چهل و دومین گردهمایی (همایش) ملی
علوم زمین
The 42nd National Geosciences Congress
www.geoconf.ir

بررسی زمین‌شناسی، پتروگرافی و ژئوشیمی سنگ‌های آتشفشانی کانسار طلا- مس شادان، شرق لوت

کیمیا آقارفیعی[۱]، داریوش اسماعیلی[۲]، سروش مدبری[۳]، داود رئیسی[۴]

[۱] دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه علوم زمین، دانشکدگان علوم، دانشگاه تهران، تهران kimia.agharafiei@ut.ac.ir

[۲] استاد، گروه علوم زمین، دانشکدگان علوم دانشگاه تهران، تهران dsmaeili@ut.ac.ir

[۳] دانشیار، گروه علوم زمین، دانشکدگان علوم دانشگاه تهران، تهران modabberi@ut.ac.ir

[۴] پژوهشگر پسا دکتری، گروه علوم زمین، دانشکدگان علوم دانشگاه تهران، تهران d.raeisi@ut.ac.ir

چکیده

کانسار طلا-مس شادان در استان خراسان جنوبی و در ۶۰ کیلومتری (فاصله هوایی) بیرجند واقع شده‌است. این منطقه بخشی از کمربند آتشفشانی-پلوتونیک ترشیاری در حاشیه شرقی بلوک لوت است. کهن‌ترین واحد سنگ‌چینه‌ای در این منطقه مجموعه آتشفشانی-پیروکلاستیک ائوسن است. سنگ‌های نفوذی شادان نیز میکرودیوریت، مونزودیوریت، مونزونیت و دیوریت است. شادان به عنوان یک کانسار پورفیری طلا-مس در نظر گرفته می‌شود که در آن کانه‌زایی توسط ساختار تکتونیکی کنترل می‌شود. سنگ‌های آتشفشانی شادان طیف وسیعی از سنگ‌های بازیک تا حدواسط (تراکیت و آندزیت تا بازالت) می‌باشند. نمونه‌های ولکانیکی این منطقه عمدتا در محدوده کالک-آلکالن تا کالک-آلکالن پتاسیم بالا قرار می‌گیرند. الگوی بهنجار شده عناصر خاکی‌کمیاب برای سنگ‌های مورد مطالعه حاکی از غنی‌شدگی آن‌ها از عناصر خاکی‌کمیاب سبک (LREE) و عناصر لیتوفیل (LILE)، تهی‌شدگی از عناصر خاکی‌کمیاب سنگین (HREE) و عناصر (HFSE) همراه با آنومالی‌های منفی Nb-Ti است که مشابه ویژگی‌های ژئوشیمیایی کمان‌های ماگمایی در محیط فرورانش می‌باشد.

واژه‌های کلیدی

شادان، کانسار طلا-مس، سنگ‌های آتشفشانی، کمان‌ماگمایی، بلوک لوت.

Geology, petrography and geochemistry of volcanic rocks in Shadan gold-copper deposit, Eastern Lut

Kimia Agharafiei, Dariush Esmaeili, Soroush Modabberi, Davood Raeisi

Abstract: Shadan gold-copper deposit is located in south Khorasan province and 60 km (air distance) from birjand. The area is a part of eastern margin tertiary volcano-plutonic belt in Lut Block. The oldest units in this area are volcanic- pyroclastic complex of eocene. Shadan intrusive rocks range from microdiorite, monzodiorite, monzonite, and diorite. Shadan deposit is considered as Cu-Au porphyry in which mineralization was controlled by tectonic structures. Shadan volcanic rocks are a wide range of basic to intermediate rocks (trachyte, andesite, basalt). The volcanic samples of this region are mainly in the range of calc-alkaline to high-potassic calc-alkaline. Rare earth elements (REE) normalized pattern of these rocks display enrichment in light rare earth elements (LREE) and large ion lithophile elements (LILE) and depleted to heavy rare earth elements (HREE) and high field strength elements (HFSE), with negative Nb-Ti anomalies, which are similar to geochemical features of magmatic arcs in subduction zone.

Keywords: Shadan, Gold-copper deposit, Volcanic rocks, magmatic arc, lut block.

۱. مقدمه

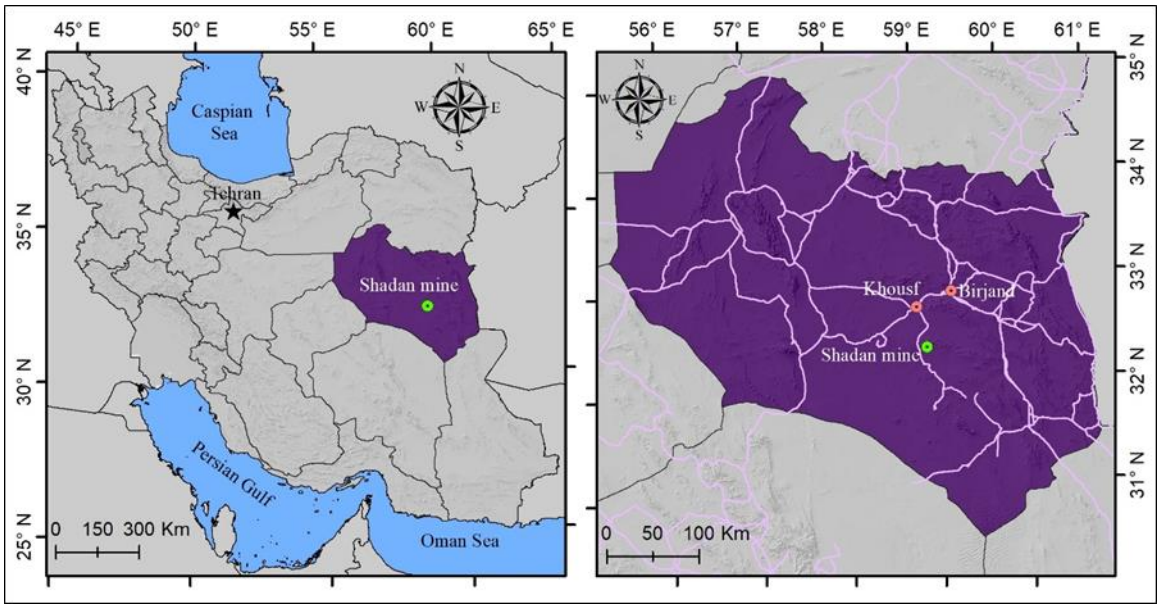
درک زایش ماگما در کمان‌های قاره‌ای مشکل است و چندین سازنده (گوه گوشته‌ای، پوسته اقیانوسی فرو رونده، رسوبات فرورانش شده، پوسته قاره‌ای و ...) و فرآیند (آب‌زدایی صفحه فرورونده، جریان گوشته سست کره‌ای، ذوب‌بخشی با گسترش‌های متفاوت، هضم پوسته‌ای و ...) ممکن است در زایش طیف ترکیب وسیع آن‌ها دخالت نمایند. سنگ‌های آتشفشانی کانسار طلای شادان نیز به عنوان بخشی از ماگماتیسم کویر لوت در شرق ایران از این قاعده مستثنی نمی‌باشند. گستردگی تکاپوهای متناوب ماگمایی بویژه در بازه ائوسن-الیگوسن شرق ایران به عنوان بخشی از ماگماتیسم سنوزوئیک ایران، منجر به کانه‌زایی گسترده در این منطقه شده و آن را به یکی از زون‌های متالوژونیک با امید بخشی بالا تبدیل کرده‌است. بیشتر کانی‌زایی در این منطقه برخاسته از تکاپوهای ماگمایی سنوزوئیک و فعالیت گرمابی ناشی از آن می‌باشد که همین امر شناخت هرچه بیشتر و بهتر ماگماتیسم منطقه را سبب ساز می‌گردد. در این ارتباط در کانسار شادان، واقع در ۶۰ کیلومتری جنوب غرب شهرستان بیرجند واحدهای آذرین نیمه نفوذی (از جنس دیوریت تا مونزودیوریت) و نفوذی به درون واحد های آتشفشانی منطقه تزریق و سبب توسعه وسیع زون‌های دگرسانی مشخصه کانسار پورفیری همراه با کانی‌زایی طلا – مس شده است. در این ناحیه تاکنون مطالعات زیادی بر روی توده‌های نفوذی صورت پذیرفته شده‌است؛ اما چنان که باید کارهای پتروژنتیکی بر روی واحدهای آتشفشانی مدنظر پژوهشگران نبوده‌است. هدف این پژوهش، شناخت توده‌های آتشفشانی منطقه می‌باشد که جهت نیل به این اهداف برداشت‌های صحرایی، پتروگرافی، و نتایج ژئوشیمی استفاده شده است.

۱,۱. روش مطالعه

به منظور دستیابی به اهداف مورد نظر در منطقه در ابتدا به جمع‌آوری داده‌های پیشین منطقه در قالب مقالات، گزارش‌ها، نقشه‌های توپوگرافی، نقشه‌های زمین‌شناسی و تصاویر ماهواره‌ای پرداخته‌شد. در ادامه مطالعات میدانی در محدوده انجام گرفت؛ که بر مبنای آن بررسی‌های اولیه جغرافیای منطقه، پی‌جویی محدوده به منظور آشنایی با شرایط زمین‌شناسی و کانی‌سازی، ترسیم یک شبکه نمونه‌برداری سیستماتیک در جهت پیمایش صحرایی و جمع‌آوری نمونه‌های سنگی مورد نیاز دنبال شد. سپس نمونه‌های مناسب بر مبنای شواهد پتروگرافی انتخاب گردیدند که با تحلیل داده‌های جمع‌آوری شده و انجام آنالیزهای ژئوشیمیایی اطلاعات زیر حاصل گردیده‌است.

۲,۱. موقعیت جغرافیایی و راه دسترسی محدوده

محدوده معدنی شادان با وسعتی معادل ۱۷ کیلومتر مربع در ۶۰ کیلومتری (فاصله هوایی) جنوب غرب بیرجند واقع شده است. برای دسترسی به محدوده از طریق شهرستان خوسف، بایستی در مسیر جاده ماژان- همند- سرچاه شور به طول حدود ۸۰ کیلومتر حرکت کرده و قبل از رسیدن به روستای سرچاه شور (نزدیک پاسگاه سرچاه شور) از جاده خاکی که به سمت شمال‌شرق منحرف می‌شود استفاده نمود. طول مسیر جاده خاکی ۱۵ کیلومتر بوده و در واقع جاده اختصاصی احداث شده برای معدن شادان است (شکل۱).



شکل ۱. محل قرارگیری و راه دسترسی به معدن شادان از مسیر بیرجند- خوسف- همند- سرچاه شور

۲. زمین شناسی

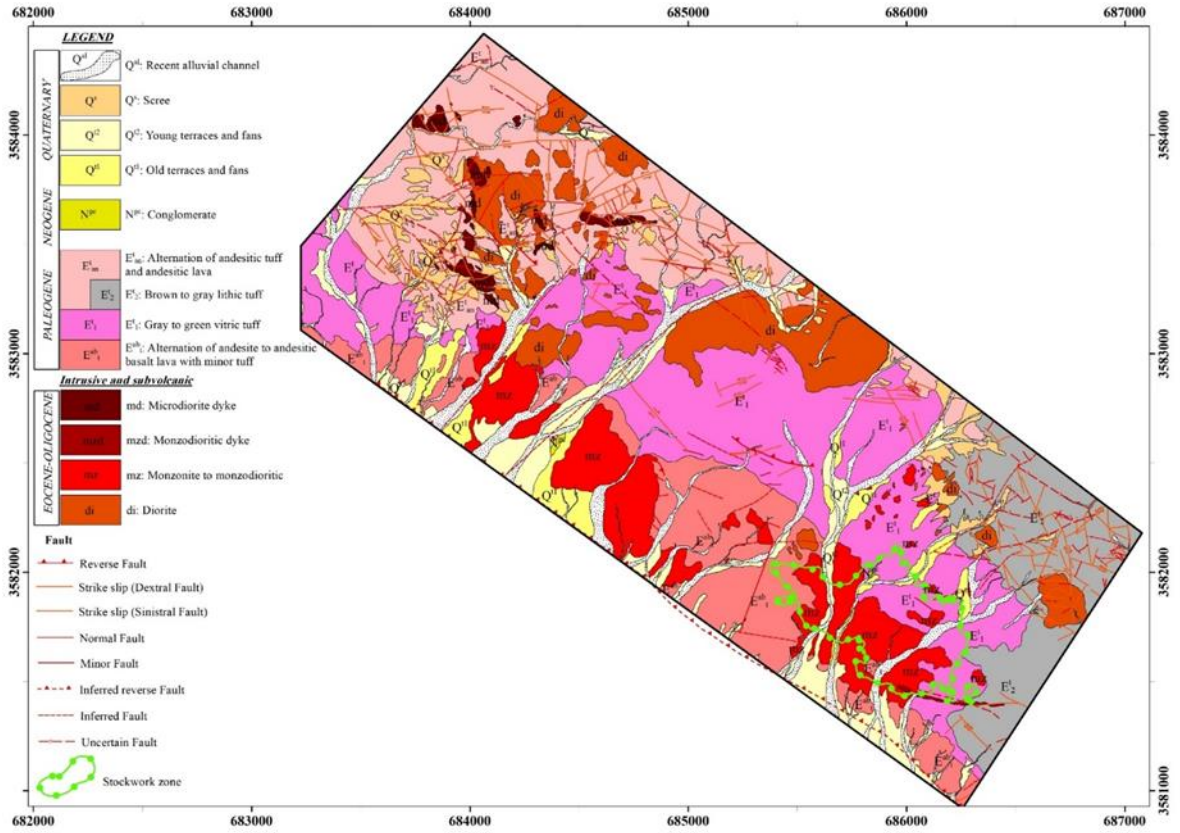
معدن شادان به عنوان اولین کانسار طلای پورفیری یافت شده در ایران شناخته می‌شود و فعالیت‌های اکتشافی-استخراجی این کانسار توسط شرکت معادن و صنایع معدنی کارند صدر جهان در حال انجام بوده و تاکنون بیش از ۳۰،۰۰۰ متر حفاری مغزه گیری بر روی آن صورت گرفته و میزان ذخیره قطعی این کانسار ۵۴ میلیون تن کانسنگ با عیارمس متوسط ۱۲۰۰ ppm و حدود ۰،۴۶ ppm طلا برآورده شده است [1].

این منطقه بخشی از کمربند آتشفشانی-پلوتونیک ترشیاری در حاشیه شرقی بلوک لوت است. کهن‌ترین واحد سنگ- چینه‌ای در این گستره را مجموعه ولکانیک-آذرآواری متعلق به سن ائوسن تشکیل می‌دهد که دارای ترکیب حدواسط تا بازیک می‌باشد؛ بخش فوقانی این واحد به صورت پیوسته و هم‌شیب به یک واحد آذرآواری شامل توف‌هایی با بافت شیشه‌ای تبدیل می‌شود که این واحد در نقشه زمین‌شناسی یک هزارم(شکل ۲) با نام E1t مشخص شده است. بر روی واحد مذکور توف‌هایی با بافت لیتیک که در نقشه زمین‌شناسی با نماد E2t نمایش داده شده‌اند، به صورت میان‌لایه در یک واحد توفی با ترکیب آندزیتی Eant قرار گرفته‌اند. هر دو واحد دارای همبری هم‌شیب با واحد تحتانی E1t می‌باشند. شایان ذکراست که همبری این واحدهای آتشفشانی در سراسر گستره محدوده با توده‌های نفوذی منجر به دگرسانی، دگرگونی مجاورتی یا متاسوماتیسم و رخداد کانی‌سازی مس و طلا در بخش‌هایی از این واحدهای آتشفشانی نیز ایجاد شده است. توده‌های نفوذی عمیق و نیمه‌عمیق با روند شمال باختر- جنوب خاور و با ترکیب اسیدی تا حدواسط، اغلب در سنگ درونگیر توفی- گدازه‌ای نفوذ کرده‌اند؛ این سنگ‌ها که به صورت استوک، آپوفیز و دایک در اندازه‌های گوناگون دیده می‌شوند، شامل میکرودیوریت (md)، مونزودیوریت (mzd)، مونزونیت (mz) و دیوریت (di) می‌باشند. براساس نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰،۰۰۰ این نفوذی‌ها متعلق به سن ائوسن-الیگوسن هستند. شایان ذکر است که تزریق توده‌های مونزونیتی و مونزودیوریتی سبب رخداد دگرسانی-کانی‌سازی نوع پورفیری در این محدوده شده است.

رخنمون‌های کوچکی در جنوب خاور محدوده از واحد کنگلومرای نئوژن (Ngc) وجود دارد. نهشته‌های کواترنری در این محدوده شامل پادگانه‌های آبرفتی قدیمی مرتفع (Qt1)، پادگانه‌های آبرفتی جدید کم ارتفاع (Qt2) نهشته‌های آبرفتی عهدحاضر (Qal) و واریزه‌ها (Qs) می‌باشد.

با توجه به آنکه این پژوهش به بررسی واحدهای آتشفشانی معطوف می‌باشد در ادامه برخی مشخصات صحرایی و پتروگرافی این سنگ‌ها ذکر شده است.

.



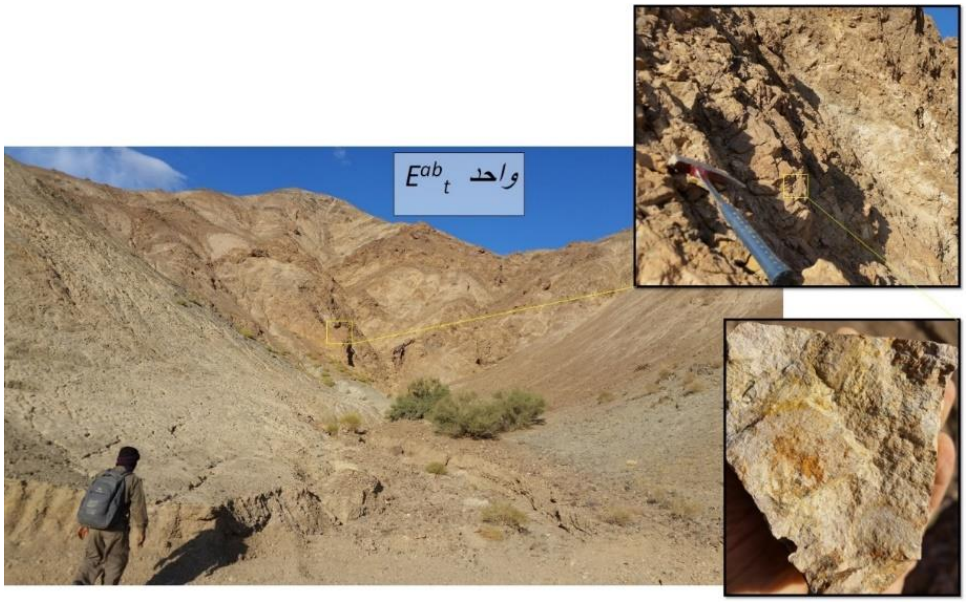
شکل ۲. نقشه زمین‌شناسی کانسار شادان در مقیاس ۱:۱۰۰۰ [2]

۱،۲. واحد تناوب گدازه آندزیتی تا آندزیت بازالتی همراه با مقدار کمی توف Eabt

این واحد در واقع قدیمی‌ترین رخنمون سنگی در محدوده مطالعاتی است که شامل گدازه آندزیتی تا آندزیت بازالتی است(شکل۳) که به همراه آن مقدار اندکی توف با همین ترکیب مشاهده می‌شود(شکل۴). واحد ذکر شده در بخش جنوبی محدوده رخنمون دارد و روند گسترش آن شمال‌غربی- جنوب‌شرقی است و از روند سایر واحدها پیروی می‌کند. بخش ولکانیک این واحد دارای بافت شیشه‌ای تا پورفیری است ولی بخش آذرآواری آن بافت پیروکلاستیک دارد.

شکل ۳. رخنمون بخش گدازه آندزیت تا آندزیت بازالتی در جنوب محدوده(آزیموت عکس ۰۳۰)

رنگ سطوح تازه شکسته این واحد خاکستری نسبتا تیره است که به دلیل دگرسانی به رنگ‌های خاکستری روشن و قهوه‌ای در آمده است. تقریبا بخش اعظم این واحد دچار دگرسانی‌های کربناتی، آرژیلیک و پروپلیتیک شده است. بیشترین دگرسانی رخ داده در این واحد، دگرسانی آرژیلیک است و همراه با کانی‌سازی سولفیدی به صورت افشان و رگچه‌ای در متن سنگ دیده می‌شود که غالبا از پیریت تشکیل شده است. در اثر نفوذ آب‌های جوی و برهم‌کنش آنها با سولفیدهای موجود در سنگ، زون‌های سوپرژن از اکسید آهن به صورت لیمونیت و کمتر هماتیت تشکیل شده است. بخش زیادی از این واحد تحت تاثیر نفوذ و جایگیری توده‌های نیمه‌عمیق و عمیق از بین رفته و رخنمون باقیمانده آن به صورت تپه‌های نیمه مرتفع و با توپوگرافی نسبتا خشن و شیب‌دار مشاهده می‌شود.

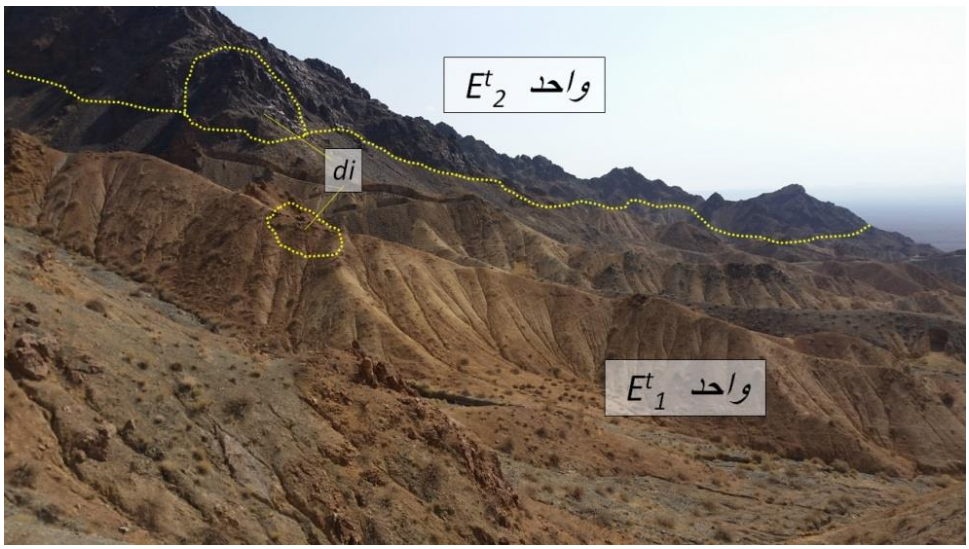


شکل ۴. رخنمون بخش توفی واحد که تحت تاثیر دگرسانی کربناتی قرار گرفته است (آزیموت عکس ۰۴۵)

کانی‌سازی های تشکیل شده در این واحد غالبا به صورت افشان و پچ در متن سنگ بوده و شامل پیریت، کالکوپیریت، مالاکیت و آزوریت است. در بخشهای مرکزی محدوده رگچه‌های کانی‌سازی به صورت استوک‌ورک (Stockwork) و رگه‌های موازی (Sheeted vein) با شدت بسیار کم تا کم در مرز این واحد با توده نفوذی مونزونیتی (mz) تشکیل شده است. این رگچه‌ها بیشتر شامل کربنات، کوارتز و کمتر سولفید هستند، که آنها را اکسید آهن (به صورت لیمونیت) و مالاکیت همراهی می‌کند. کانسار شادان به عنوان یک کانسار پورفیری طلا-مس در نظر گرفته می‌شود که در آن کانه‌زایی توسط ساختار تکتونیکی کنترل می‌شود.

۲,۲. واحد ویتریک توف خاکستری تا سبز Et1

واحد ویتریک توف خاکستری تا سبز گسترده‌ترین واحد سنگی در محدوده مطالعاتی است. گسترش این واحد از جنوب شرقی محدوده آغاز و تا شمال‌غربی محدوده ادامه پیدا می‌کند. روند گسترش این واحد شمال‌غربی-جنوب‌شرقی است. مرز زیرین این واحد با واحد Eabt به صورت همبری عادی و هم شیب است که به دلیل جایگیری توده نفوذی در حدفاصل این دو واحد (Eabt و Et1) همبری آن‌ها تقریبا از بین رفته و تنها در بخش مرکزی محدوده همبری این دو واحد قابل مشاهده است. این واحد به طرف بالا به لیتیک توف تبدیل می‌شود که تحت عنوان واحد Et2 نامگذاری شده است(شکل۵).

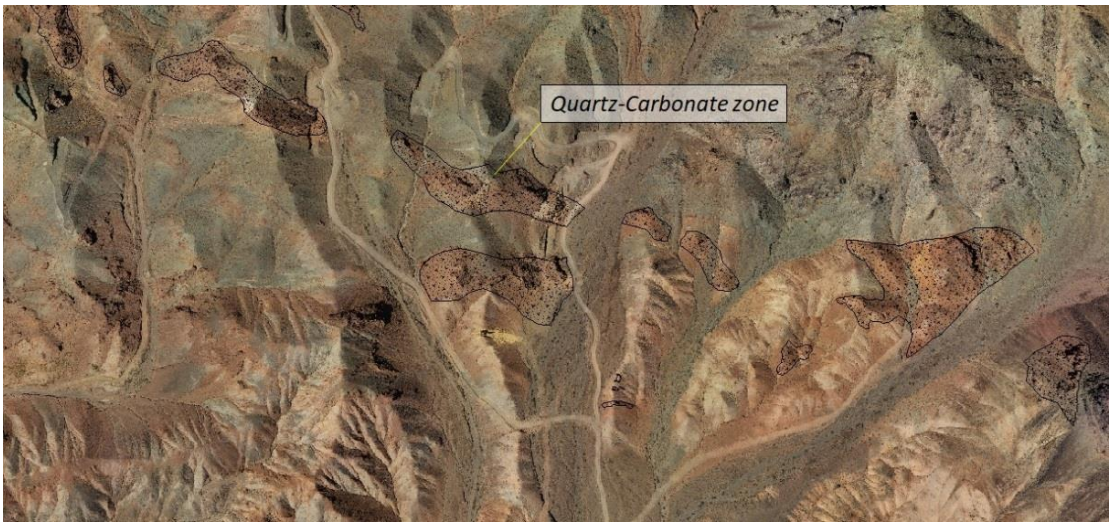


شکل ۵. نمای نزدیک تشکیل رگچه‌های کربنات به صورت استوک‌ورک (آزیموت عکس ۱۴۰)

این واحد بیش از هر واحد دیگری تحت تاثیر نفوذ و جایگیری توده‌های نیمه‌عمیق و عمیق قرار گرفته است. در بخش مرکزی این واحد کاملا دگرسان شده و متحمل دگرسانی آرژیلیک شده است به طوری‌که سنگ اولیه کاملا دگرسان و از بین رفته و به کانی‌های رسی تبدیل شده است. همچنین در بخش‌های شمالی تا شمال‌شرقی محدوده، واحد نام‌برده متحمل دگرگونی شده و آثار هورنفلسی‌شدن و جهت‌یافتگی در سنگ آشکار است که نشان‌دهنده تاثیر توده نفوذی بر این واحد است. اطراف زون‌های هورنفلسی، توف‌ها به شدت سیلیسی‌شده و تشکیل صخره‌های مرتفع و خشن را داده است (شکل۶).

شکل ۶. هورنفلسی شدن ویتریک توف در بخش شمالی محدوده (آزیموت عکس ۰۷۰)

در این واحد، دگرسانی‌های کوارتز-کربناته در مختصات عمومی (X: 685600, Y: 3582650) رخ داده است (شکل۷)که در اثر نفوذ سیالات غنی از سیلیس و کربنات در سنگ های آذرآواری (ویتریک توف) کاملا دگرسان شده و به رنگ قهوه‌ای درآمده است. این دگرسانی نشان دهنده فازهای انتهایی هیدروترمال بوده و دمای پایین هستند و به عبارت صحیح‌تر فاز اپی‌ترمال به‌حساب می‌آیند. به دلیل نفوذ سیالات از نقاط ضعف واحدها که شامل گسل‌ها، درزه‌ها، سطوح لایه‌بندی و ... است، این دگرسانی‌ها روند خطی داشته و به این دلیل به آنها رگه‌های کوارتز-کربنات نیز اتلاق می‌گردد(شکل ۸). این دگرسانی‌ها تداعی‌کننده زون‌های کانی‌سازی در بخش فوقانی و حاشیه توده پورفیری هستند.



شکل ۷. گسترش زون‌های کوارتز-کربنات و روند خطی آن‌ها در واحد Et1

شکل ۸. گسترش خطی زون‌های کوارتز-کربنات در واحد Et1 (آزیموت عکس ۲۸۰)

۳،۲. واحد تناوب توف آندزیتی و گدازه آندزیتی Etan

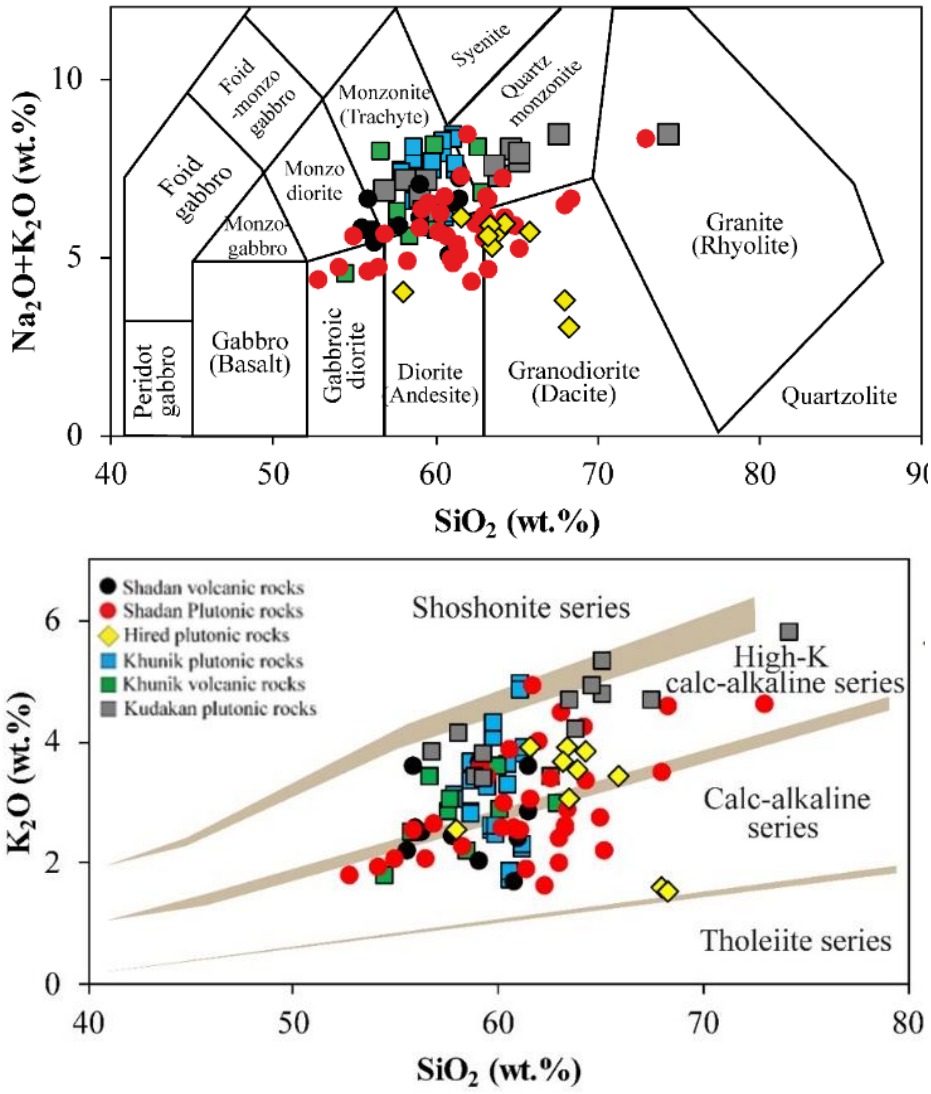
این واحد جوان‌ترین واحد سنگی ائوسن است که شامل تناوبی از توف و گدازه با ترکیب آندزیت می‌باشد(شکل۹). واحد نام‌برده در شمال شرق تا شمال غربی محدوده رخنمون گسترده‌ای دارد و توپوگرافی خشن و صخره‌سازی را ایجاد نموده است. این واحد نیز تحت نفوذ و جایگیری توده‌ها و دایک‌های نیمه‌عمیق با ترکیب دیوریت قرار گرفته‌است. در این واحد بخش عمده زون کانی‌سازی اپی‌ترمال به صورت رگه‌ای با بافت برشی و پرکننده فضای‌خالی و کانی‌سازی رخ داده‌است. کانی‌سازی رگه‌ای با کانی‌شناسی هماتیت، گوتیت، سیلیس همراه با رآلگار، آنومالی‌هایی از طلا نشان داده‌است.

شکل ۹. نمای عمومی از تناوب گدازه و توف و دگرسانی پروپلیتیک و کربناتی شدن در واحد Etan (آزیموت عکس ۳۵۰)

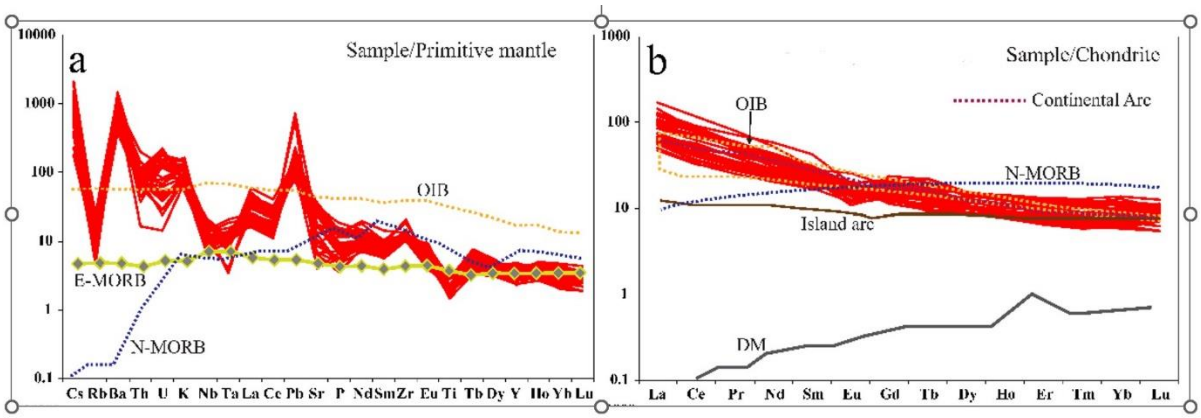
۳. ژئوشیمی

سنگ‌های پلوتونیک شادان عمدتا حدواسط تا اسیدی [3] و واحدهای آتشفشانی دربرگیرنده آن‌ها دارای طیف وسیعی از سنگ‌های بازیک تا حدواسط (تراکیت و آندزیت تا بازالت) می‌باشند. نمونه‌های ولکانیکی این منطقه عمدتا در محدوده کالک-آلکالن تا کالک-آلکالن پتاسیم بالا قرار می‌گیرند.

الگوی بهنجار شده عناصر خاکی‌کمیاب برای سنگ‌های مورد مطالعه (شکل۱۰) حاکی از غنی‌شدگی آن‌ها از عناصر خاکی‌کمیاب سبک (LREE) و عناصر لیتوفیل (LILE)، تهی‌شدگی از عناصر خاکی‌کمیاب سنگین (HREE) و عناصر (HFSE)، همراه با آنومالی‌های منفی Nb-Ti است که مشابه ویژگی‌های ژئوشیمیایی کمان‌های ماگمایی در محیط فروارنش می‌باشد [4] و [5] (شکل۱۱).



شکل ۱۰. موقعیت سنگ‌های پلوتونیک منطقه مورد مطالعه بر روی دیاگرام TAS



شکل ۱۱. الگوی بهنجار شده عناصر خاکی‌کمیاب برای سنگ‌های مورد مطالعه نسبت به گوشته اولیه و کندریت

۴. بحث و نتیجه‌گیری

بلوک لوت یکی از زون‌های زمین‌شناسی- ساختاری با پتانسیل زیاد معدنی در ایران است که هنوز ناشناخته‌های زیادی در مورد سازوکار تشکیل و کانسارهای نهفته آن وجود دارد که ظهور کانسارهای طلا شادان [4]، گودکان[6]، هیرد[7]، ماهرآباد[8]، خونیک و ....مشخصه این مهم بوده است. کانسار شادان یکی از مهم‌ترین معادن در منطقه شرق لوت می‌باشد که درمحدوده بین کانسارهای طلای خونیک، ماهرآباد، گودکان و هیرد واقع شده‌است[9]. واحدهای آتشفشانی عمدتا بازالت-آندزیت تا تراکیتی قسمت اعظم محدوده را در برگرفته و عمدتاً در اثر عملکرد محلول‌های هیدروترمال دگرسان شده و بافت غالب در آنها پورفیری با زمینه‌ی دانه‌ریز و در بعضی موارد بافت گلومروپورفیری است. سنگ‌های آتشفشانی این منطقه دارای ماهیت کالک‌آلکالن بوده و به یک محیط تکتونیکی مرتبط با کمان قاره‌ای تعلق دارند. غنی‌شدگی LILE همراه با تهی‌شدگی Nb، Ta و Ti در نمونه‌های آتشفشانی می‌تواند نشانگر وجود یک منشاء گوشته‌ای مرتبط با مناطق فرورانش است[4]. به طور کلی بر مبنای شواهد ناحیه‌ای و قرارگیری این منطقه در مجموعه ماگمایی سنوزوئیک شرق ایران از یک سو و از سویی شواهد کانه‌زایی و ژئوشیمیایی بیان شده، در مجموع یک محیط تشکیل وابسته به مناطق فرورانش برای سنگ‌های آتشفشانی این منطقه قابل تصور می‌باشد که در طی ماگماتیسم گسترده سنوزوئیک موجب تشکیل واحدهای آتشفشانی مورد نظر شده است.

منابع

[1] رییسی، د.، طرهانی، ا.، غلامی، ح.، ۱۳۹۸ ،. گزارش پیشرفت عملیات اکتشافی معدن شادان، شرکت معادن و صنایع معدنی کارند صدر جهان.

[2] شرکت معادن و صنایع معدنی کارند صدر جهان، ۱۴۰۱: تهیه نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰ شادان.

[3] Yazdi,p., Kananian, A., Raeisi, D., Modabberi, S.(2023). Geochemistry, petrogenesis and petrology of intrusive rocks in Shadan gold deposit, SW Brjand, Eastern iran. Geopersia13(1), 33-48.

[4] Richards, J.P., Spell, T., Rameh, E., Razique, A. Fletcher, T., 2012. High Sr/Y magmas reflect arc maturity, high magmatic water content, and porphyry Cu±Mo±Au potential: Examples from the Tethyan arcs of central and eastern Iran and western Pakistan. Economic GSeology 107(2), 295-332.

[5] Aghazadeh, M., Hou, Z., Badrzadeh, Z. Zhou, L., 2015. Temporal–spatial distribution and tectonic setting of porphyry copper deposits in Iran: constraints from zircon U–Pb and molybdenite Re–Os geochronology. Ore geology reviews 70, 385-406.

[6] Amraei, S. Niroomand, S., 2016. Mineralogy, Alterations, Lithogeochemical Investigations and Fluid Inclusions Studies in Kudkan Cu-Au Mineralization Area, Southern Khorasan, Iran. Advanced Applied Geology 6(1), 34-47.

[7] Eshraghi, H., Rastad, E. Motevali, K., 2010. Auriferous sulfides from Hired gold mineralization, south Birjand, Lut block, Iran. Journal of Mineralogical and Petrological Sciences 105(4), 167-174.

[8] Shafaroudi, A.M., Karimpour, M.H. Stern, C.R., 2015. The Khopik porphyry copper prospect, Lut Block, Eastern Iran: geology, alteration and mineralization, fluid inclusion, and oxygen isotope studies. Ore Geology Reviews 65, 522-544.

[9] Karimpour, M.H., Malekzadeh Shafaroudi, A., Farmer, G.L. Stern, C.R., 2012. Petrogenesis of Granitoids, U-Pb zircon geochronology, Sr-Nd Petrogenesis of granitoids, U-Pb zircon geochronology, Sr-Nd isotopic characteristics, and important occurrence of Tertiary mineralization within the Lut block, eastern Iran. Journal of Economic Geology 4(1), 1-27.