

کانی سازی و نحوه تشکیل کانسار نوع رگه ای (نیکل - کبالت - آرسنیک - بیسموت و عناصر پایه) بایچه باغ (شمال باختری زنجان - ایران)

نوشته: دکتر محمد لطفی* و مهرداد کریمی**

Mineralogy and Ore genesis of Bayche – Bagh Five Element (Ag- Ni-Co-As-Bi) Vein Deposit (NW Zanjan, Iran)

By: Dr. M. Lotfi* & M.Karimi**

چکیده

منطقه معدنی بایچه باغ در شمال تکاب، از دیدگاه چینهننگاری شامل سنگهای گنیس، آمفیبولیت، شیست و سنگهای فرامافیک پرکامبرین است که به طور دگرشیب توسط واحدهای سنگی آتشفشانی - آتشفشانی آواری و رسوبات وابسته از زمان ترشیری و کواترنری پوشیده شده‌اند. سنگهای آتشفشانی به دو گروه ریولیتی و آندزیتی تقسیم شده و گروه سنگهای ریولیتی میزبان اصلی کانسار بایچه باغ است. پاراژنز کانی شناختی این کانسار شامل کانه‌های مس، سرب، روی، نیکل، کبالت و بیسموت است که در ۹ رگه اصلی و تعدادی رگچه‌های فرعی تشکیل شده‌اند. شرایط فیزیکی - شیمیایی سیالهای کانه‌دار حاکم بر کانی‌سازی، با مطالعه میانبارهای سیال کنترل شده و پارامترهای وابسته به دست آمده به شرح زیر است:

- گستره دمای همگن شدگی (TH) از 212°C تا 470°C درجه سانتیگراد.
- شوری (معادل درصد کلرید سدیم) حدود ۲۵ درصد.
- فشار به دام افتادگی سیال از ۵۰ تا ۸۰۰ بار.

فرایندهای زایشی کانه‌ها در کانسار بایچه باغ، بر اساس ماهیت سنگهای ماگمایی میزبان، مجموعه کانه‌های معدنی و داده‌های دماسنجی به مانند کانسارهای گرمایی نوع رگه ای پنج عنصری بوده و در ارتباط با بازچرخش مواد کانه و انتقال سیالهای کانه‌دار صورت گرفته است. این سیالهای در راستای بازچرخش در سنگهای میزبان مجاور، سنگهای فراابزی و بازی پی سنگ قدیمی در ژرفای زیاد را نیز شسته و در شرایط مناسب، کانه‌های معدنی را در فضاهای ناشی از گسلش رسوب داده‌اند.

کلید واژه ها: کانسار بایچه باغ، دمای همگن شدگی، شوری، فشار به دام افتادگی، سنگ میزبان ریولیتی با سن ترشیری، کانسارهای رگه ای پنج عنصری، بازچرخش مواد کانه، مهاجرت و انتقال سیالها.

Abstract

The Bayche – Bagh mine area in the northern part of Takab based on lithostratigraphy point of view includes gneisses and amphibolites of Precambrian, which are unconformably overlain by volcanic – volcanoclastic and associated sedimentary rock units of Tertiary and Quaternary age. The volcanic rocks are divided into rhyolitic and andesitic groups in which the rhyolitic group provides the main host – rock of the deposit. Ore parageneses include copper, lead, zinc, nickel, cobalt and Bismuth mineral occurred in nine veins of main orders and few veinlets.

The physico chemical conditions of ore – fluids governing the ore – mineralization, were controlled by fluid inclusion studies and the related obtained parameters are as follows:

- Temperature of homogenization (TH) from 212°C to 470°C
- Salinity (in NaCl-equivalent percent) about 25%

-Trapping pressure from 50 to 800 bars

The ore-generation processes based on the nature of magmatic host rocks, ore assemblages and thermometric data in the Bayche-Bagh deposit, similar to other hydrothermal five – element vein deposits, seem to be occurred in relation to ore recycling and fluid migrations. These fluids the metals of recycled the deep-seated basic and ultrabasic rocks of the old basement as also adjacent volcanoclastic hosts and deposited the ore minerals in the fault spaces in under suitable conditions.

Keywords: Bayche Bagh ore deposit, temperature of homogenization, salinity, trapping pressure, , Five element vein deposits, Ore – recycling , Fluid migration

پیشگفتار

شاهین از سازمان زمین شناسی کشور به انجام رسید که متأسفانه نتایج مثبتی در بر نداشته است.

در دوره چهارم فعالیت ، معدن بایچه باغ در زمستان سال ۱۳۷۳ از سوی شرکت سهامی کل معادن به شرکت منطقه ای آذربایجان واگذار شد که اقدامات اجرایی آن شامل عملیات اکتشافی ، تهیه نقشه و بازگشایی برخی تونلها بوده است. در سال ۱۳۷۷ معدن به شرکت فراوران معادن زنجان و سرانجام در سال ۱۳۷۹ به شرکت ذوب روی ماه نشان واگذار شد.

از آنجا که تعداد کانسارهای تیپ پنج عنصری کبالت – نیکل – بیسموت – نقره – آرسنیک – اورانیم در جهان محدود هستند، لذا به طور اختصار به معرفی این تیپ از کانسارها می پرداخته می شود.

با توجه به داده های حاصل از عملیات استخراجی در نواحی مختلف دنیا از جمله، Erzgebirge در مرز آلمان و چکسلواکی سابق، نواحی Cobalt – Gowganda ،Thunder Bay در کانادا و

دیگر منابع (جدول ۱) Kissin (1992) بر آن شد تا همه داده های مربوطه را گردآوری و در نهایت مدل زای کانسارهای رگه ای پنج عنصری را ارائه کرد.

کانسارهای رگه ای تیپ پنج عنصری از دیدگاه شکل و ساختار تکنونیک شامل رگه های پرژرفا با شیب تند هستند و معمولاً توسط کانیهای هیدروترمالی پر شده اند. در برخی از حوزه های معدنی به مانند "تاندربی" بازشدگی بخش مرکزی بیشتر رگه ها حفره گون بوده و شامل قطعاتی از سنگ دیواره در اندازه های مختلف است. رگه ها معمولاً ساختار Pinch & Swell Structure داشته و ضخامت آنها از یک سانتیمتر تا چند متر متغیر می باشد. کانسنگ های اقتصادی به صورت رگه های پرعیار هستند و عمق آنها ممکن است محدود و یا تا افقهای پرژرفا ادامه یابد.

مینرالوژی رگه های پنج عنصری بهترین شاخص شناسائی آنها است ، از جمله آرسنیدهای نیکل – کبالت که در دیگر جایگاهها ممکن است نادر باشند. توالی مجموعه کانی های تشکیل دهنده این نوع کانسارهای رگه ای طبق آنچه که کیسین (۱۹۹۲) گردآوری کرده ، توسط گامه های زیر کنترل می شود :

معدن بایچه باغ در فاصله ۱۶۵ کیلومتری باختر شهرستان زنجان و ۱۳۰ کیلومتری جنوب باختری میانه قرار دارد. این معدن یکی از معادن مهم کشور در چند دهه پیش به شمار می رود. وسعت تأسیسات قدیمی با حدود ۱۱ کیلومتر تونل و گالری حفاری شده گویای این مسئله است.

منطقه معدنی بایچه باغ زنجان برای نخستین بار است که به عنوان کانسار رگه ای پنج عنصری در ایران معرفی می شود و به دلیل اهمیت، مختصری از پیشینه فعالیت آن به شرح زیر ارائه می شود :

براساس مدارک موجود در شرکت سهامی کل معادن، این معدن در اواخر سال ۱۳۱۵ توسط مهندس طلعت پور کشف شده بوده است.

نخستین فعالیت این معدن، از سال ۱۳۱۶ با اکتشاف ۹ رگه معدنی ، حفر ۹۲۰۰ متر تونل اکتشافی و استخراج ماده معدنی به میزان ۲۱۵ هزار تن و پس از آن احداث کوره ذوب و اترژاکت بوده و بدین سان معدن تا سال ۱۳۲۰ فعالیت داشته است.

دوره دوم فعالیت از ۱۳۳۱ با واگذاری این منطقه معدنی به شرکت کل معادن آغاز و تا سال ۱۳۴۱ ادامه داشته و در این مدت، ۲۳۰۰ متر تونل جدید حفر و سالانه حدود ۷۵۰ تن کانسنگ استخراج شده است. گزارشهای این دوره توسط Ladame (1945) ، Schurenberg (1960) ، امینی (۱۳۴۰) و رأفت (۱۳۴۱) انتشار یافته است.

دوره سوم فعالیت معدن بایچه باغ از سال ۱۳۴۱ آغاز و تا سال ۱۳۴۵ ادامه داشته و در این مدت ، معدن از سوی شرکت سهامی کل معادن به اداره تسلیحات ارتش واگذار و بیشترین استخراج در تونلهای منطقه دره متمرکز بوده است. گزارشهای این دوره شامل گزارش Bariand (1963) در مورد فلززایی ایران، Schurenberg (1963) ، آوینی (۱۳۴۴) ، گزارش بازدید مهندس خادم (۱۹۶۵) ، گزارش دبیران (۱۳۴۵) بوده است. از ۱۳۴۵ معدن بار دیگر به شرکت سهامی کل معادن سپرده شد ، که البته تا کنون فعالیت استخراجی نداشته است. از جمله گزارشهای این دوره ، می توان به گزارش Bazin & Hubbner (1969) و جوانشیر و پاک نژاد (۱۳۶۳) اشاره کرد. در سال ۱۳۶۴ بررسیهای زمین فیزیکی توسط کیمیاقلم و

کانسارها در منطقه معدنی تالمسی - مسکنی انارک توسط Tarkian et al. (1983) انجامیده که به ویژه مقاله اخیر در ارتباط با منطقه معدنی بایچه باغ برای اولین بار به عنوان کانساری معرفی شده که شباهت بسیار زیادی با کانسارهای نوع رگه ای پنج عنصری در دیگر نقاط دنیا را دارا می باشد.

زمین شناسی

منطقه معدنی بایچه باغ از نظر سنگ شناسی تنوع زیادی دارد. قدیمی ترین واحد محدوده را پی سنگهای پرکامبرین از جنس گنیس و آمفیولیت با میان لایه‌هایی از شیست و مرمر همراه با از سنگهای اولترامافیک تشکیل می دهد. این واحد تا حد رخساره آمفیولیت و گرانولیت دگرگون شده است. گنیسها دارای رنگ روشن بوده و به علت سختی زیاد معمولاً در سطح زمین به خوبی رخنمون دارند. آمفیولیتها عموماً دانه درشت و بسیار فشرده بوده و رنگ سبز تیره هستند (شکل ۱). پس از یک نبود چینه‌ای طولانی، پیشروی دریای الیگومیوسن موجب تشکیل لایه‌های ضخیمی از سنگهای آذرآواری تا رسوبی شده است. این نبود چینه‌ای طولانی می تواند ناشی از موارد زیر باشد:

الف - عدم رسوبگذاری نهشته های پالئوزویک، مزوزویک و بخش زیرین پالئوژن.

ب - آهیختگی خیلی زیاد پی سنگ، مانع از رسوبگذاری واحدهای پالئوزویک، مزوزویک و بخش زیرین پالئوژن بر روی پی سنگ شده است. به عبارت دیگر این واحدها یا رسوب نکرده و یا اگر رسوب کرده اند، پیشروی آنها در مقابل آهیختگی پی سنگ آن قدر بی مقدار بوده که هم اکنون نبود آنها در این منطقه بین واحدهای الیگومیوسن و پی سنگ آشکار است.

قدیمی ترین واحد سنگی الیگومیوسن را، گدازه ها، توف و آگلومرای اسیدی با ترکیب داسیتی تا ریولیتی (OM^{dr}) تشکیل می دهد. این واحد، سنگ میزبان اصلی رگه های معدنی بایچه باغ را تشکیل می دهد. به دلیل ساختار آذرآواری این سنگها، عبور رودخانه از وسط این واحد، دره های ژرف با ریخت شناسی متنوع را به وجود آورده است. بر روی این واحد ریولیتی - داسیتی، واحدی سفید رنگ از جنس توف با ترکیب اسیدی (OM) قرار می گیرد. بخشهای زیرین این واحد، متخلخل و حالت پامیسی دارد. وجود حفره ها و فضاهای خالی در این سنگها، نشانه آتشفشانی غلیظ و انفجاری اسیدی همراه با مقدار زیاد گاز بوده است. قسمتهای تالایی این واحد، بیشتر حالت توفی دارد. این واحد توف سفید رنگ در بالا، به مرور به یک توف سبز رنگ همراه با مجموعه هایی از آگلومرای آندزیتی (OM^V) تبدیل می شود. این واحد آگلومرای از

مرحله (۱)، گامه قدیمی بی مایه (بی کانه) (Early barren stage) شامل کوارتز و گاه مقدار ناچیزی از سولفیدهای عناصر پایه (پیریت، اسفالریت و گالن).

مرحله (۲)، گامه اورانینیت (Uraninite stage) شامل کوارتز - اورانینیت. این مرحله ممکن است در برخی از حوزه های معدنی به مانند حوزه کبالت Kongsberg-Modum اصلاً وجود نداشته باشد، لیکن در دیگر حوزه ها چون Great Bear Lake از اهمیت اقتصادی برخوردار است.

مرحله (۳)، گامه آرسنیدهای نیکل - کبالت و نقره - (Ni-Co arsenide Ag stage)، در این مرحله نقره آزاد به مقدار ناچیز تا حد قابل توجه با آرسنیدهای نیکل - کبالت - راملزبریت، سافلوریت، نیکولیت، کلوآنتیت، موشریت) دیده می شود. بیسموت آزاد در این مرحله بوجود می آید و کانی گانگ می تواند دولومیت یا کلسیت باشد.

مرحله (۴)، گامه سولفیدی (Sulphide stage) شامل پیریت، اسفالریت، گالن و کالکوپیریت و دیگر سولفیدهای مس همراه با نقره آزاد و آرژانتیت در گانگ کوارتز و کلسیت است. آرسنیک و آنتیموان آزاد نیز می توانند در این مرحله بوجود آید. این مرحله با گامه آرسنیدهای نیکل - کبالت حالت انتقالی و تدریجی دارد و می تواند در بردارنده مجموعه کانیهای حدواسط از جمله سولفوآرسنیدها مانند آرسنوپیریت و سولفوسالت های Sb-As-Ag باشد. از این سولفوسالت ها می توان فرابریزیت، پیرارژیریت - پراسیتیت و استفانیت را نام برد.

مرحله (۵)، گامه پایانی (Late stage) معمولاً نشانگر رسوب کلسیت در دمای پائین است. لیکن اتفاق می افتد که باریت و فلوروریت نیز به مقدار قابل ملاحظه، کلسیت را همراهی نمایند.

گامه های پنجگانه فوق نشانگر توالی های کانی سازی نوع ایده آل و کامل است، لیکن باید در نظر داشت که در یک کانسار شاخص، ممکن است یک یا چند گامه حضور نداشته باشند. از این رو در بعضی حوزه های کانی سازی، گامه اورانینیت بطور کامل نمود ندارد. با این وجود، گامه آرسنید نیکل - کبالت، گامه ای اساسی در تکوین کانسارهای رگه ای تیپ ۵ عنصری است و گسترش آن در یک حوزه یا یک کانسار ویژه، می تواند کاملاً محدود باشد.

چنین تصور می شد که بیشتر کانسارهای این تیپ در شمال آمریکا و اروپا قرار دارد. (Badham 1972) احتمال وجود چنین کانسارهایی را در دیگر قاره ها منتفی ندانست، تا آنجا که پیدایش این نوع کانسارها در نواحی دیگر از مانند مکزیک، نوژ، فرانسه و غیره ... به اثبات رسیده است. در این راستا، پژوهش های انجام شده در ایران نیز به معرفی این نوع

کانی سازی

در منطقه معدنی بایچه باغ، عمده ترین کانی سازی رگه ای مس، کبالت، نیکل، سرب و روی در واحد پرتابه های آتشفشانی با ترکیب اسیدی (OM^{th}) صورت گرفته است. این واحد که قسمت مرکزی یک گنبد آتشفشانی را تشکیل می دهد، از جنس گدازه، توف و برش های اسیدی با ترکیب داسیتی تا ریولیتی است که میزبان مناسبی برای کانی سازی رگه ای مس و عناصر همراه به شمار می رود.

منطقه کانه دار بایچه باغ، ۲ کیلومتر طول و ۱/۵ کیلومتر عرض دارد و وسعتی حدود ۳ کیلومتر مربع را شامل می شود. این منطقه از مجموعه گسل های کانی سازی شده با روند NE-SW تشکیل شده و از دره دربند تا دره تایدین گسترش دارد. گسترش کانه سازی رگه ها با تلفیق نقشه های شکل ۲ و ۳ قابل توجه است. آثار کانی سازی در نقاط مختلفی از این رخنمون به چشم می خورد. مهم ترین مناطق معدنی در حوزه کانه دار بایچه باغ عبارتند از: منطقه دره، طلعت (رگه های بایچه باغ - I و II) چشمه، خشنودی و تایدین. به طور کلی، کانی سازی در بایچه باغ در بخش بالایی رخساره ریولیتی با سن الیگومیوسن تشکیل شده است که رگه های کانه دار اصلی به طور میانگین حدود ۲۰ تا ۵۰ سانتی متر ضخامت داشته و گاه تا حدود ۲ متر نیز می رسد. در این منطقه، ۲۹ دهانه تونل اصلی و فرعی وجود دارد (شکل ۳) و در کل حدود ۱۱ کیلومتر حفاری انجام شده است. بر اساس شکل های ۲ و ۳، از میان رگه ها و رگچه های متعدد، فعالیت استخراج بر روی ۹ رگه اصلی به ترتیب زیر متمرکز شده است:

(۱) - رگه بایچه باغ I

ناحیه معدنی طلعت

(۲) - رگه بایچه باغ II

(۳) رگه تایدین I

ناحیه معدنی تایدین

(۴) - رگه تایدین II

(۵) رگه خشنودی I

ناحیه معدنی خشنودی

(۶) - رگه خشنودی II

(۷) - رگه دره (دره دربند) I

(۸) - رگه چشمه I

(۹) رگه ضریو (جزو ناحیه معدنی طلعت) است.

مهم ترین عوامل کنترل کننده کانی سازی در بایچه باغ، سنگ میزبان مناسب و فضاهای خالی ناشی از گسلاست. سنگ های آتشفشانی اسیدی با ساختار برشی - آگلومرای محل مناسبی برای عبور محلول های گرمابی بوده و سنگ میزبان تمامی رگه ها از جنس برش انوکلاستیک تجزیه شده است و فضای برخی از قطعات این برش، توسط کانه های مس پر شده

تناوب های توف و کنگلومرای آتشفشانی تشکیل شده است. در قسمتهای بالایی این واحد، خواص آذر آوری به تدریج کاهش یافته و به سمت رسوبی میل می کند و به آرامی لایه های شیل توفی، مارن و آهک الیگومیوسن (OM) بر روی آن قرار می گیرد. تناوب های مارن و آهک معادل با سازند قم بوده و در قسمت میانی آن لایه های نازک و ضخیمی از آهک و ماسه آهکی فسیل دار ریفی (OM^1) وجود دارد. وجود میکروفسیل های شاخص، سن آکتینین - بوردیگالین را برای این واحد سنگی پیشنهاد می کند. رسوبات کواترنری، جوان ترین رسوبات منطقه بوده که بر روی سازند قم قرار می گیرد. قدیمی ترین واحد دوران چهارم تناوب های کنگلومرا و ماسه سنگ با سیمان سست است (Qp^1) که می توان آن را هم ارز سازند هزار دره با سن پلیوسن - پلیستوسن دانست. در برخی نقاط، رخنمون های کوچکی از سنگ های آتشفشانی آندزیتی تا آندزیت بازالتی جوان با ساخت ستونی (QV) دیده می شود، و بالاخره پادگانه های آبرفتی ($Qt2$) و آبرفتهای جوان رودخانه ای (Qal) جوان ترین رسوبات منطقه را تشکیل می دهند.

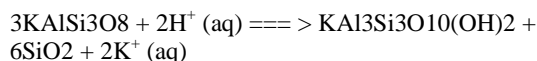
سنگ شناسی

سنگ های آذرین در ناحیه بایچه باغ تنوع زیادی داشته و از سنگ های کاملاً اسیدی تا سنگ های بازی بازالتی حضور گسترده ای دارند. این سنگ های آتشفشانی را می توان به دو گروه عمده اسیدی و حد واسط تا بازی تقسیم کرد. سنگ های آتشفشانی قدیمی تر ترکیبی ریولیتی تا داسیتی داشته و عموماً از توف، آگلومرا و گدازه های اسیدی تشکیل شده است. سنگ های آتشفشانی جوان تر، معمولاً ترکیبی آندزیتی تا بازالتی دارند و معمولاً به صورت ستونهای گدازه ای و یا آگلومرا دیده می شوند. سنگ های آتشفشانی جوان با سن کواترنری معمولاً از جنس آندزیت، تراکی آندزیت تا آندزیت بازالت هستند. مطالعه بر روی نمونه های تجزیه شده به روش XRF (جدول ۲) نشان می دهد که ماگمای تشکیل دهنده سنگ های اسیدی معمولاً ماهیت کلسیمی - قلیایی و سنگ های حد واسط - بازی بیشتر ماهیت قلیایی دارند و از نظر زمین ساختی ماگمایی در ارتباط با جایگاه کمانهای قاره ای (CAS) بوجود آمده اند. سنگ های دگرگونی در شمال غرب ناحیه بایچه باغ رخنمون دارند. این سنگ ها در حد رخساره آمفیبولیت تا گرانولیت دگرگون شده و از جنس گنیس و آمفیبولیت با میان لایه هایی از میکاشیست و مرمر است که در برخی قسمتها، رخنمون های کوچکی از سنگ های فرا بازی دگرگون شده در آن دیده می شود. گنیسها از نوع اورتوگنیس بوده که بطور معمول با اپیدوت آمفیبولیت ها همراه است. سنگ های رسوبی در قسمت شمالی منطقه معدنی گسترش یافته و شامل آهک های ریفی، مارن، گری واک، آرکوز و ولکانیک آرنیت آتشفشانی با سن ترشیری است.

که نشاندهنده وجود دو نسل اسفالریت است. اسفالریت تیره رنگ تر حاوی مقدار بیشتری آهن به شکل (FeS) و به صورت جانشینی در شبکه کانی است. کانیهای کبالت و نیکل از جمله کانیهای است که در رگه‌های بایچه باغ و دره گسترش بیشتری دارد. این کانیها، به صورت کبالتیت، اسکاترودیت، لینایت، سافلوریت و راملزبرگیت، بیه بریت و اریتریت است (شکل ۷). کانی‌های گروه اسکاترودیت که شامل آرسنیدهای نیکل و کبالت است، می‌تواند از نظر میزان Ni و Co متفاوت باشند.

این کانی چنانچه به قطب کبالت‌دار نزدیک باشد، اسمالتیت و در صورتی که به قطب نیکل‌دار نزدیک باشد کلوآنتیت نامیده می‌شود. در کانسار بایچه باغ، کانیهای گروه اسکاترودیت معمولاً از کبالت غنی‌تر بوده و بنابراین بیشتر از نوع اسمالتیت هستند (شکل ۸ و ۹). کانیهای بیسموت‌دار نیز به همراه کانیهای کبالت و نیکل در بایچه باغ تشکیل شده‌اند. این کانیها شامل بیسموت خالص، بیسموتینیت و امپلکتیت و ویتجنیت هستند. کانی بیسموتینیت، سولفید بیسموت و کانیهای امپلکتیت و ویتجنیت سولفید دوتایی مس و بیسموت است که میزان مس در کانی ویتجنیت افزایش می‌یابد. در حقیقت این کانی‌ها می‌توانند محلول جامد تشکیل دهند (شکل ۱۰). بیسموت خالص همراه با اسمالتیت، به صورت برون رانش هستند و معمولاً بافت اسکلتی و تیغ ماهی را تشکیل می‌دهد (شکل ۱۱). کانیهای آهن، از شامل مگنتیت، پیریت، مارکازیت و اکسیدهای آهن است. کانی مگنتیت به میزان کم و در افقهای پایین به ندرت با کانیهای مس‌دار دیده می‌شود. پیریت و مارکازیت گسترش بیشتری به همراه دیگر کانه‌ها دارند و اکسیدهای آهن معمولاً کلکوپیریت و کربناتهای مس و باطله را در افقهای سطحی رگه‌ها همراهی می‌کند. سولفات‌ها از نوع ملاتریت، ژپیس، اپسومیت و کالکانتیت ثانویه در نواحی آبدار رگه‌ها و تونلهای مرطوب دیده می‌شود. کانیهای باطله کانسنگ شامل کوارتز و کانیهای کربناتی مانند دولومیت، آنکریت، دیالوژیت، سیدریت، کلسیت و آراگونیت هستند. آثار کمی از کانیهای اورانیم به همراه آرسنیدهای نیکل و کبالت دیده شده است (جدول ۳). تنظیم توالی پاراژنتیک کانی‌ها در جدول ۳ براساس تقدم و تأخر فازهای نهایی در مطالعه مقاطع صیقلی بوده است. همان‌طور که ملاحظه می‌شود کانی‌های وابسته به مجموعه عناصر Ni-Co-As-Bi از جمله نیکولیت، لینه ایت، کبالتیت، سافلوریت، اسکاترودیت (اسمالتیت)، بیسموت و بیسموتینیت و غیره به عنوان کانیهای مرحله دوم کانی سازی، کانیهای مرحله اول را بریده و نسبت به آنها تأخر نشان می‌دهند (شکل ۱۲ و ۱۳). سیال کانه‌دار مسئول مرحله اول کانی سازی می‌تواند در ارتباط با محلولهای گرمابی پس ماگمایی توده نیمه آتشفشانی اسیدی (OM^{dt}) باشد که در اثر نیروهای زمین ساختی و فشار سیال، به شکل رگه و رگچه، موجب کانه‌سازی رگه‌ای در آن

است. در این میان گسله‌های مختلف به ویژه گسله‌های با امتداد شمال خاور - جنوب باختر، نقش مهمی در کانی سازی داشته‌اند و مکان مناسبی را برای نهشت کانسنگ به وجود آورده‌اند (شکل ۳). در فضای باز این گسله‌ها، سیالهای وارد شده که حاوی واکنش گرهای قلیایی از جمله پتاسیم (K⁺¹) بوده و موجب تخریب و دگرسانی سنگهای میزبان شده‌اند. مهم‌ترین دگرسانی در کانسار بایچه باغ از نوع آرژیلی و سیلیسی است. زیرا خروج واکنش گرها از محیط با افزایش سیلیس همراه بوده است. برای مثال، دگرسانی فلدسپار پتاسیم در سنگ میزبان (OM^{dt}) به صورت زیر است:



در اینجا سیلیس آزاد شده، معمولاً به صورت برش سیلیسی و یا بلورهای ریز کوارتز و یا به حالت نهان بلورین، کانه‌های فلزی را همراهی می‌کند. محصول دگرسانی آرژیلی، ریز بلورهای کوارتز، ایلیت، کائولینیت، سریسیت و کمی کلریت است. بنابراین، مهم‌ترین دگرسانی در کانسار بایچه باغ از نوع سیلیسی، آرژیلی تا پروپیلیتی است که به ویژه در افقهای کانی سازی شده (OM^{dt}) و در امتداد رگه‌ها حائز اهمیت است. کانی‌های موجود در کانسار بایچه باغ، بسیار متنوع بوده و گستره‌ای از کانیهای مس، سرب، نیکل، روی، کبالت و بیسموت را نشان می‌دهد. فراوان‌ترین کانی فلزی را کلکوپیریت تشکیل می‌دهد که بخصوص در رگه‌های اصلی بیشترین گسترش را دارد و بیشتر کانه‌های فلزی دیگر را همراهی می‌کند. تتراهدریت و تنانتیت نیز از دیگر کانه‌های مس‌دار است که معمولاً همراه با کلکوپیریت دیده می‌شود (شکل ۴). مقدار کمی کانی انارژیت، کولیت، بورنیت و کلکوسیت نیز به همراه دیگر کانه‌های مس‌دار قابل ملاحظه است. تشخیص کانه‌های تتراهدریت و تنانتیت توسط میکروسکوپ به آسانی امکان پذیر نیست و تجزیه‌های ریز کاو الکترونی نشان دهنده جایگزینی مقادیر متفاوتی از عنصر As توسط Sb است (شکل ۵). مالاکیت و آزوریت نیز از کانیهای مس‌دار هستند که در مناطق سطحی و اکسید شده رگه‌ها به فراوانی دیده می‌شود. در نواحی آبدار درون تونل‌ها و در سطح رگه‌ها و دیواره تونلها، کالکانتیت به‌طور ثانویه و که به صورت پوسته‌ای، سوزنی و استالاکتیتی دیده می‌شود (شکل ۶). مهم‌ترین کانی سرب‌دار، گالن است که به همراه اسفالریت بیشترین تجمع را در بخشهای بالایی رگه‌ها دارد، چرا که در این مکانها، شرایط فیزیکی شیمیایی از جمله Eh و pH مناسب بوده موجب ناپایداری کمپلکس‌های سولفیدی وابسته، و سرانجام نهشت گالن و اسفالریت شده است. گالن و اسفالریت بیشترین فراوانی را در رگه بایچه باغ I و II دارند. کانی اسفالریت به رنگهای عسلی و قهوه‌ای دیده می‌شود

می شود که الگوی کانی سازی منطقه معدنی بایچه باغ با کانسارهای مدل رگه ای Vein style deposits دمای متوسط تا بالا همخوانی دارد. این الگو، همان جایگاه کانسارهای رگه ای پنج عنصری است. نمود کلرید سدیم (NaCl) در سیال، شاهدی بر وجود کمپلکسهای کلریدی و پایداری آنها طی انتقال و مهاجرت سیال کانه دار است. این سیال با بازچرخش Recycling در پی سنگ دگرگونی فرامافیک پرکامبرین، عناصر وابسته به کانی سازی پنج عنصری را تأمین و به صورت کمپلکسهای بیسولفیدی حل شده، در اثر حرکات همرفتی انتقال می دهد. اکنون نسبت به ژرفای مهاجرت، دما و فشار سیال تغییر کرده و به پیروی از این عوامل، پایداری کمپلکسهای فلزی محلول در آنها نیز افت پیدا می کند. بدین ترتیب در اثر تغییرات دما، فشار و ترکیب سیالهای کانه دار (T,P,X) به عنوان عوامل کنترل کننده کانی سازی، کمپلکسهای فلزی حل شده به شکل کانه رسوب کرده و توالی پاراژنتیک جدول (۳) را می سازند.

برای محاسبه فشار به دام افتادگی سیالها از نمودارها (Hass(1971) که براساس دمای همگن شدگی، منحنی های درصد شوری و ژرفا بر حسب متر، تنظیم شده، استفاده گردید. در ارتباط با این نمودار، محدوده ژرفای بازچرخش سیال، بیش از دو کیلومتر است با استفاده از فرمول $P = H \cdot \rho \cdot g$ که در آن:

H = ژرفای کارایی سیال طی مهاجرت و بازچرخش بر حسب متر.

P = فشار به دام افتادگی سیال بر حسب بار.

g = شتاب گرانش. (981 g/Cm³)

ρ = چگالی روبرار که در منطقه معدنی بایچه باغ برابر با ۲/۷g/Cm³ در نظر گرفته شده است، مشخص گردید که فشار سیال طی کانی سازی بین ۵۰۰ تا ۸۰۰ بار در نوسان بوده است.

زایش و نوع کانسار (نتیجه گیری پایانی)

مقایسه کانسار بایچه باغ با کانسارهای گرمایی، نشان دهنده انطباق مناسب با این نوع کانسارهاست. وجود کانیهای گرمایی، حضور دگرسانی رسی و سیلیسی، ارتباط کانه ها با فضاها خالی ناشی از گسلها، بافت پرکننده فضای خالی در کانیهای فلزی، و وجود روند مشخص در کانی سازی، تأییدی بر شباهت کانسار بایچه باغ یا کانسارهای گرمایی است. در این میان، نوع و تمرکز کانیهای دماسنج و همچنین نوع دگرسانی مشخص کننده چیره گی شرایط مزوترمال (۲۰۰-۳۰۰ °C) تا کاتاترمال برای تشکیل کانسار بوده است. شباهتهای بسیاری بین کانسار بایچه باغ با کانسارهای نوع پنج عنصری (Ag,Ni,Co,As,Bi±U) که خود یکی از انواع کانسارهای مزوترمال به شمار می رود، وجود دارد. این شباهتها عبارتند از:

توده شده اند. فعالیت دوباره سیالها و بازچرخش آنها در پی سنگ دگرگونی پرکامبرین و در ژرفای زیاد، توانسته است عناصر مربوط به کانیهای درون زاد مرحله دوم کانی سازی را تأمین و با تأخیری قابل ملاحظه، در مسیر سیالهای مرحله اول کانه سازی حرکت و انتقال یابند. بدین ترتیب نهشت کانه های مرحله دوم کانی سازی، در راستای الگویی بوده که مجموعه کانه های مرحله اول را بریده اند. با این شیوه که نیروی محرکه سیالهای کانه دار مرحله دوم، از توانایی بیشتری برخوردار بوده اند. علت کاراتر بودن نیروی محرکه، احتمالاً مهیا بودن بخشی از مسیر انتقال سیالهاست که در مرحله اول کانی سازی شکل گرفته است. این مسیر سپس در اثر نیروهای زمین ساختی پرژرفا شده تا آنجا که با افزایش شیب زمین گرمایی و بالا رفتن دما، سیالها توانسته اند

در اثر بازچرخش، پی سنگ دگرگونی را شسته و سرانجام عناصر کانی سازی مرحله دوم را برای نهشت فراهم آورند. به این ترتیب، ضمن آنکه کانه های مرحله دوم کانی سازی نسبت به مجموعه مرحله اول، در شرایط دمایی بالاتر تشکیل می شوند، رگه های پنج عنصری نیز براساس شکل (۳) در منطقه معدنی بایچه باغ گسترش می یابد. تجزیه شیمیایی رگه ها و میانگین عیار عناصر در جدولهای ۴، ۵، ۶، ۷، ۸، ۹ و ۱۰ ارائه شده است.

میانبارهای سیال

بمنظور تعیین ویژگی فیزیکوشیمیایی سیالهای مسئول در کانی سازی منطقه معدنی بایچه باغ، از باطله کوارتز همزیست با فازهای سولفید رگه ای، ۲۰ مقطع نازک دو سویه صیقل یافته تهیه شد، که تنها ۵ مقطع آن قابل مطالعه بود. میانبارهایی که مورد مطالعه قرار گرفتند از نوع تک میانبار اولیه Primary single inclusions بودند. برخی از این میانبارها دو فازی بوده که شامل یک فاز مایع و یک فاز بخار و برخی افزون بر این دو فاز، دارای ریز بلورهای از هالیت به عنوان کانیهای نوزاد (Daughter minerals) نیز بود. برای مرحله گرمایش، میانبارهای مناسب دو فازی انتخاب شد تا آنجا که دمای همگن شدگی کلی آنها Temperature of homogenization در طیف تغییراتی از ۲۱۵، ۲۵۴، ۴۱۶، ۴۷۹ درجه سانتیگراد قرار گرفت، شکل ۱۴. به تناسب دمای همگن شدگی و در راستای مرحله سرمایش، طیف دمای ذوب شدگی آخرین تکه یخ نسبت به فاز مایع که همان دمای (TM) است، بین (۱)، (۴-)، (۴/۸-) و (۱-) اندازه گیری شد. با استفاده از این داده ها و بر اساس نمودار شکل (۱۵) میزان شوری فاز سیال بر حسب معادل درصد NaCl آنها به ترتیب ۲۶/۶، ۲۵/۶، ۲۵/۳، ۲۶/۳ درصد محاسبه شد. براساس نمودار (شکل ۱۶) که بر پایه پیاده کردن دمای همگن شدگی بر روی محور Y و درصد شوری بر روی محور X بنا شده، دیده

است. ولی در این میان نظریه ارائه شده توسط Kissin (1990) در یک محیط کافت قاره ای با واقعیت‌های موجود در بایچه باغ سازگارتر است. وجود جریانهای گرمایی بی‌هنجار (به دلیل وجود چشمه های آبگرم فراوان و کانسارهای متنوع) در ناحیه شمال تکاب و قابلیت انتقال شوراها، این ناحیه را به عنوان منطقه‌ای با پتانسیل بالا برای کانی سازی معرفی می‌کند. همچنین وجود کافت و سنگهای مافیک و فرامافیک قدیمی در پی سنگ شمال تکاب می‌تواند به عنوان یک منشاء مهم برای عناصر Co و Ni به شمار رود. افزون بر این، حجم عظیمی از سنگهای آتشفشانی - آواری و آتشفشانی غنی از Zn, Cu و ... می‌تواند منبع مهمی برای فلزهای پایه به شمار رود. بنابراین یک چرخه شورایی می‌تواند عناصر فلزی را از ژرفا تا سنگ میزبان شستشو داده و به فضاهای مناسب سنگ میزبان در نزدیکی سطح انتقال دهد. به هر حال، شیوه تشکیل کانسار بایچه باغ را بر اساس نظریه‌های موجود می‌توان به شکلهای مختلف تفسیر کرد، ولی در هر حال به نظر می‌رسد که پیش بینی Badham در مورد احتمال وجود کانسارهای نوع پنج عنصری در دیگر قاره ها (افزون بر آمریکا و اروپا) با وجود کانسار بایچه باغ درست است.

- ۱- تشکیل کانسار در ارتباط با آتشفشانی خشکی .
 - ۲- تشکیل کانسار در امتداد گسلهای ژرف .
 - ۳- وجود شباهتهای کانی سازی مس ، سرب ، روی و بویژه آرسنیدهای نیکل - کبالت ، بیسموت و اورانیم.
 - ۴- وجود بافت پرکننده فضاهای خالی.
 - ۵- تشکیل کانیهای دولومیت ، آنکریت و کوارتز به عنوان باطله.
 - ۶- عدم شدت دگرسانی .
 - ۷- ارتباط کانی سازی گسلهای امتدادلغز (NE-SW).
 - ۸- شباهتهای پاراژنزی.
 - ۹- شباهت داده های دماسنجی میانبارهای سیال از نظر دما ، ژرفا و فشار تشکیل.
- در این میان، کانسار بایچه باغ بیشترین شباهت را با کانسار Camsell River در ناحیه Great Bear Lake در انتاریوی کانادا دارد که افزون بر شباهتهای یاد شده، از نظر سنگ میزبان و ارتباط با سنگهای آتشفشانی - آواری نیز قابل قیاس است. بنابراین، هر چند نظریات مختلفی برای تشکیل کانسارهای نوع پنج عنصری پیشنهاد شده

جدول ۱- نظریه های ژنتیکی کانسارهای رگه ای پنج عنصری اقتباس از هالز و اشتومپفل (۱۹۷۲) ، تصحیح و بازنگری توسط کیسین (۱۹۹۲)

Table 1 : Genetic theories for five –element veins (modified after Halls and Stumpfli, 1972)

Theory	Locality	Source
1. By direct hydrothermal evolution from granitic intrusions	Great Bear Lake	Badham (1975)
2. By direct hydrothermal evolution from mafic intrusions : a) in situ b) at depth	Gowganda -Cobalt Thunder Bay	Jambor (1971) Tanton (1931)
3. Mixing of hydrothermal solutions of mafic and granitic affinities	general	Badham (1976)
4) By hydrothermal / metamorphic processes concentrating components from : a) organic – rich black shales b) Pre-existing massive sulphides c) Metal-rich volcanoclastic rocks	Cobalt - Gowganda Cobalt - Gowganda Cobalt - Gowganda Thunder Bay	Kerrich et al. (1986) Goodz et al (1986) Boyle and Dass (1971)
5. By syngenetic processes	Sarraous	Schneider (1972)
6. By introduction along deep fractures of a juvenile five-element solution in a basalt-generating environment near the crust mantle boundary	general	Halls and Stumpfli (1972)
7. Circulation of connate brines in an environment of continental rifting	general	Kissin (1988)

Geological map of Bayche-Bagh Mine Area

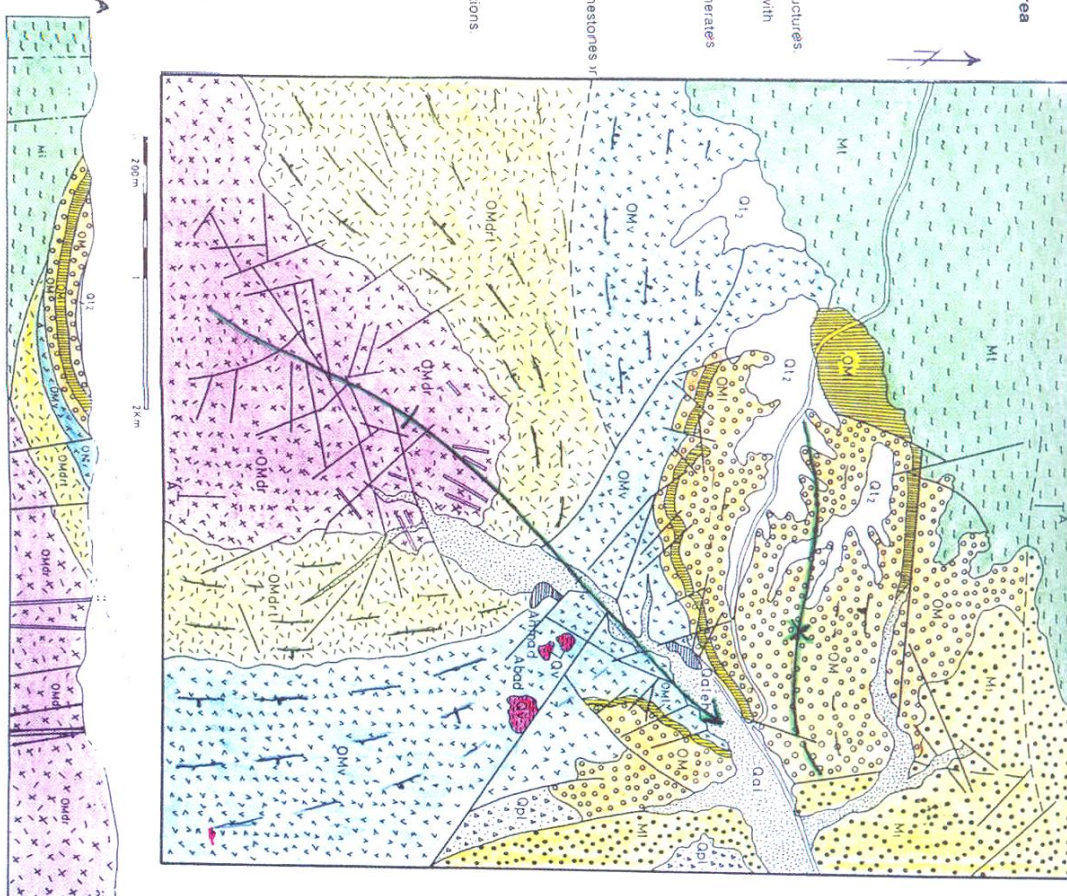
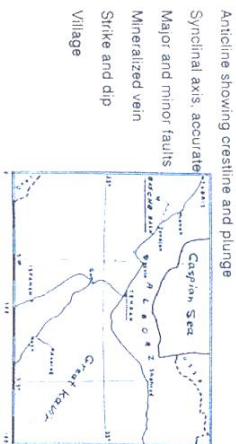
By: M. Lotfi and M. Karimi (2003)

Scale: 1:20,000

TERTIARY		Quaternary
Oligocene	OM v	Qal
	OM dt	Q12
	OM dr	Qv
Miocene	OM v	Qp1
	OM l	M1
	OM	OM
	OM l	OM
PRE CAMBRIAN	Mt	

Legend

Recent alluviums
Young terraces and fan conglomerates
Gray, Olivine basaltic andesite to basalts showing columnar structures
Cream to red, unconsolidated conglomerates and sandstones with coloured mudstone and gritstone intercalations
Alternations of gray - green marls; red sandstones and conglomerates with gypsum interlayers (UPF equivalent)
Grey-green coloured alternated marls and limestones with thin gypsum layers
Cream to light brown, fossiliferous, medium to thick bedded limestones or sandy limestones (OM l)
Green to gray coloured, tufts and andesitic agglomerates (roughly weathered)
White coloured, Pumiceous tufts and tuffites of acidic compositions
Rhyolite to dacite subvolcanic dome and its related acidic Pyroclastics (tufts & agglomerates)
Gneisses, amphibolites, schists and ultramafic patches



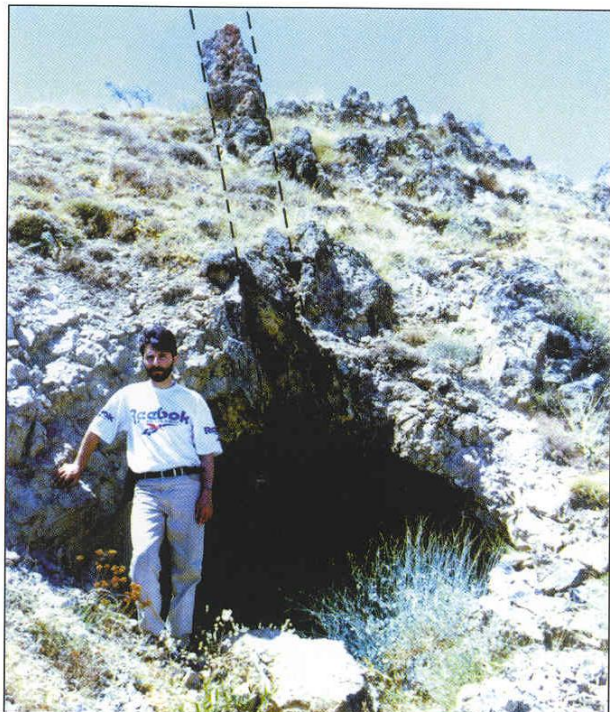
شکل ۱- نقشه زمین شناسی

جدول ۲- نتایج نمونه شیمیایی عناصر اصلی و کمیاب سنگهای ماگمایی به ویژه سنگهای میزبان رگه‌های معدنی منطقه پایچه باغ به روش (XRF)

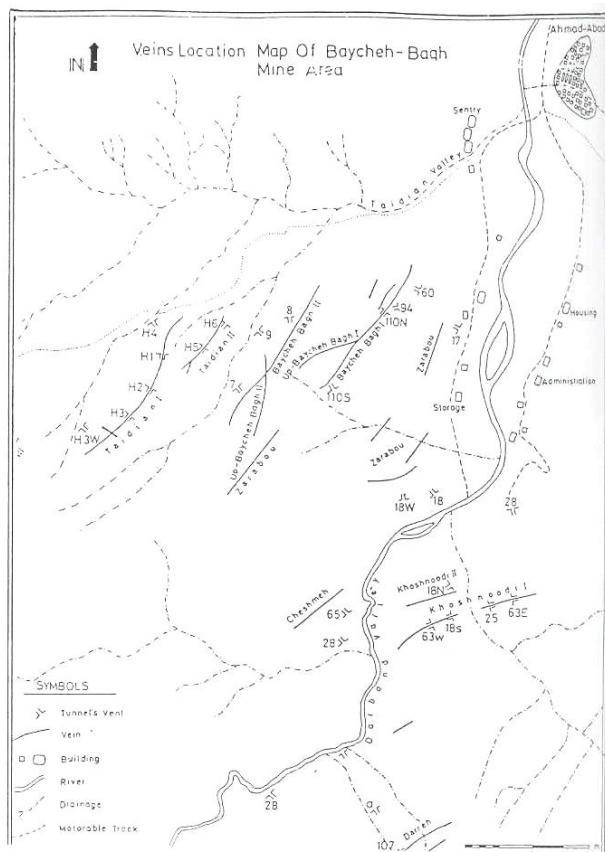
Sr PPM	Y PPM	Zr PPM	Nb PPM	Ba PPM	La PPM	Ce PPM	Nd PPM	Sm PPM	Tb PPM	Yb PPM	Hf PPM	Ta PPM	Th PPM	Eu PPM
1240.941	26.560	214.266	14.436	39.135	n.d	9.223	n.d	7.430	0.503	6.426	4.660	0.802	5.312	1.925
665.336	31.787	234.355	14.863	157.121	n.d	11.484	n.d	6.271	0.441	2.705	4.700	0.825	5.469	1.858
1142.722	21.596	214.728	15.116	102.738	n.d	8.881	n.d	6.574	0.401	5.442	4.681	0.827	5.754	1.742
1263.291	49.566	309.685	14.900	n.d	n.d	6.684	n.d	6.546	0.416	4.118	4.662	0.823	5.657	1.828
1061.842	49.971	353.675	15.044	n.d	n.d	6.626	n.d	6.097	0.418	4.241	4.707	0.837	5.759	1.685
856.170	26.148	217.621	15.629	114.982	3.295	23.870	12.845	4.460	0.786	6.230	5.496	1.040	6.679	1.229
503.968	39.284	251.244	15.506	191.474	n.d	24.179	2.784	6.759	0.700	9.090	5.483	1.067	6.729	1.797
871.576	55.556	387.387	15.243	676.038	14.200	35.592	15.393	8.481	0.705	4.282	5.343	1.003	6.342	2.527
541.766	38.933	276.946	15.778	732.099	11.485	39.963	17.204	10.034	0.701	7.932	5.267	1.011	6.613	2.800
822.521	17.607	157.194	15.693	203.984	n.d	21.650	4.697	9.635	0.720	5.376	5.218	0.994	6.537	2.810
702.001	15.675	190.423	15.378	169.177	n.d	16.934	n.d	9.984	0.515	6.920	5.282	1.036	6.458	2.821
714.741	76.410	397.572	15.172	599.204	n.d	30.577	n.d	10.945	0.652	7.944	5.056	0.944	6.022	3.029
965.517	40.435	301.236	15.182	629.063	n.d	30.200	n.d	8.257	0.637	7.119	5.064	0.965	6.039	2.254
052.654								7.470	0.641	2.557	5.058	0.958	6.052	2.277

ادامه جدول ۲

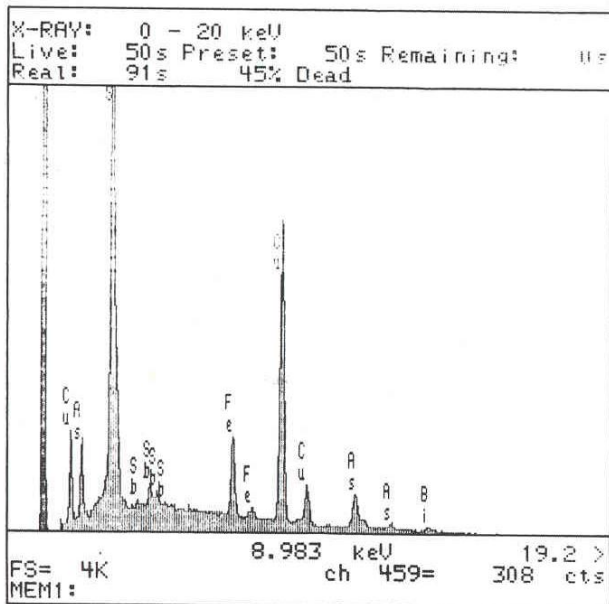
شماره نمونه	اسم سنگ	SiO2 %	Al2O3 %	Fe2O3 %	MgO %	CaO %	Na2O %	K2O %	MnO %	TiO2 %	P2O5 %	Cr PPM	Ni PPM	Rb PPM
B1	بازالت آندزیت	54.406	12.744	15.806	6.641	5.275	0.535	0.993	0.023	0.742	0.105	27.114	n.d	61.376
B2	بازالت آندزیتی کوارتزدار	54.342	12.269	14.321	3.365	7.535	3.168	1.902	0.177	2.183	0.382	n.d	n.d	64.805
B3	توف آندزیتی	54.146	12.262	13.962	3.427	7.514	3.266	1.907	0.180	2.262	0.384	n.d	n.d	65.089
B4	توف داسیتی	62.774	15.664	5.892	6.862	3.880	1.670	2.176	0.023	0.865	0.067	n.d	n.d	76.156
B5	ریوداسیت	65.590	15.200	4.128	2.480	3.830	3.203	4.702	0.034	0.640	0.199	n.d	n.d	87.790
B6	ریوداسیت	64.937	15.836	4.945	1.217	2.084	1.570	3.796	0.023	0.787	0.121	41.813	n.d	65.047
B7	ریوداسیت	68.937	15.343	4.652	1.376	2.543	1.212	3.796	0.015	0.628	0.095	46.954	n.d	67.562
B8	ریوداسیت	66.196	13.571	5.362	1.763	4.785	1.360	5.284	0.031	0.729	0.104	44.980	21.376	94.159
B9	ریوداسیت	64.692	13.485	5.492	1.680	5.790	1.844	5.522	0.038	0.831	0.112	63.693	28.301	75.157
B10	داسیت	64.141	15.334	5.978	1.572	5.180	2.913	3.540	0.039	0.938	0.102	23.868	15.821	54.194
B11	ریولیت-تاریو داسیت	67.692	14.777	3.160	2.410	4.350	0.775	5.466	0.011	0.670	0.106	5.000	n.d	62.346
B12	توف داسیتی تاریولیتی	69.254	14.147	6.285	0.552	3.189	1.488	4.412	0.014	0.610	0.078	9.209	n.d	87.725
B13	داسیت	66.239	14.362	5.452	2.227	3.891	1.081	5.367	0.031	0.781	0.108	13.472	n.d	78.429
B14	ریولیت	72.477	13.763	2.239	0.208	2.351	3.638					2.238	n.d	88.382



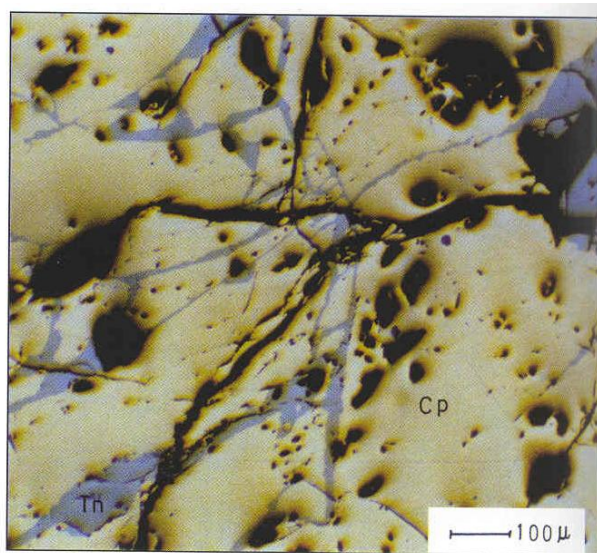
شکل ۳- تونل دنباله رو H3 در رگه تایدین I با امتداد شمال خاور - جنوب باختر.



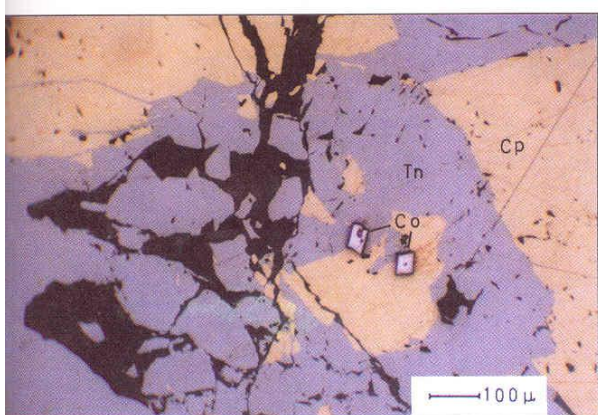
شکل ۲- نقشه موقعیت رگه های اصلی در کانسار بایچه باغ



شکل ۵- نمودار تجزیه نیمه کمی کانی تانتیت توسط ریزکاو الکترونی که در آن مقداری از As توسط Sb جایگزین شده است.



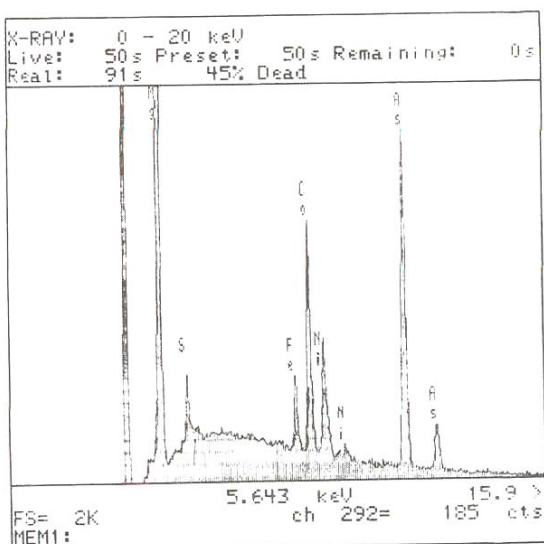
شکل ۴- پرشدگی شکستگیهای کلکوپیریت توسط تانتیت (۱۰۰).X



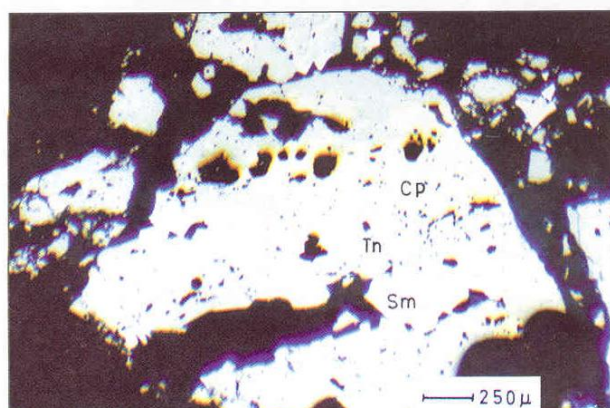
شکل ۷- بلورهای خوش وجه کبالتیت در کلکوپیریت و تنانتیت (X100)



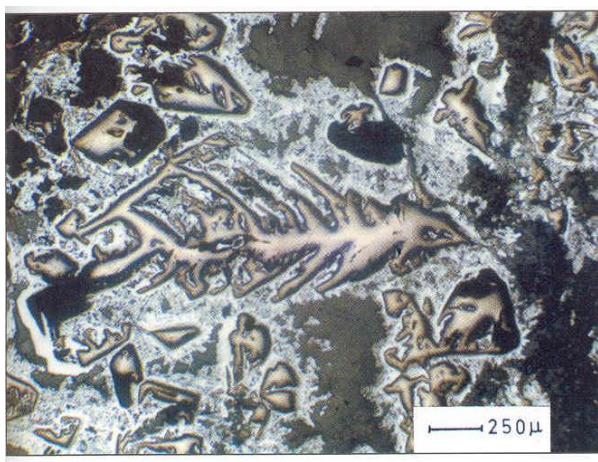
شکل ۶- تشکیل کانی کالکانتیت در دیواره تونل استخراجی.



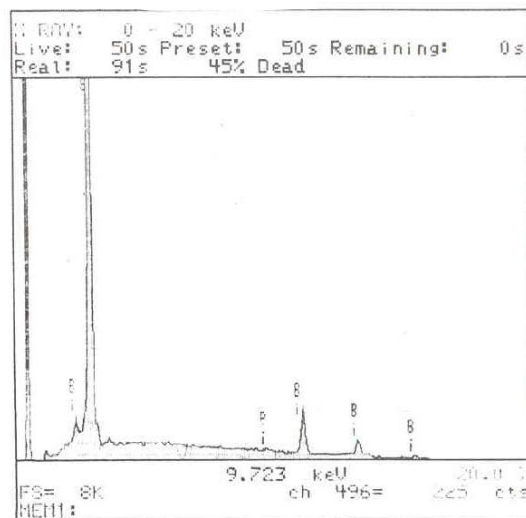
شکل ۹- نمودار تجزیه نیمه کمی اسمالتیت توسط ریزکاو الکترونی.



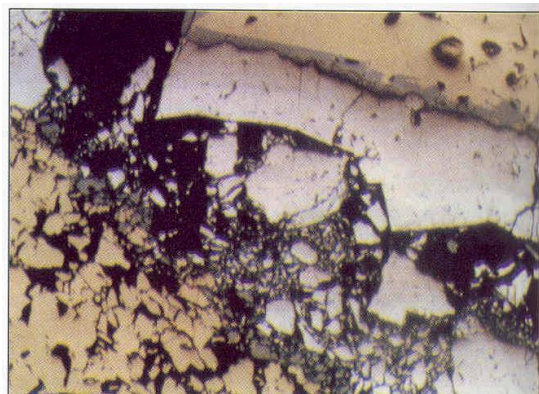
شکل ۸- پر شدگی شکستگی تنانتیت - تراهدریت با فاز جدیدتر اسمالتیت (X40)



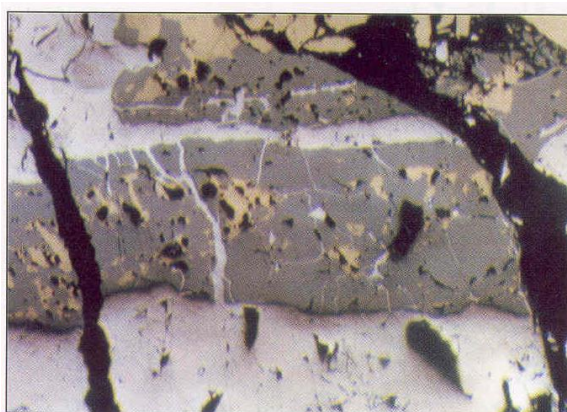
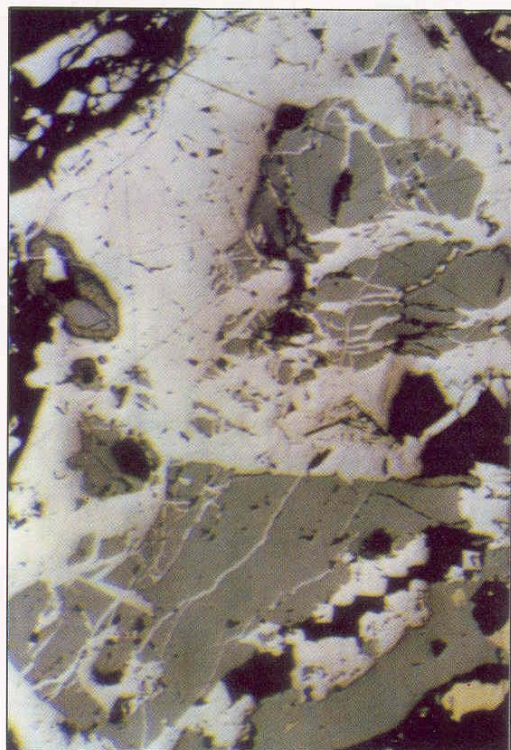
شکل ۱۱- بیسموت خالص با بافت اسکلتی و تیغ ماهی (X40)



شکل ۱۰- نمودار تجزیه نیمه کمی کانی بیسموتینیت توسط ریزکاو الکترونی



شکل ۱۲- الف) نمایی از پدیده برشی شدن پس از قطع شدن کانیهای کلکوپیریت و تنانتیت (مرحله ۱) توسط کانیهای نیکل- کبالت آرسنید (اسکوترویدیت- مرحله ۲)، ب) نمایی از غوطه وری یک میانبار کلکوپیریت- تنانتیت همزیست در اسمالتیت (اسکوترویدیت- مرحله ۲ کانی سازی)



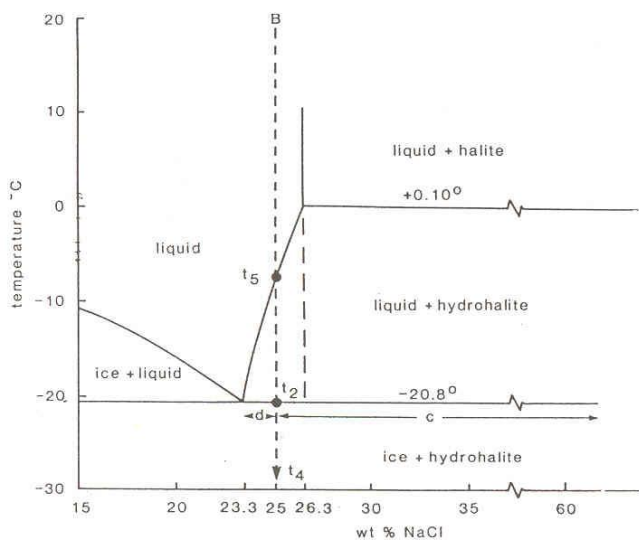
شکل ۱۳- الف و ب) نمایی از بریده شدن کانیهای تنانتیت و کلکوپیریت (مرحله ۱) توسط اسکوترویدیت $As_3-x(Co, Fe, Ni)$ و کانیهای وابسته به عنوان کانیهای جوان تر (مرحله ۲ کانی سازی)

جدول ۳- توالی پاراژنتیک کانیها در منطقه معدنی بایچه باغ

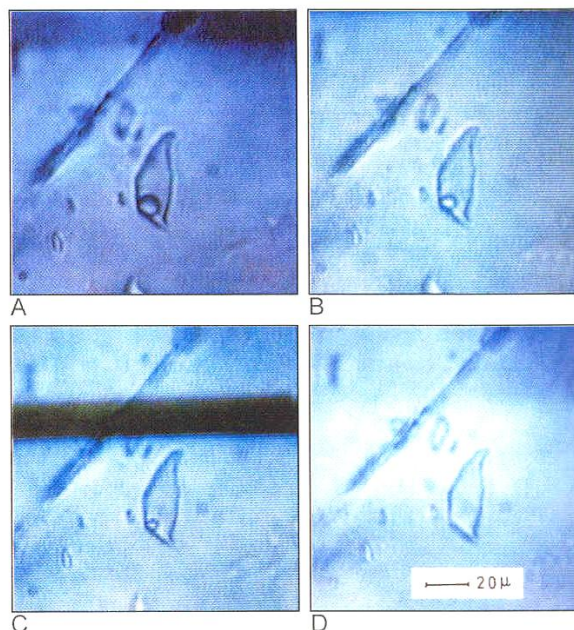
Ore Mineralization	Early → Late		
	1	2	3
Gangue			-----
Goethite			-----
Hematite			-----
Gypsum			-----
Epsomite			-----
Melanterite			-----
Chalcantite			-----
Bieberite			-----
Erythrite			-----
Malachite			-----
Azurite			-----
Covellite			-----
Chalcocite			-----
Sphalerite II		-----	
Wittchenite		-----	
Emplectite		-----	
Bismuthinite		-----	
Bismute		-----	
Skutterudite		-----	
Safflorite		-----	
Cobaltite		-----	
Linnæite		-----	
Niccolite		-----	
Galena	-----		
Sphalerite I	-----		
Enargite	-----		
Tetrahedrite	-----		
Tennantite	-----		
Bornite	-----		
Chalcopyrite	-----		
Pyrite	-----		
Magnetite	-----		

جدول ۴- عیار عناصر در نمونه‌های معدنی بایچه باغ (ناحیه معدنی تاییدین I)

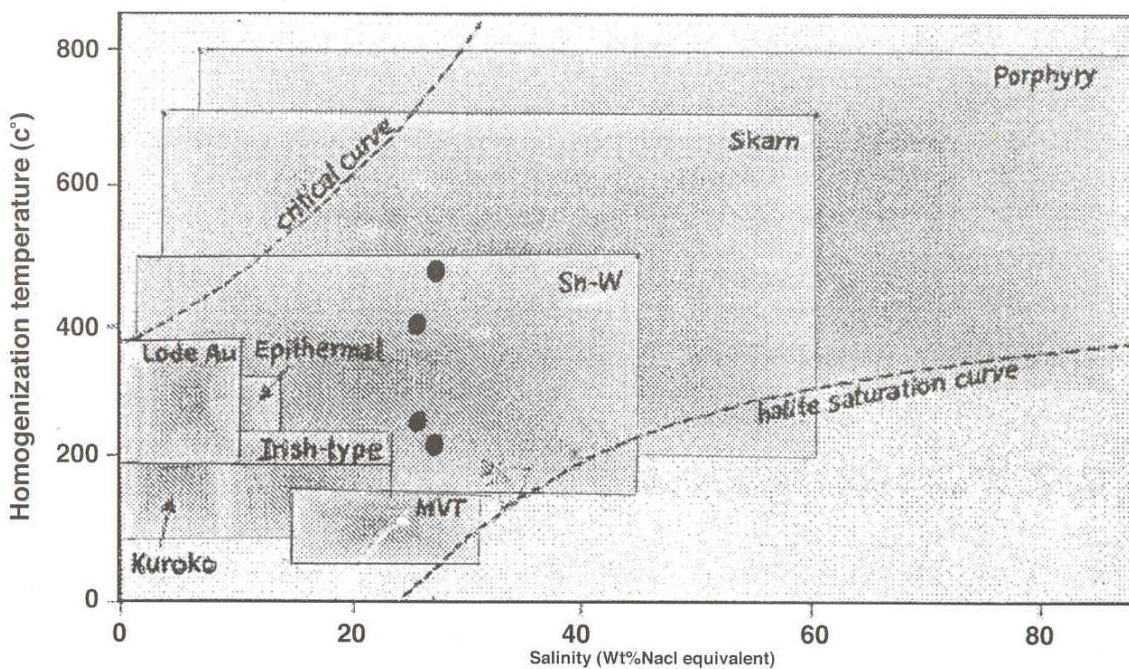
ناحیه معدنی	تعداد نمونه های مورد آنالیز در هر ناحیه	Co (PPm)	Ni (PPm)	Ag (PPm)	Cu %	Pb (PPm)	Zn (PPm)
تاییدین I (Taidian I)	63	58	23	2.6	1.31	189	121
تاییدین II (Taidian II)	18	114	36	5.5	1.493	119	1855
دره Darreh	4	4720	35	18.5	6.86	265	2350
خشنودی (Khoshnoodi)	29	23	16	3.1	1.562	147	1416
بایچه باغ I (Bayche - Bagh I)	15	81	19	6.7	0.343	122	776
زربو (Zarabu)	12	31	13.5	3.8	0.762	106	1112
بایچه باغ Bayche - Bagh	11	37	19	3.3	1.793	167	1584



شکل ۱۵- پارامترهای دما - ترکیب برای سیستم NaCl- H₂O (اقتباس از Crauford,1981)



شکل ۱۴- میانبار سیال در کوارتز با بچه باغ. در مرحله A در دمای محیط، حبابها بزرگ تر و با افزایش دما به تدریج کوچک تر می شود تا در مرحله D، در دمای بیشینه ۴۱۶ درجه سانتیگراد ناپدید می شود.



شکل ۱۶- موقعیت تیپ‌های مختلف ذخایر معدنی در ارتباط با داده‌های میانبارهای سیال (Wilkinson,2001) که در آن داده‌های مربوط به کانسار با بچه باغ در قلمرو کانسارهای تیپ رگه ای قلع - تنگستن قرار گرفته‌اند.

References

- Alavi, M. et al., 1982- Geology of Takab – Saen Qaleh explanatory note of 1:250,000 map of Takab, Geological Survey of Iran. Report No.50.
- Badham, J.P.N., 1975- Mineralogy, paragenesis and origin of the Ag-Ni, Co arsenide mineralization, Camsell River, N.W.T., Canada : Mineralium Deposita, v.10, p. 153-175.
- Badham, J.P.N., 1976- Orogenesis and metallogenesis with reference to the silver-nickel, cobalt arsenide ore association, in Strong, D.F., ed., Metallogeny and Plate Tectonics : Geological Association of Canada, Special Paper 14, p.559-571.
- Badham, J.P.N., Robinson, B.W. and Marton, R.D., 1972- Geology and genesis of the Great Bear silver deposits : Proceedings, 24th International Geological Congress, Montreal, Sec.4, p. 541-547.
- Bariand P., 1963- Contribution a la mineralogie de l'Iran. Bull. Soc. Franc. Miner. Crist., 1963- V.76, PP.17-64
- Bazin D., Hubner H., 1969- Copper deposits in Iran. Geol. Survey Iran, Rep. No.13,
- Goodz, M.D., Walkinson, D.H., Smejkal, V. and Pertold, Z., 1986- Sulphur isotope geochemistry of silver-sulpharsenide vein mineralization, Cobalt, Ontario : Canadian Journal of Earth Sciences, v.23, p.1551-1567.
- Halls, C. and Stumpf, E.F., 1972- The five-element (Ag-Bi-Co-Ni-As) vein deposit – A critical appraisal of the geological environments in which it occurs and of the theories affecting its origin : Proceedings, 24th International Geological Congress, Montreal, Sec. 4, p.540.
- Hass, F.P., 1971- The effect of salinity on the maximum thermal gradient of hydrothermal system at hydrostatic pressure, Econ. Geol., V.66, P.940-946.
- Jambor, J.L., 1971- Origin of the silver veins, in Berry, L.J., ed., The Silver – Arsenide Deposits of the Cobalt – Gowganda Region, Ontario : The Canadian Mineralogist, v.11, pt.1, p.402-413.
- Kerrich, R., Strong, D.F., Andrews, A.J. and Owsiacki, L., 1986- The silver deposits at Cobalt and Gowganda, Ontario. III: Hydrothermal regimes and source reservoirs – evidence from H, O, C, and Sr isotopes and fluid inclusions : Canadian Journal of Earth Sciences, v.23, p. 1519-1550.
- Kissin, S.A. and McCuaig, T.C., 1988- The genesis of silver vein deposits in the Thunder Bay area, northwestern Ontario, Grant 300, in Milne, V.G., ed., Geoscience Research Grant Program, Summary of Research 1967-1988 : Ontario Geological Survey, miscellaneous Paper 140, p. 146-156.
- Kissin, S.A., 1990- The geochemistry of transport and deposition in the formation of five-element (Ag-Ni-Co-As-Bi) veins : Proceedings Volume, 8th IAGOD Symposium, Ottawa, E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart.
- Ramdohr, P., 1969- The ore minerals and their intergrowths, Pergamon Press, Oxford, 1174 P.
- Schneider, H.-J., 1972- Schichtgebundene, Ni-Metall – und Fe-Ba-Lagerstätten im Sarrabus Gerrei – Gebiet, SE-Sardinien. I. Bericht zur Lagerstättenkunde und Geologie : Neues Jahrbuch für Mineralogie Monatshefte, 1972- p. 529-541.
- Schurenberg, H., 1963- Über iranische Kupfererzvorkommen mit komplexen Kobalt-Nickelerzen Neues, Jb. Miner. Abh. V.99, No.2, PP.200-230.
- Stocklin, J. 1968- Structural history and tectonic of Iran. Am. Assoc. Petrol. Geol. Bull., V.25, No.7, P.1229-1285
- Tanton, T.L., 1931- Fort William and Port Arthur and Thunder Cape map areas, Thunder Bay District, Ontario : Geological Survey of Canada, Memoir 167, 222 p.



Tarkian , M . , Bock , W.D. , Neumann , M., 1983- Geology and mineralogy of the Cu-Ni-Co-U Ore deposits at Talmessi and Meskani , Central Iran : TMPM Tschermaks Mineralogische und Petrographische Mitteilungen , V.32,P.111-133

* پژوهشکده سازمان زمین وابسته به سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور

دانشگاه آزاد اسلامی - واحد تهران شمال

** دانشگاه آزاد اسلامی - واحد علوم و تحقیقات

* Research Institute for Earth Sciences (GSI)

North Tehran branch of Islamic Azad University

** Researches and Sciences Campus of Islamic Azad university