپانتینی شده، دونیت‌های دگرسان شده (همراه با توده‌هایی از کرومیت)، سرپانتینیت، متادلریت، بازالت، اسپلیت، سنگ‌های آهکی، رادیولاریت‌ها، سنگ دولومیت، واحدهای برشی، و لیستونیته‌ها.

۳- لیستونیته‌ها از نقطه نظر اقتصادی یکی از مهمترین سنگ‌های موجود در منطقه‌اند. این مجموعه قبلاً فقط در افیولیت‌های شرق ایران گزارش شده بود، و در این مقاله حضور آنها در افیولیت‌های تراس زاگرس برای اولین بار گزارش می‌شود.

۴- لیستونیته‌های موجود در منطقه را براساس مطالعات صحرایی و کانی‌شناختی می‌توان به سه دسته تقسیم کرد: الف - لیستونیته‌های کربناتی، ب - لیستونیته‌های سیلیسی و ج - لیستونیته‌های سیلیسی - کربناتی.

۵- مشخصه لیستونیته‌های سیلیسی وجود بافت جعبه‌ای در آنهاست که می‌تواند به عنوان راهنمایی در شناسایی این نوع سنگ‌ها در منطقه بکار رود.

۶- مطالعات میکروسکوپی روی لیستونیته‌ها، شواهدی مبنی بر کانسار سازی در آنها را نشان می‌دهد. از شواهد مذکور می‌توان به وجود طلا در لیستونیته‌های سیلیسی - کربناتی و گالن در لیستونیته‌های سیلیسی اشاره کرد.

۷- براساس مطالعات ژئوشیمیایی، در لیستونیته‌ها هیچگونه عیار غیرعادی مس و روی

دیده نمی شود؛ در حالیکه عیار سرب، نقره، و طلا به صورت غیرعادی است. وجود گالن و طلا در لیستونیتها این امر را تأیید می کند.

۸- ارتباط مستقیم بین عیار نقره و سرب موجود در لیستونیتها را می توان به حضور نقره به صورت دربرگیرندهایی از نقره طبیعی و یا آرژنتیت درون گالن دانست.

۹- ارتباط معکوس بین عیار طلا و نقره را می توان به مقاومت کمتر نقره نسبت به طلا در مجاورت آبهای فرو رو دانست.

۱۰- وجود فازهای حاوی آلیاژ پالادیوم و طلا در کرومیت های شمال شرق ارسنجان می تواند توجیهی اقتصادی برای مطالعات بیشتر در منطقه باشد.

قدردانی

از خانم دکتر محبوبه سعیدی که در تجزیه نمونه ها ما را یاری کردند، کمال تشکر را داریم.

مراجع

- 1 - Buisson, G. and Leblanc, M. (1955) Gold in carbonatized ultramafic rocks from ophiolites complexes, *Econ. Geol.* v. **80**, p. 2028-2029.
- 2 - Aydal. D. (1990) Gold - bearing listwaenites in the Arac Massif, Kastamonu, Turkey, *Terra Nova*, v. **2**, p. 43-51.
- 3 - Henderson, F. B. (1969) Hydrothermal alteration and ore deposition in serpentinite - type mercury deposits, *Econ. Geol.* v. **64**, p. 489-499.
- 4 - Verdeburgh, L. M. (1982) Tertiary gold bearing mercury deposits of the Coast Ranges of California, California, *Geology*, p. 23-27.
- 5 - Studemister, P. A. (1984) Mercury deposits of western California: an overview. *Mineralium Deposita*, v. **19**, p. 202-207.
- 6 - Pipino, C. (1979) Gold in Ligurian (Italy) ophiolites, proceedings of International Ophiolite Symposium, Cyprus, p. 765-773.
- 7 - Moritz, R. P. et al. (1990) Source of lead in the gold - bearing quartz fuchsite vein at the Dame mine, Timmins, area Ontario, Canada,

- Mineral. Deposita*, v. 25, p. 270-280.
- 8 - Gresen, R. L. Nisbet, P. C and Cool, C. A. (1982) Alkali enrichment haloes and nickel depletion haloes around gold - bearing silica - carbonate veins in serpentinite, Washington state. In *precious Metals in the Northern Cordillera. The Association of Exploration Geochemist. Canada*, 1982, p. 107 - 110.
 - 9 - Lobochnikov, V. N., (1936) Ilchirsk and other serpentinites, *Tsentralnogo Geologo Razvedochnoge Inst. Trudy*, v. 38, p. 24-56.
 - 10 - Bok, I. I., (1956) Listwaenites, their features, varieties and formation conditions, *Akad. Nauka Kazakhstan SSR. IZV, Geology*, v. 22, p. 56-64.
 - 11 - Ploshko, V. V., (1936) Listwaenitization and Carbonatization at terminal stages of Urushten igneous complex, North Caucasus, *Int. Geol. Rev.*, v. 7, p. 446-463.
 - 12 - Zhelobov, P. P., (1979) Alpine type hyperbasite rocks as a probable source of gold. *Int. Geol. Rev.*, v. 23, p. 347-353.
 - 13 - Mikhaylov, V. P., and Moskaleva, V.V., (1956) Listwaenitization of Kazakhstan serpentinites, *Publs. Geol. Inst. Trudy*, v. 19, p. 17.
 - 14 - Margaritz, M. and Taylor, H. P. J. (1976) Oxygen, hydrogen and carbon isotope studies of the Franciscan Formation Coast Ranges, California: *Geochemica and Cosmochimica Acta.*, v. 40, p. 215-234.
 - 15 - Eftekhar - Nezhad, J., Aghanabati, A., and Hamzehpour, B., (Compilers) (1976) Kashmar : In the collection of Geological quadrangle map, No. J 5. geol. map. (1:250000) *Geol. Surv. Iran*, 1976.
- ۱۶ - علوی تهرانی، نورالدین (۱۳۶۱) بررسی زمین شناسی، سنگ شناسی و ویژگیهای عمده ژئوشیمی در ارتباط با پتروژنز سنگهای معدنی پنبه نسوز در منطقه حاجات.
- ۱۷ - زرین کوب (۱۳۷۳) بررسی پتانسیل مواد معدنی باتاکید بر واکنشهای آبرو و پدیده لیستونیته شدن در منطقه سهل آباد، بیرجند، رساله فوق لیسانس، دانشگاه شهید باهنر کرمان، ۳۰۴ صفحه.