

ژئوشیمی، دگرسانی و گانی‌زایی طلا در منطقه شانی، دلیجان (اصفهان)

منیره سخدری^۱، محمد یزدی^۱ و مهرداد بهزادی^۲

^۱دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۸۷/۰۲/۰۸ تاریخ پذیرش: ۱۳۸۷/۱۰/۱۲

چکیده

منطقه شانی در بخش مرکزی پهنه مستدج - سیرجان و در ۲۸ کیلومتری جنوب خاور دلیجان قرار دارد. واحدهای سنگی رخنمون یافته در منطقه شامل مجموعه‌ای از سنگه‌های رسوبی کربناتی، ماسه‌سنگی و سیلیسی - رسوبی - آتشفشانی (آندزیتی تا آذرآواری‌های (پروکلاسیک) توف آتشفشانی) هستند که توده‌های پلوتونیک در امتداد شمال‌خاور - جنوب‌باختر و شمال‌باختر - جنوب‌خاور در آنها نفوذ کرده است. سن واحدهای آذرین به اتوسن تا پس از میوسن نسبت داده می‌شود. واحدهای سنگی تحت تأثیر زون‌های گسلی، پهنه‌های برشی، سیستم‌های رگ‌ای، استوکه و دایک‌ها است. کانی‌زایی توسط زون‌های یرشی، گسل‌ها و دگرسانی کنترل می‌شود. سنگه‌های میزبان (مونزونیت، کوآرتز مونزونیت، آندزیت، دیوریت) تحت تأثیر دگرسانی‌های متفاوت، با شدت‌های مختلف قرار گرفته‌اند که مهم‌ترین آنها سریسی، کانولیتی، کربناتی و سیلیسی است. کانی‌سازی ماده معدنی بسیار ساده بوده و شامل پیریت، کالکوپیریت، اکسیدها و هیدرواکسیدهای آهن است. بر اساس بررسی‌های میکروسکوپی نوری، طلا به صورت آزاد چه درون باطله و چه در حاشیه کانی‌های سولفیدی دیده نشد اما در انکشافات ژئوشیمیایی سنگی طلا در نمونه‌ها مشاهده گیری شد که بیشترین مقدار طلا ۲۷۶۰ ppb و میانگین آن ۸۱ ppb است. نتایج بررسی‌های انجام شده و مقایسه ویژگی‌های منطقه شانی با کانسارهای نوع اپی‌ترمال حاکی از آن است که منطقه شانی از نظر ویژگی‌های زمین‌شناسی و کانی‌زایی بیشترین شباهت را با کانسارهای نوع اپی‌ترمال دارد.

کلیدواژه‌ها: کانی‌زایی، دگرسانی، شانی، دلیجان، اصفهان

* نویسنده مسئول: منیره سخدری

E-mail: monire.sakhdari@gmail.com

۱- مقدمه

منطقه اکتشافی شانی، بخشی از چهار گوش نقشه زمین‌شناسی گلبانگان واقع در پهنه دگرگونی - ماگمایی مستدج - سیرجان است. این محدوده در ۲۸ کیلومتری جنوب خاور دلیجان واقع شده است (شکل ۱). نفوذ واحدهای پلوتونیک در واحدهای رسوبی کربناتی، ماسه‌سنگی و سیلیسی و آتشفشانی باعث دگرسانی و کانی‌زایی در آنها شده است. وجود پهنه‌های برشی - گسلی در این منطقه سبب فراهم آوردن معیری مناسب برای عبور احتمالی محلول‌های گرمایی منشا گرفته از توده‌های نفوذی پادشده و در نتیجه دگرسانی و کانی‌زایی در آنها شده است. عمده توده‌های منطقه کم‌ژوفا و نیمه آتشفشانی هستند که بیشتر به صورت توده‌های کوچک یا به شکل استوکه و دایک، واحدهای قدیمی‌تر را قطع می‌کنند (شکل ۲). مقاله حاضر به بررسی ویژگی‌های سنگه‌شناسی، کانی‌سازی و ژئوشیمی این توده‌های آذرین می‌پردازد.

۲- روش بررسی

روش مطالعه در منطقه شامل مراحل زیر است. تهیه نقشه زمین‌شناسی در مقیاس ۱:۵۰۰۰، تهیه نقشه بی‌متجاری ژئوشیمیایی برای طلا و عناصر وابسته در مقیاس ۱:۲۰۰۰۰، بررسی ژئوشیمیایی و آماری ۳۳ نمونه سنگی از تراشه‌های سطحی و ۴۷ نمونه ژئوشیمی سنگی از حفاری‌ها که برای تجزیه ICP-MS توسط شرکت Assdel کانادا صورت گرفت. بررسی ۹۳ مقطع نازک و ۲۷ مقطع صیقلی از نمونه‌های سنگی سطحی و حفاری‌ها، برداشت ۱۰ نمونه دگرمان شده برای بررسی‌های XRD که در دانشکده علوم زمین دانشگاه شهید بهشتی انجام شد.

۳- زمین‌شناسی

منطقه شانی از نظر ساختمانی زمین‌شناسی، در شمال محدوده زون مستدج - سیرجان قرار می‌گیرد. منطقه اکتشافی مورد نظر، از واحدهای نفوذی، آتشفشانی، آتشفشانی - رسوبی و رسوبی یا سن اتوسن به بعد واقع شده است. سنگه‌های آتشفشانی - رسوبی نوژن میزان مناسبی برای کانی‌زایی اپی‌ترمال مناسب هستند (Carllie et al., 1991).

توده‌های نفوذی منطقه، افزون‌های چینه‌شناسی مختلفی را قطع کرده‌اند. شکل این توده‌ها و وسعت آنها متغیر است که بیشتر به صورت استوکه و دایک بیرون‌زدگی دارد و سنگه‌های قدیمی یا سن اتوسن را قطع نموده‌اند (شکل ۲). در نتیجه می‌توان سن نسبی آن را به میوسن به بعد نسبت داد. جایگیری این توده‌ها در راستای شکستگی‌ها و گسل‌های منطقه یا روند NW-SE و NE-SW است. کانی‌سازی در موارد زیادی در جوار سنگه‌های منطقه به صورت رگه‌ها و پهنه‌های کته‌دار و یا درون خود آنها به صورت استوکه و دایک و به صورت رگه‌های صفحه‌ای کوآرتز، سنگه‌های اکسید آهن در جهت‌های گوناگون دیده می‌شود. عمده کانی‌زایی ایجاد شده در این بخش‌ها دیده می‌شود. بیشتر نمونه‌های برداشت شده از این مناطق به شدت دچار دگرسانی هستند. بنابراین شناسایی آنها سخت بوده اما شواهد باقی‌مانده نشان دهنده ترکیب کوآرتز مونزونیت تا دیوریت است. فعالیت‌های آتشفشانی منطقه به صورت انفجاری و گدازه‌ای بوده است. مواد آذرآواری شامل واحدهای آندزیتی، برش‌های اتوکلاسیک، این کلاسیک و همچنین توف یا سن میوسن که از تنوع زیادی برخوردار است، هستند (شکل ۲).

۴- ساختار منطقه شانی

در زون‌ها و گسل‌ها در محدوده مورد نظر از گسترش به نسبت فراوانی برخوردارند که زمین‌ریخت‌شناسی منطقه را تحت تأثیر قرار داده است. بسیاری از رگه‌ها و یا پهنه‌های کانه‌دار منطقه نیز همراه با این گسل‌ها و شکستگی‌ها هستند. از آثار گسل‌خوردگی در منطقه می‌توان به مواردی مانند وقوع یا افزایش در شدت دگرسانی در راستای گسل‌ها، جایگیری رگه‌ها و وقوع کانه‌سازی، جایگیری توده‌های نفوذی (شکل ۳)، جدایش در راستای رگه‌ها و لایه‌ها، تغییر در شیب لایه‌ها و نیز خردشدگی شدید واحدهای سنگی و تشکیل برش گسلی اشاره نمود. سنگه‌های تشکیل دهنده پهنه‌های گسلی در این منطقه، از نظر ساختمانی تقریباً خرد شده هستند به طوری که قطعه‌های تشکیل دهنده آن بسته به جنس سنگ میزبان، به شدت خرد شده و تشکیل قطعه‌های

کانه‌دار گسلی-برشی در دیگر بخش‌ها نیز با حیار طلای مشابه دیده می‌شود اما نوع دیگر کانه‌زایی در منطقه‌ای مورد بررسی، کانه‌زایی در میزان کربناتی یا به‌طور آن و در نزدیک توده‌های نفوذی است. این نوع از کانه‌زایی در نواحی که واحدهای کربناتی-مارنی از رخنمون برخوردارند (بخش‌های باختری و جنوبی) و توسط توده‌های نفوذی قطع شده‌اند، رخ داده و در بسیاری از موارد تحت تأثیر شکستگی‌ها، تشکیل پهنه‌های کانه‌دار با عرض و طول زیاد (عرض حدود ۸۰ و طول حدود ۲۰۰ متر) ایجاد شده است. در اینجا نیز رانتهای عمده رگه‌ها و پهنه‌های کانه‌دار، به پیروی از ساختارهای اصلی (گسل‌ها و لایبندی)، E-NB است. بیشترین حیار طلای حاصل در چنین رگه‌ها و پهنه‌هایی در بخش جنوب و جنوب‌باختری محدوده و برابر ۲۷۶۰ ppm است. به‌طور کلی رگه‌ها در این منطقه از تنوع برخوردارند. به‌طوری‌که یک دسته از آنها، شامل رگه‌ها و رگه‌پهنه‌های کربناتی (و گاه ژئسی) بوده که اثری از کانه‌زایی در منطقه نشان نمی‌دهند. اما دسته مهمی از رگه‌ها که از گسترش بسیاری در منطقه برخوردارند، رگه‌های سیلیسی-کربناتی کانه‌دار هستند که این رگه‌ها در بیشتر موارد همراه با پهنه‌های گسلی و دگرسان شده دیده می‌شوند (شکل ۱۷).

کانی‌زایی دیده شده در مقاطع میکروسکوپی شامل: پیریت، گروثیت، هماتیت، لیمونیت، کالکوپریت، مالاکیت و آزوریت است. همچنین کانی‌های کوارتز، کانی‌های رسی (موقت مورونیت، اپیت، کانولیت و...)، کربنات، آپاتیت و زیرکن از کانی‌های همراه این مجموعه به شمار می‌آیند. پیریت کانی مولفیدی چیره در منطقه شائق است که در این جا شامل دو نسل است که نسل اول متوسط تا درشت دانه، عود شکل، انتشاری در متن سنگ پراکنده است و در نتیجه فعالیت‌های اولیه گرمایی-ماگمایی ایجاد شده است و در مرحله دوم یعنی دگرسانی در حال تبدیل به هماتیت و گروثیت است و اما شکل بلوری خود را حفظ کرده است (شکل ۸ و ۹). و نسل دوم این کانی همچنین به صورت سالم با بافت پراکنده و پرکننده فضای خالی که رگه‌ها و رگه‌پهنه‌ها را پر کرده که به صورت شکل‌دار تاتیمه شکل‌دار و ریزدانه دیده می‌شود که توسط سیال‌های گرمایی جایگزین شده است (شکل ۱۰). هماتیت و گروثیت خود به شکل تاتیمه در مقاطع دیده می‌شوند که از تفسیر شکل و هوازدگی پیریت تشکیل شده‌اند. کالکوپریت به مقدار کم در این سنگ‌ها به صورت پراکنده و افشان درون کانی‌های سیلکات دیده می‌شود که شکل منظمی ندارد و بیشتر از حاشیه به اکسیدها و هیدرواکسیدهای آهن تبدیل شده‌اند (شکل ۱۱). بررسی‌های میکروسکوپی نمونه‌های دگرسان شده نشان دهنده سه نوع کوارتز است که شامل کوارتز پیش از مرحله دگرسانی، کوارتز مرحله اول گرمایی (همراه با سولفید) و کوارتز مرحله آخر است. کوارتزهای پیش از دگرسانی در متن سنگ به صورت پورفیر و کلاست دیده می‌شود در زیر میکروسکوپ، ظاهری کثیف از خود نشان داده، اندازه آنها ۰/۳-۲ میلی‌متر است و بلور دوباره یافته‌اند و آثار دگرسانی در آنها دیده می‌شود. کوارتز مرحله اول گرمایی ظاهری روشن و شفاف دارند و ابعاد آنها در زیر میکروسکوپ به ۳-۲ میلی‌متر هم می‌رسد. این کوارتزها همراه با سولفید دیده می‌شود این کوارتزها در حاشیه بیشتر توسط رگه‌های کوارتز مرحله گرمایی و کربنات‌ها قطع می‌شود و کوارتز مرحله آخری که فاقد کانی‌زایی و تحت شرایط بلور دوباره ایجاد شده است و اندازه آنها ۰/۵-۱ میلی‌متر می‌رسد. (شکل ۱۲)

۷- توانایی پاراژنتیک

بر اساس بررسی‌های انجام شده در مقیاس صحرایی، نمونه دستی، میکروسکوپی، ژئوشیمیایی و دگرسانی توانایی پاراژنتیک کانی‌های منطقه شائق در شکل ۱۳ آورده شده است.

۸- ژئوشیمی

در راستای بررسی‌های لیتوژئوشیمیایی انجام شده نمونه‌های ژئوشیمیایی از بخش‌های

زاویه‌دار در ابعاد مختلف در زمینه‌ای از کربنات کلسیم و اکسیدهای آهن داده‌اند و ایجاد برش کرده‌اند که تحت تأثیر سیال‌های کانه‌دار گرمایی، سیمانی و سخت شده‌اند و تشکیل برش‌های گسلی-گرمایی را داده‌اند. از بررسی تصاویر ماهواره‌ای، عکس‌های هوایی و مشاهدات صحرایی می‌توان به این نتیجه رسید که ساختارهای اصلی موجود در منطقه دارای دو روند مهم NW-SE و NE-SW هستند. عمده کانی‌زایی ایجاد شده در این بخش‌ها، با روند NE-SW و عمود بر روند اصلی منطقه که بیشتر در امتداد شکستگی‌های مناطق دگرسان به وجود آمده‌اند دیده می‌شوند که در اثر تجمع کانی‌های قتری طلا‌دار مانند پیریت و به مقدار کمتر کالکوپریت‌های طلا‌دار درون سنگ‌های منطقه در درون شکاف‌های گسل‌های موجود که به صورت تله‌ای برای گرفتن آنها عمل و ایجاد شده‌اند. کانی‌زایی طلای پادشده همراه با ویژگی‌هایی از کیفیت سیلینی شدن و سرپیتی شدن و کربناتی شدن سنگ‌های در برگیرنده همراه با برشی شدن رگه‌های کوارتز و کانی پیریت است.

۵- دگرسانی

بررسی‌های سنگ‌نگاری بر روی مقطع نازک و میکال به منظور شناخت انواع کانی‌های فلزی در سنگ‌های منطقه، بررسی بافت‌های کانی‌سازی، مراحل مختلف کانی‌سازی و همچنین شناخت ارتباط ژئوتیکی میان فازهای کانی‌سازی صورت گرفت. در نمونه‌های برداشت شده از واحدهای موجود در منطقه صده کانی‌های تشکیل شده شامل: فلسپارهای قلیایی، پلاژیوکلازها، کوارتز، مورفین، پروکسن و مقدار کمی بیوتیت، آپاتیت و زیرکن هستند. دگرسانی گرمایی سبب گسترش کانی‌های ثانویه مثل کلسیت، هیدرواکسیدهای آهن، سرپیت و کانی‌های رسی بوزره در مورفین‌ها شده است (شکل ۴). محصولات دگرسانی گرمایی می‌توانند نشان‌دهنده تحول سیال، مسیر مهاجرت آن و نیز منشأ سیال گرمایی باشند (اشرف‌پور، ۱۳۸۷). بیشتر فلسپارها و پلاژیوکلازها در حال تبدیل به سرپیت، کانی‌های رسی و کربنات‌ها هستند (شکل ۵). در برخی از نمونه‌های کانی‌های مانیفک مانند پروکسن‌ها و آمفیبول‌ها در حال تبدیل به کلسیت و اکسیدها و هیدرواکسیدهای آهن هستند. سنگ‌های درون گیر در منطقه تا درجات مختلفی به شدت دگرسان شده‌اند. بافت اولیه تا حد زیادی از میان رفته است. بر مبنای بررسی‌های صحرایی، میکروسکوپی و دستگاه پرتو ایکس دگرسانی‌های ایجاد شده شامل آروژیت، سرپیت، کربناتی، سیلیسی سولفیدی و مقداری کلریخی است که با گسترش آنها با پهنه‌های برشی و شکستگی‌ها و گسل‌ها موجود در منطقه هم‌خوانی دارد. تعیین ویژگی‌های رخدادهای اپی-ترمال بر مبنای پایداری مرحله سولفیداسیون در کانی‌زایی و تجمع‌های دگرسانی بستگی دارد (Chapman et al. 2006). دگرسانی سولفیدی به طور معمول با دگرسانی سیلیسی همراه است (شکل ۶). این نوع دگرسانی با رنگ سرخ و زرد حاصل از هوازدگی سولفیدها به اکسید و هیدرواکسیدهای آهن (لیمونیت، هماتیت، گروثیت) به راحتی در صحرای قابل تشخیص است (کوهستانی، ۱۳۸۵).

۶- کانی‌زایی

در منطقه مورد بررسی افزون‌بر کانی‌سازی انتشاری، کانی‌سازی رگه‌ای نیز دیده می‌شود. به طور کلی کانی‌زایی در محدوده با توجه به مقیاس بررسی (۱۵۰۰۰) به دو گونه رگه‌هایی یا ستبرای کم از چند سانتی‌متر تا چند متر و پهنه‌هایی برشی قابل تقسیم است. بر اساس بررسی‌های صحرایی، این بخش (شمال محدوده) در واقع در یک پهنه گسلی-برشی قرار گرفته که با فرایم آوردن معبری مناسب برای عبور سیال‌های کانه‌دار، دچار دگرسانی و کانی‌زایی شده است (یزدی، ۱۳۸۱). رنگ رگه‌ها و بخش‌های دگرسان آن، سرخ تا سیاه است که از مقادیر بالای اکسیدهای آهن و سیلیس حکایت می‌کند. بیشترین طول رگه‌های رخنمون یافته در این بخش حدود ۲۰۰ متر و با ستبرای حدود ۸۰ سانتی‌متر است. از این مدل رگه‌ها و پهنه‌های

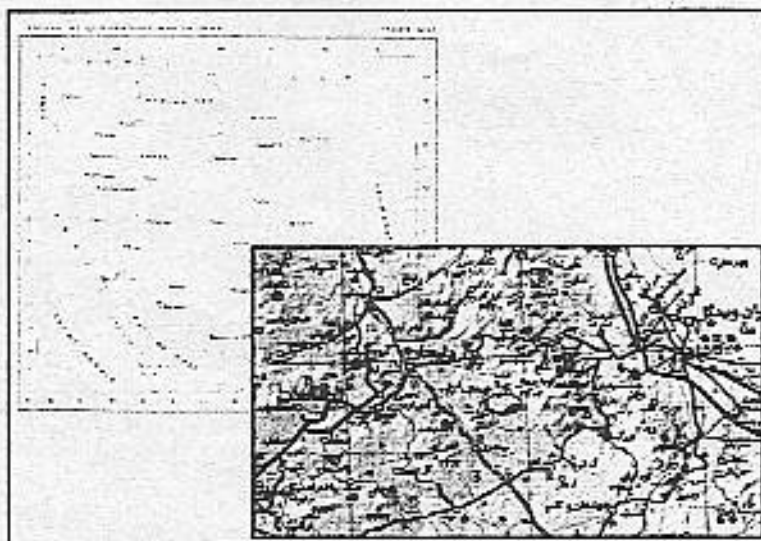
شیت میان دگرسانی و کانی‌زایی، همچنین رخدادهای کانی‌های سولفیدی در رگه‌های کوارتزی بیانگر نه‌نشت هم‌زمان کوارتزها و سولفیدها طی یک رخداد گرمایی است. بنابراین می‌توان به‌نشت طلا را در منطقه شاتی با فرایند دگرسانی گرمایی در سنگ دیواره مرتبط دانست و می‌توان آن را با کانسارهای نوع اپی‌ترمال قابل مقایسه دانست. دیگر شواهد کانی‌شناسی، ژئوشیمیایی، بافتی و ساختی شامل حضور کانی‌سازی تئری سولفیدی در سنگ‌های آذرین درونی یا سن ترشباری (آونسن تا الیگوسن) به صورت رگه‌ای تا استوکیوریک همراهی کانی‌سازی با دگرسانی گرمایی وسیع منطقه از جمله دگرسانی آرویلشی، سریشی، سیلشی، کربناتی و کلرشی، حضور بافت‌های پرکننده فضای خالی و برشی به صورت چیره در کانی‌سازی منطقه، حضور کانی‌سازی در زون‌های گسلی و برشی که نشانگر کنترل ساختمانی لوی در کانی‌سازی موجود در منطقه است، حضور کانی‌های کوارتز، کلسون، کراتها، کانی‌های رسی، بی‌هنجاری عناصر، Cu , Au , As ، بی‌هنجاری شامل: $Cu: 67.6ppm$, $Pb: 18.6ppm$, $Zn: 111ppm$, $Ag: 0.78ppm$ ، بیشترین مقدار آن $2760 ppm$ است و می‌توان دیگر شکستگی‌ها و دگرسانی‌های موجود است. نقشه بی‌هنجاری‌های ژئوشیمیایی برخی عناصر وابسته به طلا در شکل ۱۵ و ۱۶ آورده شده است.

سیاست‌گذاری

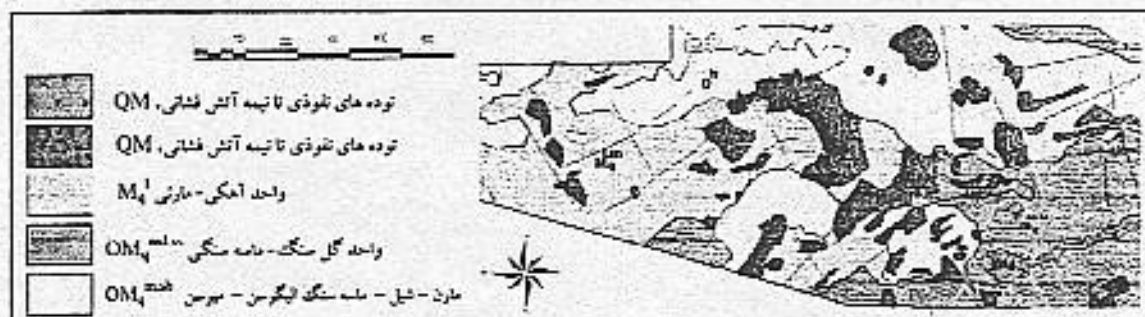
این پژوهش با حمایت‌های مالی و فنی شرکت مهندسی کان آذین و شرکت تهیه و تولید مواد معدنی ایران انجام شد. از مدیران کارشناسان و همکاران منطقه که در انجام این پژوهش ما را یاری نمودند به ویژه آقای مهندس قربانی کارشناس محترم شرکت کان آذین سپاسگزار می‌شود.

۹- نتیجه‌گیری

مشاهدات صحرایی و میکروسکوپی و ژئوشیمیایی و تطبیق عیارهای بالای طلا در منطقه شاتی با بخش‌های به شدت دگرسان شده و پهنه‌های برشی و ارتباط مکانی



شکل ۱- موقعیت محدوده اکتشافی در روی نقشه ایران و راه‌های دسترسی به منطقه شاتی ۱:۲۰۰۰۰۰



شکل ۲- نقشه زمین‌شناسی (توده‌های نفوذی که در بخش جنوبی واقع شده‌اند) منطقه شاتی با مقیاس ۱:۵۰۰۰