



همبرزایی عنصری و تعیین جایگاه سطح فرسایش نسبت به سطح کانی سازی بر اساس هاله های رو و زیر کانساری در اسکارن مس گودال، شمال اهر، شمال غرب ایران

بهاءالدین نخجوانی^{*}، علی اصغر کلاگری، سید غفور علوی، کمال سیاه چشم

گروه علوم زمین، دانشکده علوم طبیعی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران

(دریافت مقاله: ۹۹/۲/۱۷، نسخه نهایی: ۹۹/۶/۵)

چکیده: کانسار اسکارنی مس گودال در کرانه شمال شرقی توده باتولیتی شیورداغ، در شمال اهر، استان آذربایجان شرقی واقع است. توده نفوذی شیورداغ بخشی از کمربند ماگمایی البرز-آذربایجان-قفقاز کوچک بوده که به نوبه خود وابسته با قوس ماگمایی اقیانوس مزوتتیس است. در مرز این توده آذرینی با واحد آهکی-آهک مارنی، کانه زایی اسکارنی مس-آهن-مولیبدن (کالکوپیریت، پیریت، مولیبدنیت، مگنتیت و اسپیکولاریت) بیشتر در پهنه آگزو-اسکارن رخ داده است. همچنین، کانی‌های برونزاد مس-آهن (مالاکیت، آزوریت و هیدروکسیدهای آهن) جانشین مجموعه کانیایی اسکارنی درونزاد شده است. بر پایه بررسی‌های آماری انجام شده بر یافته‌های مغزه‌های حفاری، عنصر مس دارای همبستگی بسیار خوب با نقره و همبستگی خوب با طلا و نیکل است و این عناصر همبرزایی عنصری در توده کانسنگی گودال بشمار می‌آیند. همچنین، بررسی هاله‌های زمین شیمیایی ضربی عناصر رو کانساری ($Pb \times Zn \times Sb$) و زیر کانساری ($Cu \times Ag \times Ni$) نشان دهنده هاله‌های بزرگتر و چشمگیرتر عناصر رو کانساری در افق‌های سطحی است و هاله‌های بزرگتر عناصر زیر کانساری در افق‌های پایینی توده کانسنگی دیده می‌شوند. بر این اساس، عملکرد فرسایش در جنوب غربی کانسار موجب قرارگیری توده کانسنگی در سطح کنونی شده است و به سمت شمال شرق، توده کانساری شواهد کانی‌سازی پنهانی را نشان می‌دهد. از سوی دیگر، با توجه به مقادیر کمینه و بیشینه شاخص‌های منطقه بندی زمین شیمیایی (۲۷-۰/۰۰۱۶) در سطح کنونی و ترازهای ارتفاعی دهانه گمانه‌ها، توده کانساری دارای شیبی به سمت شمال شرق است.

واژه‌های کلیدی: اسکارن مس؛ عناصر رو و زیر کانساری؛ هاله زمین‌شیمیایی؛ شاخص منطقه‌بندی؛ گودال؛ شیورداغ.

مقدمه

علی جواد [۱۱] در جنوب غرب توده نفوذی اشاره نمود. نخستین پژوهش زمین‌شناسی و اکتشافی در کانسار اسکارنی گودال توسط شرکت B.R.G.M فرانسه و در قالب بررسی زمین‌فیزیکی و حفر گمانه‌های اکتشافی [۱۲] بوده و پس از آن چند گزارش علمی-پژوهشی در قالب پایان‌نامه و مقاله منتشر شده است که همه، تاکید بر رخداد کانه‌زایی آهن به صورت مگنتیت-اسپیکولاریت و نبود کانه‌زایی اقتصادی و قابل توجه مس در این کانسار دارند. بر اساس بررسی‌های زمین‌فیزیکی و حفر گمانه‌های اکتشافی اخیر، کانه‌زایی قابل توجهی از عنصر مس در این کانسار به اثبات رسیده است. از اینرو در پژوهش حاضر ضمن معرفی این کانسار بعنوان کانسار اقتصادی مس،

کانسار اسکارنی گودال در ۲۵ کیلومتری شمال اهر، در استان آذربایجان شرقی و در لبه شمال شرقی توده باتولیتی شیورداغ واقع است. تماس این توده باتولیتی با واحد آهکی-آهک مارنی به سن کرتاسه پسین و واحد آتشفشانی-آذر آواری به سن اتوسن پسین موجب رخداد کانه‌زایی اسکارنی و پورفیری در این واحدها شده است. از کانه‌زایی‌های اسکارنی تشکیل شده در لبه این توده نفوذی، از شرق به غرب می‌توان به کانسار گودال [۲، ۱]، معدن مزرعه [۴، ۳]، کانسار جوانشیخ [۵]، کانسار زند آباد [۷، ۶]، کانسار جویبند [۸]، معدن انجرد [۹] و از کانه‌زایی‌های پورفیری می‌توان به کانسار چوپانلر [۱۰] در شرق و معدن

^{*}نویسنده مسئول، تلفن: ۰۹۱۴۱۱۶۸۲۴۵، نامبر: ۰۴۱۳۳۳۱۱۳۱۸، پست الکترونیکی: bahaedin1359@gmail.com

عنصر پاراژنز و زونبندی عنصری، بررسی میزان فرسایش کانسار و موقعیت فضایی توده کانساری بررسی شده است.

روش بررسی

در این پژوهش، نخست پس از پیمایش صحرایی و تهیه نقشه زمین شناسی، مغزه های حفاری بررسی و مقاطع نازک و سیقلی تهیه و مطالعه شدند. در مرحله بعد نمونه های ۲ متری از مغزه های ۶ حلقه گمانه اکتشافی برداشت شده و برای تعیین مقدار عناصر اصلی، فرعی و جزئی تشکیل دهنده سنگ به روش طیفسنجی جرمی پلاسمای جفت شده القایی (ICP-MS) و

طیفسنجی جذب اتمی (AAS) در آزمایشگاه کانی ALS ایرلند، تجزیه گردیدند. سپس بر پایه نتایج آزمایش های شیمیایی، غلظت میانگین عناصر مهم و کانه ساز در افق های ۱۰ متری پهنه آگرو اسکارن محاسبه و بررسی های آماری از جمله تعیین ضریب همبستگی و تجزیه و تحلیل خوشه ای با نرم افزار SPSS انجام شد. سرانجام پس از تعیین عناصر رو کانساری و زیر کانساری و محاسبه هاله های مرکب ضریبی این عناصر و شاخص منطقه بندی، سطح فرسایش کنونی نسبت به توده کانساری تعیین گردید (جدول ۱ و ۲).

جدول ۱ مقادیر کمی برخی عناصر مهم تجزیه شده به روش ICP-MS و طلا به روش AAS بصورت افق های ۱۰ متری.

نمونه	Au	Ag	As	Ba	Bi	Cd	Co	Cu	Fe	Mo	Ni	Pb	Sb	W	Zn
ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	%	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
BH ۱-۱۰	<۰.۰۱	۵۴۴	۲۵.۵	۱۸۰	۴۳۸	۰.۱۸	۱۱.۱	۴۰۱۸	۱۹.۸	۲.۹۶	۲۳	۱۸.۱	۹.۳	۱۳.۵	۱۴۲
BH ۱-۲۰	۰.۰۸	۱۰.۱	۶۹.۶	۲۰.۳	۲۱.۶	۰.۲۷	۱۱.۲	۹۷۹	۹.۱	۱.۳۹	۲۹.۳	۸.۲	۱۰.۸	۲۴.۵	۷۸
BH ۱-۳۰	<۰.۰۱	۰.۳۵	۳۴.۲	۱۰.۵	۱.۱۴	۰.۲	۱۴.۹	۱۴.۵	۳.۵	۰.۷۴	۲۵.۹	۹.۶	۲.۷	۴.۷	۸۹
BH ۱-۴۰	<۰.۰۱	۱.۳۹	۵۰.۵	۱۲۰	۱۵.۴۵	۰.۳۶	۹.۱	۱۱۸۲	۶.۴	۱.۹۷	۲۱.۱	۱.۶	۳.۴	۱۷.۶	۱۰۱
BH ۱-۵۰	<۰.۰۱	۱.۶۸	۱۱۷.۳	۳۰.۵	۱۰.۶۹	۰.۱	۷	۱۰۶۳	۱۱.۲	۰.۴۸	۲.۵	۲.۷	۱۱.۵	۸۸.۶	۵۱
BH ۱-۶۰	۰.۰۲	۱.۴۷	۱۴۳.۵	۲۳۰	۱۲۰.۸	۰.۰۹	۹.۱	۱۸۶۹	۱۱	۲.۴۶	۲۸.۷	۳.۷	۴.۵	۹.۶	۴۴
BH ۱-۷۰	۰.۰۲	۱.۱۵	۱۸۰.۲	۱۹۵	۶۸.۸	۰.۰۸	۹.۷	۱۰۵۲	۱۱.۸	۱.۶۶	۲۳.۴	۶	۲.۷	۸۶.۷	۴۳
BH ۱-۸۰	۰.۰۴	۶۳.۴	۲۴۲.۳	۲۵۴	۵۵.۶۶	۰.۱۹	۱۰.۷	۴۷۷۴	۱۲	۰.۹۸	۲۱.۳	۱۶.۵	۴.۹	۱۲۹.۷	۵۷
BH ۱-۹۰	۰.۰۵	۱.۸۸	۳۲۵.۳	۱۱۹	۱۸.۱۷	۰.۱۱	۷.۳	۱۶۸۶	۱۳.۵	۰.۹۳	۱۷.۴	۷.۲	۴.۶	۲۴۴.۹	۳۷
BH ۱-۱۰۰	<۰.۰۱	۰.۵۲	۲۴۱.۸	۱۵۵	۴۰.۷	۰.۰۴	۷.۸	۴۹۳	۱۴.۶	۳.۵۹	۱۹.۸	۳.۱	۲.۶	۲۰.۶	۴۲
BH ۱-۱۱۰	<۰.۰۱	۰.۱۹	۹۴.۷	۱۹۵	۳.۹۵	۰.۰۶	۹.۳	۱۹۶	۱۴	۵.۴۷	۳۰.۹	۳.۶	۴.۸	۱۲۵.۷	۴۶
BH ۱-۱۲۰	۰.۰۴	۱.۲	۱۱۸.۵	۱۴۵	۲.۵۱	۰.۱۲	۸.۴	۱۸۸۲	۱۴.۴	۲.۶۱	۳۶.۸	۹.۹	۵.۱	۱۴۱.۶	۶۵
BH ۱-۱۳۰	۰.۰۵	۳.۶۲	۷۸.۵	۴۰	۳.۹۳	۰.۱۷	۹.۵	۴۵۷۳	۱۵.۸	۳.۶۴	۲۸.۲	۴.۸	۳.۶	۴۸.۸	۴۵
BH ۱-۱۴۰	۰.۱۷	۱۰.۳۷	۳۱۷.۶	۱۲	۴.۸۹	۰.۲۳	۱۲.۲	۱۲۸.۸	۱۵.۳	۳۰.۰۳	۵۹.۹	۴	۱۲.۷	۲۹۹.۸	۵۴
BH ۱-۱۵۰	۰.۸۴	۱۲.۸۴	۱۰۸.۵	۳	۷.۳۸	۰.۲۳	۱۲.۳	۱۹۲۴۰	۱۵.۳	۲۷.۰۹	۸۶.۲	۳.۱	۲.۹	۱۰۸.۹	۴۴
BH ۱-۱۶۰	۰.۱	۱۱.۹۶	۳۳.۳	۱۳	۳.۱۸	۰.۰۹	۵.۱	۵۸۱۷	۷.۱	۴.۲۴	۵۰.۶	۸.۵	۲.۹	۳۴.۸	۲۴
BH ۱-۱۷۰	۰.۱۴	۱۱.۶۲	۷۶.۴	۲۶	۱۲.۹۸	۰.۱۱	۱۰.۱	۱۱۰۸۲	۱۵.۱	۸۳.۷۴	۷۸.۶	۴.۱	۳.۳	۹۵.۷	۳۱
BH ۱-۱۸۰	<۰.۰۱	۱.۶۳	۴۵.۹	۶۰	۴۰.۸	۰.۰۵	۱۸.۹	۹۱۴	۱۵	۲۰.۵۴	۲۹.۷	۸.۱	۷.۲	۶۴.۷	۲۳
BH ۱-۱۹۰	<۰.۰۱	۱.۲۸	۴۰	۵۱	۵۵.۲	۰.۰۴	۱۹.۷	۷۲۶	۱۵.۴	۱۶.۱۵	۲۸.۲	۶.۹	۵.۹	۵۵.۸	۳۱
BH۲-۱۰	۰.۰۷	۶.۲۳	۶۰.۷	۱۲۸	۴۵.۳۸	۰.۲۲	۱۱.۷	۶۲۱۴	۱۸.۱	۱.۵۵	۲۸.۸	۱۴.۷	۱۲.۴	۱۲۱.۵	۶۵
BH۲-۲۰	<۰.۰۱	۲.۳	۶۶.۹	۱۰.۶	۵۰.۳	۰.۰۴	۱۱.۹	۳۲۲۴	۸.۱	۱.۴۹	۳۳.۷	۱۵.۷	۵.۸	۳۳.۷	۳۰.۵
BH۲-۳۰	<۰.۰۱	۳.۷۵	۶۸.۲	۲۸۷	۲.۲۵	۰.۳۵	۱۰.۹	۳۴۸۴	۱۰.۵	۱.۱	۳۴.۸	۹.۸	۵.۷	۳۷.۴	۱۳۶
BH۲-۴۰	۰.۰۲	۴۰.۴	۶۵.۴	۴۶۴	۲.۴۵	۰.۱۶	۱۰.۹	۳۸۱۵	۱۱.۴	۱.۶۱	۳.۷	۵.۴	۶.۹	۴۸.۳	۶۷
BH۲-۵۰	۰.۰۲	۳.۶۴	۷۱.۶	۲۲۶	۳.۱۶	۰.۱۸	۱.۶	۴۳۴۸	۱۴.۱	۵.۷۱	۳۴.۳	۶	۷.۱	۶۶.۷	۶۴
BH۲-۶۰	۰.۲۲	۵.۹	۴۷.۶	۱۲۱	۲.۸۲	۰.۱۹	۱۶.۳	۴۵۷۷	۱۳	۲۹.۹۸	۴۲.۹	۵.۳	۶.۶	۵۴.۹	۶۳
BH۲-۷۰	۰.۰۸	۳.۲۷	۴۵.۵	۲۵۳	۱.۸۵	۰.۲۳	۱۴.۶	۳۴۹۵	۱۰.۶	۱۷.۲۹	۳۶.۷	۵.۱	۸.۷	۴۰.۱	۷۸
BH۲-۸۰	۰.۰۹	۴.۵۸	۴۶.۷	۳۰	۱.۷۶	۰.۱۶	۱۷.۷	۴۰۰۶	۱۲.۳	۳۹.۵۹	۳۳.۶	۴.۲	۴	۷۲.۷	۵۶
BH۲-۹۰	۰.۱۴	۳.۸۳	۵۵.۱	۱۰.۶	۵.۳۷	۰.۱۵	۲۰.۹	۴۰۴۴	۱۱.۳	۷.۷۷	۴۴.۹	۵.۶	۹.۵	۳۳.۵	۵۲
BH۲-۱۰۰	۰.۱۴	۴	۱۹۰.۸	۳۸	۵.۱۹	۰.۱۵	۱۸.۱	۵۱۸۸	۱۳.۲	۰.۹۶	۶۹.۸	۴.۴	۱۵.۷	۸۵.۵	۴۶
BH۲-۱۱۰	۰.۴	۹۰.۶	۱۷۶.۳	۱۹۸	۶.۷۷	۰.۲۷	۳۲.۸	۱۱۷۰۰	۱۴.۲	۱.۳۲	۱۰۱.۸	۴.۳	۱۰.۲	۱۲۱.۵	۷۶
BH۲-۱۲۰	۰.۴۵	۶.۸۶	۸۷.۷	۱۶۸	۸.۴۶	۰.۱۸	۱۷.۹	۹۷۰۶	۱۴.۷	۰.۸	۶۷	۴.۱	۶.۹	۸۷.۳	۵۵
BH۲-۱۳۰	۱.۱۷	۱۰.۹۱	۹۳.۲	۹۴	۱۶.۴۱	۰.۲۴	۴۰	۱۶۶۰۰	۱۳.۴	۳.۱۹	۱۰۷.۲	۳.۷	۳.۳	۸۷.۸	۶۵
BH۲-۱۴۰	۰.۲۸	۵.۵۶	۱۰.۹۳	۳۰.۲	۴.۷	۰.۲۲	۱۳.۲	۶۶۱۴	۱۲.۸	۵.۱۶	۶۲.۵	۸.۶	۵.۸	۶۷.۶	۶۶
BH۲-۱۵۰	۰.۱۱	۱.۹۶	۱۴۰.۴	۱۸۲	۲۰.۸۶	۰.۰۹	۷.۹	۲۵۹۰	۱۲.۷	۱۱.۲۱	۳۵.۸	۶	۲.۷	۱۳۴.۱	۵۰
BH۲-۱۶۰	۰.۲۷	۶.۳	۱۰۱.۷	۱۷۳	۲۴.۲۸	۰.۱۱	۱۲.۹	۴۰۴۴	۱۳.۴	۲۶.۳۱	۳۶.۶	۹.۹	۴.۲	۱۵۶.۲	۵۵
BH۳-۱۰	۰.۰۲	۰.۹۷	۷۴.۳	۳۷۴	۸.۹۶	۰.۵۴	۱۷.۶	۶۶۰	۱۰.۲	۰.۹	۴۰.۲	۱۲.۷	۱۲.۴	۲۶.۱	۱۹۷
BH۳-۲۰	۰.۰۵	۱.۴۴	۳۰.۳	۲۳۶	۴.۸۷	۱.۴۳	۱۲.۱	۱۵۵۷	۶.۱	۱.۳۶	۳۱.۱	۱۸.۸	۶.۴	۱۵.۹	۴۳۵
BH۳-۳۰	۰.۰۷	۲.۴۶	۱۰.۴۳	۳۴۲	۴.۴۲	۰.۱۸	۱۳.۲	۳۰۷۴	۱۵	۴.۳	۲۷.۲	۷.۲	۹	۹۱.۱	۸۸
BH۳-۴۰	۰.۱۱	۸.۹۳	۹۶.۹	۳۲۷	۳.۸	۸۰.۹	۱۵.۷	۶۵۱۸	۱۳.۲	۴.۹۸	۳۷.۹	۵.۶۴	۲۳.۹	۸۰.۵	۵۲۸
BH۳-۵۰	۰.۰۹	۱۵.۵۱	۹۴	۱۹۱	۱۷.۷۲	۱۲.۱۳	۲۰.۴	۴۲۱۶	۸.۷	۱۰.۸۴	۳۸	۱۱۵.۲	۲۴.۲	۴۳.۷	۴۳۸
BH۳-۶۰	۰.۰۳	۲.۱۱	۱۱۰.۱	۳۳۳	۲.۷۷	۰.۶۳	۳۷.۶	۲۱۸۰	۱۱.۷	۲۹.۴۵	۳۴.۱	۷.۹	۴	۶۳.۵	۱۲۱
BH۳-۷۰	<۰.۰۱	۰.۴۲	۲۲	۵۹۳	۱.۶۹	۰.۲	۱۱.۶	۱۵۶	۳	۱.۱۲	۲۱.۱	۱۱.۳	۲.۵	۴.۳	۷۴
BH۳-۸۰	۰.۰۶	۴.۴۱	۱۰۱.۸	۶۶۴	۱.۹۲	۰.۲۹	۲۶.۵	۳۹۶۰	۹.۶	۱۳.۹	۴۷.۷	۳۸.۹	۶.۱	۴۸.۴	۹۰
BH۳-۹۰	۰.۰۷	۴.۵۶	۱۰۶.۲	۲۵۴	۴.۱۸	۰.۱۷	۱۷.۸	۵۷۰۴	۱۱.۲	۳.۸۲	۴۴.۴	۵.۳	۱۱.۳	۷۲.۹	۵۰
BH۳-۱۰۰	۰.۰۲	۱.۸۸	۱۰.۲	۱۶۶	۸.۳۲	۰.۰۸	۱۲.۱	۲۱۶۴	۱۲.۸	۱.۱	۲۸.۴	۸.۳	۱۷.۳	۷۷.۶	۵۵
BH۳-۱۱۰	۰.۱۴	۷.۲۶	۱۴۲.۵	۱۳۴	۱۱.۱۸	۰.۲۳	۲۰.۲	۱۲۷۹۴	۱۳.۹	۰.۹	۹۸.۲	۲۷.۲	۱۱.۶	۱۱۶.۵	۶۶
BH۳-۱۲۰	۰.۳۹	۹.۵۱	۹۱.۹	۱۴۰	۱۵.۳۹	۰.۱۷	۱۳.۶	۱۱۷۸۶	۱۳.۷	۱.۸۳	۵۶.۲	۶.۱	۷.۶	۷۱.۸	۴۷
BH۳-۱۳۰	۰.۴۲	۱۱.۰۶	۸۴.۷	۱۲۳	۱۱.۳۹	۰.۲۱	۱۵.۵	۱۰۷۵۵	۱۱.۸	۴.۷۷	۵۳.۶	۱۲.۷	۱۷.۹	۴۶.۹	۵۹
BH۳-۱۴۰	۰.۰۷	۱.۲۷	۱۱۸.۵	۳۲۷	۵۰.۷	۰.۰۶	۸.۳	۳۲۲۰	۱۲	۴۴.۸۳	۳۶.۷	۵	۴.۱	۱۰۸.۱	۳۹
BH۳-۱۵۰	۰.۰۸	۲۰.۹	۱۳۷.۷	۱۲۷	۲.۴۷	۰.۰۵	۹.۲	۴۱۷۰	۱۲.۹	۳۵.۰۹	۳۴.۸	۳.۸	۳.۱	۱۰۶.۹	۳۳
BH۳-۱۶۰	۰.۱۹	۵.۶۷	۱۲۴.۳	۱۲۶	۱۶.۵۷	۰.۰۸	۸.۷	۴۴۹۲	۱۲.۷	۳۸.۵۷	۳۱.۸	۱۰	۷.۱	۱۵۲.۷	۴۳
BH۳-۱۷۰	۰.۲۲	۸.۶۸	۷۷	۲۳۶	۸.۶۱	۰.۰۷	۱۲.۴	۷۱۴۰	۱۲.۱	۱۱۷.۲	۴۴.۸	۴.۷	۳.۲	۱۰۹.۸	۴۵
BH۳-۱۸۰	۰.۱۹	۳.۶۶	۵۱.۵	۳۱۱	۸.۹۵	۰.۱۱	۱۱.۵	۴۴۶۰	۱۱.۳	۱۱۲.۷	۲۷	۱۲.۱	۳.۶	۹۱.۱	۶۱
BH۴-۱۰	۰.۱۵	۶.۱۳	۱۵۶.۷	۱۹۵	۳.۴	۰.۰۵	۱۲.۸	۴۵۰۵	۱۳.۱	۵.۲۷	۴۴.۹	۶.۷	۴.۵	۱۸	۶۷
BH۴-۲۰	۰.۰۵	۵۰.۱	۱۹۰.۸	۱۷۰	۳.۵	۱.۸	۱۲.۳	۴۶۱۶	۱۳.۶	۵۰.۶	۴۱.۵	۹	۵.۴	۱۳۶.۸	۱۳۰

جدول ۲ مقادیر کمی برخی عناصر مهم بررسی شده به روش ICP-MS و طلا به روش AAS بصورت افقی های ۱۰ متری.

نمونه	Au	Ag	As	Ba	Bi	Cd	Co	Cu	Fe	Mo	Ni	Pb	Sb	W	Zn
	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	%	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
BH ۴-۳۰	۰/۰۲	۱/۳۸	۱۰/۲۲	۳۵۵	۴۹	۰/۲۷	۱۳۰	۱۴۸۳	۱۰/۵	۲/۴۴	۴۶/۹	۶/۸	۴/۶	۷۵/۸	۱۳۶
BH ۴-۴۰	۰/۰۵	۱/۴۴	۱۱۱/۶	۳۲۵	۲۳	۰/۳۹	۱۰/۶	۱۸۴۳	۱۱/۰	۳۲/۷	۴۱/۸	۴/۴	۲/۵	۱۱۵/۸	۶۶
BH ۴-۵۰	<۰/۰۱	۰/۶۲	۴۹	۱۶۳	۲/۴	۰/۱۸	۱۹/۳	۸۹۶	۹/۷	۳۹/۹	۴۳/۸	۳/۷	۳/۲	۴۷/۲	۸۳
BH ۴-۶۰	<۰/۰۱	۲/۱۳	۶۷/۱	۱۸۸	۱/۸	۰/۱۵	۲۰/۷	۲۱۲۶	۱۰/۱	۱۵	۳۸/۶	۶/۸	۷/۴	۷۲/۱	۸۴
BH ۴-۷۰	۰/۰۳	۳/۷۲	۱۱۰/۷	۱۵۰	۱/۵	۰/۳۱	۱۶/۸	۳۸۲۴	۱۲/۳	۳۵	۴۷/۲	۶/۸	۴/۶	۱۳۹	۶۹
BH ۴-۸۰	<۰/۰۱	۰/۶۲	۱۳۲/۴	۱۳۵	۰/۷	۰/۰۶	۱۱/۵	۵۱۴	۱۳	۵/۴	۲۷/۲	۵	۳/۳	۱۴۶/۸	۴۱
BH ۴-۹۰	<۰/۰۱	۰/۲۸	۸۸/۳	۱۰۰	۰/۴	۰/۱۹	۸/۳	۴۹۲	۱۲/۶	۱۵/۲	۲۳/۹	۵	۲/۷	۱۱۹/۳	۴۳
BH ۴-۱۰۰	۰/۰۴	۱/۵۱	۷۴/۲	۱۵۰	۳/۳	۰/۰۷	۱۲/۷	۶۶۸	۱۲	۱۰/۴	۲۷/۸	۴۲/۲	۳/۶	۹۴/۵	۴۲
BH ۴-۱۱۰	۰/۰۲	۰/۴۴	۵۱/۱	۲۶۰	۳۰/۷	۰/۰۵	۱۱/۸	۵۱۳	۱۰/۲	۲۴/۸	۳۷/۱	۵/۸	۲/۵	۶۰/۶	۳۵
BH ۴-۱۲۰	۰/۰۵	۳/۷۵	۴۳/۱	۷۴	۳/۵	۰/۰۷	۱۰/۵	۱۴۹۶	۱۵/۳	۲۵۲/۷	۳۲/۳	۴/۱	۱/۸	۹۱/۹	۲۷
BH ۴-۱۳۰	۰/۲۲	۲/۰۸	۸۵/۲	۱۸	۶/۲	۰/۰۹	۱۱/۷	۳۰/۱۶	۱۵	۶۵۸/۸	۳۳/۱	۳/۷	۲/۳	۲۶۵/۹	۲۹
BH ۴-۱۴۰	<۰/۰۱	۰/۵۵	۲۴/۹	۴۰	۴/۹	۰/۰۶	۲۰/۱	۷۵۸	۱۶/۴	۱۳/۲	۱۲	۳/۵	۱/۸	۵۰/۲	۱۷
BH ۴-۱۵۰	۰/۰۴	۰/۷۵	۲۰/۹	۶۲	۲/۸	۰/۰۵	۱۱/۴	۱۱۳۷	۱۷	۲/۲	۹	۳/۱	۲/۶	۶۳/۵	۱۵
BH ۴-۱۶۰	۰/۱۲	۱/۱	۲۳/۸	۵۰	۳/۹	۰/۰۶	۸/۵	۱۳۰/۶	۱۵/۱	۱/۱	۱۲/۹	۴/۳	۱/۴	۸۳	۲۰
BH ۴-۱۷۰	۰/۰۷	۰/۷۱	۲۰	۳/۹	۶/۲	۰/۰۷	۱۶/۴	۱۱۵/۴	۱۶/۳	۵	۱۵/۲	۳/۱	۱/۲	۹۴/۲	۲۲
BH ۴-۱۸۰	۰/۰۳	۷/۹۴	۲۶/۷	۱۴۴	۲۱/۸	۰/۱۳	۲۰/۲	۳۰۸/۶	۱۷/۳	۱۸/۴	۱/۸	۷/۵	۲/۱	۳۱۹/۳	۴۰
BH ۴-۱۹۰	۰/۴	۵/۰۵	۴۲/۶	۱۰۸	۱۲۳/۲	۰/۱۶	۲۰/۴	۵۳۴/۸	۱۹/۷	۸/۶۵	۱۱/۲	۴/۶	۲/۶	۲۳۵/۴	۲۹
BH ۵-۱۰	<۰/۰۱	۰/۲۸	۱۹۴/۳	۵۰۰	۱۲/۱	۰/۱۳	۱۲/۵	۱۱۲	۱۲	۰/۴۴	۲۸/۴	۸/۴	۱۱/۹	۳۳/۳	۷۸
BH ۵-۲۰	۰/۰۳	۰/۲۶	۲۸۲/۳	۶۲۳	۹/۱	۰/۵۲	۱۵	۱۰/۹	۱۳/۵	۰/۶۹	۳۵/۶	۱۰/۵	۱۳/۱	۳۴/۷	۱۰۳
BH ۵-۳۰	۰/۰۲	۰/۲۳	۲۳۰	۲۷۳	۸/۴	۰/۰۴	۱۱/۹	۱۷۵	۱۲/۹	۰/۴۵	۲۵/۶	۳/۹	۹/۱	۴۹/۷	۴۴
BH ۵-۴۰	۰/۰۲	۰/۸۵	۱۳۲	۲۶۸	۲/۱	۰/۰۸	۸/۴	۱۰۷/۲	۱۲	۰/۴۳	۲۱/۷	۴/۴	۱/۷	۵۶/۱	۴۲
BH ۵-۵۰	۰/۰۳	۰/۴۹	۱۱۶/۲	۳۹۲	۴۳/۴	۰/۰۵	۲۶/۱	۴۸۷	۱۰/۲	۰/۶	۲۵/۶	۹/۵	۱۳/۵	۲۵/۴	۸۱
BH ۵-۶۰	۰/۰۲	۱/۰۴	۱۰۶/۳	۲۷۰	۲۲/۱	۰/۰۵	۵۳/۵	۱۱۹۷	۱۲/۴	۰/۷۷	۲۳/۷	۵	۸/۸	۴۱/۷	۳۵
BH ۵-۷۰	۰/۰۴	۰/۶۱	۹۴/۶	۲۶۵	۱۴۹/۱	۰/۰۴	۵۳/۴	۳۷۴	۱۱	۰/۸۹	۲۳/۹	۵/۸	۵	۶۱/۲	۳۵
BH ۵-۸۰	<۰/۰۱	۰/۲۹	۱۲۱/۷	۲۱۰	۴/۵	۰/۰۵	۲۸/۵	۲۳۶	۱۱/۸	۲/۳	۱۷/۷	۳/۵	۴/۱	۹۵/۶	۳۹
BH ۵-۹۰	<۰/۰۱	۰/۱۲	۱۸۴/۲	۲۰/۷	۱۵/۳	۰/۰۶	۶۲/۶	۴۸	۱۳/۱	۱/۲۳	۲۶/۸	۳/۹	۲/۹	۱۵۸/۵	۴۰
BH ۵-۱۰۰	<۰/۰۱	۰/۱۲	۲۰/۲۲	۲۲۳	۴/۱	۰/۰۸	۲۲/۵	۹۰	۱۲/۲	۳	۲۲/۹	۵	۲/۳	۱۷۷	۶۰
BH ۵-۱۱۰	<۰/۰۱	۰/۲۳	۲۴۹/۳	۲۴۵	۲/۷	۰/۱	۱۳/۲	۱۷۴	۱۱/۸	۳۷/۴	۱۹/۲	۹/۵	۱/۹	۱۷۳/۳	۴۲
BH ۵-۱۲۰	۰/۰۴	۱/۲۶	۱۵۵/۸	۳۵۷	۲	۰/۲۱	۱۳/۹	۱۷۷۱	۱۰/۵	۳۹/۸	۲۸/۱	۵/۵	۲/۱	۹۹/۴	۵۱
BH ۵-۱۳۰	۰/۰۸	۱	۱۷۲	۱۳۳	۱/۹	۰/۱۲	۱۰/۲	۱۱۸۵	۱۲/۹	۴/۳۳	۲۴/۲	۳/۵	۲/۲	۱۳۶/۲	۴۲
BH ۵-۱۴۰	۰/۱	۱/۶	۱۶۵/۵	۸۱	۶/۷	۰/۰۷	۱۲/۶	۱۵۲۰	۱۲/۵	۱/۵۶	۱۵/۸	۳/۳	۲/۳	۱۱۴/۷	۳۶
BH ۵-۱۵۰	۰/۰۴	۴/۰۱	۱۰۳/۴	۵۰	۴/۳	۰/۱۴	۷/۸	۳۳۹/۸	۱۱/۵	۲/۶۶	۱۹/۹	۱/۵	۴/۳	۸۲/۸	۴۶
BH ۵-۱۶۰	۰/۰۳	۲/۷	۷۷/۵	۹۴	۱۰/۲	۰/۱۲	۴/۲	۲۷۱/۹	۱۳/۴	۱/۳۲	۱۵/۶	۵/۲	۱/۲	۹۱/۴	۴۳
BH ۵-۱۷۰	۰/۱	۹/۴۸	۱۰۷/۳	۶۳	۵/۹	۰/۳۱	۲۷/۲	۱۲۱۶/۵	۱۵/۱	۰/۶۵	۱۳۴/۲	۲۳/۹	۳/۹	۱۱۴/۷	۷۵
BH ۵-۱۸۰	<۰/۰۱	۰/۶۹	۲۳۶/۸	۱۱۰	۱/۹	۰/۰۹	۴/۷	۶۷/۶	۱۴/۶	۱/۵۷	۱/۹	۸/۶	۵	۲۴۱/۷	۴۳
BH ۵-۱۹۰	۰/۰۵	۳/۷۹	۹۴/۹	۵۹	۲/۴	۰/۱۳	۴/۸	۴۰۸/۲	۱۳/۳	۰/۷۲	۳۰/۵	۱۶/۹	۵	۱۴۷/۷	۵۱
BH ۵-۲۰۰	۰/۴۱	۱۱/۰۱	۶۹/۸	۵۸	۵/۵	۰/۲۴	۱۶/۴	۱۳۸۲/۵	۱۳/۶	۰/۴۶	۱۳۹/۵	۱۳	۶/۸	۱۲۶/۷	۶۸
BH ۵-۲۱۰	۰/۷	۱۹/۲۳	۵۰/۹	۶۶	۱۲/۳	۰/۲۴	۱۱/۲	۱۲۴۷/۲	۱۴/۹	۰/۴۳	۱۸۷/۱	۴	۴/۷	۴۵/۶	۵۸
BH ۵-۲۲۰	۰/۵۲	۲۲/۸۷	۵۰/۳	۷۸	۳۷/۲	۰/۳۴	۹/۳	۱۶۴۲/۲	۱۲/۶	۰/۳۴	۹۲/۲	۶/۳	۵/۹	۴۲	۱۰۳
BH ۶-۱۰	<۰/۰۱	۰/۱۴	۱۸۵	۶۸۵	۱	۰/۳۶	۱۸/۸	۷۶	۳/۳	۲/۳۹	۱۶/۸	۱۹/۵	۲/۳	۲/۶	۱۱۳
BH ۶-۲۰	<۰/۰۱	۰/۷۷	۱۱۳/۷	۱۷۳	۳/۶	۰/۳۲	۱۴/۷	۵۱۳	۹/۷	۴/۲۶	۳۰/۲	۹/۹	۵/۷	۲۵/۴	۹۵
BH ۶-۳۰	<۰/۰۱	۰/۱۵	۲۲/۴	۱۷۵	۱/۱	۱/۰۴	۱۳	۲۸	۲/۵	۰/۸۹	۲۷/۲	۲۸/۶	۲/۴	۱/۵	۳۴/۶
BH ۶-۴۰	۰/۰۴	۱/۵۶	۱۲۱/۳	۹۳	۴۷/۶	۰/۱۷	۲۸/۵	۵۷/۶	۱۳/۹	۱/۵۹	۲۶/۴	۸۴/۵	۱۰/۳	۳۰	۷۷
BH ۶-۵۰	۰/۰۳	۱/۹	۸۲/۹	۲۲۱	۴۹/۲	۰/۱	۲۴/۲	۲۰۳/۶	۱۹/۷	۲/۵۶	۲۱/۶	۱۷/۵	۱۳/۲	۶۶/۵	۸۴
BH ۶-۶۰	<۰/۰۱	۰/۳۶	۲۹/۸	۹۱	۱	۰/۶۴	۱۴/۵	۱۶۶	۲/۳	۰/۹۵	۲۷	۴۳/۹	۲/۹	۳/۵	۱۹۵
BH ۶-۷۰	<۰/۰۱	۰/۰۹	۱۱/۱	۴۳	۰/۲	۰/۳۲	۱۵/۴	۳۹	۲	۰/۳	۲۸/۹	۲۰/۲	۱/۴	۱	۶۷
BH ۶-۸۰	۰/۰۳	۶۳/۶	۴۴	۳/۹	۱۰/۸	۰/۱۸	۱۹/۸	۵۲۲/۷	۲۳/۵	۰/۴۵	۲۴/۱	۴۶/۱	۷/۵	۵۰	۱۳۴
BH ۶-۹۰	۰/۰۳	۳۳/۵	۱۰۴/۷	۸۶	۱۷/۵	۰/۱۴	۱۲/۴	۲۹۹/۲	۲۱/۴	۲/۵۹	۲۹/۹	۹/۳	۱۰/۹	۵۵/۶	۷۵
BH ۶-۱۰۰	۰/۰۹	۳۴/۸	۹۹/۷	۳۴۴	۴/۳	۰/۱۷	۳۲/۲	۴۱۱۰	۱۰/۹	۳۵/۲	۴۰/۷	۷/۲	۵	۵۲/۹	۶۷
BH ۶-۱۱۰	۰/۱	۵/۹۹	۱۸۸	۱۱۲	۸/۷	۰/۱۹	۳۹/۶	۵۸۷/۸	۱۵	۵۰/۹	۳۱/۲	۹/۳	۴/۲	۱۲۹/۹	۴۷
BH ۶-۱۲۰	۰/۱۸	۳۸/۲	۱۴۸/۵	۱۹۶	۱۷/۲	۰/۱۵	۲۸/۴	۴۱۳/۸	۱۱/۶	۲۱/۳	۳۱/۴	۳/۵	۳/۶	۱۰۱/۶	۴۵
BH ۶-۱۳۰	۰/۱	۳۳/۵	۱۳۵/۵	۱۱۶	۷/۲	۰/۲۳	۱۶۰	۴۱۱/۹	۱/۴	۴/۴	۲۶/۷	۸/۴	۲/۴	۸۸/۵	۶۸
BH ۶-۱۴۰	۰/۰۴	۳/۶۹	۱۹۵/۶	۱۲۰	۱۲/۵	۰/۱۵	۱۳۹/۱	۳۵۹/۱	۱۶/۴	۲۴/۱	۲۲/۹	۴/۵	۲/۵	۱۳۳/۵	۴۴

بحث و بررسی

زمین‌شناسی

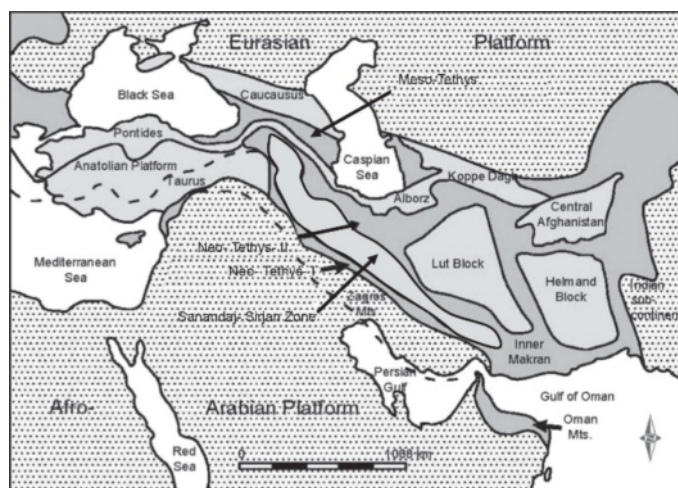
منطقه مورد بررسی بر اساس تقسیم‌بندی پهنه‌های زمین - ساختی - رسوبی ایران [۱۳]، در پهنه ایران مرکزی و زیرپهنه ماگمایی البرز - آذربایجان واقع است. از سوی دیگر، این منطقه بعنوان بخشی از پهنه فلزایی ارسباران [۱۴] و بدلیل شباهت - های فعالیت ماگمایی، چینه‌شناسی، زمین‌ساخت و کانه‌زایی پهنه ارسباران با پهنه قفقاز کوچک [۱۵-۱۷]، در قسمت میانی کمربند ماگمایی البرز - ارسباران - قفقاز کوچک (A-A-LC) واقع شده است (شکل ۱) فعالیت ماگمایی یاد شده بعنوان قوس ماگمایی اقیانوس مزوتتیس، از ژوراسیک میانی آغاز شده و تا کواترنر ادامه داشته است [۱۸-۲۰].

بر اساس پیمایش‌های صحرایی و با توجه به یافته‌های حاصل از نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰.۰۰۰ کلبر [۲۱] و نتایج سن‌سنجی بلورهای زیرکن به روش ICP-MS سایش لیزری (LA-ICP-MS) [۲۲]، نقشه ۱:۵۰۰۰ زمین‌شناسی تهیه شد. بر این اساس، قدیمی‌ترین واحدهای دیده شده در منطقه گودال شامل آهک - آهک مارنی نازک‌لایه (K^L)، واحد مرمری (Mb)، واحد اسکارنی (Sk) و واحد گدازه - توف آندزیتی (K^{an}) به سن کرتاسه پسین هستند. واحدهای جوانتر شامل واحد نفوذی گرانودیوریتی - گرانیتی (O^{gd}) به سن الیگوسن پیشین (30.8 ± 2.1 Ma)، واحد مونزونیتی - سینیتی (O^{m-s}) به سن الیگوسن پسین (23.3 ± 0.5 Ma 25.1 ± 0.9 Ma) و دایک‌های آندزیتی (D^{an}) و هورنبلند آندزیتی (D^{H-an}) پس از الیگوسن نفوذ کرده به داخل واحدهای قدیمی‌تر هستند. جوانترین واحد رخنمون یافته در این منطقه گدازه تراکی آندزیتی (Q^{ta}) کواترنر است (شکل ۲).

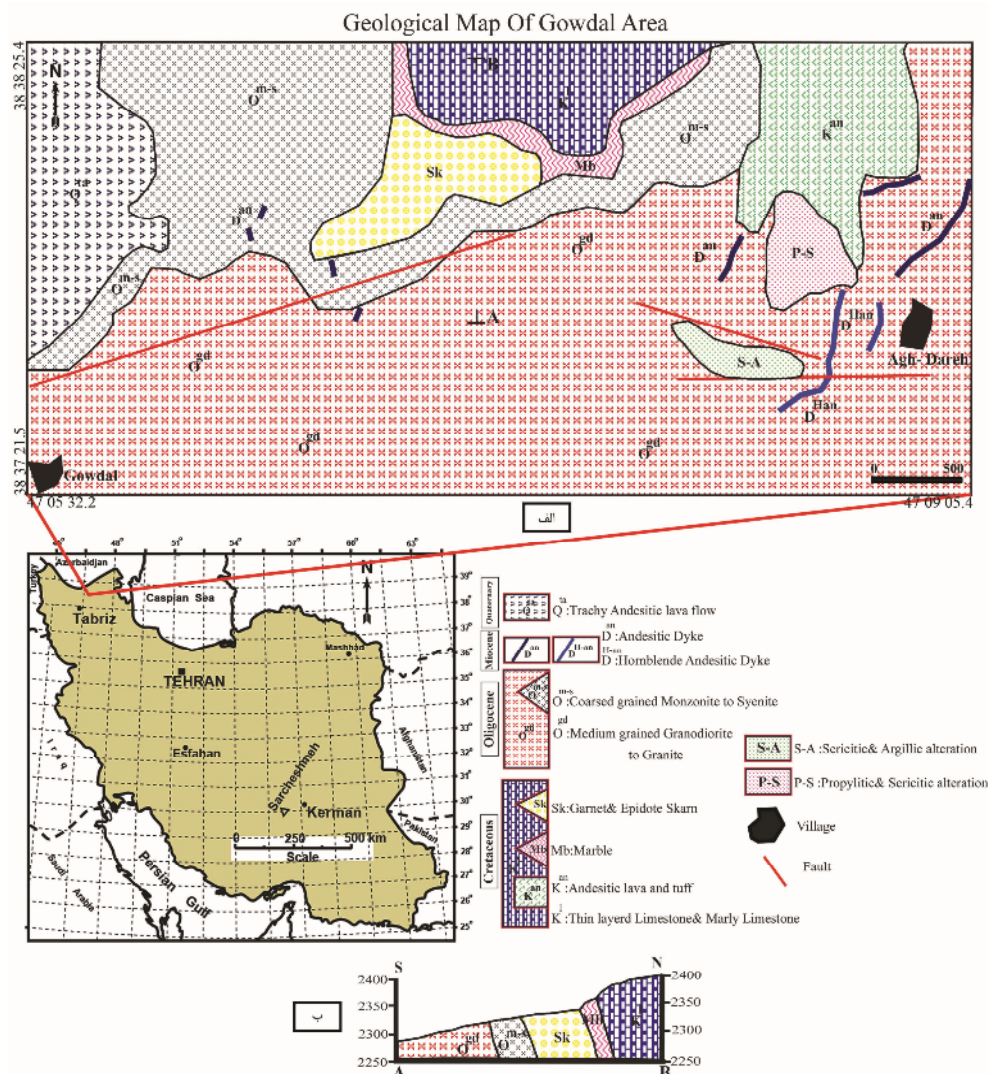
اسکارن زایی - کانی سازی

بر اساس شواهد صحرایی، نتایج سنگ‌نگاری و کانه‌نگاری، آثار گرمایی ناشی از جایگیری و تماس توده نفوذی مونزونیتی - سینیتی با واحد آهکی - آهک مارنی نازک‌لایه موجب دگرگونی

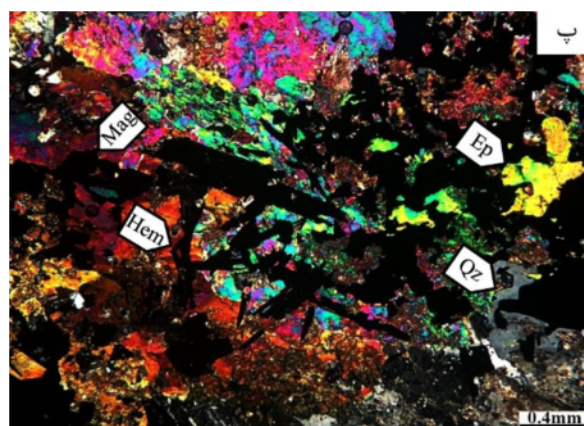
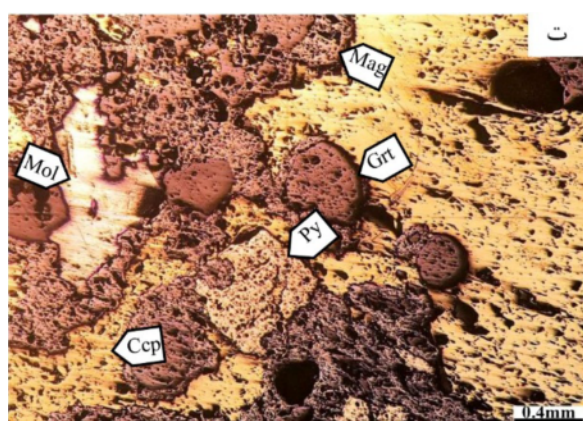
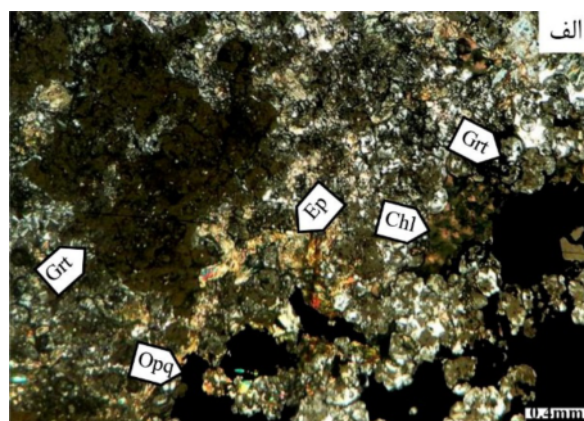
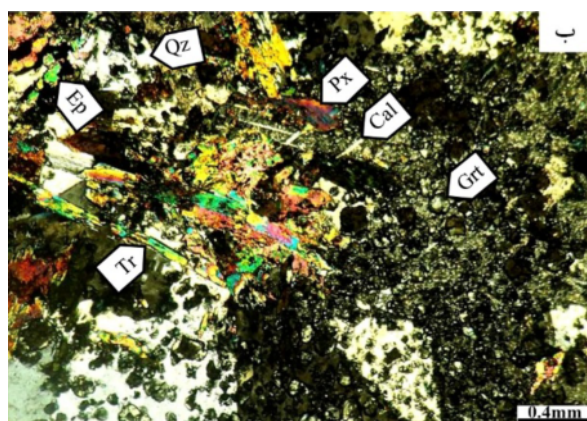
هم شیمی سنگ‌های کربناتی و تبدیل آنها به مرمر و هورنفلس با باز تبلور کانی کلسیت و تشکیل گارنت همسانگرد و پیروکسن در مرحله دگرگونی - دگرنهادی دو طرفه شده است. همزمان با تبلور توده نفوذی، سیال‌های گرمایی دربردارنده Mg, Fe, Si مواد فرار و دیگر یون‌های فلزی برآمده از توده نفوذی از طریق شکستگی‌های ناشی از جایگیری توده نفوذی و فشار سیال‌های گرمایی، به درون مرمر و هورنفلس نفوذ کرده و موجب تشکیل کانی‌های ولاستونیت، گارنت و پیروکسن در مرحله اسکارن دگرنهاده پیشرونده گردیده است. جانشینی گارنت‌های تشکیل شده در مرحله اسکارن پیشرونده و ایجاد جزایری از آن در مگنتیت (شکل ۳ الف) می تواند نشان‌دهنده تشکیل بخشی از مگنتیت بعنوان تنها کانه‌زایی رخ داده در پایان این مرحله باشد. همزمان با آن، عنصر Ca از واحد دگرگونی وارد توده نفوذی شده و موجب تشکیل درون اسکارن بصورت محلی و با حضور کانی‌های گارنت و پیروکسن در آن گردیده است. در مرحله اسکارن پسروده آغازین، کاهش تدریجی دمای سامانه گرمایی برآمده از توده نفوذی و آمیختگی آن با آب‌های جوی موجب دگرسانی کانی‌های آهکی - سیلیکاتی بدون آب و تبدیل آنها به اپیدوت و ترمولیت - اکتینولیت به‌مراه نهشت کانه‌های اکسیدی مگنتیت و اسپیکولاریت شده است (شکل‌های ۳ ب و پ). پس از آن، با افزایش گریزندگی گوگرد، نخست مولیبدنیت و سپس پیریت و کالکوپیریت بعنوان فازهای نهایی کانه‌زایی بصورت ترسیب مستقیم از سیال گرمایی و همچنین بصورت جانشینی کانه‌های تشکیل شده قبلی، تشکیل شده‌اند (شکل ۳ ت). در مرحله اسکارن پسروده تاخیری، کانی‌های آهکی سیلیکاتی بی آب و آب‌دار تشکیل شده پیشین توسط سیال - های دما پایین با گریزندگی به نسبت بالای اکسیژن، دستخوش دگرسانی گردیده و به کلسیت، کوارتز، کلریت و کانی‌های رسی تبدیل شده‌اند. سرانجام با قرارگیری پهنه اسکارنی در سطح زمین و در اثر فرآیندهای برونزاد، بخشی از کانه‌زایی رخ داده برونزاد به مالاکیت، آزوریت، همتایت ثانویه و هیدروکسیدهای آهن تبدیل شده‌اند.



شکل ۱ نقشه زمین‌ساخت صفحه‌ای مزوتتیس و نئوتتیس از ترکیه تا پاکستان. مناطق خاکستری تیره نشان‌دهنده قطعه‌های افیولیتی، مناطق خاکستری روشن نشانگر جایگاه اقیانوس‌های قدیمی جدا کننده قطعه‌های قاره‌ای و بخش خط چین نشان‌دهنده مناطق پایا پوسته‌ای هستند. (برگرفته از مرجع [۲۰] با تغییراتی).



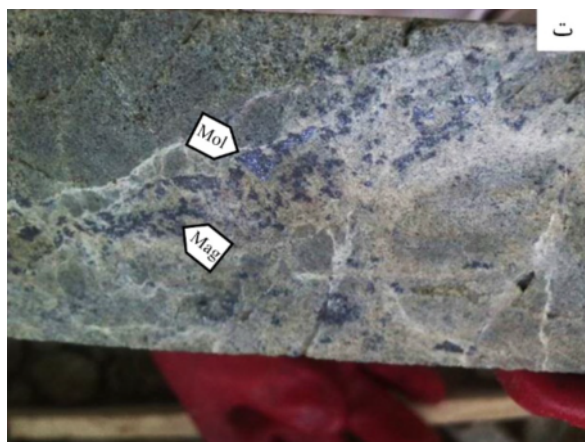
شکل ۲ الف) نقشه زمین شناسی ۱:۵۰۰۰ ساده شده در منطقه گودال و ب) مقطع زمین شناسی در راستای A-B.



شکل ۳ تصاویر میکروسکوپی از پهنه اسکارنی گودال الف-گارت های همسانگرد و ناهمسانگرد با منطقه بندی قطاعی که گارت های ناهمسانگرد به اپیدوت و کلریت تبدیل شده اند. کانی های تیره نیز در بین بلورهای گارت تشکیل شده اند و گاهی بقایای گارت در داخل کانی های تیره دیده می شود (نور قطبیده متقاطع XPL)، ب- دگرسانی گارت و پیروکسن به کانی های اپیدوت، ترمولیت، اکتینولیت، کلسیت و کوارتز در مرحله اسکارن پسروده آغازین (نور XPL)، پ- دگرسانی گسترده گارت به اپیدوت و کانه زایی مگنتیت و اسپیکولاریت در مرحله اسکارن پسروده آغازین (نور XPL) و ت- ترسیب مستقیم مولیبدنیت از سیال گرمایی و جانشینی گسترده مگنتیت و تا حدی پیریت توسط کالکوپیریت (نور قطبیده صفحه ای، PPL) نشانه های کانی ها برگرفته از مرجع [۲۲] است. Grt: گارت، Px: پیروکسن، Ep: اپیدوت، Chr: کلریت، Tr: ترمولیت، Qz: کوارتز، Cal: کلسیت، Opq: کانی های تیره، Mag: مگنتیت، Py: پیریت، Ccp: کالکوپیریت، Hem: هماتیت، Mol: مولیبدنیت.

صورت توده ای دیده می شود (شکل ۴ ب). کانه زایی مس نیز در افق های عمقی بیشتر به صورت رگچه ای، داربستی، افشان و لکه ای (انباشتی) بوده (شکل ۴ پ) و کالکوپیریت مهمترین کانی سولفیدی مس در این پهنه هاست. در بخش های بالایی کانسار، کانه زایی مس بیشتر بصورت رگچه ای و افشان است که در اثر فرآیندهای برونزاد، بخشی از کانه های سولفیدی مس به ملاکیت و آزوریت تبدیل شده اند. بر اساس این بررسی ها، کانه زایی مولیبدنیت در نزدیکی مرز توده نفوذی به صورت رگچه ای و افشان در همراهی با کانه های اکسیدی آهن و سولفیدی مس رخ داده است (شکل ۴ ت).

بررسی های ماکروسکوپی عمقی نشانگر فراوانی کانه های اکسیدی آهن (مگنتیت- اسپیکولاریت) در سطوح بالایی است که بطرف مرز تماس توده نفوذی، از میزان کانه زایی اکسیدی کاسته شده و مقدار کانه های سولفیدی (پیریت- کالکوپیریت- مولیبدنیت) افزایش می یابد. بر اساس این بررسی ها، کانه زایی مگنتیتی- اسپیکولاریتی در افق های عمقی بصورت رگه- رگچه ای (با ضخامت چند میلی متر تا چند ده میلی متر) و گاهی انباشتی و افشان بوده که در بین درزه ها و شکستگی های اولیه و ثانویه و فضاهای خالی بین بلورهای گارت رخ داده است (شکل ۴ الف) در اعماق نزدیک سطحی، ضخامت و تراکم رگه- رگچه ای مگنتیتی- اسپیکولاریتی افزایش یافته و کانه زایی به



شکل ۴ تصاویر مزوسکوپی و صحرایی از پهنه‌های کانه‌زایی اسکارنی. الف- کانه‌زایی مگنتیت و اسپیکولاریت در پهنه گارنت- اپیدوت اسکارن در افق‌های عمقی اسکارن، ب- کانه‌زایی توده‌ای مگنتیت و اسپیکولاریت در افق سطحی اسکارن، پ- کانه‌زایی غالب سولفیدی پیریت و کالکوپیریت به‌مراه مقادیر کمتر مگنتیت در افق‌های عمقی و ت- کانه‌زایی مولیبدنیت بصورت رگچه‌ای، انباشتی و افشان به‌مراه مگنتیت در افق‌های عمقی اسکارن.

بررسی‌های آماری

هاله‌های زمین‌شیمیایی اولیه در بالا و پایین توده‌های کانساری در اثر ورود و یا باز توزیع برخی از عناصر و در نتیجه، غنی شدگی و یا تهی‌شدگی آنها تشکیل می‌شوند [۲۳]. در بحث‌های اکتشافی، منطقه‌بندی محوری (قائم) هاله‌های زمین‌شیمیایی اولیه بدلیل ارتباط با راستای جریان محلول‌های کانه‌دار [۲۵، ۲۴] و در واقع منطقه‌بندی در نهشت عناصر بسیار مهم است. در این بررسی‌ها، اگر ترکیبی از مقادیر یک گروه از عناصر شاخص (عنصری که در توالی منطقه‌بندی در جایگاه-های آغازی و یا پایانی قرار می‌گیرند) بجای یک عنصر ویژه بکار گرفته شوند، هاله‌های زمین‌شیمیایی پیرامون توده‌های کانساری بهتر مشخص می‌شوند، زیرا هاله‌های مرکب به مراتب بزرگتر از هاله‌های تک عنصری هستند و آثار خطای تصادفی

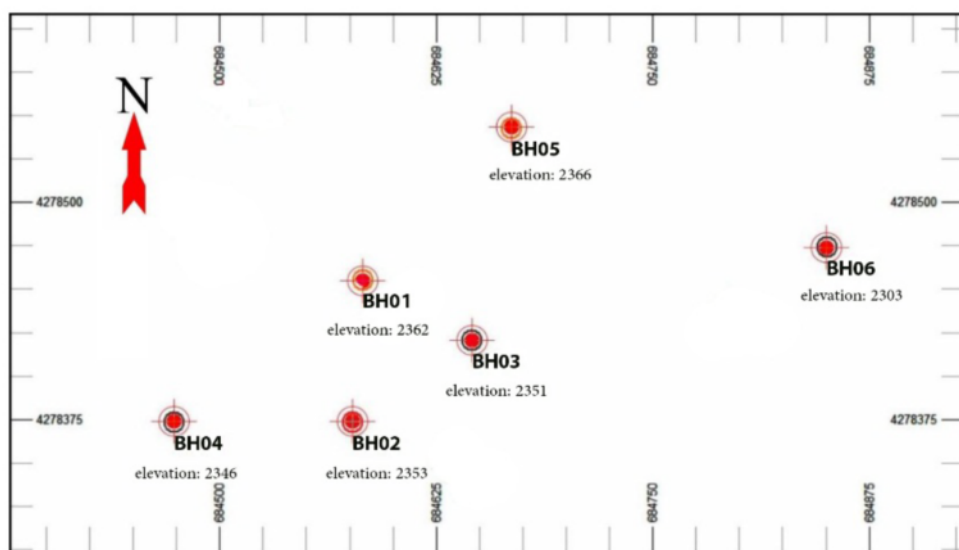
در آنها به کمترین مقدار می‌رسد. در بررسی‌های آماری، تعیین مقادیر هاله‌های مرکب به دو صورت ترکیب جمعی و ضربی انجام می‌شود. اغلب با توجه به ضروری نبودن تعیین مقدار زمینه و صرف وقت در روش هاله‌های مرکب ضربی، روش ضربی به روش هاله‌های مرکب جمعی ترجیح داده می‌شود. اگر سطح فرسایش کنونی در بالای سطح کانی‌سازی پنهانی قرار داشته باشد، هاله‌های عناصر رو کانساری ممکن است خود را به سطح برسانند، ولی چنانچه کل ذخیره موجود پیشتر استخراج شده و یا فرسایش یافته باشد، فقط هاله‌های عناصر زیر کانساری دیده و ثبت می‌شوند که چنین ناهنجاری‌هایی در عمل بی اهمیت هستند [۲۷، ۲۶] و در حالت بینابینی، هر دو هاله رو و زیر کانساری ثبت می‌شوند. در این کانسار بر اساس محاسبه ضریب همبستگی اسپیرمن (جدول ۳) بر پایه یافته-

خوشه‌هایی با بیشترین تشابه ممکن درون گروهی و بیشترین اختلاف میان گروهی و در نتیجه تعیین عناصر رو و زیر کانساری، عناصر شاخص در اسکارن گودال به دو خوشه کلی قابل تفکیک هستند. با مقایسه این عناصر با توالی استاندارد عناصر در منطقه‌بندی محوری، می‌توان آنها را به دو گروه عناصر رو کانساری و زیر کانساری تفکیک نمود (شکل ۶).

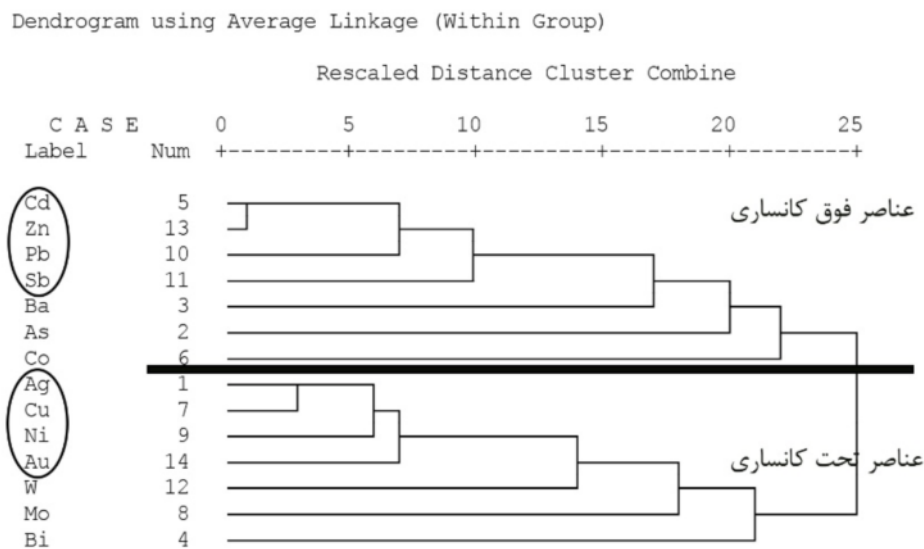
های مغزه‌های حفاری که موقعیت مکانی گمانه‌ها در شکل ۵ نشان داده شده است، عنصر مس با نقره دارای همبستگی بسیار خوب و با عناصر طلا و نیکل دارای همبستگی خوب بوده و به طور مشابه، عنصر روی با عناصر سرب و کادمیوم دارای همبستگی خوب است. همچنین بر اساس تجزیه و تحلیل خوشه‌ای یافته‌های عمقی و بر پایه رده‌بندی عناصر بصورت

جدول ۳ ضریب همبستگی اسپیرمن برای عناصر مهم و کانسنگی در کانسار اسکارنی گودال.

	Au	Ag	As	Ba	Bi	Cd	Co	Cu	Fe	Mo	Ni	Pb	Sb	W	Zn
Au	۱	۰٫۷۶	۰٫۳۶	-۰٫۲۶	۰٫۳۶۶	۰٫۱۶۵	۰٫۰۸۳	۰٫۷۹۸	۰٫۳۱۳	۰٫۲۲۳	۰٫۵۰۱	-۰٫۱۲۵	۰٫۰۸	۰٫۲۶	-۰٫۱۱۶
Ag	۰٫۷۶	۱	-۰٫۰۴۳	-۰٫۲۹۷	۰٫۲۸۱	۰٫۳۲۵	۰٫۰۶۱	۰٫۹۵۲	۰٫۳۲۶	۰٫۱۸۲	۰٫۶۰۴	۰٫۱۰۲	۰٫۳۰۴	۰٫۲۰۵	۰٫۱۰۸
As	۰٫۳۶	-۰٫۰۴۳	۱	۰٫۲۴	۰٫۱۱۹	-۰٫۱۲۷	-۰٫۰۱۶	۰٫۰۲۳	۰٫۱	۰٫۰۱۵	۰٫۰۲۱	-۰٫۱۷	۰٫۱۵۸	۰٫۴۹۸	-۰٫۱۰۴
Ba	-۰٫۲۶	-۰٫۲۹۷	۰٫۲۴	۱	-۰٫۰۸	۰٫۰۹۷	۰٫۱۲۶	-۰٫۲۸	-۰٫۴۸	-۰٫۰۶	-۰٫۰۲	۰٫۱۴۶	۰٫۲۲۲	-۰٫۱۶	۰٫۳۵۵
Bi	۰٫۳۶۶	۰٫۲۸۱	۰٫۱۱۹	-۰٫۰۸	۱	-۰٫۲۴	۰٫۱۲۸	۰٫۲۵	۰٫۳۶۶	-۰٫۱۶	-۰٫۰۷	-۰٫۰۵	۰٫۲۰۱	۰٫۱۱۱	-۰٫۲
Cd	۰٫۱۶۵	۰٫۳۲۵	-۰٫۱۲۷	۰٫۰۹۷	-۰٫۲۴	۱	۰٫۱۶۷	۰٫۳۰۹	-۰٫۲۶۴	-۰٫۱۲	۰٫۴۴	۰٫۴۶۸	۰٫۱۹۷	-۰٫۲۹۵	۰٫۷۹۶
Co	۰٫۰۸۳	۰٫۰۶۱	-۰٫۰۱۶	۰٫۱۲۶	۰٫۱۲۸	۰٫۱۶۷	۱	۰٫۰۴۸	۰٫۰۲۹	۰٫۰۸۵	۰٫۱۱۵	۰٫۱۰۸	۰٫۱	-۰٫۱۶۴	۰٫۲۲۵
Cu	۰٫۷۹۸	۰٫۹۵۲	۰٫۰۲۳	-۰٫۲۸	۰٫۲۵	۰٫۳۰۹	۰٫۰۴۸	۱	۰٫۳۵۵	۰٫۲۰۵	۰٫۶۲۹	۰٫۰۰۱	۰٫۲۷۲	۰٫۲۵	۰٫۰۶۹
Fe	۰٫۳۱۳	۰٫۳۲۶	۰٫۱	-۰٫۴۸	۰٫۳۶۶	-۰٫۲۶۴	۰٫۰۲۹	۰٫۳۵۵	۱	۰٫۱	-۰٫۰۵۵	-۰٫۲۵	۰٫۰۳	۰٫۵۱۶	-۰٫۳۶۷
Mo	۰٫۲۲۳	۰٫۱۸۲	۰٫۰۱۵	-۰٫۰۶	-۰٫۱۶	-۰٫۱۲	۰٫۰۸۵	۰٫۲۰۵	۰٫۱	۱	۰٫۱۵۸	-۰٫۲۳۳	-۰٫۳۳۹	۰٫۳۵۱	-۰٫۲۶۲
Ni	۰٫۵۰۱	۰٫۶۰۴	۰٫۰۲۱	-۰٫۰۲	-۰٫۰۷	۰٫۴۴	۰٫۱۱۵	۰٫۶۲۹	-۰٫۰۵۵	۰٫۱۵۸	۱	۰٫۰۵	۰٫۲۳۵	-۰٫۰۴۴	۰٫۳۳۲
Pb	-۰٫۱۲۵	۰٫۱۰۲	-۰٫۱۷	۰٫۱۴۶	-۰٫۰۵	۰٫۴۶۸	۰٫۱۰۸	۰٫۰۰۱	-۰٫۲۵	-۰٫۲۳۳	۰٫۰۵	۱	۰٫۳۰۳	-۰٫۳۰۷	۰٫۶۱۵
Sb	۰٫۰۸	۰٫۳۰۴	۰٫۱۵۸	۰٫۲۲۲	۰٫۲۰۱	۰٫۱۹۷	۰٫۱	۰٫۲۷۲	۰٫۰۳	-۰٫۳۳۹	۰٫۳۳۵	۰٫۳۰۳	۱	-۰٫۲۴۳	۰٫۴۰۶
W	۰٫۲۶	۰٫۲۰۵	۰٫۴۹۸	-۰٫۱۶	۰٫۱۱۱	-۰٫۲۹۵	-۰٫۱۶۴	۰٫۲۵	۰٫۵۱۶	۰٫۳۵۱	-۰٫۰۴۴	-۰٫۳۰۷	-۰٫۲۴۳	۱	-۰٫۴۴۹
Zn	-۰٫۱۱۶	۰٫۱۰۸	-۰٫۱۰۴	۰٫۳۵۵	-۰٫۲	۰٫۷۹۶	۰٫۲۲۵	۰٫۰۶۹	-۰٫۳۶۷	۰٫۲۶۲	۰٫۳۳۲	۰٫۶۱۵	۰٫۴۰۶	-۰٫۴۴۹	۱



شکل ۵ جایگاه گمانه‌های بررسی شده و ارتفاع دهانه آنها (از سطح دریا) در کانسار اسکارنی گودال.



شکل ۶ ساختار خوشه‌ای برآمده از تجزیه و تحلیل خوشه‌ای بر اساس یافته‌های به دست آمده از مغزه‌های حفاری در اسکارن گودال.

رویی به سمت شمال شرق منطقه باشند.

بر اساس هاله‌های مرکب زیر کانساری، بجز گمانه BH04 که برای آن در نزدیک سطح و چند افق در اعماق پایین‌تر مقادیر بالایی از هاله زیر کانساری وجود دارد، در بقیه گمانه‌ها از سطح به طرف عمق یک روند افزایشی وجود دارد و نشانگر بالا بودن میزان کانه‌زایی مس در افق‌های پایین‌تر است. با توجه به نتایج به دست آمده از ۱۰ متر نخست گمانه‌ها، کمترین مقدار هاله مرکب زیر کانساری مربوط به گمانه‌های BH06 (۱۷۹) و BH05 (۸۷۳) و بیشترین مقدار آن مربوط به گمانه‌های BH04 (۱۲۷۰۱۲۷) و BH02 (۱۱۳۴۴۵۶۶) است. این یافته‌ها نیز نشان‌دهنده موقعیت نزدیک به سطح توده کانساری در جنوب غربی منطقه در مقایسه با شمال شرق منطقه است.

بر اساس یافته‌های مربوط به هاله‌های مرکب رو کانساری و زیر کانساری، می‌توان گفت که عملکرد فرسایش برای توده کانساری در بخش شمال شرقی کانسار در مقایسه با بخش جنوب غربی آن کم‌تر بوده است. به این ترتیب، در جنوب غربی منطقه گودال، با وجود عملکرد فرسایش، هر دو هاله رو کانساری و زیر کانساری حضور دارند و توده کانساری در سطح و یا نزدیک به سطح کنونی واقع است.

افزون بر بررسی جداگانه هاله‌های رو و زیر کانساری، از مهمترین معیارهای عملکرد فرسایش در توده کانساری، بررسی شاخص منطقه‌بندی یا نسبت هاله‌های مرکب رو کانساری به هاله‌های زیر کانساری است که این روش برای نخستین بار توسط سولووا ارائه شد [۲۳].

بر این اساس در خوشه عناصر رو کانساری، عناصر کادمیوم

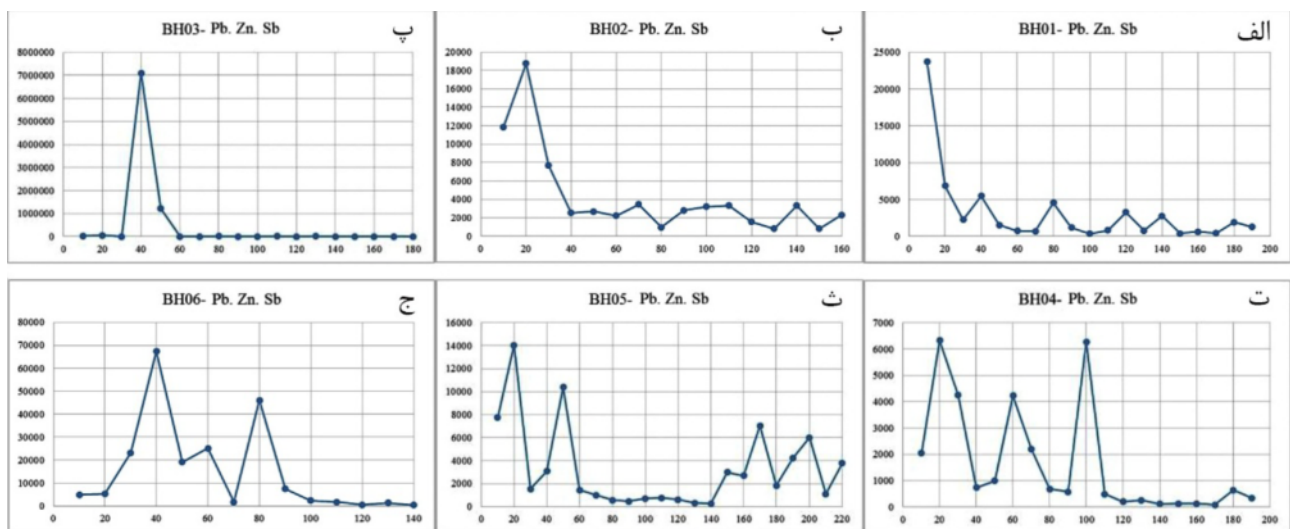
و روی با هم دارای همبوند بسیار خوب و با عناصر سرب و آنتیموان دارای همبوند خوب هستند، در حالیکه در خوشه عناصر زیر کانساری، عناصر نقره و مس با هم همبوند بسیار خوب و با عناصر نیکل و طلا همبوند خوب دارند.

در این پژوهش، از آنجا که عناصر روی و کادمیوم هم‌ریخت هستند و عنصر طلا در برخی افق‌ها دارای مقادیر غیر قابل اندازه‌گیری است، کادمیوم و طلا از گروه عناصر رو کانساری و زیر کانساری کنار گذاشته شد و براساس جدول ۴، هاله ضربی عناصر رو کانساری $Pb \times Zn \times Sb$ (شکل ۷) و هاله ضربی عناصر زیر کانساری $Cu \times Ag \times Ni$ (شکل ۸) برای هر شش گمانه رسم گردید.

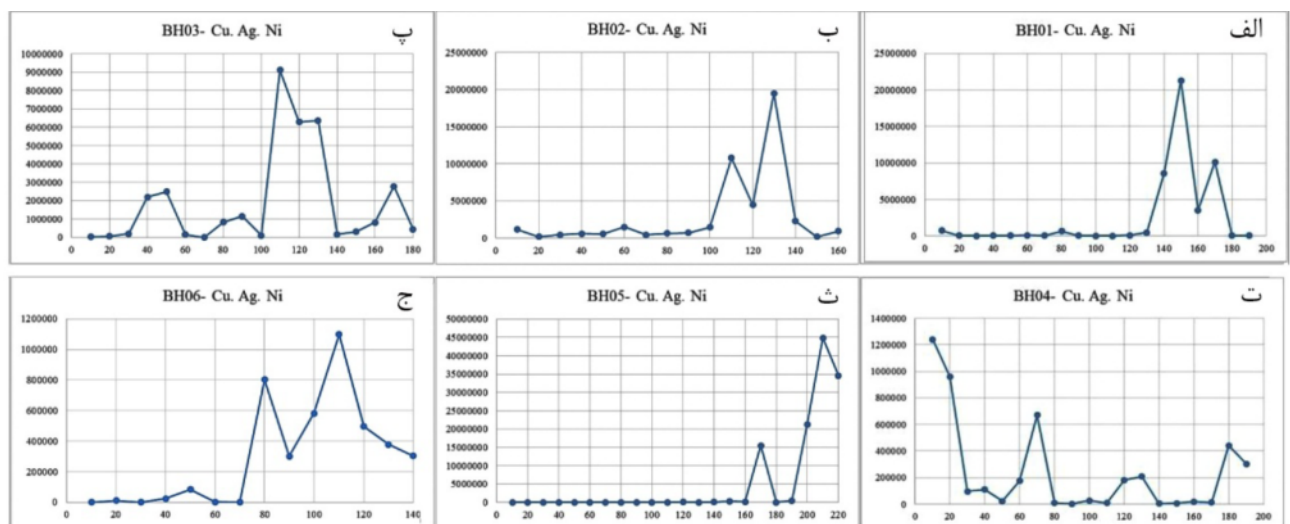
بر این اساس، برای هاله‌های مرکب رو کانساری در هر ۶ گمانه مورد بررسی، یک روند کاهشی از سطح به سمت عمق وجود دارد. با توجه به نتایج به دست آمده از ۱۰ متر نخست گمانه که بعنوان نمونه سطحی کانسار در نظر گرفته شده است، کمترین مقدار این هاله مربوط به گمانه BH04 (۲۰۴۱) و بیشترین مقدار آن مربوط به گمانه‌های BH03 (۳۰۹۸۲/۵) و BH01 (۲۳۶۹۱/۹) است. البته در گمانه BH06 در افق‌های ۳۰ تا ۶۰ متر (۲۳۲۲۹/۸، ۶۷۳۵۵/۴، ۱۹۲۵۱/۷، ۲۵۱۲۱) مقادیر بالایی به دست آمد که می‌تواند نشان‌دهنده هاله‌های بزرگتر عناصر رو کانساری در افق‌های پایین‌تر موقعیت این گمانه باشد. این یافته‌ها می‌توانند نشانگر نزدیک به سطح بودن توده کانساری در جنوب غربی منطقه و افزایش مقدار باطله

جدول ۴ مقادیر هاله‌های عناصر رو و زیر کانساری و شاخص منطقه‌بندی بر اساس تغییرات عمقی در اسکارن گودال

نمونه	Pb. Zn. Sb	Cu. Ag. Ni	Pb. Zn. Sb/ Cu. Ag. Ni	نمونه	Pb. Zn. Sb	Cu. Ag. Ni	Pb. Zn. Sb/ Cu. Ag. Ni
BH ۱-۱۰	۲۳۶۹۱۹	۷۲۱۱۰۵	۰/۰۳۲۸۵۵	BH۴-۲۰	۶۳۲۵۶	۹۶۱۵۱۱	۰/۰۰۶۵۷۹
BH ۱-۲۰	۶۸۵۹۳	۲۸۹۲۳	۰/۰۳۷۱۵۸	BH۴-۳۰	۴۲۴۴۸	۹۵۷۰۹۷	۰/۰۴۴۳۵۱
BH ۱-۳۰	۲۲۵۲/۴	۱۳۱۲۶	۱/۷۱۵۹۴۳	BH۴-۴۰	۷۳۶	۱۱۰۹۸۲۵	۰/۰۰۶۶۳۲
BH ۱-۴۰	۵۴۸۵۳	۳۴۵۲۷۶	۰/۱۵۸۸۶۷	BH۴-۵۰	۹۸۹۷	۲۴۳۷۲۲	۰/۰۴۰۶۰۷
BH ۱-۵۰	۱۵۳۲۳	۴۴۶۴۶	۰/۰۳۴۳۲۱	BH۴-۶۰	۴۲۲۷	۱۷۴۷۷۸۳	۰/۰۲۴۱۸۵
BH ۱-۶۰	۷۳۰	۷۸۸۳۰	۰/۰۰۹۲۵۹	BH۴-۷۰	۲۱۹۰۶	۶۷۱۳۷۸۵	۰/۰۰۳۲۶۳
BH ۱-۷۰	۷۰۵۳	۲۸۳۹۲/۴	۰/۰۲۴۸۴	BH۴-۸۰	۶۷۸۶	۸۵۹۸۲	۰/۰۷۸۹۱۸
BH ۱-۸۰	۴۵۴۴/۱	۶۴۵۷۵۷	۰/۰۰۷۰۲۷	BH۴-۹۰	۵۷۱۵	۳۲۸۲۲	۰/۱۷۴۱۲
BH ۱-۹۰	۱۲۰۰	۵۵۱۱۵	۰/۰۲۱۷۷۳	BH۴-۱۰۰	۶۲۷۱	۲۸۰۴۱۳	۰/۰۲۲۶۳۳
BH ۱-۱۰۰	۳۲۹۸	۵۰۴۹۸	۰/۰۶۵۳۱۳	BH۴-۱۱۰	۴۸۷	۸۳۷۴۲	۰/۰۵۸۱۵۶
BH ۱-۱۱۰	۷۹۰۳	۱۱۴۹	۰/۰۸۷۶۹۷	BH۴-۱۲۰	۱۹۷	۱۸۱۰۹۱	۰/۰۰۱۰۸۷
BH ۱-۱۲۰	۳۲۵۷/۷	۸۳۳۶۴	۰/۰۳۹۰۷۸	BH۴-۱۳۰	۲۴۴	۲۰۷۸۶۹	۰/۰۰۱۱۷۴
BH ۱-۱۳۰	۷۷۴۵	۴۶۷۶۷/۴	۰/۰۰۱۶۵۶	BH۴-۱۴۰	۱۰۹	۵۰۴۴	۰/۰۲۱۶۰۸
BH ۱-۱۴۰	۲۷۳۹	۸۵۷۷۰۱۸۷	۰/۰۰۰۳۱۹	BH۴-۱۵۰	۱۲۲	۷۶۱۶	۰/۰۱۶۰۳۵
BH ۱-۱۵۰	۳۹۷۶	۲۱۲۸۳۴۱۲/۷	۰/۰۰۰۰۱۹	BH۴-۱۶۰	۱۲۲	۱۸۶۰۴۷	۰/۰۰۶۵۵۱
BH ۱-۱۶۰	۵۹۳۵	۳۵۱۹۱۳۱	۰/۰۰۰۱۶۹	BH۴-۱۷۰	۸۳	۱۲۴۴۰/۷	۰/۰۰۶۶۶۱
BH ۱-۱۷۰	۴۱۷۸	۱۰۱۲۳۲۱۰	۰/۰۰۰۰۴۱	BH۴-۱۸۰	۶۳۵۴	۴۴۰۳۷۱۵	۰/۰۰۱۴۴۳
BH ۱-۱۸۰	۱۹۲۲	۴۴۰۸۷۸	۰/۰۴۳۵۹۲	BH۴-۱۹۰	۳۳۹	۳۰۲۶۰۴۳	۰/۰۰۱۱۲
BH ۱-۱۹۰	۱۲۶۲	۲۶۱۳۲	۰/۰۴۸۲۹۱	BH۵-۱۰	۷۷۳۰۶	۸۷۳	۸۸۴۵۷۲۶
BH۲-۱۰	۱۱۸۶۴/۴	۱۱۳۴۴۵۶۶	۰/۰۱۰۴۵۸	BH۵-۲۰	۱۴۰۳۰۴	۱۰۲۱۵	۱۳۷۳۴۷۴۷
BH۲-۲۰	۱۸۷۶۴	۱۷۲۸۳۷/۶	۰/۰۸۵۵۶	BH۵-۳۰	۱۵۳۵	۱۰۱۷۷	۱۵۰۸۳۸
BH۲-۳۰	۷۶۷۰	۴۵۴۴۹۲	۰/۰۱۶۸۷۶	BH۵-۴۰	۳۰۸۹	۱۹۷۴۷۳	۰/۱۵۶۴۱۸
BH۲-۴۰	۲۵۲۷/۷	۵۶۹۷۵۴	۰/۰۰۴۴۳۷	BH۵-۵۰	۱۰۳۸۴۶	۶۱۳۹۵	۱۶۹۱۴۵۱
BH۲-۵۰	۲۶۹۰۶	۵۳۳۱۳۶	۰/۰۰۴۹۵۴	BH۵-۶۰	۱۴۴۸۵	۲۹۴۶۲۲	۰/۰۲۹۱۶۴
BH۲-۶۰	۲۲۰۴۸	۱۸۸۵۵۰۵۵	۰/۰۰۱۴۸۴	BH۵-۷۰	۹۹۸۳	۵۴۱۳	۰/۱۸۴۴۲۱
BH۲-۷۰	۳۴۴۵۶	۴۱۹۷۵۲	۰/۰۰۸۲۰۹	BH۵-۸۰	۵۶۵	۱۲۱۳	۰/۴۶۵۶۶
BH۲-۸۰	۹۵۵۲	۶۱۶۲۰۶	۰/۰۰۱۵۵۰	BH۵-۹۰	۴۵۶	۱۵۷۳	۲۸۹۸۱۸۳
BH۲-۹۰	۲۸۰۳۵	۶۹۴۷۶۲	۰/۰۰۴۰۳۵	BH۵-۱۰۰	۷۰۲۲	۲۳۹	۲۹۳۹۸۳
BH۲-۱۰۰	۳۲۰۷۴	۱۴۴۷۰۴۱	۰/۰۰۲۲۱۶	BH۵-۱۱۰	۷۵۶۶	۷۷۸۶	۰/۹۷۱۶۵۴
BH۲-۱۱۰	۳۳۲۶۷	۱۰۷۹۳۱۲۴	۰/۰۰۰۳۰۸	BH۵-۱۲۰	۵۹۷	۶۲۶۴۴	۰/۰۰۹۵۳۲
BH۲-۱۲۰	۱۵۴۵۷	۴۴۵۹۷۰۸	۰/۰۰۰۳۴۷	BH۵-۱۳۰	۳۱۸۴	۲۸۶۷۷	۰/۰۱۱۱۰۲
BH۲-۱۳۰	۸۰۰۲	۱۹۵۱۹۸۲۳	۰/۰۰۰۰۴۱	BH۵-۱۴۰	۲۷۳۴	۳۸۲۸۱۳	۰/۰۰۷۱۴۳
BH۲-۱۴۰	۳۳۱۴۸	۲۲۹۶۷۱۱۵	۰/۰۰۱۴۴۳	BH۵-۱۵۰	۲۹۹۳	۲۷۰۸۳۳۶	۰/۰۱۱۰۵۱
BH۲-۱۵۰	۷۹۷۷	۱۸۲۳۰۹۵	۰/۰۰۴۳۵۵	BH۵-۱۶۰	۲۶۷۷	۱۱۴۳۸۱۳	۰/۰۲۳۴۰۶
BH۲-۱۶۰	۲۳۱۹۷	۹۲۳۳۷۹	۰/۰۰۲۴۸۸	BH۵-۱۷۰	۷۰۱۴	۱۵۴۷۹۰۷۳	۰/۰۰۰۴۵۳
BH۳-۱۰	۳۰۹۸۲۵	۲۵۶۸۸۶	۱/۲۰۷۰۲۲	BH۵-۱۸۰	۱۸۴۰۴	۸۸۱۹۵	۰/۲۰۸۶۷
BH۳-۲۰	۵۲۲۸۸	۶۹۸۶۷	۰/۷۴۸۳۶۸	BH۵-۱۹۰	۴۲۴۵	۴۷۲۰۰۲	۰/۰۰۸۹۹۳
BH۳-۳۰	۵۷۴۷۸	۲۰۶۶۴۱۶	۰/۰۲۷۸۱۵	BH۵-۲۰۰	۵۹۸۹	۲۱۲۲۸۹۲۷	۰/۰۰۰۲۸۲
BH۳-۴۰	۷۰۹۹۹۸۲	۲۲۰۲۹۹۴	۳/۲۲۲۸۸۸	BH۵-۲۱۰	۱۰۹۴۳	۴۴۸۷۳۴۲۰	۰/۰۰۰۰۲۴
BH۳-۵۰	۱۲۱۸۶۱۶	۲۴۸۲۷۰۱	۰/۴۹۰۸۴۳	BH۵-۲۲۰	۳۷۷۴۲	۳۴۶۲۸۴۶۷	۰/۰۰۰۱۰۹
BH۳-۶۰	۳۸۱۵۲	۱۵۶۸۹۱/۴	۰/۰۲۴۳۱۸	BH۶-۱۰	۴۹۴۷	۱۷۹	۲۷۶۳۸۰۵۲
BH۳-۷۰	۲۱۱۹	۱۳۹۲	۱/۵۲۲۴۲۹	BH۶-۲۰	۵۳۴۸	۱۱۹۳۶	۰/۴۴۸۰۷۵
BH۳-۸۰	۲۱۲۴۳	۸۳۰۵۸	۰/۰۲۵۵	BH۶-۳۰	۲۳۲۲۹۸	۱۱۲	۲۰۷۴۲۰۳۱۵
BH۳-۹۰	۲۹۹۰	۱۱۵۵۳۴۷	۰/۰۰۲۵۸۸	BH۶-۴۰	۶۷۳۵۵۴	۲۳۷۲۲	۲/۸۳۹۳۵۹
BH۳-۱۰۰	۷۹۲۶	۱۱۵۷۸۶	۰/۰۶۸۴۵۱	BH۶-۵۰	۱۹۲۵۱/۷	۸۳۵۲۹	۰/۲۳۰۴۸
BH۳-۱۱۰	۲۰۹۷۴	۹۱۲۳۱۱۰	۰/۰۰۲۲۹۹	BH۶-۶۰	۲۵۱۲۱	۱۶۱۸۲	۱/۵۵۲۴۲۲
BH۳-۱۲۰	۲۱۶۴	۶۲۹۸۲۵۲	۰/۰۰۰۳۴۴	BH۶-۷۰	۱۸۳۸۶	۱۰۴	۱/۷۶۸۶۲۷۸
BH۳-۱۳۰	۱۳۲۷۱۵	۶۳۷۱۲۲۸	۰/۰۰۲۰۸۳	BH۶-۸۰	۴۶۰۹۶۴	۸۰۳۰۷۴	۰/۰۵۷۴
BH۳-۱۴۰	۷۸۱	۱۷۱۹۰۷/۳	۰/۰۰۴۵۴۴	BH۶-۹۰	۷۵۵۸	۳۰۰۲۵۲/۲	۰/۰۲۵۱۷۲
BH۳-۱۵۰	۳۸۸	۳۰۴۱۶۴	۰/۰۰۱۲۷۶	BH۶-۱۰۰	۲۳۸۸	۵۸۲۶۹۶	۰/۰۰۴۰۹۸
BH۳-۱۶۰	۳۰۰۸	۸۱۰۴۸۰	۰/۰۰۳۷۱۲	BH۶-۱۱۰	۱۸۲۴/۴	۱۰۹۸۸۶۵	۰/۰۰۱۶۶
BH۳-۱۷۰	۶۶۲۵	۲۷۷۷۷۶۸	۰/۰۰۰۲۳۹	BH۶-۱۲۰	۵۷۴۵	۴۹۶۸۶۴۶	۰/۰۰۱۱۵۶
BH۳-۱۸۰	۲۶۲۰	۴۴۱۴۳۷	۰/۰۰۵۹۳۶	BH۶-۱۳۰	۱۴۰۱	۳۷۷۴۶۴۶	۰/۰۰۳۷۱۱
BH۴-۱۰	۲۰۴۲	۱۲۴۰۱۲۷	۰/۰۰۱۶۴۷	BH۶-۱۴۰	۴۹۴۶	۳۰۲۹۲۱/۲	۰/۰۰۱۶۳۳



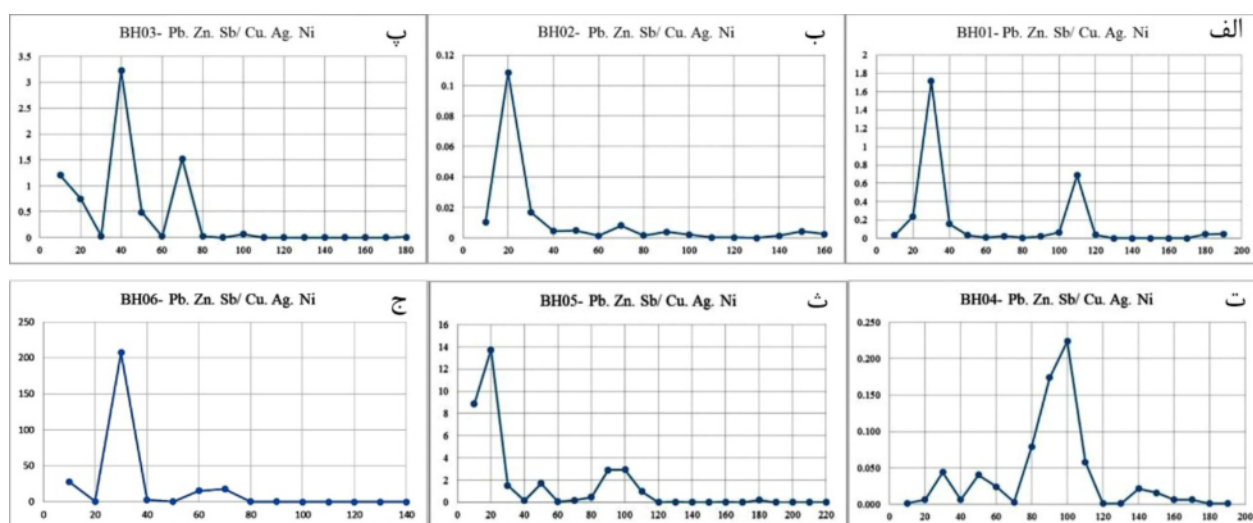
شکل ۷ تغییرات هاله مرکب ضربی عناصر رو کانساری نسبت به عمق در اسکارن گودال: الف- گمانه BH01، ب- گمانه BH02، پ- گمانه BH03، ت- گمانه BH04، ث- گمانه BH05 و ج- گمانه BH06.



شکل ۸ تغییرات هاله مرکب ضربی عناصر تحت کانساری نسبت به عمق در اسکارن گودال: الف- گمانه BH01، ب- گمانه BH02، پ- گمانه BH03، ت- گمانه BH04، ث- گمانه BH05 و ج- گمانه BH06.

بالای توده کانساری و گمانه‌های BH05 و BH06 در موقعیت بالاتر از پهنه کانه‌زایی واقع هستند. این بدین معنی است که عملکرد فرسایش در جنوب غرب کانسار منجر به قرارگیری توده کانساری در سطح فرسایش کنونی شده، در حالیکه توده کانساری در بخش شمال شرقی کانسار به صورت کانی‌سازی پنهان است. همچنین با توجه به مقادیر شاخص منطقه‌بندی برای افق‌های مختلف گمانه‌های حفر شده و با در نظر گرفتن تراز ارتفاعی دهانه گمانه‌ها، می‌توان کانه‌زایی در اسکارن گودال را بصورت یک توده کانساری با راستای شیب به سمت شمال شرق در نظر گرفت.

بر اساس تغییرات شاخص منطقه‌بندی در هر ۶ گمانه مورد بررسی (شکل ۹ و جدول ۴)، یک روند کلی کاهشی از سطح به طرف عمق وجود دارد. با محاسبه این شاخص برای ۱۰ متر نخست گمانه‌ها، کمترین مقدار برای گمانه‌های BH04 (۰/۰۰۱۶)، BH01 (۰/۰۰۳)، BH02 (۰/۰۱) و بیشترین مقدار برای گمانه‌های BH06 (۲۷/۶۳) و BH05 (۸/۸۴) به دست آمد و مقدار متوسط مربوط به گمانه BH03 (۱/۲۰) است. از این رو، با توجه به مقادیر شاخص منطقه‌بندی و سطح کنونی فرسایش می‌توان گفت که دهانه چاه‌های BH01، BH02 و BH04 در جایگاه توده کانساری، گمانه BH03 در موقعیت



شکل ۹ تغییرات شاخص منطقه بندی Pb, Zn, Sb/ Cu, Ag, Ni نسبت به عمق در کانسار اسکارنی گودال الف- گمانه BH01 ب- گمانه BH02 پ- گمانه BH03 ت- گمانه BH04 ث- گمانه BH05 ج- گمانه BH06

برداشت

کانه‌زایی در اسکارن مس گودال بیشتر در پهنه اگزواسکارن و بصورت کان‌های اولیه مگنتیت، اسپیکولاریت، پیریت، کالکوپیریت و مولیبدنیت در مراحل پایانی اسکارن دگرهنده پیش‌رونده و اسکارن پسروده آغازین رخ داده است. پهنه‌های کان‌زایی در سطح زمین در اثر فرآیندهای برونزاد، توسط کان‌های مالاکیت، آزوریت، هماتیت ثانویه و هیدروکسیدهای آهن جانشین شده‌اند. بررسی‌های عمقی انجام شده نشانگر فراوانی کان‌های اکسیدی آهن (مگنتیت- اسپیکولاریت) در سطح و افق نزدیک سطحی هستند که به طرف مرز تماس توده نفوذی، از میزان کان‌زایی اکسیدی کاسته شده و بر مقدار کان‌های سولفیدی (پیریت- کالکوپیریت- مولیبدنیت) افزوده شده است. بر اساس بررسی‌های آماری انجام شده برای این کانسار، عنصر مس با عناصر نقره، طلا و نیکل دارای همبستگی بالایی است و بعنوان همبرزایی عنصری در توده کانساری بشمار می‌آید. بررسی هاله‌های مرکب ضربی برای عناصر رو و زیر کانساری نشان‌دهنده هاله‌های بزرگتر و عناصر رو کانساری در افق‌های سطحی و هاله‌های بزرگتر عناصر زیر کانساری در افق‌های پایینی و فرسایش نیافتن و از بین رفتن توده کانساری است. به این ترتیب، عملکرد فرسایش در جنوب غربی کانسار موجب قرارگیری کان‌زایی در سطح کنونی و یا نزدیک آن شده است.

ولی به سمت شمال شرق، توده کانساری شواهد کانی‌سازی پنهانی را نشان می‌دهد.

مراجع

- [1] Hassanpour Sh., Rasa A., "Investigating of the reasons for the non-economic nature of Gowdal skarn deposit (in Persian)", 21th Conference of Earth Science, Geological Survey of Iran (2002).
- [2] Zarisfi A., "Economic Geology investigation of skarn deposit in Gowdal area (Ahar) (in Persian)", M.Sc. Thesis, Tabriz University (2002) 118p.
- [3] Mollai H., Sharma R., Pe-Piper G., "Copper mineralization around the Ahar Batholith, north of Ahar (NW Iran): evidence for fluid evolution and the origin of the skarn ore deposit", Ore Geology Reviews 35 (2009) 401-414.
- [4] Ghareh M., Rasa A., Yazdi M., "Investigation of Mazraeh Skarn mineralization, North of Ahar, with an emphasis on fluid inclusion studies (in Persian)", Iranian Journal of Crystallography and Mineralogy 26 (1) (2018) 229-244.
- [5] Sohrabi Gh., Hossinzadeh M. R., Calagari A. A., Hajalilou B., "Study of Mo Mineralization in Garedagh (Ordobad)- Shivardagh strip with Emphasis on Alteration, Petrology and Geochemistry of host Intrusive bodies (Northwest of Iran) (in Persian)", GEOSCIENCES 24 (95) (2015) 243-259.

- Plateau (Turkey) and Lesser Caucasus: Implication for transition from thrusting to strike-slip faulting*", *Geodinamica Acta* 14 (2001) 177-195.
- [17] Hassanpour Sh., Rasa A., Heydari M., Moayyed M., "Geology, alteration and mineralization in the Haft-Cheshmeh Cu-Mo porphyry deposit", *Journal of Earth Sciences* 4 (15) (2010) 15-28.
- [18] Moritz R., Johannes M., Maria O., Dave S., Massimo Ch., Nino P., Vladimer G., Ramaz M., Rafael M., Rodrig T., Arman V., Samvel H., Vagif F., Mamoy M., "Major Cu, Au and Mo deposits of the Lesser Caucasus: products of diverse geodynamic settings", *Swiss Geoscience Meeting, Symposium 2: Mineralogy-Petrology-Geochemistry* 2 (16) (2011) 3-4.
- [19] Jamali H., Yaghubpur A., Mehrabid B., Dilek Y., Daliran F., Meshkani, S. A., "Petrogenesis and tectono-magmatic setting of Meso- Cenozoic magmatism in Azerbaijan province, Northwestern Iran", *Petrology, New Perspectives and Applications INTECH, Croatia* (2012) 39-56.
- [20] Glennie K. W., "Cretaceous tectonic evolution of Arabia's eastern plate margin: a tale of two oceans in Middle East, models of Jurassic/ Cretaceous carbonate systems", *Society of Sedimentary Geology, Special Publications* 69 (2000) 9-20.
- [21] Mehrpartou M., Nazer Kh., "Geological quadrangle map 1:100000 of Kaleybar", *Geological survey & mineral exploration of Iran publications* (1999).
- [22] Aghazadeh M., Castro A., Badrzadeh Z., Vogt K., "Post- collisional polycyclic plutonism from the Zagros hinterland: the Shaivar Dagh plutonic complex, Alborz belt, Iran", *Geological Magazine Cambridge University Press* (2011) 1-29.
- [23] Hassani Pak A. A., "Geochemical Exploration (Persian book)", 3rd Edition, Tehran University Publications (1998) 601p.
- [24] Li H., Wang Z. N., Li F. G., "Ideal models of superimposed primary halos in hydrothermal gold deposits", *Journal of Geochemical Exploration*, 55 (1) (1995) 329-336.
- [25] Chen Y. Q., Zhao P. D., "Zonation in Primary Halos and Geochemical Prospecting Pattern for the Guilaizhuang Gold Deposit,
- [6] Karimzadeh Somarin A. R., Radmard K., Calagari A. A., Moayyed, M., "Investigation of Cu-Mo Skarn in Zand Abad (Northwest of Ahar) (in Persian)", 6th Symposium of Geological Society of Iran, Kerman, Iran (2002).
- [7] Hosseinzadeh Gh., Calagari A. A., Malek Ghasemi F., Mojtahedi M., "Economic Geology investigation of the Anjard Copper deposit (Northwest of Ahar) (in Persian)", 3th Symposium of Geological Society of Iran, Shiraz, Iran (1999).
- [8] Ghalami Khezerlou F., Hosseinzadeh, Gh., Moayyed M., "Study of Economic geology of base metals in Juyband skarn (North Ahar- East Azarbaijan) (in Persian)", 17th Conference of the Iranian Crystallography and Mineralogy Association (2009).
- [9] Hassanpour Sh., "The alteration, mineralogy and geochronology (SHRIMP U-Pb and ⁴⁰Ar/³⁹Ar) of copper-bearing Anjerd skarn, north of the Shayvar Mountain, NW Iran", *International Journal of Earth Sciences (Geol Rundsch) springer*, published online (2012).
- [10] Mehrabi B., Masoodi F., Jamali H., Asgharzadeh Asl H., "Petrography, Alteration and mineralization in Aq Daragh area (in Persian)", 17th Symposium of the Geological Society of Iran, Shahid Beheshti University, Tehran (2013).
- [11] Hajalilou B., Dastar Sh., Ansari S., "Investigation of mineralization and alteration zones in Ali Javad porphyry copper deposit (in Persian)", 17th Symposium of the Geological Society of Iran, Shahid Beheshti University, Tehran (2013).
- [12] Bazin D., Hubner H., "Copper deposits in Iran", Report No.13, Geological Survey of Iran (1969) 190 p.
- [13] Alavi M., "Sedimentary and structural characteristics of the Paleo- Thethys remnants in northeastern Iran", *Geological Society of American Bulletin* 103 (1991) 983-993.
- [14] Ghorbani M., "An Introduction to Economic Geology of Iran (Persian book)", Geological Survey of Iran (2002) 695p.
- [15] United Nations, "Geology and Mineral Resources of Azerbaijan", Atlas of mineral resources of the escarp region 15 (2000) 216.
- [16] Koçyigit A., Yilmaz A., Adamia S., Kuloshvili S., "Neotectonics of East Anatolian

[27] Wang C., Deng J., Yang L., "*Application of primary geochemical halo to gold exploration at Xincheng gold deposit*", China, Goldschmidt Conference Abstracts (2010).

Eastern China", Nonrenewable Resources, 7(1) (1998) 37-44.

[26] Levinson A. A., "*Introduction to Exploration geochemistry*", Applied publishing Ltd., Wilmette, USA, (1980) 924-939.