

بررسی زمین‌شناسی، کانه‌زایی مس، رفتار زمین‌شیمی عناصر و ارتباط آن با سنگ میزبان ماسه‌سنگی در منطقه تپچی، استان آذربایجان شرقی

بهاالدین نخجوانی^(۱)، سید غفور علوی^(۲) و بهجت نظری^(۳)

۱. دانشجوی دکتری زمین‌شناسی اقتصادی، دانشگاه تبریز
۲. استادیار گروه علوم زمین، دانشکده علوم طبیعی، دانشگاه تبریز
۳. کارشناس اکتشاف معادن چشممه کنان و تپچی

تاریخ دریافت: ۹۷/۰۶/۲۵

تاریخ پذیرش: ۹۷/۱۰/۲۵

چکیده

منطقه مورد مطالعه تپچی در شمال غرب تسوج، در استان آذربایجان شرقی قرار دارد. کانه‌زایی در منطقه تپچی از نوع مس و به صورت کانه‌های سولفیدی پیریت، کالکوسبیت، بورنیت و کالکوپیریت و کانه‌های کربناتی مالاکیت و آزوریت در داخل سنگ‌های رسوبی ماسه‌سنگی به سن میوسن رخ داده است. بر اساس شاخص تنوع ترکیبی (ICV) تشکیل ماسه‌سنگ‌های کانه‌زایی شده منطقه تپچی در چرخه اول رسوبی بوده که به واسطه حضور دانه‌ها و کانه‌های ناپایداری همچون خردستگ، فلدسپار و کانه‌های مافیک تایید می‌شود. بررسی سنگ منشا و نوع کانه‌زایی اتفاق افتاده در این ماسه سنگ‌ها، نیز نشان‌دهنده تشکیل آنها از فرسایش سنگ‌های آذرین مافیک تا حد واسطه در شرایط آب و هوایی نیمه‌خشک بوده است. مطالعات ژئوشیمیایی دو متغیره و چند متغیره نمونه‌های کانه‌زایی شده، نشان‌دهنده وجود همبستگی بسیار خوب مس-نقره و روی با همدیگر است که به دلیل رفتار مشابه ردکس این عناصر می‌باشد. نوع سنگ میزبان کانه‌زایی شده، کانه‌شناسی کانستگ، ساخت و بافت کانه‌ها، نوع دگرسانی و عامل احیا کننده و کنترل کننده کانه‌زایی (بقاوی‌گیاهی) و نهایتاً مقایسه آنها با کانسارهای شناخته شده در ایران نشان‌دهنده رخداد کانه‌زایی مس رسوبی نوع Red Bed در این منطقه است.

واژه‌های کلیدی: تپچی، تسوج، کالکوسبیت، شاخص تنوع ترکیبی، مس رسوبی.

مقدمه

قرار گرفته و لذا شناسایی و اکتشاف این تیپ کانسارها در ایران ضروری به نظر می‌رسد. در دنیا نهشته‌های مس رسوبی از دیدگاه گسترش زمانی و مکانی، توزیع گستردگی از پروتوزوویک تا سنوزوویک داشته و به لحاظ تولید مس در درجه دوم اهمیت بعد از کانسارهای مس پورفیری دارند. این کانسارها مهم‌ترین منبع

با توجه به قرارگیری ایران در کمربند کوه‌زایی آلپ-هیمالیا و گسترش رخدادهای کانه‌زایی متعدد پورفیری، اسکارنی، رگهای سولفید توده‌ای مس و تمرکز بر روی اکتشاف و استخراج این نوع کانسارها، کانسارهای مس با میزبان رسوبی تاکنون در ایران کمتر مورد بررسی و مطالعه

* نویسنده مرتبط: Ghaforalavi@yahoo.com

بخشی از این زیر پهنه به لحاظ ویژگی‌های زمین‌شناسی، سنگ‌شناسی، پاراژنر عنصری و نقش احتمالی سنگ منشا در کانه‌زایی عناصر همراه مورد مطالعه قرار گرفته است.

روش مطالعه

مرحله اول این پژوهش شامل طراحی مسیرهای پیمایش به صورت پروفیل‌های عمود بر امتداد لایه‌بندی کلی واحد ماسه‌سنگی و متعاقباً انجام پیمایش‌های صحرایی، شناسایی لایه‌های کانه‌زایی شده و برداشت ۱۰۰ نمونه میزرازه از این لایه‌ها بوده است. مرحله بعدی شامل بخش آزمایشگاهی و دریگیرنده تهیه و مطالعه ۲۰ مقطع نازک-صیقلی جهت بررسی و شناسایی سنگ میزبان و کانه‌زایی، ساخت و بافت کانیایی و آتالیز ۷۰ نمونه لیتوژئوژنیمیابی به روش پلاسمای جفت شده (الای) ICP-OES و فلورسانس پرتو XRF در آزمایشگاه شرکت تحقیقات کانی‌شناسی و زمین‌شناسی کانپژوه بوده (جدوال ۱ و ۲) که پس از اخذ نتایج آزمایش‌ها، نسبت به تعیین شرایط هوازدگی دیرین، منشا سنگ مادر ماسه‌سنگ‌ها بر اساس اکسید عناصر اصلی اقدام و نهایتاً مطالعات ژئوشیمیابی تک متغیره، دو متغیره و چند متغیره جهت بررسی ارتباط ژنتیکی عناصر و پاراژنر عنصری انجام گرفت.

بحث و بررسی

زمین‌شناسی منطقه مورد مطالعه

در منطقه تسوج نهشته‌های دگرگونی به سن پرکامبرین به عنوان پی‌سنگ و قدیمی‌ترین سنگ‌های منطقه در بلندی‌های کوه علمدار (شرق کانسارهای مس روی چهرگان، چشمکه کنان و توپچی) بروزد داشته که توسط واحدهای جوان تراز پرکامبرین تا عهد حاضر احاطه یا پوشیده شده‌اند (خابانده و امینی‌فضل، ۱۳۷۲). واحدهای بروزد یافته در محدوده معدنی توپچی به عنوان بخشی از منطقه تسوج، شامل واحدهای ماسه‌سنگی-مارنی و بعضًا شیلی، شیل-مارنی همراه با میان لایه‌های ماسه‌سنگی، واحد مارنی با میان لایه‌های ژیپسی، واحد کنگلومرا-ماسه‌سنگی به سن میوسن و رسوبات آبرفتی به سن کواترنر می‌باشد (نخجوانی، ۱۳۹۴). نقشه زمین‌شناسی ساده شده منطقه مورد مطالعه در شکل ۱ آورده شده است.

تامین کبالغ دنیا (کمرنگ آفریقای مرکزی) بوده و علاوه بر نقره می‌توانند منابع مهمی برای عناصر اورانیوم و عناصر نادر خاکی به حساب آیند (Hitzman et al., 2005).

اندیس‌های مس روی ایران در سازندهای مختلفی نظیر سازندهای پایه‌بند (تریاس پایانی)، سازنده‌گرد (ژوراسیک پایانی-ابتدا کرتاسه زیرین)، سازنده قرمز فوکانی (میوسن) و همراه گنبدهای نمکی پهنه زاگرس (پرکامبرین-کامبرین) گزارش شده که از این میان سازندهای نایبند، گرد و قرمز بالایی عمده‌ترین سازندهای حاوی کانی‌سازی مس روی در ایران هستند (مهدوی و همکاران، ۱۳۸۶)، (نقی‌زاده و همکاران، ۱۳۸۶)، (سامانی، ۱۳۸۹)، (آقا‌زاده و بدرازده، ۱۳۸۹)، (پناه‌زاده، ۱۳۸۹)، (ساداتی، ۱۳۹۳)، (بیکدلی و همکاران، ۱۳۹۴)، (نخجوانی، ۱۳۹۴)، (عنایتی کولاوی و همکاران، ۱۳۹۵). البته در منطقه قره آگاج ماکو و در داخل نهشته قاره‌ای کنگلومرا پلیوسن، کانه‌زایی مس به صورت کوپریت، تنوریت و مس طبیعی شناسایی و معرفی شده است (حسین‌زاده و همکاران، ۱۳۹۴) که به دلیل نبود عوامل احیاکننده فسیل گیاهی، پاراژنر کانیایی خاص، نبود توالی قرمز رنگ اکسیده، با کانسارهای مس روی در سازندهای اشاره شده قبلی متفاوت می‌باشد.

منطقه مورد مطالعه در غرب نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ تسوج و در طول‌های شرقی ۳۶°۰'۸" تا ۴۵°۰'۸" و عرض‌های شمالی ۱۲°۹" تا ۲۰°۲'۱" و غربی ۳۸°۰'۲" تا ۴۵° در استان آذربایجان شرقی و ۲۰ کیلومتری شمال غرب شهر تسوج واقع شده و بخشی از پهنه ایران مرکزی (آقاباتی، ۱۳۸۳) و زیر پهنه ماکو-تبریز (نبوی، ۱۳۵۵) می‌باشد. زیر پهنه ماکو-تبریز دریگیرنده سیستم مس روی متعددی نظیر کانسار قره آگاج ماکو با میزبان کنگلومرا پلیوسن (حسین‌زاده و همکاران، ۱۳۹۴)، کانسارهای با میزبان سازندهای قرمز فوکانی نظیر چهرگان تسوج (پناه‌زاده، ۱۳۸۹)، چشمکه کنان تسوج (رجبپور و همکاران، ۱۳۹۲)، توپچی تسوج (نخجوانی، ۱۳۹۴)، سرخه مرند (حسن‌پور، ۱۳۹۳)، تازه‌کند تبریز (عنایتی کولاوی و همکاران، ۱۳۹۵)، نهند و ایوند تبریز (مغفوری و همکاران، ۱۳۹۳) می‌باشد. در این پژوهش اندیس مس روی توپچی به عنوان

جدول ۱. نتایج آنالیز نمونه‌های لیتوژئوژئومیابی از لایه‌های ماسه‌سنگی کانه‌زایی شده به روش طیف سنجی نشر اتمی پلاسمای جفت شده الکتری

Element	Ag	As	Ba	Be	Bi	Cd	Ce	Co	Cr	Cu	La	Li	Mn	Mo	Na
Unit	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
CH-124	۳۶۳	۲۲۰	۱۴۰	۰۷۰	۰۷۰	۰۲۵	۲۲	۱۸	۴۰۶	۲۰۳۰۲	۱۱	۲۵	۶۵۵	۱۰۶	۱۷۷۳۳
CH-125	۵۷۴	۴۸۰	۶۲۳	۰۷۰	۰۳۹	۰۲۷	۲۳	۱۹	۳۸۷	۳۲۲۸۴	۱۲	۲۲	۵۸۰	۱۵۶	۱۷۹۳۴
CH-127	۹۳۰	۱۸۰	۵۴۹	۰۷۰	۰۳۹	۰۲۶	۲۳	۲۲	۳۳۲	۵۴۸۴	۱۲	۳۱	۶۲۷	۱۱۲	۱۴۶۲۶
CH-320	۴۱۰	۲۷۵	۵۴۰	۰۷۰	۰۳۹	۰۲۷	۲۱	۱۸	۲۸۰	۴۶۲۹	۱۲	۲۵	۶۲۶	۱۰۵	۲۰۹۵
CH-321	۱۸۰	۳۱۰	۳۴۴	۰۷۰	۰۳۸	۰۲۶	۲۴	۱۷	۳۴۸	۹۹۷	۱۴	۲۲	۷۱۴	۱۰۴	۱۷۵۱
CH-323	۱۷۰	۲۵۰	۳۸۱	۰۷۰	۰۳۸	۰۲۴	۲۵	۱۸	۳۳۰	۱۳۲۸	۱۴	۲۳	۶۵۰	۱۰۳	۱۸۰۹
CH-325	۲۸۰	۲۴۰	۴۳۹	۰۷۰	۰۳۸	۰۲۵	۲۳	۱۷	۳۳۶	۱۵۵۲	۱۳	۲۳	۶۱۹	۱۰۳	۱۹۰۹۱
CH-328	۳۲۰	۴۳۰	۳۶۸	۰۷۰	۰۳۹	۰۲۵	۲۳	۱۹	۳۸۸	۱۶۵۵	۱۳	۲۴	۶۲۰	۴۷۰	۱۶۷۷۹
CH-329	۲۲۰	۳۲۰	۳۳۴	۰۷۰	۰۳۸	۰۲۴	۲۵	۲۵	۲۰۳	۲۵۲۸	۱۳	۲۹	۶۳۵	۱۲۱	۱۶۰۷۰
CH-331	۱۱۷	۲۵۰	۱۸۹۸	۰۷۰	۰۳۸	۰۲۵	۲۵	۱۸	۲۵۰	۷۹۳۶	۱۳	۲۴	۶۴۰	۰۹۶	۱۸۹۹۳
CH-333	۱۲۰	۲۰۰	۴۳۴	۰۷۰	۰۳۸	۰۲۴	۳۰	۲۱	۳۰۵	۲۰۷۰	۱۶	۲۴	۷۰۴	۰۹۷	۱۶۵۱۹
CH-334	۴۰۰	۳۵۸۰	۵۸۵	۰۷۰	۰۳۸	۰۲۷	۲۷	۲۰	۳۴۰	۱۳۴۲	۱۴	۲۷	۶۸۳	۱۲۵	۱۶۴۲۵
CH-335	۷۰۰	۲۷۰	۸۳۲	۰۷۰	۰۳۹	۰۲۴	۲۴	۲۲	۵۳۲	۶۵۲۵	۱۲	۲۷	۶۴۵	۱۰۶	۱۵۴۷۷
CH-336	۴۳۰	۴۹۰	۸۴۵	۰۷۰	۰۳۹	۰۲۵	۲۵	۲۰	۴۸۶	۴۵۶۴	۱۴	۲۳	۶۹۶	۱۰۸	۱۵۴۷۷
CH-338	۱۵۰	۱۲۸۰	۳۵۴	۰۷۰	۰۳۸	۰۲۵	۲۵	۲۶	۳۶۵	۱۱۲۱	۱۴	۲۷	۶۹۳	۱۴۱	۱۶۷۸۶
CH-339	۰۳۴	۴۸۰	۵۶۸	۰۷۰	۰۳۸	۰۲۴	۲۴	۱۹	۵۶۴	۹۶۲	۱۴	۲۲	۶۵۷	۱۰۴	۱۸۷۸۷
CH-340	۱۷۰	۲۷۰	۴۴۲	۰۷۰	۰۳۹	۰۲۵	۲۴	۱۶	۳۸۹	۴۹۰۹	۱۴	۲۱	۶۲۷	۱۰۵	۲۰۲۹۱
CH-342	۲۱۰	۲۴۰	۴۴۲	۰۷۰	۰۳۸	۰۲۵	۲۷	۲۱	۳۹۰	۲۳۴۷	۱۶	۲۵	۷۰۱	۱۰۱	۱۷۹۹۵
CH-343	۰۳۳	۶۶۰	۴۸۲	۰۷۰	۰۳۸	۰۲۴	۲۶	۲۰	۲۸۰	۴۳۳	۱۴	۲۵	۶۳۳	۱۰۳	۱۶۱۹۸
CH-345	۱۸۳	۲۷۰	۱۲۸۴	۰۷۰	۰۳۹	۰۲۶	۲۷	۲۹	۳۰۷	۱۰۵۸۹	۱۴	۲۹	۶۷۸	۱۴۰	۱۶۴۵۵
CH-347	۷۵۰	۲۷۰	۴۹۳۲	۰۷۰	۰۳۸	۰۲۴	۲۳	۱۸	۲۵۳	۶۷۲۴	۱۳	۲۲	۶۵۷	۱۱۴	۱۸۰۹۱
CH-349	۱۰۰	۲۱۰	۳۴۴	۰۷۰	۰۳۸	۰۲۶	۲۳	۲۰	۳۶	۱۱۵	۱۳	۲۶	۶۸۳	۰۹۳	۱۶۰۶
CH-350	۸۲۰	۲۷۰	۱۸۶۶	۰۷۰	۰۳۸	۰۲۶	۲۶	۲۹	۴۴۴	۷۵۰۸	۱۶	۲۲	۶۱۰	۱۰۴	۱۹۰۸۶
CH-351	۰۷۰	۲۲۰	۴۷۶	۰۷۰	۰۳۸	۰۲۴	۲۷	۲۲	۲۶۷	۱۲۲۷	۱۴	۲۵	۶۹۴	۱۰۷	۱۵۵۸۶
CH-352	۱۸۰	۲۷۰	۸۱۷	۰۷۰	۰۳۸	۰۲۶	۲۷	۱۷	۴۷۷	۲۹۹۱	۱۳	۲۲	۶۸۴	۱۰۸	۱۷۲۲۲
CH-354	۴۱۰	۲۷۰	۷۳۰	۰۷۰	۰۳۸	۰۲۴	۲۳	۱۸	۴۴۴	۲۴۱۶	۱۳	۲۵	۶۳۱	۰۹۹	۱۶۴۵۲
CH-355	۳۹۰	۳۹۰	۴۳۶	۰۷۰	۰۳۸	۰۲۶	۲۵	۲۰	۴۰۷	۱۱۸۷۶	۱۳	۲۴	۷۳۶	۱۰۵	۱۷۷۲۲
CH-356	۱۲۰	۴۰۰	۷۷۹	۰۷۰	۰۳۹	۰۲۵	۲۵	۱۷	۲۸۳	۲۲۱۹	۱۴	۲۱	۶۴۸	۱۰۱	۲۲۹۱۵
CH-357	۲۵۸	۳۹۰	۸۸۲	۰۷۰	۰۳۸	۰۲۴	۲۶	۲۳	۵۰۱	۱۲۷۶۴	۱۴	۲۵	۶۸۱	۴۶۰	۱۶۹۲۴
CH-358	۳۷۰	۲۷۰	۵۵۷	۰۷۰	۰۳۸	۰۲۷	۲۷	۲۲	۵۲۵	۲۹۴۴	۱۵	۲۶	۷۴۵	۱۰۹	۱۶۱۲۳
CH-359	۰۴۰	۲۷۰	۱۱۵۱	۰۷۰	۰۳۹	۰۲۴	۲۴	۱۹	۴۷۷	۴۴۸۳	۱۳	۲۶	۶۸۵	۱۰۱	۱۶۷۸۸
CH-360	۴۶۰	۲۷۰	۳۸۵	۰۷۰	۰۳۸	۰۲۶	۲۶	۱۷	۴۸۰	۴۸۱۱	۱۴	۲۰	۶۹۷	۰۹۰	۱۹۷۱۰
CH-361	۱۲۰	۲۷۰	۴۰۲	۰۷۰	۰۳۸	۰۲۵	۲۴	۲۲	۳۷۹	۳۵۴۱	۱۳	۲۵	۶۶۶	۱۸۱۰	۱۶۷۵۷
CH-362	۰۳۲	۲۷۰	۸۸۵	۰۷۰	۰۳۸	۰۲۵	۲۵	۲۰	۷۰۱	۱۴۰۷	۱۳	۲۴	۶۷۸	۱۱۱	۱۸۲۸
CH-363	۱۵۰	۲۷۰	۸۹۳	۰۷۰	۰۳۸	۰۲۵	۲۴	۲۱	۴۸۸	۵۲۳۷	۱۳	۲۸	۶۲۶	۱۰۵	۱۷۸۸۳
CH-364	۳۰۰	۴۱۰	۴۹۴	۰۷۰	۰۳۹	۰۲۶	۲۵	۲۴	۵۱۲	۴۵۱۴	۱۴	۲۷	۶۸۷	۱۰۵	۱۶۸۸۵
CH-365	۰۲۲	۲۷۰	۴۲۱	۰۷۰	۰۳۸	۰۲۶	۲۳	۱۸	۳۳۶	۱۴۵۸	۱۲	۲۳	۶۷۳	۱۰۰	۱۹۸۲۴
CH-366	۱۸۰	۲۷۰	۷۱۵	۰۷۰	۰۳۹	۰۲۵	۲۵	۲۲	۹۱۶	۱۶۳۳	۱۴	۲۳	۷۴۵	۱۰۴	۱۴۲۵۳
CH-368	۰۳۴	۲۷۰	۲۹۹	۰۷۰	۰۳۸	۰۲۵	۳۰	۲۱	۵۳۱	۵۵۲	۱۷	۲۳	۷۴۳	۱۰۰	۱۴۹۳۸
CH-369	۰۷۰	۲۷۰	۳۵۷	۰۷۰	۰۳۸	۰۲۳	۲۳	۱۶	۳۵۹	۱۰۷	۱۳	۲۰	۶۲۳	۱۰۲	۲۰۲۳۹
CH-371	۰۳۸	۲۷۰	۲۹۹	۰۷۰	۰۳۸	۰۲۴	۲۶	۲۴	۲۶۴	۵۷	۱۴	۲۸	۶۵۹	۰۹۷	۱۵۵۷۹
CH-372	۱۲۰	۴۱۰	۸۷۴	۰۷۰	۰۳۸	۰۲۴	۲۹	۲۳	۱۷۱	۲۲۴۸	۱۷	۲۴	۶۶۶	۱۱۴	۱۷۷۴۱
CH-800	۱۳۴	۲۷۰	۸۰۳	۰۷۰	۰۳۸	۰۲۴	۲۳	۳۰	۴۲۲	۱۱۰۵	۱۳	۲۰	۶۸۹	۷۶۷۰	۱۷۵۶۳
CH-802	۲۳۶	۴۹۰	۱۰۰۲	۰۷۰	۰۳۸	۰۲۳	۲۸	۲۴	۳۶۷	۱۱۱۷۸	۱۵	۲۴	۷۲۰	۱۴۸۰	۱۶۸۰۲
CH-803	۵۱۰	۳۶۰	۳۵۹	۰۷۰	۰۳۸	۰۲۶	۲۴	۲۱	۴۶۵	۴۲۴۹	۱۴	۲۴	۶۹۵	۱۱۱	۱۷۱۸۹
CH-804	۷۱۰	۲۷۰	۱۱۹۰	۰۷۰	۰۳۹	۰۲۶	۲۴	۱۷	۵۸۰	۷۶۴	۱۴	۲۰	۶۶۳	۱۰۵	۲۰۷۹۹
CH-805	۱۶۰	۲۷۰	۱۴۵۱	۰۷۰	۰۳۹	۰۲۶	۲۵	۱۸	۱۳۱	۱۸۷۳۱	۱۳	۲۱	۶۶۷	۱۰۵	۲۰۱۷۶
CH-807	۴۷۰	۲۷۰	۴۴۰	۰۷۰	۰۳۸	۰۲۶	۲۵	۲۲	۶۱۸	۵۱۶۴	۱۹	۲۱	۷۹۱	۱۰۲	۱۳۷۶
CH-808	۳۲۱	۲۷۰	۱۴۶۱	۰۷۰	۰۳۸	۰۲۷	۲۶	۱۸	۲۹۶	۱۹۳۵	۱۴	۲۳	۶۸۱	۱۱۹	۱۶۴۶۴
CH-811	۱۲۰	۲۷۰	۶۸۲	۰۷۰	۰۳۸	۰۲۶	۲۵	۲۰	۴۲۸	۲۶۳۴	۱۴	۲۴	۷۴۴	۱۰۵	۱۷۳۱
CH-812	۱۱۰	۲۷۰	۶۳۴	۰۷۰	۰۳۸	۰۲۵	۲۹	۲۳	۶۰۵	۲۳۳۶	۱۶	۲۵	۷۰۱	۱۱۹	۱۵۶۷۹
CH-814	۱۲۰	۲۷۰	۵۷۸	۰۷۰	۰۳۸	۰۲۵	۲۶	۱۸	۶۶۲	۱۳۴۵	۱۵	۲۱	۶۴۲	۱۰۵	۱۶۲۲۳
CH-815	۸۳۰	۱۷۰	۴۳۶	۰۷۰	۰۳۹	۰۲۴	۲۶	۲۴	۲۶۰	۴۶۱۹	۱۳	۲۹	۷۱۹	۱۰۰	۱۴۲۵۳
CH-816	۰۹۰	۲۷۰	۵۶۳	۰۷۰	۰۳۸	۰۲۳	۲۴	۲۳	۲۶۷	۹۰۷	۱۳	۲۶	۶۷۲	۱۱۸	۱۵۴۲۹
CH-817	۲۳۰	۲۷۰	۸۰۲	۰۷۰	۰۳۹	۰۲۷	۲۶	۲۲	۲۶۲	۲۴۰۵	۱۴	۲۸	۶۸۹	۱۰۷	۱۴۱۱۲
CH-818	۴۳۰	۲۷۰	۶۸۱	۰۷۰	۰۳۸	۰۲۳	۲۶	۱۷	۳۱۳	۲۸۶۵	۱۳	۲۳	۵۹۵	۱۰۲	۲۰۳۰۳
CH-819	۰۳۵	۲۷۰	۶۶۶	۰۷۰	۰۳۸	۰۲۵	۲۸	۲۴	۴۱۳	۱۰۶۶	۱۴	۲۸	۷۰۳	۱۰۰	۱۲۸۷۱
CH-823	۶۵۰	۲۷۰	۷۶۷	۰۷۰	۰۳۸	۰۲۵	۲۸	۲۰	۸۸۸	۳۶۸۴	۱۵	۲۰	۶۹۵	۱۴۶	۱۷۹۴۰
CH-825	۰۳۷	۱۷۰	۷۷۴	۰۷۰	۰۳۸	۰۲۳	۲۵	۲۲	۲۵۴	۱۹۴۷	۱۳	۲۸	۶۵۴	۱۰۰	۱۴۸۷۹
CH-829	۰۷۷	۲۷۰	۴۳۲	۰۷۰	۰۳۸	۰۲۶	۲۷	۱۹	۴۳۹	۶۷					

ادامه جدول ۱

Element	Ag	As	Ba	Be	Bi	Cd	Ce	Co	Cr	Cu	La	Li	Mn	Mo	Na
Unit	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
CH-832	۷/۸۰	۲/۷۰	۸۵۸	۰/۶۰	-۰/۳۹	-۰/۲۷	۲۴	۲۳	۴۸۷	۳۷۷۸	۱۳	۲۴	۷۲۰	۱/۰۲	۱۴۵۲۹
CH-833	۲/۱۰	۲/۴۰	۶۲۰	۰/۷۰	-۰/۳۸	-۰/۲۵	۳۰	۲۳	۵۸۸	۲۹۷۷	۱۵	۲۴	۸۰۳	۱/۰۵	۱۲۱۶۳
CH-834	۰/۶۰	۶/۳۰	۵۱۷	۰/۷۰	-۰/۳۸	-۰/۲۵	۳۳	۲۸	۵۳	۷۱۴۴	۱۳	۲۹	۷۲۷	۱/۲۶	۱۷۸۵۳
CH-835	۱/۴۰	۲/۱۰	۸۱۱	۰/۸۰	-۰/۳۸	-۰/۲۵	۲۷	۱۸	۴۸۳	۱۷۲۵	۱۴	۲۲	۷۵۰	۱/۰۴	۱۶۹۰۴
CH-836	۲/۹۰	۲/۱۰	۷۸۱	۰/۸۰	-۰/۳۸	-۰/۲۶	۲۵	۱۹	۴۰۲	۲۵۷۶	۱۴	۲۳	۷۱۹	۱/۰۵	۱۶۴۳۵
CH-837	۷/۰۰	۲/۷۰	۷۹۰	۰/۷۰	-۰/۳۸	-۰/۲۵	۲۸	۳۶۶	۴۳۲۸	۱۳	۲۵	۷۱۲	۳۶۱۰	۱۶۵۳۶	
CH-838	۳/۲۰	۲/۳۰	۷۱	۰/۸۰	-۰/۳۸	-۰/۲۶	۲۷	۱۹	۳۶۹	۲۷۷۳۵	۱۵	۲۱	۶۶۶	۱/۱۱	۱۶۹۰۱
CH-839	۳۳/۵	۱/۸۰	۵۱۹	۰/۹۰	-۰/۳۸	-۰/۲۵	۳۲	۲۵	۵۶۱	۱۷۹۱۹	۱۷	۳۰	۶۸۷	۱۵/۴۰	۱۳۴۹۵
Element	Ni	P	Pb	S	Sb	Sc	Sr	Th	Ti	U	V	Y	Yb	Zn	Zr
Unit	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
CH-124	۱۹۵	۳۷۹	۸	۲۱۹۶	۱/۰۶	۱۰/۷	۱۳	۷/۱	۲۵۲۰	۱/۹۰	۸۹	۱۳	۱/۶۰	۱۲۸	۳۱
CH-125	۱۸۷	۴۲۵	۲۵	۲۸۹۳	۱/۰۷	۱۰/۴	۱۰	۶/۳	۲۵۱۱	۱/۶۰	۷۴	۱۲	۱/۴۰	۱۷۹	۲۷
CH-127	۲۵۸	۳۹۲	۵	۳۹۷	-۰/۹۹	۱/۰۸	۱۱	۶/۵	۲۷۸۱	۱/۵۰	۷۹	۱۳	۱/۶۰	۷۴	۳۸
CH-320	۱۸۴	۳۶۱	۵	۲۲۹	۱/۰۶	۱۰/۷	۹	۶/۷	۲۶۲۰	۱/۸۰	۷۸	۱۳	۱/۶۰	۹۷	۳۲
CH-321	۱۹۵	۳۱۸	۵	۱۹۷	-۰/۹۰	۹/۶	۱۰	۵/۴	۲۴۰۱	۱/۵۰	۶۹	۱۲	۱/۵۰	۴۶	۳۱
CH-323	۱۹۶	۳۲۲۳	۵	۱۷۲	۱/۱۱	۹/۷	۹	۵/۹	۲۷۲۴۴	۱/۶۰	۷۰	۱۳	۱/۶۰	۴۹	۳۱
CH-325	۱۶۸	۳۲۱	۵	۲۸۷	۱/۰۱	۹/۷	۹	۵/۸	۲۷۰۰	۱/۶۰	۷۵	۱۳	۱/۶۰	۵۰	۳۲
CH-328	۲۰۶	۳۱۷	۲۶	۱۹۷	۱/۱۱	۹/۷	۹	۵/۹	۲۶۹۱	۱/۸۰	۷۳	۱۲	۱/۵۰	۵۲	۳۰
CH-329	۲۱۳	۳۷۵	۵	۱۹۷	-۰/۹۸	۱/۰۳	۹	۵/۸	۲۳۸۵	۲/۰۰	۷۲	۱۲	۱/۵۰	۶۱	۳۰
CH-331	۱۷۷	۳۶۳	۶	۱۳۰۳	-۰/۹۷	۹/۷	۳۴	۹/۸	۲۳۳۶	۱/۶۰	۶۹	۱۳	۱/۶۰	۸۱	۳۰
CH-333	۲۰۲	۳۷۱	۶	۲۴۰	-۰/۹۹	۱۰/۷	۱۰	۶/۲	۳۰۶۶	۱/۵۰	۷۷	۱۴	۱/۷۰	۵۳	۳۲
CH-334	۲۲۲	۳۸۵	۴۶	۴۸۵	۱/۰۲	۱۰/۴	۱۶	۶/۲	۲۹۸۳	۱/۵۰	۸۴	۱۴	۱/۷۰	۵۳	۳۴
CH-335	۲۴۹	۳۷۴	۶	۴۴۵	۱/۰۳	۱۱/۸	۱۳	۶/۹	۳۲۷۶	۱/۶۰	۹۵	۱۳	۱/۶۰	۸۹	۳۴
CH-336	۱۹۳	۳۳۵	۱۳	۴۲۲	-۰/۹۲	۱۰/۷	۱۲	۶/۸	۲۸۰۵	۱/۷۰	۷۸	۱۳	۱/۵۰	۶۹	۳۲
CH-338	۲۱۶	۳۷۷	۱۲	۲۰۹	۱/۰۹	۱۱/۲	۹	۶/۴	۳۱۵۳	۱/۴۰	۸۸	۱۴	۱/۷۰	۵۷	۳۴
CH-339	۱۶۳	۳۳۲	۸	۲۴۷	۱/۰۳	۱۰/۵	۹	۶/۵	۳۳۱۶	۱/۶۰	۷۹	۱۳	۱/۶۰	۵۴	۳۱
CH-340	۱۵۵	۳۳۴	۵	۱۹۲	-۰/۹۷	۹/۰	۹	۶/۳	۲۷۱۳	۱/۰۵	۶۷	۱۳	۱/۵۰	۶۷	۳۰
CH-342	۱۹۱	۳۴۷	۴	۲۰۶	۱/۰۲	۱۱/۸	۱۰	۶/۰	۳۴۸۴	۱/۸۰	۸۴	۱۵	۱/۷۰	۵۹	۳۲
CH-343	۲۱۶	۳۸۴	۵	۲۵۲	۱/۰۱	۱۰/۶	۹	۶/۰	۲۸۱۸	۱/۴۰	۷۲	۱۳	۱/۶۰	۵۲	۳۳
CH-345	۲۳۷	۴۱۵	۱۴	۵۸۰	۱/۰۰	۱۰/۹	۱۳	۹/۲	۳۰۸۳	۱/۵۰	۸۰	۱۴	۱/۶۰	۹۹	۳۴
CH-347	۱۸۴	۳۶۹	۸	۲۳۹۱	۱/۰۸	۹/۸	۲۰	۱۹/۵	۲۴۹۹۳	۱/۶۰	۷۱	۱۳	۱/۶۰	۷۵	۳۴
CH-349	۲۱۴	۳۶۴	۵	۲۱۱	۱/۰۳	۱۰/۷	۱۰	۵/۸	۲۸۲۲	۱/۶۰	۷۴	۱۴	۱/۶۰	۵۷	۳۵
CH-350	۱۶۳	۳۹۰	۶	۱۲۶۹	-۰/۹۱	۱۰/۶	۲۱	۱۰/۷	۳۲۲۲۲	۱/۶۰	۷۸	۱۳	۱/۵۰	۸۳	۳۴
CH-351	۱۹۶	۴۵۸	۵	۳۰۳	-۰/۹۶	۱۰/۶	۱۲	۶/۸	۳۰۰۵	۱/۶۰	۷۷	۱۵	۱/۸۰	۵۳	۴۰
CH-352	۲۰۳	۳۱۷	۵	۳۴۴	۱/۰۷	۱۰/۱	۱۰	۷/۰	۲۴۱۵	۱/۶۰	۷۷	۱۲	۱/۵۰	۵۹	۳۲
CH-354	۱۷۲	۳۶۰	۵	۳۱۷	-۰/۹۴	۱۰/۸	۱۰	۷/۳	۲۷۸۴	۱/۶۰	۸۳	۱۳	۱/۶۰	۶۴	۳۱
CH-355	۱۸۳	۳۸۷	۵	۳۰۴	-۰/۹۵	۱۰/۹	۹	۵/۹	۲۸۹۷	۱/۴۰	۹۲	۱۳	۱/۶۰	۱۰۷	۳۲
CH-356	۱۴۵	۳۱۰	۵	۲۴۴	۱/۰۷	۹/۳	۹	۷/۴	۲۴۲۲۲	۱/۸۰	۷۵	۱۲	۱/۵۰	۶۰	۲۷
CH-357	۱۹۱	۴۱۹	۱۶	۱۷۰	-۰/۹۸	۱۱/۷	۱۰	۸/۴	۳۳۵۶	۱/۶۰	۱۰۳	۱۴	۱/۸۰	۱۱۴	۳۸
CH-358	۱۹۹	۳۹۳	۵	۴۴۶	۱/۰۱	۱۱/۰	۱۲	۶/۵	۳۴۰۱	۱/۶۰	۸۱	۱۵	۱/۷۰	۶۹	۳۵
CH-359	۲۰۰	۳۵۱	۶	۴۷۵	۱/۰۰	۱۱/۲	۱۳	۸/۴	۳۰۶۳	۱/۸۰	۹۱	۱۳	۱/۶۰	۷۳	۳۳
CH-360	۱۳۵	۳۴۸	۵	۳۵۱	-۰/۹۲	۹/۹	۱۰	۶/۶	۲۹۵۵	۱/۸۰	۸۲	۱۴	۱/۷۰	۷۱	۳۰
CH-361	۱۹۶	۳۳۶	۱۱	۲۹۷	۱/۰۸	۹/۹	۹	۵/۶	۲۶۷۵	۱/۶۰	۷۴	۱۳	۱/۶۰	۶۸	۳۲
CH-362	۱۷۱	۳۶۷	۵	۴۴۵	۱/۰۲	۱۱/۴	۱۰	۷/۲	۳۲۵۹	۱/۵۰	۹۲	۱۳	۱/۷۰	۶۲	۳۳
CH-363	۱۹۸	۴۰۷	۵	۳۸۸	۱/۰۶	۱۰/۸	۱۰	۷/۸	۲۸۹۶	۱/۵۰	۸۳	۱۳	۱/۶۰	۸۳	۳۴
CH-364	۲۳۸	۳۵۸	۵	۳۵۸	-۰/۹۲	۱۰/۷	۸	۶/۰	۳۱۱۷	۱/۹۰	۹۳	۱۳	۱/۶۰	۷۴	۳۵
CH-365	۱۷۷	۳۳۸	۴	۸۹۰	۱/۰۲	۱۰/۳	۸	۵/۹	۲۷۱۳	۱/۹۰	۷۸	۱۳	۱/۵۰	۵۷	۳۳
CH-366	۲۰۸	۳۴۵	۵	۲۸۳	-۰/۹۴	۱۱/۸	۱۰	۶/۶	۳۰۸۴	۱/۵۰	۸۲	۱۴	۱/۷۰	۶۰	۳۲
CH-368	۲۱۰	۴۰۶	۵	۱۵۰	۱/۰۶	۱۱/۱	۷	۶/۲	۳۷۹۳	۱/۵۰	۷۷	۱۶	۱/۸۰	۵۵	۳۹
CH-369	۱۴۷	۳۱۳	۵	۱۶۹	-۰/۹۳	۹/۵	۹	۵/۹	۲۶۶۲	۱/۶۰	۶۹	۱۳	۱/۵۰	۴۵	۳۱
CH-371	۲۳۴	۳۱۶	۵	۱۳۸	۱/۰۲	۹/۸	۸	۵/۷	۲۵۳۱	۱/۶۰	۶۷	۱۳	۱/۵۰	۵۶	۳۲
CH-372	۱۶۹	۳۴۷	۵	۳۵۱	۱/۰۱	۱۱/۴	۱۱	۷/۸	۴۰۶۶	۱/۶۰	۹۳	۱۴	۱/۷۰	۶۶	۳۳
CH-800	۱۸۹	۳۵۷	۳۱	۸۸۰	-۰/۹۷	۱۰/۷	۱۰	۷/۰	۲۷۶۸	۱/۸۰	۷۴	۱۳	۱/۵۰	۹۱	۲۹
CH-802	۲۰۳	۴۱۰	۴۳	۵۴۳	۱/۰۳	۱۰/۳	۱۴	۷/۹	۲۹۰۵	۱/۷۰	۷۸	۱۴	۱/۶۰	۹۲	۳۴
CH-803	۱۹۳	۳۶۴	۶	۲۰۴	۱/۰۸	۱۰/۶	۹	۶/۲	۲۸۸۰	۱/۶۰	۷۷	۱۴	۱/۶۰	۶۵	۳۴
CH-804	۱۲۲	۳۳۷	۱۰	۵۵۴	-۰/۹۷	۱۰/۱	۱۰	۸/۷	۳۵۲۵	۲/۰۰	۸۷	۱۲	۱/۶۰	۷۴	۲۹
CH-805	۱۴۷	۳۱۹	۱۲	۹۴۲	۱/۱۹	۱۰/۵	۱۵	۹/۱	۲۹۸۴	۱/۶۰	۸۵	۱۳	۱/۶۰	۸۳	۲۹
CH-807	۱۹۳	۵۰۶	۶	۴۱۲	۱/۰۹	۱۰/۹	۱۱	۶/۷	۳۸۳۳	۱/۶۰	۸۰	۱۸	۱/۹۰	۷۲	۴۳

ادامه جدول ۱.

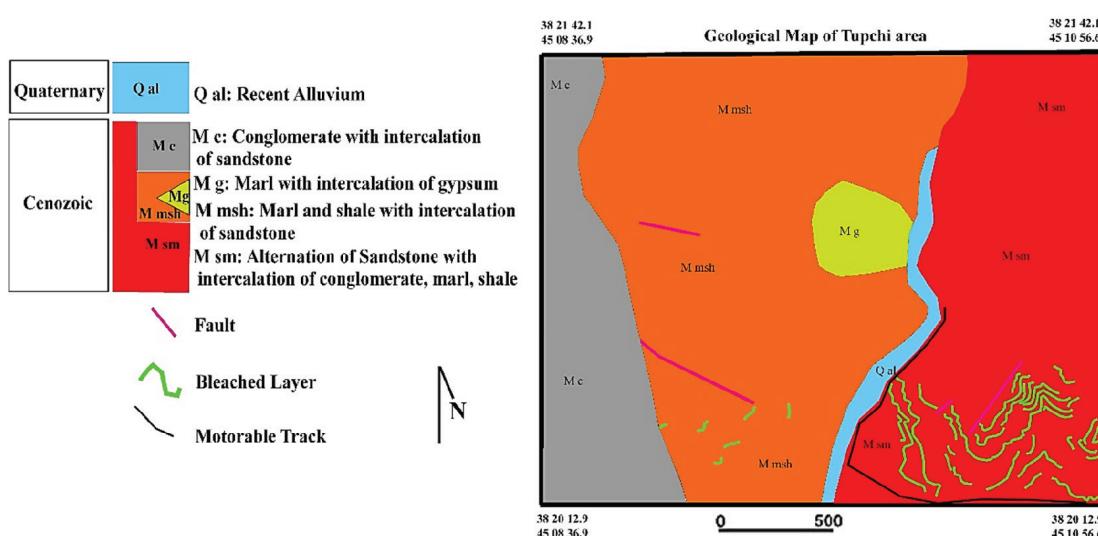
Element	Ni	P	Pb	S	Sb	Sc	Sr	Th	Ti	U	V	Y	Yb	Zn	Zr
Unit	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
CH-808	۱۶۵	۴۶۵	۲۵	۲۹۲۳	۰.۹۷	۱.۷	۱۵	۹۱	۳۱۵۴	۱.۰۵	۸۱	۱۴	۱/۷۰	۱۲۳	۳۸
CH-811	۱۹۳	۳۲۳	۵	۲۷۰	۱.۰۵	۱۱/۳	۱۰	۶/۷	۲۶۱۲	۱.۰۵	۷۹	۱۳	۱/۶۰	۶۴	۳۰
CH-812	۲۱۱	۳۷۶	۲۳	۲۷۶	۱.۰۶	۱۲/۰	۹	۷/۳	۳۶۶۳	۱.۰۵	۹۳	۱۴	۱/۷۰	۶۹	۳۳
CH-814	۱۵۳	۳۲۵	۵	۳۵۱	۱.۰۵	۱۰/۵	۱۰	۶/۸	۳۸۲۰	۱.۰۵	۸۵	۱۴	۱/۶۰	۵۵	۳۲
CH-815	۲۴۷	۴۵۹	۵	۲۸۸	۱.۰۷	۱۱/۵	۱۱	۶/۲	۳۰۶۳	۱.۰۷	۸۵	۱۵	۱/۷۰	۷۱	۳۹
CH-816	۲۲۳	۳۵۰	۵	۱۹۶۱	۱.۰۰	۱۰/۶	۹	۶/۲	۲۷۸۲	۱.۰۵	۷۱	۱۳	۱/۶۰	۵۲	۳۵
CH-817	۲۳۳	۳۸۳	۵	۷۳۱۹	۰.۹۹	۱۱/۳	۱۳	۷/۵	۳۰۹۵	۱.۰۷	۷۷	۱۴	۱/۷۰	۶۱	۳۶
CH-818	۱۵۶	۳۵۸	۵	۲۸۶	۱.۰۵	۱۰/۰	۱۰	۷/۰	۲۷۱۴	۱.۰۶	۷۶	۱۳	۱/۶۰	۵۵	۳۲
CH-819	۲۲۰	۴۱۸	۵	۳۰۸	۱.۰۸	۱۱/۳	۱۱	۶/۴	۳۱۴۹	۱.۰۶	۷۹	۱۴	۱/۷۰	۵۵	۳۷
CH-823	۱۶۲	۳۷۱	۹	۱۰۶۷۱	۱.۰۹	۱۱/۲	۱۱	۷/۱	۴۰۲۷	۱.۰۶	۹۰	۱۳	۱/۷۰	۷۰	۳۰
CH-825	۲۳۶	۳۷۲	۵	۳۳۵	۱.۰۷	۱۱/۰	۹	۷/۴	۲۸۲۶	۱.۰۴	۷۴	۱۳	۱/۶۰	۵۸	۳۶
CH-829	۱۶۷	۳۴۸	۵	۱۹۳	۰.۹۹	۱۱/۲	۹	۶/۳	۳۵۸۷	۱.۰۶	۸۲	۱۴	۱/۷۰	۵۲	۳۲
CH-830	۱۷۵	۳۵۲	۴	۳۸۳	۱.۱۰	۱۰/۹	۱۱	۷/۶	۳۲۵۴	۱.۰۵	۸۲	۱۴	۱/۷۰	۵۷	۳۵
CH-831	۱۸۸	۳۵۶	۵	۳۱۵	۱.۰۷	۱۱/۱	۱۰	۷/۲	۲۹۰۱	۱.۰۵	۸۰	۱۴	۱/۶۰	۵۹	۳۵
CH-832	۲۱۸	۳۸۰	۵	۳۴۰	۱.۰۴	۱۲/۰	۱۱	۷/۵	۲۸۹۲	۱.۰۸	۷۹	۱۳	۱/۶۰	۶۵	۳۲
CH-833	۲۳۷	۴۰۸	۵	۳۲۶	۱.۰۱	۱۱/۱	۱۲	۶/۵	۲۹۵۳	۲/۰۰	۷۳	۱۵	۱/۷۰	۶۶	۳۷
CH-834	۲۶۳	۳۷۰	۱۱	۵۶۵	۰.۹۴	۱۲/۱	۱۰	۶/۹	۲۸۵۱	۱.۰۰	۸۶	۱۳	۱/۶۰	۹۰	۳۳
CH-835	۱۷۹	۳۳۸	۵	۳۹۶	۱.۰۱	۱۰/۱	۱۰	۶/۹	۳۰۸۳	۱.۰۰	۷۳	۱۴	۱/۶۰	۵۷	۳۳
CH-836	۱۹۵	۳۴۹	۵	۲۷۴	۱.۱۰	۱۰/۴	۸	۶/۹	۲۹۷۳	۱.۰۰	۷۳	۱۴	۱/۶۰	۵۹	۳۴
CH-837	۲۲۱	۳۵۸	۱۰	۳۵۳	۱.۰۰	۱۰/۵	۸	۷/۴	۲۸۰۱	۱.۰۰	۷۱	۱۴	۱/۶۰	۶۷	۳۵
CH-838	۱۸۴	۳۹۷	۶	۲۵۲	۱.۰۸	۱۰/۶	۹	۶/۸	۳۳۷۵	۱.۰۰	۷۸	۱۵	۱/۷۰	۶۱	۳۷
CH-839	۲۶۳	۵۲۹	۹	۲۱۳۲	۱.۰۹	۱۳/۰	۸	۶/۶	۴۴۰۶	۱.۰۰	۹۸	۱۸	۱/۸۰	۱۳۴	۴۴

جدول ۲. نتایج آنالیز نمونه‌های لیتوژئو شیمیابی از لایه‌های ماسه سنگی کاندزایی شده به روش فلورسانس اشعه X

Element	SiO ₂	Al ₂ O ₃	BaO	CaO	Cr ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	K ₂ O	MgO	MnO	Na ₂ O	P ₂ O ₅	SO ₃	TiO ₂	LOI	
Unit	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	
CH-124	۴۹.۴۲	۹.۸۱	۰.۰۵	۱۳/۴۷	۰.۱۴	۳/۸۶	۱/۴۹	۵/۲۴	۰/۱	۲۲	۰.۰۸	۰.۰۳	۰.۳۸	۱۳۹۶	
CH-125	۴۹.۹	۹.۸	۰.۰۴	۱۱/۳۹	۰.۰۹	۴/۲۹	۱/۱۵	۸/۱۶	۰/۱	۱۹۲	۰.۰۸	۰.۰۳	۰.۴۲	۱۳/۴۳	
CH-127	۴۸.۴۲	۹.۷۸	۰.۱۳	۱۲/۱۸	۰/۱	۲/۷۱	۱/۳	۷/۷	۰/۱	۲۰۱	۰.۰۹	۰.۴۶	۰.۴۵	۱۳/۵۲	
CH-320	۴۷.۹۴	۱۰.۱۱	۰.۰۷	۱/۰.۶۵	۰.۰۹	۳/۸۴	۱/۲۵	۶/۹۲	۰.۰۹	۲۱۶	۰.۰۹	۰.۸۵	۰.۴۷	۱۲/۸۴	
CH-321	۴۹.۸۶	۱۰.۱۸	۰.۰۴	۱/۱۶	۰.۰۶	۳/۳	۱/۳۵	۷/۴۷	۰/۱	۲۱	۰.۰۹	۰.۰۳	۰.۴۹	۱۳/۳۹	
CH-323	۴۸.۵۱	۱۰.۰۹	۰.۰۷	۱/۱۲	۰.۰۷	۳/۲۳	۱/۳	۸/۸۶	۰/۱	۱۷	۰.۰۹	۰/۱	۰.۴۹	۱۳/۶۷	
CH-325	۴۸.۲۵	۱۰.۳۲	۰.۰۸	۱۲/۳۷	۰.۱۳	۴/۲۲	۱/۱۷	۶/۵۲	۰.۰۹	۲۴۲	۰.۰۸	۰.۰۶	۰.۶۶	۱۳/۶۴	
CH-328	۴۸.۲۲	۱۰.۰۷	۰.۰۳	۱۳/۰۷	۰.۰۹	۳/۲۸	۱/۴۳	۶/۵۸	۰/۱	۲۰۲	۰.۱۱	۰.۰۴	۰.۵۹	۱۴/۳۷	
CH-329	۴۸.۳۶	۱۰.۸۲	۰.۰۷	۱۱/۶	۰.۰۷	۳/۴۶	۱/۳۱	۷/۳۳	۰/۱	۲۳۹	۰.۰۸	۰.۰۵	۰.۴۹	۱۳/۴۸	
CH-331	۴۸.۶۹	۹.۷۸	۰.۰۴	۱۲/۸۶	۰/۱	۳/۳	۱/۲۵	۷/۱۶	۰.۱۱	۲۰۵	۰.۰۸	۰.۰۶	۰.۴۵	۱۳/۹۹	
CH-333	۴۷.۸۲	۹.۸۸	۰.۰۷	۱۳/۴	۰.۰۹	۳/۹۳	۱/۲۵	۶/۵۱	۰/۱	۲۱۴	۰.۰۷	۰.۰۶	۰.۴۹	۱۴/۱۹	
CH-334	۴۹.۱۱	۱۰.۰۷	۰.۰۶	۱۲/۱۸	۰.۰۹	۳/۷۹	۱/۲۵	۶/۲۷	۰.۰۹	۲۲۲	۰.۰۷	۰.۰۴	۰.۴۹	۱۳/۱۹	
CH-335	۴۸.۹۹	۱۰.۰۲	۰.۰۴	۱۲/۳۸	۰.۰۸	۳/۴۶	۱/۳۵	۶/۹۱	۰/۱	۲۱۱	۰.۰۸	۰.۰۶	۰.۵	۱۳/۸۲	
CH-336	۴۹.۴۹	۱۰.۲۷	۰.۰۴	۱۲/۸۸	۰.۰۶	۳/۳۱	۱/۳۵	۶/۳۵	۰/۱	۲۳۳	۰.۰۸	۰.۰۲	۰.۴۵	۱۳/۴۷	
CH-338	۴۹.۴۹	۱۰.۳۴	۰.۰۵	۱۲/۰۲	۰.۰۷	۳/۷۱	۱/۴۷	۶/۸۵	۰/۱	۲۲	۰.۰۸	۰.۰۵	۰.۴۹	۱۲/۹۶	
CH-339	۴۸.۷۸	۱۰.۲۷	۰.۰۵	۱۲/۸۹	۰.۰۸	۳/۵۹	۱/۲۸	۶/۸۴	۰.۰۹	۲۱۸	۰.۰۹	۰.۰۵	۰.۵	۱۳/۵۳	
CH-340	۴۷.۲۷	۱۰	۰.۰۵	۱۳/۷۶	۰/۱	۳/۹۷	۱/۳	۶/۲۴	۰/۱	۲۱	۰.۱۱	۰.۰۶	۰.۶۶	۱۴/۲۷	
CH-342	۴۹.۵۷	۱۰.۲۲	۰.۰۵	۱۱/۸	۰.۰۸	۳/۴۹	۱/۳۳	۷/۳۴	۰/۱	۲۰۸	۰.۰۷	۰.۰۵	۰.۵	۱۳/۱۶	
CH-343	۴۸.۰	۱۰.۳۲	۰.۰۴	۱۱/۹۴	۰.۰۵	۳/۴۰	۰/۱۰	۱/۱۲	۷/۵۷	۰/۱	۱۹۳	۰.۰۹	۰.۰۵	۰.۴۸	۱۳/۵۶
CH-345	۴۲.۸۴	۹.۷۸	۰.۰۲	۱۶/۴۱	۰.۰۵	۴/۰۷	۱/۵۲	۶/۰۸	۰/۱۱	۲۱۱	۰.۰۳	۰.۶	۱۶/۸۸		
CH-347	۴۸.۹۹	۱۰.۰۷	۰.۰۴	۱۲/۳	۰.۰۶	۳/۶۹	۱/۳۸	۶/۶۲	۰/۱	۲۱۹	۰.۰۷	۰.۰۷	۰.۴۳	۱۳/۳۸	
CH-349	۴۷.۷۲	۱۰.۰۹	۰.۰۳	۱۳/۷۷	۰.۰۷	۳/۶۷	۱/۴۷	۶/۳۶	۰/۱	۲۱۷	۰.۰۹	۰.۰۵	۰.۵۲	۱۳/۸۹	
CH-350	۴۹.۶	۱۰.۳۸	۰/۱	۱۰/۴۴	۰/۱۲	۳/۹۲	۱/۲۴	۸/۵۱	۰/۱	۱۸۴	۰.۰۸	۰/۱	۰.۰۹	۱۲/۴	
CH-351	۴۷.۹۴	۱۰.۱۲	۰/۱۱	۱۲/۵۱	۰.۰۹	۴/۱۷	۱/۴۴	۷/۲۴	۰/۱۱	۱۹	۰.۰۷	۰.۰۹	۰.۵۲	۱۳/۳۱	
CH-352	۴۹.۷۸	۱۰.۱۵	۰/۰۴	۱۱/۶۹	۰.۰۹	۳/۶۸	۱/۳۵	۷/۴۴	۰/۱	۱۹۸	۰.۰۸	۰.۰۵	۰.۴۹	۱۳/۱	
CH-354	۴۸.۴۶	۱۰.۰۵	۰/۰۴	۱۱/۹۸	۰/۰۸	۴/۲۱	۱/۳۵	۷/۲۶	۰/۱	۱۹۹	۰.۰۸	۰.۰۵	۰.۵۶	۱۳/۲۶	
CH-355	۴۹	۱۰.۲۱	۰/۰۷	۱۲/۵۲	۰/۱۱	۳/۷۹	۱/۳۱	۶/۶۹	۰/۱	۲۲۳	۰.۰۸	۰.۰۵	۰.۵۸	۱۳/۲۶	
CH-356	۵۰.۶۳	۱۰.۳۱	۰/۰۵	۱۲/۱۳	۰/۰۷	۳/۲۴	۱/۴۹	۵/۸۲	۰/۰۹	۲۴	۰.۰۷	۰.۰۲	۰.۴۸	۱۲/۷۸	
CH-357	۴۸.۹۹	۱۰.۲۲	۰/۰۶	۱۲/۲	۰/۱۲	۳/۹۴	۱/۳۴	۶/۴۴	۰/۱	۲۳	۰.۰۷	۰.۰۶	۰.۵۸	۱۳/۵۸	
CH-358	۴۶.۲۹	۹.۹۲	۰/۰۵	۱۳/۸۷	۰/۱	۳/۵۳	۱/۱۶	۶/۹۳	۰/۱	۲۱	۰.۰۹	۰.۰۶	۰.۴۲	۱۴/۹۷	
CH-359	۴۸.۹۲	۱۰.۱۹	۰/۰۵	۱۱/۸۵	۰/۰۶	۴/۰۳	۱/۲۶	۷/۳۱	۰/۰۹	۱۹۱	۰.۰۹	۰.۰۶	۰/۵	۱۳/۵۷	
CH-360	۴۸.۸۵	۹.۹۴	۰/۰۴	۱۲/۷۱	۰/۰۹	۴	۱/۱۷	۶/۳۸	۰/۰۹	۲۲۲	۰.۰۷	۰.۰۴	۰/۵۵	۱۳/۸۵	
CH-361	۴۸.۴۱	۱۰.۲۵	۰/۱۵	۱۱/۹۹	۰/۰۸	۳/۱۶	۱/۳۳	۷/۱	۰/۰۹	۱۹۹					

ادامه جدول .۲

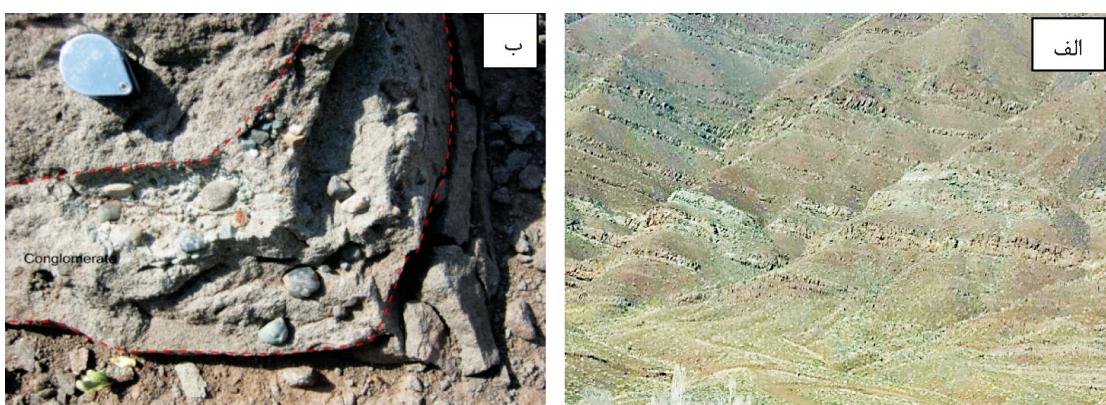
Element	SiO ₂	Al ₂ O ₃	BaO	CaO	Cr ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	K ₂ O	MgO	MnO	Na ₂ O	P ₂ O ₅	SO ₃	TiO ₂	LOI
Unit	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
CH-362	49.56	10.67	0.03	11.92	0.08	4	1.37	6.18	0.09	2.72	0.07	0.03	0.53	12.86
CH-363	47.01	9.99	0.03	13.46	0.05	3.28	1.49	6.16	0.09	2.7	0.09	0.27	0.44	14.22
CH-364	47.63	9.86	0.03	13.41	0.06	3/13	1.45	6.97	0.09	2.03	0.09	0.4	0.5	14.61
CH-365	51.83	10.89	0.23	10.58	0.09	3/23	1.93	5.69	0.08	2.32	0.08	0.27	0.56	11.05
CH-366	45.62	9.75	0.06	14.57	0.06	3/42	1.56	6.58	0.1	1.8	0.11	0.07	0.53	15.66
CH-368	49.64	9.65	0.1	11.91	0.08	3/64	1.16	7.28	0.1	2.04	0.08	0.07	0.42	13.55
CH-369	49.06	9.44	0.07	13.1	0.1	3/96	1.14	6.4	0.1	2.09	0.08	0.07	0.48	13.9
CH-371	50.	10.3	0.08	11.53	0.08	3.82	1.21	6.73	0.09	2.16	0.09	0.07	0.53	13.22
CH-372	49.13	10.32	0.05	11.77	0.09	3/27	1.43	6.4	0.1	2.18	0.08	0.06	0.53	13.55
CH-800	51.44	10.78	0.09	11.09	0.07	3/27	1.39	5.82	0.09	2.87	0.08	0.09	0.44	12.51
CH-802	48.07	9.7	0.07	12.65	0.13	3.56	1.37	7.7	0.11	1.93	0.09	0.08	0.6	13.8
CH-803	49.73	10.44	0.14	10.79	0.1	3.87	1.49	7.09	0.1	1.97	0.07	0.1	0.56	12.88
CH-804	49.45	10.33	0.1	11	0.13	3/75	1.63	6.78	0.1	1.98	0.09	0.31	0.61	12.59
CH-805	48.9	10.29	0.05	13.03	0.09	3/37	1.61	5.44	0.1	2.37	0.08	0.08	0.53	13.62
CH-807	49.8	10.34	0.05	11.89	0.07	3/28	1.46	6.92	0.1	2.05	0.08	0.07	0.49	13.28
CH-808	49.23	10.38	0.11	11.81	0.11	3.94	1.36	6.75	0.1	2.17	0.09	0.1	0.6	13.25
CH-811	49.53	10.59	0.11	10.8	0.08	3/83	1.22	7.28	0.09	2.12	0.1	0.09	0.54	13.07
CH-812	50.14	10.09	0.08	11.8	0.12	3/8	1.31	6.99	0.1	2.06	0.08	0.11	0.55	12.55
CH-814	49.44	10.73	0.05	12.27	0.07	2/28	1.3	6.81	0.1	2.45	0.08	0.07	0.48	13.23
CH-815	50.33	10.28	0.05	12.97	0.12	4.36	1.31	7.84	0.1	1.91	0.08	0.07	0.56	10.2
CH-816	50.13	10.03	0.04	11.17	0.1	4.37	1.54	7.57	0.11	1.79	0.1	0.05	0.77	12.33
CH-817	49.63	10.58	0.04	12.61	0.07	3/57	1.69	5.9	0.09	2.43	0.08	0.07	0.47	12.67
CH-818	48.83	10.82	0.08	12.86	0.07	3.09	1.64	6.26	0.09	2.37	0.08	0.08	0.49	13.24
CH-819	48.62	10.14	0.03	12.63	0.08	3/25	1.32	7.58	0.09	1.9	0.07	0.07	0.44	13.8
CH-823	48.05	10.42	0.11	12.1	0.15	4.12	1.42	6.11	0.09	2.14	0.08	0.11	0.7	13.1
CH-825	48.06	10.1	0.1	12.59	0.11	3.82	1.27	6.51	0.1	2.22	0.07	0.21	0.49	13.55
CH-829	48.48	10.02	0.06	13.3	0.11	3/61	1.22	6.43	0.1	2.2	0.08	0.06	0.51	13.82
CH-830	46.81	9.8	0.13	13.46	0.08	3/68	1.29	6.46	0.1	1.98	0.08	0.16	0.51	14.46
CH-831	48.21	10.21	0.04	12.05	0.09	3/85	1.25	6.76	0.1	2.09	0.08	0.06	0.53	13.79
CH-832	47.99	10.19	0.15	13.03	0.16	3/81	1.11	5.61	0.09	2.42	0.07	0.15	0.46	13.97
CH-833	48.83	10.17	0.18	12.35	0.13	3/73	1.27	6.01	0.09	2.34	0.07	0.21	0.52	13.33
CH-834	48.26	9.78	0.05	14.69	0.08	3/31	1.57	4.82	0.1	2.37	0.09	0.08	0.47	14.33
CH-835	46.78	10.19	0.19	13.05	0.08	3/35	1.77	6.1	0.1	1.92	0.1	0.58	0.55	13.61
CH-836	49.07	9.5	0.08	12.29	0.1	3.93	1	7.01	0.1	1.93	0.07	0.08	0.46	13.64
CH-837	47.85	9.09	0.08	12.39	0.15	4.49	0.97	7.9	0.1	1.79	0.08	0.08	0.45	13.67
CH-838	50.02	9.84	0.07	12.05	0.15	4.1	1.3	6.02	0.09	2.21	0.09	0.09	0.47	12.68
CH-839	48.07	9.93	0.07	12.77	0.07	3/61	1.29	7.09	0.1	1.88	0.09	0.09	0.48	13.47



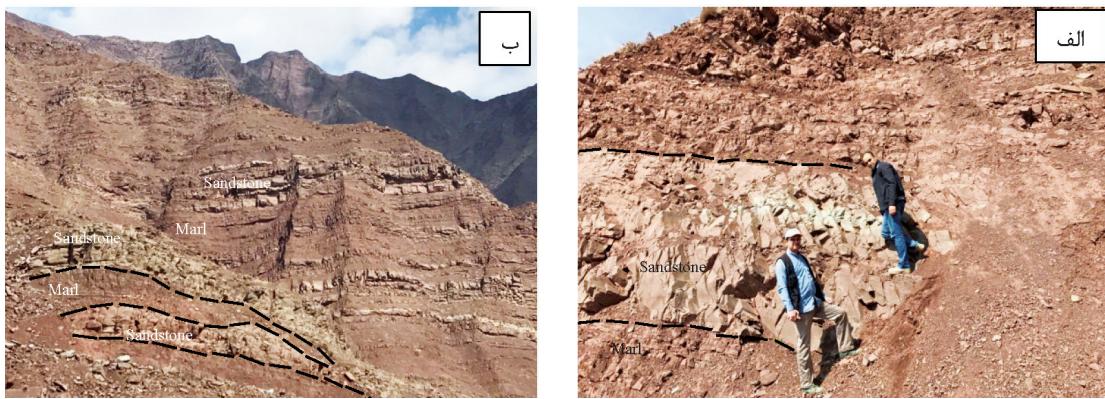
شكل ۱. نقشه زمین‌شناسی ۱:۵۰۰۰ ساده شده منطقه مورد مطالعه (نخجوانی، ۱۳۹۴)

ماسهسنگ است که در طی مراحل اول دیاژنز آهن از شبکه کانی‌های فرو منیزینی نظری پیروکسن، آمفیبول، میکانی شسته شده و به صورت هیدروکسید آمورف بر روی دانه‌ها قرار گرفته و سپس در طی مراحل بعدی دیاژنز به همایت تبدیل شده‌اند (Tucker, 2001). لایه‌های مارنی و شیلی واحد M^{sm} به عنوان لایه نفوذناپذیر برای هدایت جریان آب درون سازندی در یک افق مشخص عمل کرده و از سوی دیگر پوشیده شدن این ماسهسنگ‌ها توسط رسوبات مارنی و شیلی باعث شده تا اکسیژن محیط نتواند با مواد آلی واکنش داده و آنها را اکسید کند. لایه‌های ماسهسنگی دگرسان شده عموماً دارای گسترش جانبی چند ده متر تا چند صد متر است و به طور جانبی به ماسه سنگ‌های قرمز رنگ فاقد کانه‌زایی ختم می‌شوند (شکل ۳). از ساختهای رسوی مشاهده شده در ماسه سنگ‌ها می‌توان به ربیل مارک و کراس بدینگ اشاره کرد که این ساخته‌ها نشان‌دهنده نهشته شدن در یک منطقه ساحلی و کم عمق است (شکل ۴). به نظر می‌رسد بالاتر بودن میزان تخلخل در لایه‌های ماسه سنگی درشت دانه، وجود بقایای مواد گیاهی و پیریت‌های حاصل از دیاژنز باعث تمرکز انتخابی کانه‌زایی مس در همراهی با دگرسانی نوع شسته شدن در آنها شده است. البته در واحد مارن و شیلی M^{msh} که گاه‌آتاً دارای میانلایه‌های ماسه سنگی درشت دانه و دارای بقایای گیاهی است، دگرسانی شسته شدن و کانه‌زایی محدود مس حدود شده است.

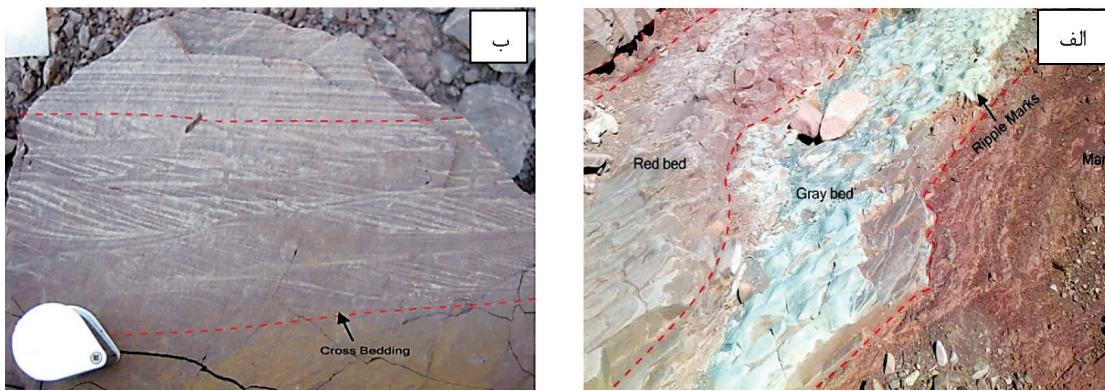
در منطقه تسوج و به طور شاخص در این محدوده، غالباً کانه‌زایی مس در واحد M^{sm} حادث گردیده که این واحد شامل تنابع ماسهسنگ قرمز-سبز-خاکستری (گاه‌آتاً دارای میان لایه‌های میکروکنگلومراپی)، مارن و بعض‌اً شیلی بوده که نسبت به سایر واحدهای میوسن زیرین در منطقه از گستردگی قابل ملاحظه‌ای برخوردار است (شکل ۲). به طوری که اکثر واحدها یا به صورت عدسی‌های بزرگ در درون این واحد قرار گرفته و یا به طور جانبی به آن تبدیل می‌شوند. در این منطقه واحد مذکور بخش عمده‌ای را به خود اختصاص داده و ریختار خشن و کوههای مرتفع منطقه، رخمنونهای مربوط به این واحد می‌باشند. در بخش ماسهسنگی درشت دانه واحد M^{sm} که به عنوان کانال‌های قدیمی و به رنگ عمومی سبز-خاکستری هستند، کانه‌زایی مس به صورت کانه‌های سولفیدی اولیه مس و کانه‌های ثانویه کربناتی مس در همراهی با بقایای گیاهی بچشم می‌خورد. به علت وجود بقایای گیاهی و غالباً بودن شرایط احیایی در این بخش، دگرسانی شسته شدن در اثر شسته شدن آهن و خارج شدن از سیستم حادث گردیده است (Weibela and Friisb, 2004). در این واحد و در لایه‌های ریز دانه قرمز-قهقهه‌ای که به صورت متناوب با این لایه‌های سبز-خاکستری قرار دارند، اندازه دانه‌ها ریزتر شده و از میزان مواد ارگانیکی بشدت کاسته شده و اغلب این مواد حضور ندارند. علت رنگ قرمز به خاطر وجود همایت به صورت پوشش بر روی دانه‌ها و به فرم ریز دانه در ماتریکس



شکل ۲. الف و ب) نمایی از واحد ماسهسنگی-مارنی میوسن، ب) میان لایه میکروکنگلومراپی در لایه‌های میترالیزه ماسهسنگی سبز-خاکستری رنگ



شکل ۳. الف و ب) تناوب ماسه‌سنگ و مارن که ماسه‌سنگ سبز-خاکستری کانه‌زایی شده به طور جانی به ماسه‌سنگ قرمز فاقد کانه‌زایی تبدیل می‌شوند



شکل ۴. الف) ساخت رسوی ریپل مارک، ب) ساخت رسوی طبقه‌بندی مورب در ماسه‌سنگ

از کانه‌های اولیه‌ای که در بخش ماسه‌سنگ سبز-خاکستری محدوده تپیچی تشکیل شده، می‌توان به پیریت، کالکوپیریت، بورنیت و کالکوسیت اشاره نمود (شکل ۴-الف، ب). بر اساس مطالعات مینرالوگرافی انجام گرفته توالي پاراژنزی این کانه‌ها به صورت زیر معرفی می‌شود که نشان‌دهنده افزایش میزان مس نسبت به گوگرد است.

کالکوپیریت → بورنیت → کالکوسیت → پیریت

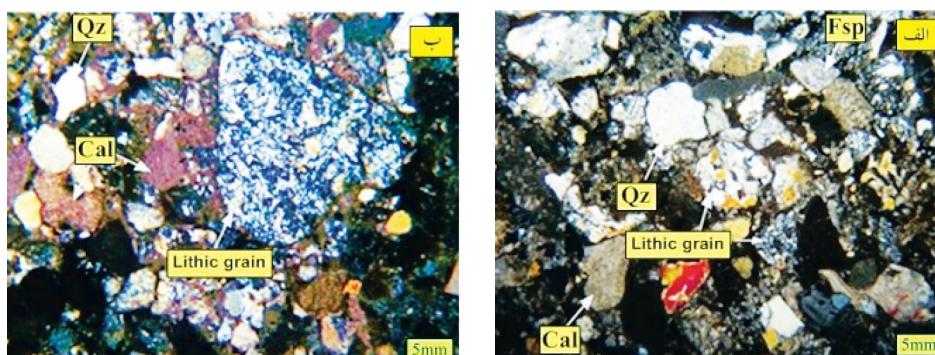
بر اساس مطالعات میکروسکوپی انجام گرفته پیریت به دو صورت پیریت دانه درشت با بافت فرامبوئیدال و پیریت دانه ریز با بافت افشاران قابل شناسایی بوده که به نظر می‌رسد پیریت‌های فرامبوئیدال در مرحله هم‌زمان با رسوب‌گذاری و تحت تاثیر احیای باکتریایی سولفات و پیریت‌های افشاران در مرحله دیاژنز اولیه و تبدیل آهن موجود در سیستم به پیریت تشکیل شده که در مراحل دیاژنز تاریخی کانه‌های سولفیدی مس جانشین آن شده‌اند. البته در منطقه چهرگان

مطالعات سنگ‌نگاری و کانه‌نگاری

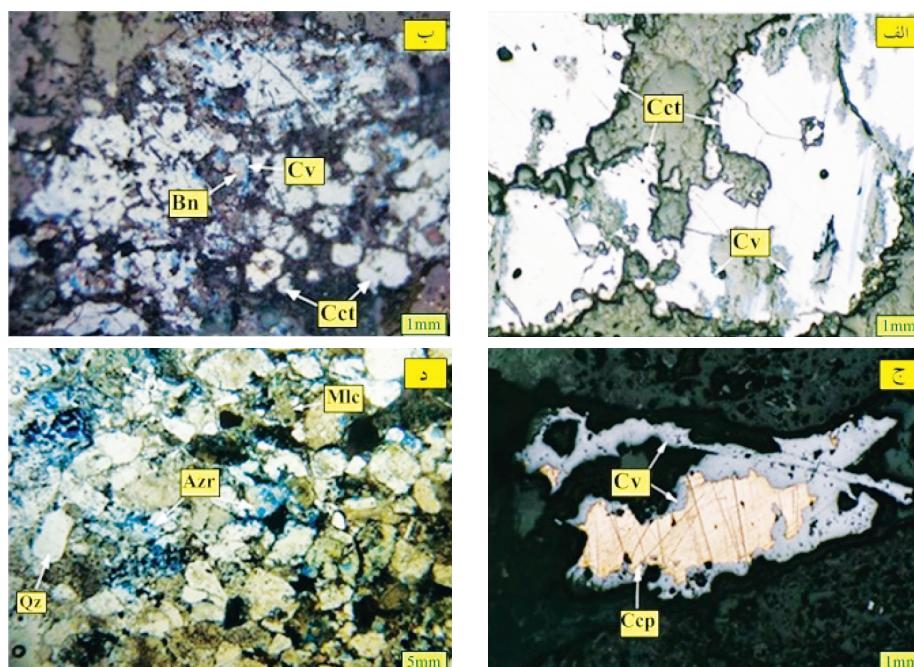
بر اساس مطالعات میکروسکوپی انجام گرفته کوارتز به عنوان اصلی‌ترین کانی، در اکثر نمونه‌ها بیش از ۵۰ درصد دانه‌های سنگ را تشکیل داده و دارای مقادیر قابل توجهی از کانی‌های فلدسپار پاتاسیم و پلاژیوکلаз می‌باشند. علاوه بر این کانی‌ها، خردہ سنگ، چرت، میکا و کلریت نیز از دیگر مشکله‌های ماسه سنگ‌های کانه‌زایی شده بوده که این اجزای آواری توسط کانی‌های رسی، سیمان کلسیتی و اکسید آهن به هم‌دیگر متصل شده‌اند (شکل ۵-الف، ب). از دیگر مشکله‌های تشکیل‌دهنده این ماسه سنگ‌ها می‌توان به بقایای گیاهی غالباً به صورت خشکی می‌باشند. اشاره کرد که این گیاهان متعلق به محیط خشکی می‌باشند. بر اساس تقسیم‌بندی (Folk, 1980) و بر پایه نسبت فراوانی کانی‌های کوارتز-فلدسپار-خرده سنگ، این ماسه سنگ‌ها دارای ترکیب لیترانایت تا ساب لیترانایت می‌باشند.

مس لایه‌های میزرازیه با اندازه دانه‌های تشکیل‌دهنده ماسه سنگ‌ها، میزان دگرسانی فلدسپارها و میزان مواد ارگانیکی نشان‌دهنده رابطه مستقیم و با میزان رس موجود در نمونه‌ها رابطه معکوس وجود دارد (رجب‌پور و همکاران، ۱۳۹۲). بر اساس مطالعات میکروسکوپی انجام گرفته علت همخوانی و ارتباط مستقیم میزان مس و درصد فلدسپارهای دگرسان شده می‌تواند به دلیل حضور کانه‌های مس‌دار در حفرات حاصل از اتحاد دانه‌های فلدسپار باشد.

که در شرق این محدوده قرار دارد علاوه بر پیریت‌های افشار، برخی از پیریت‌ها به صورت جانشینی در بافت‌های گیاهی و پرکنندگی فضاهای خالی پیروزی‌منهن هستند (پناه زاده، ۱۳۸۹). نهایتاً تحت تاثیر فرآیندهای سوپرژن، کانه‌های سولفیدی مس دچار دگرسانی شده و به کوولیت و کانه‌های کربناتی مس (مالاکیت و آزوریت) تبدیل شده‌اند (شکل ۶ ج، د). بر پایه مطالعات انجام گرفته در منطقه چشمکنان که در شرق محدوده توپیجی قرار دارد، میزان



شکل ۵. الف و ب) کوارتز، فلدسپار و خرد سنگ به عنوان مشکله‌های اصلی ماسه سنگ که توسط سیمان کلسیتی به هم وصل شده‌اند، (Whitney and Evans, 2010) عالیم کانه‌ها بر اساس مقاله (Whitney and Evans, 2010) کوارتز، Fsp-فلدسپار، Cal-کلسیت، Cv-Lithic grain، Qz-Qz.



شکل ۶. الف و ب) تبدیل بورنیت به کالکوسریت تحت تاثیر شورابه‌های مس‌دار و جانشینی کالکوسریت توسط کوولیت تحت تاثیر فرآیندهای سوپرژن، (ج) جانشینی کالکوپیریت توسط کوولیت تحت تاثیر فرآیندهای سوپرژن، (د) تشکیل مالاکیت و آزوریت تحت تاثیر فرآیندهای سوپرژن و به صورت پوشش روی دانه‌ها و پرکنندگی شکستگی‌ها، (Cet-کالکوسریت، Cv-کالکوپیریت، Bn-بورنیت، Qz-کوارتز، Ccp-کالکوپیریت، Azr-آزوریت) عالیم کانه‌ها بر اساس مقاله (Whitney and Evans, 2010) مالاکیت و آزوریت (Whitney and Evans, 2010)

کانه‌زایی

در منطقه توپچی نظیر محدوده‌های چشمکنان و چهرگان قرار گرفته در شرق آن، کانه‌زایی مس در واحد ماسه‌سنگی Msm در افق‌های ماسه سنگی سبز-خاکستری درشت دانه رخ داده است. کانه‌زایی ماکروسکوپی مشاهده شده در این ماسه سنگ‌ها غالباً به صورت کانه‌های کربناتی مالاکیت و آزوریت به همراه مقادیر کمی کالکوسیت بوده که به صورت دانه‌های پراکنده، شبه لامینه و عدسی شکل تشکیل شده‌اند (شکل ۷-الف، ب). به نظر می‌رسد بقایای گیاهی در این ماسه سنگ‌ها مهم‌ترین عامل احیاکننده بوده و به همراه پیریت نقش اساسی در کنترل کننده کانه‌زایی داشته است. این واحد رسوی شامل دو زیر پهنه اصلی با مشخصات زیر می‌باشد:

(الف) پهنه اکسیدان قرمز رنگ: این پهنه شامل لایه‌های ماسه‌سنگی ریز دانه و مارنی قرمز رنگ بوده که در بالا، پایین و کنار پهنه احیایی قرار دارد. علت رنگ قرمز این لایه‌ها، آزاد شدن هیدروکسیدهای آهن در طی مراحل اولیه دیاژن و تبدیل شدن آن به هماتیت می‌باشد که به صورت پوششی کانه‌های تشکیل دهنده ماسه سنگ‌ها و مارن‌ها را در برگرفته است.

(ب) پهنه شسته شده و به طور بخشی کانه‌زایی شده: این پهنه شامل ماسه سنگ‌های دانه درشتتر و گاهًا با میان‌لایه‌های میکروکنگلومرایی و به صورت کانال‌های قدیمی بوده که طی مراحل اولیه دیاژن و به دلیل تاثیر سیال احیایی ایجاد شده در مجاورت بقایای گیاهی Fe^{3+} به Fe^{2+} محلول تبدیل شده و بخشی از آهن آزاد شده از شبکه کانه‌ها تبدیل به پیریت‌های پراکنده شده‌اند.

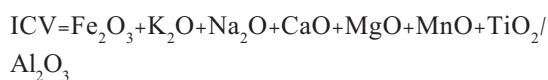
در طی مراحل اولیه دیاژن و در بخش ماسه‌سنگی ریزدانه و مارنی قرمز رنگ، اکثر مس و سایر فنزات غیر آهنجی از شبکه کانه‌های تخریبی نظیر بیوتیت، آمفیبول، پیروکسین و ... طی فرایند هیدرولیز، وارد آب‌های درون سازندی شده (Hitzman, 2005) و بخشی از این فلزات نیز توسط هیدروکسیدهای آهن و یا کانه‌های رسی جذب گردیده و در طی ادامه فرایند دیاژن و تبدیل هیدروکسید آهن به هماتیت وارد آب‌های درون منفذی شده‌اند.

Rose and Bianchi-Mosquera, 1993) اثر فشار لیتواستاتیکی به وجود آمده در طی فرایند دیاژن تا خیری، آب حاوی کمپلکس‌های کلریدی دارای منشا دریایی و به تله افتاده در طی رسوب‌گذاری، همراه با آب حاصل از فرایند آبزدایی زیپس، هیدروکسیدهای آهن و کانه‌های رسی، مخلوط شده و ضمن حمل نمودن عناصر فلزی غیر آهنجی، به سمت مناطق با فشار پایین و با تخلخل بالا حرکت نموده و در ماسه سنگ‌های دانه درشتتر و احیایی که بقایای گیاهی و پیریت حضور داشته‌اند، کانه‌زایی سولفیدی مس به صورت جانشینی در بقایای گیاهی و پیریت حادث شده و نهایتاً این کانه‌ها در طی فرایندهای هوazardگی سوپرژن به کانه‌های کربناتی مس تبدیل شده‌اند.

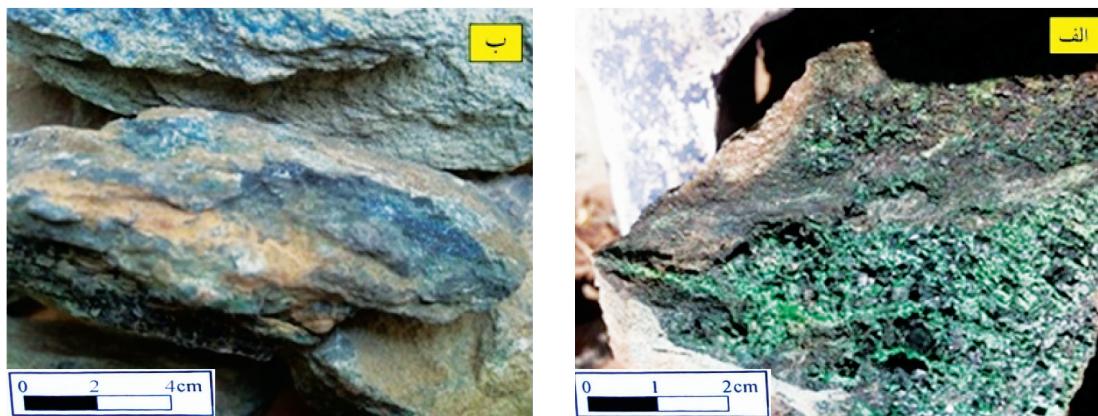
مقایسه سنگ‌های میزبان کانه‌زایی، کانه‌شناسی کانسنگ، ساخت و بافت، فرم دگرسانی، عامل احیاکننده و کنترل کننده کانه‌زایی با کانسارهای مس رسوی معرفی شده چشمکنان (رجب‌پور و همکاران، ۱۳۹۲)، چهرگان (پناه‌زاده، ۱۳۸۹)، تازه‌کند (عنایتی کولاچی و همکاران، ۱۳۹۵) در منطقه آذربایجان، چهرآباد (بیکدلی و همکاران، ۱۳۹۴) در زنجان، مارکشه (مهندی و همکاران، ۱۳۸۶) در کرمان نشان دهنده رخداد کانه‌زایی مس رسوی نوع Red bed در منطقه توپچی می‌باشد.

شرایط هوazardگی دیرین ماسه سنگ‌های کانه‌زایی شده

برای تعیین بلوغ چرخه رسوی شیل‌ها و ماسه سنگ‌ها، شاخص تنویر ترکیبی (ICV) با استفاده از رابطه زیر به کار می‌رود (Cox et al., 1995).



براین اساس رسویات و سنگ‌های رسوی با مقادیر ICV بیشتر از ۱، نمایان‌گر رسویاتی با عدم بلوغ ترکیبی است که در چرخه اول رسوب‌گذاری و در محیط‌های فعل تکتونیکی تشکیل شده‌اند. از طرف دیگر ICV کمتر از ۱، بیان‌گر رسویاتی با بلوغ ترکیبی بالا می‌باشد که ممکن است رسویات چرخه مجدد و یا رسویات بشدت هوazard از سیکل اول رسوی باشد (Cullers and Podkowyrov, 2002).



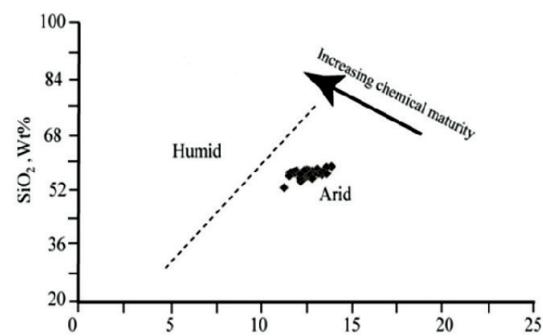
شکل ۷. الف) بقایای گیاهی موجود در ماسه سنگ درشت دانه که به طور کامل توسط کانه‌های کربناتی مس جایگزین شده است، ب) کالکوسيت در همراهی با آزوريت و مالاکيت و بقایای گیاهی

مشکل، شاخص هوازدگی دیگری (CIW) را معرفی کرد که در آن، مقدار این ضریب از ۵۰ برای رسوبات غیر هوازده آغاز و به ۱۰۰ برای رسوبات بشدت هوازده ختم می‌شود.

$$CIW = [Al_2O_3/(Al_2O_3 + Na_2O)] \times 100$$

این میزان در ماسه سنگ‌های منطقه توپیچی دارای دامنه‌ای از ۷۱/۹۷ تا ۷۱/۲۵ ۷۷/۲۵ درصد و با مقدار میانگین ۷۴/۵۸ بوده که نشان‌دهنده شدت هوازدگی متوسط در طی تکوین سنگ‌های مورد مطالعه دارد.

نهایتاً با استفاده از نمودار دو متغیره SiO_2 در برابر $(Al_2O_3 + K_2O + Na_2O)$ (Suttner and Dutta, 1986) شرایط آب و هوایی نیمه‌خشک در تکوین و توسعه ماسه سنگ‌های منطقه توپیچی (شکل ۸) حکم‌فرما بوده است.

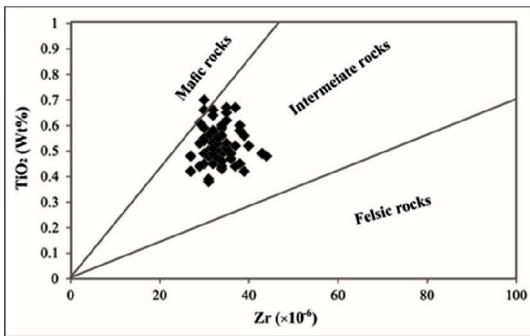


شکل ۸. موقعیت ماسه سنگ‌ها در نمودار دو متغیره $SiO_2 - (Al_2O_3 + K_2O + Na_2O)$

میزان ICV نمونه‌های برداشت شده از این منطقه، دارای حدودی از ۲/۲۴ تا ۳/۳۲ است که نشان‌دهنده عدم بلوغ ترکیبی و تشکیل این ماسه سنگ‌ها در چرخه اول رسوبی می‌باشد. به طوری که این مطلب به‌واسطه حضور دانه‌ها و کانی‌های ناپایداری همچون وجود خرد سنگ، فلدسپار و کانی‌های مافیک تایید می‌شود.

تاریخچه هوازدگی رسوبات و سنگ‌های رسوبی آواری نیز می‌تواند از روی نسبت تغییرات اکسیدهای عنصرهای متحرکی نظیر Al به اکسیدهای عنصر متحركی نظیر Ca, K ارزیابی شود (Nesbitt and Young, 1982). شاخصی که در این رابطه به صورت گستردۀ مورد استفاده قرار می‌گیرد، شاخص دگرسانی شیمیایی (CIA) می‌باشد. CIA = $[Al_2O_3/(Al_2O_3 + CaO^* + Na_2O + K_2O)] \times 100$

در نمونه‌هایی که میزان CaO آنها بیش از پنج درصد می‌باشد، این مقادیر بالا نشان‌دهنده تاثیر سیمان کربناته علاوه بر کلسیم موجود در فاز سیلیکاته بوده و لذا نمونه‌های CaO بیش از ۵ درصد را نبایستی در اندازه‌گیری شدت دگرسانی در نظر گرفت (Garcia et al., 2004). بر این اساس و با توجه به نتایج آنالیزهای شیمیایی نمونه‌های برداشت گردیده، تمامی نمونه‌ها به دلیل سیمان کربناته، دارای مقادیر CaO بالای پنج درصد است و نمی‌توان از این شاخص برای تفسیر تاریخچه هوازدگی ماسه سنگ‌های میزرنالیزه استفاده کرد. (Cullers, 2000) برای حل این



شکل ۹. بر اساس نمودار دو تابع $\text{Zr}-\text{TiO}_2$ منشا ماسه سنگ‌های کانه‌زایی شده منطقه توپچی در محدوده سنگ‌های آذرین حد واسطه تا مافیک قرار می‌گیرند

مطالعات ژئوشیمیایی

نتایج آنالیز ICP نمونه‌های برداشت شده از پهنه‌های شسته شده احیایی، نشان‌دهنده وجود مس با حداقل مقدار ۰/۰۴ درصد و حداقل مقدار ۳/۲ درصد، اورانیوم با حداقل مقدار ۱/۴ گرم در تن و حداقل مقدار ۰/۰۷ گرم در تن، نقره با حداقل مقدار ۰/۲۲ گرم در تن و حداقل مقدار ۵۷/۴ گرم در تن، سرب با حداقل مقدار چهار گرم در تن و حداقل مقدار ۴۶ گرم در تن و روی با حداقل مقدار ۴۵ گرم در تن و حداقل مقدار ۱۷۹ گرم در تن می‌باشد.

یکی از روش‌های بررسی رفتار ژئوشیمیایی عناصر، نظری ارتباط ژنتیکی و پاراژنز عنصری در رخدادهای کانه‌زایی، دگرسانی و تبلور، مطالعات آماری دو متغیره و چند متغیره می‌باشد. به طوری که مطالعه ضریب همبستگی می‌تواند در بررسی ارتباط ژنتیکی بین دو متغیر در طی مراحل مختلف کانی سازی موثر باشد. چرا که بالا بودن این میزان می‌تواند نشان‌دهنده شرکت این دو متغیر در یک فاز کانه‌زایی و حتی انتقال این عناصر توسط کمپلکس‌های مشابه حمل کننده فلزات در محلول‌های گرمایی باشد.

در این پژوهش ضریب همبستگی عناصر مهم و کانه‌ساز پس از نرمال‌سازی داده‌ها با همدیگر به روش پیرسون بررسی گردید (جدول ۳) که نتیجتاً عنصر مس با عناصر کالکوفیل نقره و روی دارای همبستگی بسیار خوب و با عناصر سرب و گوگرد دارای همبستگی متوسط می‌باشد.

منشا ماسه سنگ‌ها

منشا ماسه سنگ‌ها می‌تواند به عنوان فاکتور مهمی در نوع کانه‌زایی حادث گردیده در آنها، مورد استفاده قرار گیرد. به کارگیری نسبت $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{TiO}_2$ یکی از روش‌های ژئوشیمیایی برای بررسی منشاء ماسه سنگ‌ها به حساب می‌آید. به طوری که در سنگ‌های عادی، عمدتاً Al در فلدسپارها و Ti در کانی‌های مافیک نظری‌الیوین، پیروکسن، هورنبلندها، بیوتیت و ایلمنیت حضور دارند. در سنگ‌های آذرین نسبت $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{TiO}_2$ در سنگ‌های مافیک دارای دامنه ۸-۳، در سنگ‌های آذرین حد واسطه دارای دامنه ۲۱-۸ و در سنگ‌های آذرین فلسیک دارای دامنه ای از ۷۳-۲۱ می‌باشد (Hayashi et al., 1997). این نسبت در ماسه سنگ‌های کانه‌زایی شده منطقه توپچی دارای دامنه‌ای از ۱۴/۶۹-۲۶/۱۰ می‌باشد. با در نظر گرفتن مقادیر یاد شده می‌توان منشاء ماسه سنگ‌ها را از فرسایش و هوازدگی سنگ‌های حد واسطه تا فلسیک در نظر گرفت.

هایاشی و همکاران (۱۹۹۷) برای محاسبه میزان SiO_2 سنگ‌های آذرین عادی که منشا ماسه سنگ‌ها می‌باشد با استفاده از نسبت $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{TiO}_2$ رابطه زیر را بکار برده (Hayashi et al., 1997)

$$\text{SiO}_2 \text{ (wt\%)} = 39.34 + 1.2578 (\text{Al}_2\text{O}_3/\text{TiO}_2) - 0.0109 (\text{Al}_2\text{O}_3/\text{TiO}_2)^2$$

نتیجه این محاسبات بر روی نمونه‌های آنالیز شده نشان می‌دهد که SiO_2 سنگ‌های مادر این ماسه سنگ‌ها دارای دامنه‌ای از ۴۰/۵۵-۷۵/۶۴ درصد بوده که این ماسه سنگ‌ها در ارتباط با فرسایش توده‌های آذرین مافیک تا حد واسطه می‌باشد.

بر اساس نمودار TiO_2 در مقابل Zr که توسط ذرات آواری تشکیل‌دهنده ماسه سنگ‌های کانه‌زایی شده، منشا احتمالی سنگ‌های آذرین مافیک تا حد واسطه می‌باشد (شکل ۹).

می‌شود. از سوی دیگر اغلب کانسارهای سرب و روی شیلی در ارتباط با ریفتی شدن محیط ترسیب شیل بوده و کانه‌زایی در زون‌های ریفتی توسط جریانات حرارتی دما بالا تسهیل می‌شود (Morganti, 1981). در صورتی که در این منطقه منشا عنصر مس ماسه سنگ بوده و ارتباطی با رسوبات تخریبی دانه‌ریزی نظیر شیل مشاهده نمی‌گردد. از سوی دیگر، یکی دیگر از یافته‌های حاصل از این مطالعات، نبود همبستگی قابل توجه مس با عنصر اورانیوم می‌باشد که در محیط‌های رسوبی، هر دو عنصر دارای شرایط ژئوشیمیایی مشابه برای ترسیب و کانه‌زایی می‌باشند. بدین صورت که عامل اصلی ترسیب و کانه‌زایی عناصر مس و اورانیوم، حاکم بودن شرایط احیایی می‌باشد. دلیل نبود همبستگی بین این عناصر می‌تواند به دلیل حاکم شدن شرایط اکسیدان بعدی و تشکیل اورانیوم شش ظرفیتی و خروج اورانیوم از مجموعه باشد. از سوی دیگر نبود کانه‌زایی و یا آنومالی‌های قابل توجه از عنصر اورانیوم در لایه ماسه سنگی کانه‌زایی شده، می‌تواند مربوط به سنگ منشا فرسایش یافته اولیه باشد که بر اساس یافته‌های حاصل از مطالعه منشا ماسه سنگ‌ها، سنگ‌های فرسایش یافته اولیه دارای ترکیب مافیک تا حد واسط بوده و ذاتاً در این سنگ‌ها به مقدار کم حضور داشته است. به طوری که برای وجود کانه‌زایی اورانیوم وجود گرانیت و خاکسترها ریولیتی به عنوان منابع اولیه اورانیوم ضروری می‌باشد (Rosholt et al., 1971; Stuckless et al., 1977).

با توجه به کانه‌زایی هیپوزن سولفیدی رخ داده در این محدوده، علت عدم همبستگی خوب و یا بسیار خوب عنصر مس با گوگرد می‌تواند تاثیر فرآیندهای سوپرزن باشد که با انحلال بخشی از گوگرد موجود در شبکه کانیایی سولفیدهای مس و تبدیل آنها به کانه‌های کربناتی سوپرزن مالاکیت و آزوریت از سیستم خارج شده است. همبستگی بسیار خوب عنصر مس با نقره به دلیل رفتار رداکس مشابه این دو عنصر می‌باشد. به طوری که اکثر کانسارهای مس حاوی نقره بوده و نسبت Cu/Ag کانسنگ‌های مس دار نزدیک به نسبت پوسته‌ای ۷۸۵ است (Rose, 1976). در این کانسار نیز این نسبت از ۳۲۵ تا ۱۱۲۰۷ در تغییر بوده که بالا بودن این نسبت در تعدادی از نمونه‌ها به دلیل تاثیر فرآیندهای سوپرزن می‌باشد که مس توانسته به صورت کانی‌های کربناته در سیستم باقیمانده ولی بخشی از نقره به دلیل نبود کربنات و اکسیدی پایدار از سیستم خارج شده است. علت نبود آنومالی سرب و روی در این کانسار، به رغم وجود مشابهت رفتار ژئوشیمیایی این عناصر با مس (۰.۵۲، $r_{\text{Cu-Pb}} = 0.70$)، می‌تواند به نوع سنگ منشا این عناصر مربوط باشد. به طوری که در کانسارهای رسوبی با میزان سنگ رسوبی، منشا عناصر سرب و روی اکثراً شیل‌های شدیداً فشرده شده می‌باشد که در آن سرب و روی به دلیل جذب سطحی بر روی کانی‌های رسی و اغلب تحت تاثیر فرآیند فیلترینگ غشایی در شورابه‌های فلزدار تقلیل شده و از طریق گسل‌های عمیق پی‌سنگ در افق‌های احیایی به صورت کانه‌های سولفیدی نهشته

جدول ۳. ضرایب همبستگی پیرسون عناصر مهم و کانه ساز در منطقه توبیجی

	LAG	Co	LCr	LCu	Mn	Ni	LPb	LS	U	LZn	
LAG	Pearson	1	.220	.019	.828**	-.027	.065	.527**	.517**	.167	.707**
Co	Pearson	.220	1	.013	.210	.357**	.622**	.367**	.128	-.044	.350**
LCr	Pearson	.019	.013	1	.136	.341**	-.186	.116	.099	.048	.193
LCu	Pearson	.828**	.210	.136	1	-.020	-.016	.468**	.584**	.177	.909**
Mn	Pearson	-.027	.357**	.341**	-.020	1	.280*	-.035	.031	.079	.030
Ni	Pearson	.065	.622**	-.186	-.016	.280*	1	.062	.036	-.137	.127
LPb	Pearson	.527**	.367**	.116	.468**	-.035	.062	1	.351**	-.039	.509**
LS	Pearson	.517**	.128	.099	.584**	.031	.036	.351**	1	.129	.609**
U	Pearson	.167	-.044	.048	.177	.079	-.137	-.039	.129	1	.041
LZn	Pearson	.707**	.350**	.193	.909**	.030	.127	.509**	.609**	.041	1

**. Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

*. Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

به عنوان رگه‌های کلسیتی-باریتی تاختیری در منطقه گسترش دارند. در این گروه عناصر Cu-Zn و Ba-Th دارای همبود بسیار خوب و عناصر Cu-Ag و Ba-Sr و دارای همبود خوبی با همدیگر هستند.

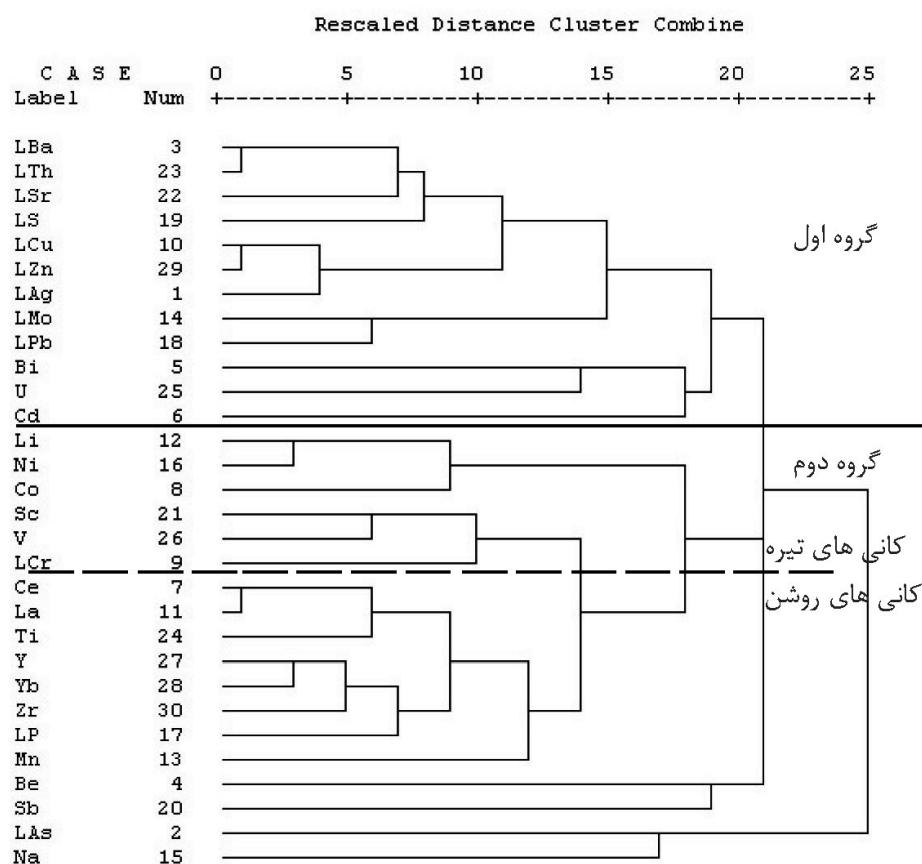
ب) گروه دوم شامل عناصر سنگ‌ساز با خاصیت ژئوشیمیایی دوگانه سیدروفیل-لیتوفیل نظیر Cr, Li, Ti, Sr, V, Co, Mn, Ni به همراه REEs به همراه REEs هستند. در این گروه همبود و ارتباط بسیار خوبی بین عناصر Ce-La و همبود خوبی بین عناصر Ce-Ti, Y-Yb, Ni-Li, Y-Zr-P و (Y-Zr)-P وجود دارد. با توجه به نوع قرارگیری و ارتباط این عناصر به نظر می‌رسد عناصر Cr, Li, Ni, Co, Sc, V, Cr در کانی‌های مافیک و عناصر Ti, Zr, P, REEs در فاز کانیایی روشن متتمرکز شده‌اند.

از سوی دیگر برای طبقه‌بندی هرچه مناسب‌تر عناصر، بر اساس تشابه هرچه بیشتر درون‌گروهی و اختلاف هرچه بیشتر میان گروهی که منجر به کاهش تعداد گروه و لذا سهولت بررسی عناصر شود، از روش تجزیه و تحلیل خوش‌های استفاده شد. در این پژوهش بر اساس آزمودن و بکارگیری روش‌های مختلف خوش‌بندی عناصر، به نظر می‌رسد بهترین روش، اتصال میان گروهی بوده که در آن محاسبه فاصله بر اساس ضریب همبستگی پیرسون دارای کمترین خطای باشد (شکل ۱۰).

بر این اساس، عناصر در دو گروه کلی قابل تقسیم‌بندی می‌باشند:

(الف) گروه اول اکثرًا شامل عناصر کالکوفیلی نظیر مس، روی، نقره و سرب بوده که به عنوان فازهای سولفیدی و همچنین عناصر لیتوفیل باریم، استرانسیم و توریم

Dendrogram using Average Linkage (Between Groups)



شکل ۱۰. گروه‌بندی عناصر بر اساس روش میان گروهی و بر پایه ضریب همبستگی پیرسون

نتیجه‌گیری

نتایج حاصل از بررسی‌های صحرایی، سنگ‌شناسی و کاننگاری و بررسی‌های ژئوشیمیابی انجام گرفته در این پژوهش شامل موارد زیر می‌باشد

۱. کانه‌زایی در این منطقه در داخل ماسه سنگ‌های سبز-خاکستری رنگ دانه درشت و به صورت کانه‌های سولفیدی اولیه پیریت، کالکوپیریت، بورنیت و کالکوسیت رخداده که نهایتاً تحت تاثیر فرآیندهای سوپرژن به کولولیت، مالاکیت و آزویریت تبدیل شده‌اند.

۲. ساختهای رسوبی مشاهده شده در ماسه سنگ‌ها نظیر ریپل مارک و کراس بدینگ و بقایای گیاهی خشکی، نشان‌دهنده نهشته شدن ماسه سنگ‌ها در یک منطقه ساحلی و کم‌عمق است.

۳. بالاتر بودن میزان تخلخل در لایه‌های ماسه سنگی درشت دانه، وجود بقایای مواد گیاهی و پیریت‌های حاصل از دیازنر، باعث تمرکز انتخابی کانه‌زایی مس در همراهی با دگرسانی نوع شسته شدن در ماسه سنگ‌های سبز-خاکستری گردیده است.

۴. بالا بودن شاخص بلوغ ترکیبی در این ماسه سنگ‌ها نشان‌دهنده عدم بلوغ ترکیبی و تشکیل این ماسه سنگ‌ها در چرخه اول رسوب‌گذاری بوده که بررسی روش‌های مختلف تعیین سنگ منشا، نشان‌دهنده ترکیب مافیک تا حد واسطه توده آذرین فرسایش یافته در شرایط آب و هوایی نیمه‌خشک می‌باشد.

۵. کانه‌زایی مس و نقره در این محدوده و عدم رخداد کانه‌زایی اورانیوم می‌تواند به عنوان شاهد دیگری مبني بر مافیک تا حد واسطه بودن توده نفوذی فرسایش یافته باشد. چراکه میزان مس و نقره در سنگ‌های مافیک و حدواتسط نسبت به سنگ‌های اسیدی بیشتر و میزان اورانیوم در این سنگ‌ها پایین‌تر می‌باشد.

۶. عدم رخداد کانه‌زایی سرب و روی در این ماسه سنگ‌ها می‌تواند دلیلی بر تامین مس و نقره از خود بخش ماسه سنگی و عدم نقش قابل توجه شیل و مارن‌های منطقه در رخداد کانه‌زایی محدوده توپچی باشد. چرا که منشا اغلب کانسارهای سرب و روی حادث شده

منابع

- آقازاده، م. و بدرزاده، ز.، ۱۳۸۹. معرفی افق‌های کانه‌زایی مس رسوبی در ایران. بیست و نهمین گردهمایی علوم زمین، سازمان زمین‌شناسی و اکتشاف مواد معدنی کشور، ۱۱.
- آقانباتی، س. ع.، ۱۳۸۳. زمین‌شناسی ایران. سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، ۶۰، ۶.
- بیکدلی، ز.، ابراهیمی، م.، نباتیان، ق. و مختاری، م. ع.، ۱۳۹۴. کانه‌زایی، کانی‌شناسی، ساخت و بافت کانسار مس رسوبی چهارآباد، شمال باختر زنجان. فصلنامه علوم زمین، ۲۴، ۲۴-۲۶۲.
- پناهزاده، م.، ۱۳۸۹. بررسی زمین‌شناسی اقتصادی لایه‌های رسوبی مس دار در روستای چهرگان، تسوچ، استان آذربایجان شرقی. پایان نامه کارشناسی ارشد زمین‌شناسی اقتصادی، دانشگاه تبریز، ۱۲۴.
- حسن پور، ش.، ۱۳۹۳. کانه‌زایی مس در ماسه سنگ‌های معدن سرخه، شمال غرب شهرستان مرند. سی و سومین گردهمایی علوم زمین، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، ۱۰.
- حسین‌زاده، م. ر.، مغفوری، س.، موید، م. و عشرتی، م.، ۱۳۹۴. بررسی کانی‌سازی و منشا مس رسوبی چینه‌کران با میزان کنگلومرای پلیومن در منطقه قره آجاج ماکو. فصلنامه زمین‌شناسی ایران، ۹، ۴۲-۲۹.
- خدابتده، ع.، ا. و امینی‌فضل، ع.، ۱۳۷۲. نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ تسوچ. سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور.
- رجب پور، ش.، عابدینی، ع.، علیپور، ص. و

- Cullers, R.L. and Podkovyrov, V.N., 2002. The source and origin of terrigenous sedimentary rocks in the Mesoproterozoic Ural group, southeastern Russia", *Precambrian Research*, 117, 157-183.
- Cullers, R.L., 2000. The geochemistry of shales, siltstones and sandstones of Pennsylvanian-Permian age, Colorado, USA: implications for provenance and metamorphic studies. *Lithos* 51, 181-203.
- Folk, R.L., 1980. Petrology of Sedimentary Rocks, Hemphill's book store, Austin Texas, 185.
- Garcia, D., Ravenne, C., Maréchal, B. and Moutte, J., 2004. Geochemical variability induced by entrainment sorting: quantified signals for provenance analysis, *Sedimentary Geology*, 171, 113-128.
- Hayashi, K., Fujisawa, H., Holland, H. D. and Ohmoto, H., 1997. Geochemistry of sedimentary rocks from northeastern Labrador, Canada, *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 61, 4115-4137.
- Hitzman, M., Kirkham, R., Broughton, D., Thorson, J. and Shelley, D., 2005. The sediment-hosted stratiform copper ore system. In: Thompson, J.F.H., Goldfarb, R.J. and Richards, J.P. (Eds.), 100th Anniversary volume. Society of Economic Geologists, 609-642.
- Morganti, J. M., 1981. Ore deposit models-4. Sedimentary-type stratiform ore deposits: some models and a new classification: *Geoscience Canada*, 8, 65-75
- Nesbitt, H.W. and Young, G.M., 1982. Early Proterozoic climates and plate motions inferred from major element chemistry of lutites, *Nature*, 299, 715-717.
- Rose, A.W. and Bianchi-Mosquera, G. ذاکری، ل.، ۱۳۹۲. بررسی کانی سازی و منشأ مس چینه سان در منطقه چشمه کنان تسوج، استان آذربایجان شرقی. *مجله زمین‌شناسی اقتصادی*, ۱، ۴۹-۶۳.
- ساداتی، س. ن.، ۱۳۹۳. کانی شناسی، ژئوشیمی و ژنرالیزی مس در سنگ‌های رسوبی شمال تبریز (شمال غرب ایران) استان آذربایجان شرقی. رساله دکترای زمین‌شناسی اقتصادی، دانشگاه شهید بهشتی، ۱۷۰.
- سامانی، ب.، ۱۳۸۹. گزارش نهایی کانه‌زایی مس رسوبی چشمeh سفید عشق آباد. شرکت آتی کان آمان.
- عنایتی کولایی، س.، یزدی، م. و مختاری، ع.، ۱۳۹۵. زمین‌شناسی، کانه نگاری و ژنرالیزی مس چینه سان در منطقه تازه کند، شمال شرق تبریز. *فصلنامه علوم زمین*، ۲۵، ۱۹۵-۲۰۸.
- مغفوری، س.، موحد نیا، م. و حسین‌زاده، م. ر.، ۱۳۹۳. جایگاه چینه‌ای و گسترش کانه‌زایی مس با میزان تخریبی در توالی سنوزئیک منطقه شمال غرب ایران، استان‌های آذربایجان شرقی و آذربایجان غربی. سی و چهارمین گردهمایی و دومین کنگره بین‌المللی تخصصی علوم زمین، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافاتمعدنی کشور، ۱۲.
- مهدوی، ا.، راستاد، ا. و حسینی بروزی، م.، ۱۳۸۶. کانی شناسی، ساخت و بافت افق‌های کانه دار کانسار مس رسوبی مارکشه در شمال باختر راور. بیست و ششمین گردهمایی علوم زمین، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافاتمعدنی کشور، ۷.
- نبوی، م. ح.، ۱۳۵۵. دیباچه‌ای بر زمین‌شناسی ایران، ۱۰۹.
- نخجوانی، ب.، ۱۳۹۴. گزارش پایان اکتشاف محدوده معدنی مس توپیچی. شرکت خرس سفید شمال.
- نقی‌زاده، ر.، شیوا، ع.، دری، م. ب. و ریاضی، ن.، ۱۳۸۶. بررسی صحرایی کانی سازی مس در منطقه تسوج استان آذربایجان خاوری. بیست و ششمین گردهمایی علوم زمین، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافاتمعدنی کشور، ۷.
- Cox, R., Lower, D.R. and Cullers, R.L., 1995. The influence of sediment recycling and basement composition on evolution of mudrock chemistry in the southwestern United States. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 59, 2919-2940.

- C., 1993. Absorption of Cu, Pb, Zn, Co, Ni and Ag on geotite and hematite as a control metal mobilization from Red Beds into stratiform copper deposits: *Economic Geology*, 88, 1226-1236.
- Rose, A.W., 1976. The effect of cuprous chloride complexes in the origin of red bed and related deposits: *Economic Geology*, 71, 1036-1048.
- Rosholt, J., Prijana, N. and Noble, D.C., 1971. Mobility of uranium and thorium in glassy and crystallized silicic volcanic rocks: *Economic Geology*, 66, 1061-1069.
- Stuckless, J. S., Bunker, C. M., Bush, C. A., Doering, W. P. and Scott, J. H., 1977. Geochemical and Petrological studies of a uraniferous granite from the granite mountains, Wyoming: Jour. Research U. S. Geological Survey, 5, 61-81.
- Suttner, L.J. and Dutta, P.K., 1986. Alluvial sandstone composition and paleoclimate, I. Framework mineralogy. *Journal of Sedimentary Petrology* 56, 329-345.
- Tucker, M.E., 2001. *Sedimentary Petrology, an introduction to the origin of sedimentary rocks*. Second edition, 262.
- Whitney, D.L. and Evans, B.W., 2010. Abbreviations for names of rock-forming minerals. *American Mineralogist*, 95, 158-187.
- Weibela, R. and Friisb. H., 2004. Opaque minerals as keys for distinguishing oxidizing and reducing diagenetic in the lower Triassic Bunten sandstone , North German Basin., *Sedimentary Geology* 169, 129-149.