

مطالعه سیالات در گیر و بررسی ژنز کانسار زوزن در جنوب غربی شهرستان خواف (شمال شرق ایران)

حامد عبدلی سرشگی^{۱*}، افشین اشجع اردلان^۲، علیرضا گنجی^۳، حبیب‌الله ترشیزیان^۴ و جعفر طاهری^۵

۱ و ۲- گروه زمین‌شناسی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شمال، تهران

۳- گروه زمین‌شناسی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد دلاهیجان، گیلان

۴- گروه زمین‌شناسی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد مشهد، خراسان رضوی

۵- سازمان زمین‌شناسی شمال شرق ایران، مشهد

نویسنده مسئول: h.sereshki@iau-tmb.ac.ir

نوع مقاله: پژوهشی

پذیرش: ۹۹/۸/۵

دریافت: ۹۸/۱۱/۱۵

چکیده

منطقه زوزن در ۸۰ کیلومتری جنوب شرقی شهرستان تربت حیدریه و در قسمت شمالی بلوک لوت واقع شده است؛ قدیمی‌ترین سنگ‌های منطقه شامل استارولیت‌شیست، گارنت مسکویت شیست و سنگ‌آهک‌های دگرگون شده به سن پالئوزوئیک می‌باشند هم‌چنین توده‌های نفوذی عمیق و نیمه‌عمیق مربوط به پالئوسن سیمای عمده محدوده را تشکیل می‌دهند. توده‌های نفوذی به شدت دگرسان شده‌اند و زون‌های دگرسانی مختلف در آن‌ها دیده می‌شود. زون‌بندی دگرسانی‌ها در منطقه شامل دگرسانی‌های پروپلیتیک، آرژلیک، کوارتزرسیت، پیریت و اسکارنی شدن و ترکیبی از این موارد می‌باشد. براساس ترکیب کانی‌شناختی و پذیرفتاری مغناطیسی زیاد (به طور متوسط حدود $SI\ 5-10 \times 500$)، توده‌های نفوذی منطقه مربوط به سری مگنتیت (نوع اکسیدان) و از گرانیتهای نوع I هستند. به نظر می‌آید وجود سیستم دگرسانی گسترده و مناسب، حضور توده‌های نیمه‌عمیق همچون توده‌های مونزونیتی، کوارتز مونزونیتی، دیوریتی و کوارتز دیوریتی، الگوی کلی تکتونیکی و زمین‌شناختی و سری ماگمایی در غرب زوزن موید وجود یک سیستم اپی‌ترمال در این محدوده می‌باشد، هم‌چنین نتایج مطالعات ژئوشیمیایی بر روی داده‌های این محدوده، برای عناصر طلا، مس، نقره، سرب و روی ناهنجاری‌های متعددی را شناسایی و معرفی نموده‌اند. هدف از این پژوهش بررسی ژنز و خاستگاه کانی‌زایی و مطالعات سیالات در گیر در منطقه زوزن می‌باشد که برای انجام آن تعداد سه نمونه از رگه‌های کلسیتی موجود در واحدهای ولکانیکی محدوده تهیه گردید که بعد از تهیه مقاطع دو بر صیقل در آزمایشگاه کانی‌شناسی مرکز تحقیقات فرآوری مواد معدنی ایران مورد مطالعه قرار گرفتند. با توجه به نتایج این مطالعات می‌توان عنوان نمود که سیالات در محیط‌هایی با فشار پایین و با میزان شوری کم به وجود آمده‌اند و دارای چگالی پایینی نیز می‌باشند، هم‌چنین برای تعیین منشأ میان‌بارهای سیال از نمودار دمای همگن شدن در برابر شوری استفاده گردید، این مطالعات منشأ این میان‌بارها را سیالاتی با منشأ دگرگونی و جوی مشخص کرده است که این امر با توجه به شرایط کانسار و هم‌چنین میزان شوری پایین و دمای همگن‌شدگی متوسط این میان‌بارها قابلیت توجیه می‌باشد. با توجه به تمامی مطالب گفته شده در مورد کانسار زوزن می‌توان این کانسار را بخشی از حاشیه یک توده پورفیری دانست که در اثر نفوذ آپوفیزهایی از توده اصلی باعث ایجاد کانه‌زایی و هم‌چنین پدیده اسکارن در مجاورت سنگ‌های آهکی موجود در منطقه مورد مطالعه گشته است.

واژه‌های کلیدی: سیال در گیر، ژنز، رگه کلسیت، زوزن، خواف

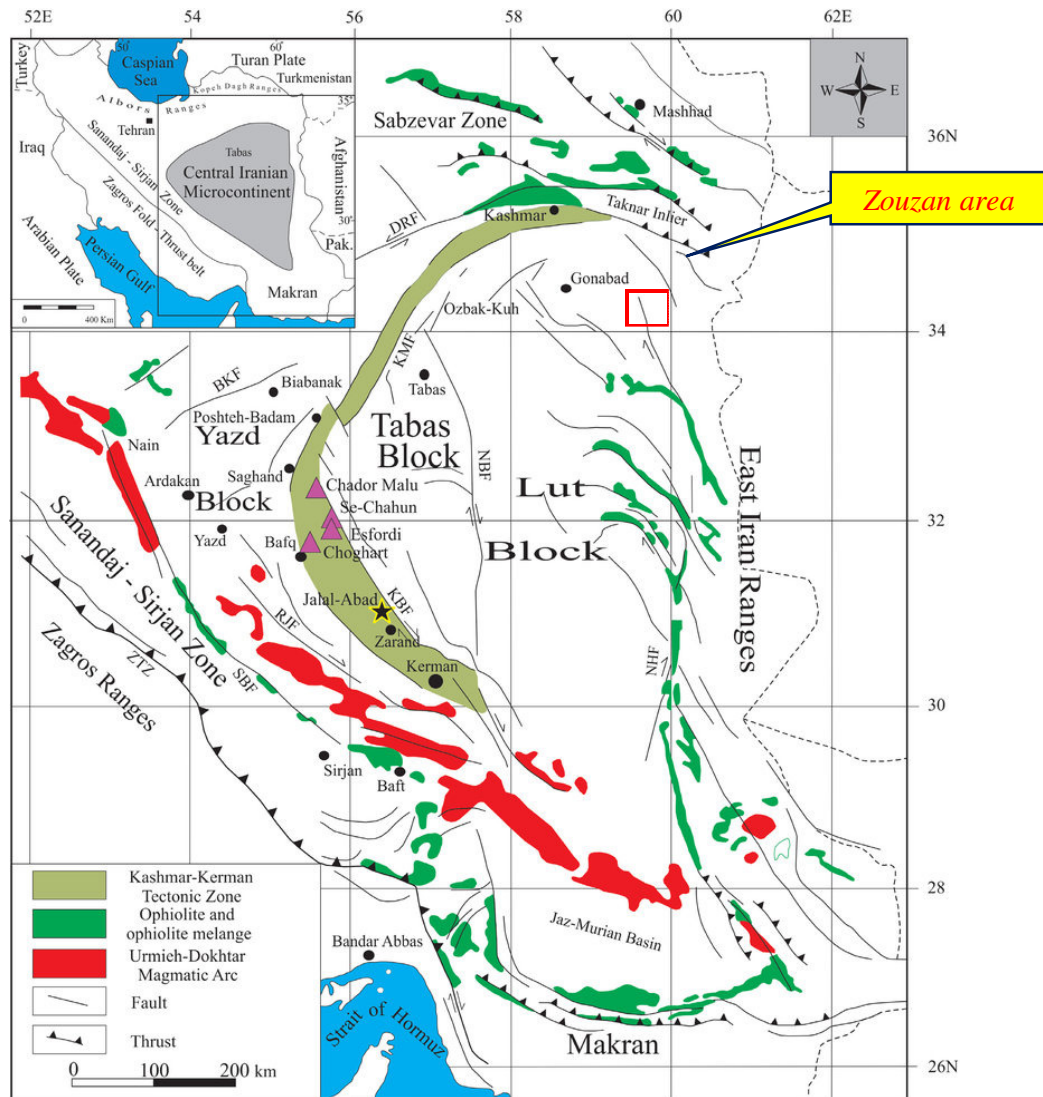
۱- پیشگفتار

با گسل‌های نهبندان، از شمال با گسل درونه و گسل‌های مربوط به آن (منطقه سبزوار) و از غرب با گسل ناینبد محدود می‌شود (شکل ۱). ناحیه شمالی بلوک لوت، میزبان شمار زیادی از رگه‌های چندفلزی $Ag-Au-Cu-Zn-Pb$ است که بیش‌تر در پیرامون توده‌های نفوذی ائوسن (ترنت، ۱۹۹۰؛ مرادی و همکاران، ۱۳۹۱؛ کریم‌پور و همکاران، ۲۰۱۱؛ کریم‌پور و

منطقه زوزن واقع در بخش شمالی بلوک لوت در شمال شرق ایران، تقریباً در ۴۰ کیلومتری جنوب غرب شهر خواف واقع شده است. از شمال به روستای باغ بخشی، از جنوب به روستای خلط آباد و از شرق به روستای زوزن و قاسم‌آباد محدود می‌شود. بلوک لوت یکی از ۹ منطقه ساختاری ایران در نظر گرفته شده است که از طرف شرق

همکاران، ۱۳۹۱؛ سلاطی و همکاران، ۱۳۹۱) و در پهنه‌های گسلی تشکیل شده‌اند. از مهم‌ترین این کانسارها می‌توان به رگه‌های چندفلزی نیان، داشو، لیرم، آهنگ، کجه، سریده (هادی‌زاده، ۱۳۸۹)، کلاته نو (کلاهدانی، ۱۳۸۹؛ هادی‌زاده، ۱۳۹۰؛ هادی‌زاده و همکاران، ۱۳۹۳) کلاته آهنی، نجم‌آباد، زیارو و ده‌خطیب (هادی‌زاده، ۱۳۹۰؛ ۱۳۹۳؛ هادی‌زاده و پورخسرو، ۱۳۹۳) اشاره کرد. به لحاظ ساختاری گسل جازموریان جنوبی، در جنوب قوس ماگمایی سهند-بزمان، احتمالاً حد جنوبی بلوک لوت را نشان می‌دهد (رمضانی و توکر، ۲۰۰۳). تکامل تکتونیکی و ماگمایی بلوک لوت در یک محیط توسعه یافته تفسیر شده است (جانگ و همکاران، ۱۹۸۴؛ ترکیان و همکاران، ۱۹۸۳). حضور مجتمع‌های فیولیتی در شرق ایران بین لوت و بلوک‌های افغانستان باعث شد که (سکانی و همکاران، ۲۰۱۰) فرورانش لیتوسفر اقیانوسی را در این منطقه در نظر بگیرند، در حالی که (افتخارنژاد، ۱۹۸۱) پیشنهاد داد که ماگماتیسم در منطقه لوت شمالی اتفاق افتاده است. از فرورانش بلوک افغانستان در زیر بلوک لوت (بربریان، ۱۹۸۳) نشان داد که سنگ‌های آذرین در بلوک لوت دارای یک قوس کالک قلیایی هستند. اخیراً مدل‌های فرورانش نامتقارن برای موقعیت‌های مشابه بلوک لوت مورد بحث قرار گرفته است (ارجمندزاده، ۲۰۱۱).

همکاران، ۱۳۹۱؛ سلاطی و همکاران، ۱۳۹۱) و در پهنه‌های گسلی تشکیل شده‌اند. از مهم‌ترین این کانسارها می‌توان به رگه‌های چندفلزی نیان، داشو، لیرم، آهنگ، کجه، سریده (هادی‌زاده، ۱۳۸۹)، کلاته نو (کلاهدانی، ۱۳۸۹؛ هادی‌زاده، ۱۳۹۰؛ هادی‌زاده و همکاران، ۱۳۹۳) کلاته آهنی، نجم‌آباد، زیارو و ده‌خطیب (هادی‌زاده، ۱۳۹۰؛ ۱۳۹۳؛ هادی‌زاده و پورخسرو، ۱۳۹۳) اشاره کرد. به لحاظ ساختاری گسل جازموریان جنوبی، در جنوب قوس ماگمایی سهند-بزمان، احتمالاً حد جنوبی بلوک لوت را نشان می‌دهد (رمضانی و توکر، ۲۰۰۳). تکامل تکتونیکی و ماگمایی بلوک لوت در یک محیط توسعه یافته تفسیر شده است (جانگ و همکاران، ۱۹۸۴؛ ترکیان و همکاران، ۱۹۸۳).



شکل ۱. نقشه ساختاری ایران مرکزی (رمضانی و تاگر، ۲۰۰۳)

۲- زمین‌شناسی منطقه مورد مطالعه

محدوده زوزن از نظر تقسیمات ساختمانی زمین‌شناسی ایران، در بخش شمال‌خاوری بلوک لوت و در بخش مرکزی برکه زمین‌شناسی ۱/۱۰۰,۰۰۰ زوزن قرار می‌گیرد. سن واحدهای این برکه از پالئوزوئیک تا کواترنری می‌باشد؛ هم‌چنین در آن، توالی نبوده‌های چین‌نگاری بزرگی نیز وجود دارد. از کهن‌ترین سنگ‌های بروزند یافته می‌توان به مجموعه دگرگونی موجود در سمت غرب برکه و شمال محدوده مورد مطالعه اشاره نمود که تصور می‌شود به پالئوزوئیک مربوط باشند. هم‌چنین یک سری نهشته‌های شیلی - ماسه‌سنگی با میان لایه‌های سنگ‌آهکی وجود دارند که به سازند سردر مربوط هستند. این نهشته‌ها متحمل دگرگونی ناحیه‌ای بسیار ضعیفی شده‌اند و در مجاورت با توده نفوذی متحمل دگرگونی مجاورتی نیز شده‌اند. سنگ‌های دگرگونی ناحیه‌ای با علامت *Pzm* در نقشه نشان داده شده‌اند و متشکل از انواع شیست‌ها، ماسه‌سنگ‌های دگرگونه و سنگ‌آهک دگرگونه‌اند، این واحد متشکل از استروولیت‌شیست، مسکوویت‌شیست گارنت‌دار، سنگ‌آهک‌های دگرگونه (که به طور بین‌لایه‌ای با میکاشیست‌ها قرار گرفته‌اند) و بعضاً ماسه‌سنگ‌های دگرگونه است. استروولیت‌شیست‌ها دارای بافت پورفیروبلاستیک و مسکوویت‌شیست‌های گارنت‌دار دارای بافت لپیدوبلاستیک می‌باشند. و اما پرپود پالئوسن - ائوسن در گستره مورد مطالعه با سنگ‌های آتشفشانی و ولکانی کلاستیکی مختلف مشخص می‌شود که با توجه به شرایط سنی و ترکیبی می‌توان آن‌ها را به سه واحد تقسیم نمود. واحد تحتانی که تصور می‌شود به سن پالئوسن - ائوسن تحتانی باشد اساساً متشکل از آندزیت‌ها آگلومراها، ریوداسیت‌ها، توف‌ها و برش‌های آتشفشانی است (پلوریان و سفیری، ۲۰۰۵). این واحد از شمال تا جنوب برکه و منطقه مورد مطالعه دارای گسترش است؛ این فعالیت آتشفشانی اساساً در محیط دریایی کم عمق یا خشکی صورت گرفته است. واحد میانی (به سن ائوسن تحتانی تا میانی) اساساً ولکانی کلاستیکی بوده و در جنوب و مرکز برکه دارای گسترش است. این واحد بطور عمده اپی‌کلاستیک بوده و ویژگی‌های نهشته‌های فلیشوئیدی را نیز تا اندازه‌ای داراست. سنگ‌های این واحد بطور عمده از توفیت‌ها، کنگلومراهای توفی و

سیلتستون‌ها و مادستون‌ها تشکیل شده‌اند. واحد فوقانی (واحد *Eba*) با آندزیت بازالت‌ها، بازالت‌ها و به مقدار کمتر آندزیت‌ها مشخص می‌گردند. شواهد صحرایی نشان‌دهنده آن است که این واحد بطور کلی در محیط خشکی^۱ فوران نموده است. یک نمونه از سنگ‌های این واحد در باختر چاه متار توسط گروه زمین‌شناسان *B.R.G.M* تعیین سن شده و سن ائوسن فوقانی را بدست داده است (تعیین سن به روش پتاسیم- آرگن بر روی کل سنگ بوده است). سنگ‌های آذرین درونی در گستره مورد مطالعه نیز دارای گسترش زیادی هستند. قدیمی‌ترین رخداد نفوذی در گستره برکه، مربوط به یک توده گرانیتی کوچک است که به داخل واحد *Pzm* نفوذ کرده است. با توجه به شباهت بافتی و کانی‌شناسی این توده کوچک با توده نفوذی گیسوره، این توده به کرتاسه فوقانی نسبت داده شده است. پلوتونیسیم گسترده در ائوسن فوقانی یا اولیگوسن آغازین در دو منطقه بچشم می‌خورد. منطقه اول در شمال روستای خلط‌آباد است که در این گزارش از آن به عنوان توده گرانیتوئیدی زوزن نام برده می‌شود. این توده متشکل از مونزوگرانیت، گرانودیوریت، میکروگرانیت و گرانیت است. دومین رخداد، در جنوب‌باختری برکه و در کوه نیبید است. در منطقه یاد شده، علاوه بر گرانیت و گرانودیوریت، فازهای بازیک‌تر مانند دیوریت و گابرو نیز قابل مشاهده هستند. علاوه بر این، دایک‌های حد واسط و بازیک در سنگ‌های نفوذی و آتشفشانی به وفور مشاهده می‌گردند. واحد (*gd*) بطور عمده متشکل از گرانودیوریت‌های گرانولار، میکروگرانیت‌ها و گرانیت‌ها می‌باشد. گرانودیوریت‌ها متشکل از پلاژیوکلاز، کوارتز، هورنبلاند، فلدسپارپتاسیک و بیوتیت هستند. از کانی‌های فرعی این سنگ‌ها می‌توان به آل‌بیت، اسفن، آپاتیت و کانه‌های اوپاک نام برد. هم‌چنین واحد (*mgr*) در بخش مرکزی توده گرانیتوئیدی زوزن قرار گرفته است متشکل از مونزوگرانیت‌های کمی خرد شده است. آثاری از دگرسانی در بعضی مناطق در سنگ‌های این واحد دیده می‌شود که فاقد گسترش جانبی است. مونزوگرانیت‌ها دارای بافت هیپ‌ایدیومورفیک گرانولار تا میکروگرانولار بوده و در بعضی نمونه‌ها، بافت میکروگرافیکی نیز مشاهده می‌گردد. کانی‌های متشکله این سنگ‌ها بترتیب فراوانی عبارتند از پلاژیوکلاز، فلدسپار پتاسیک، کوارتز و

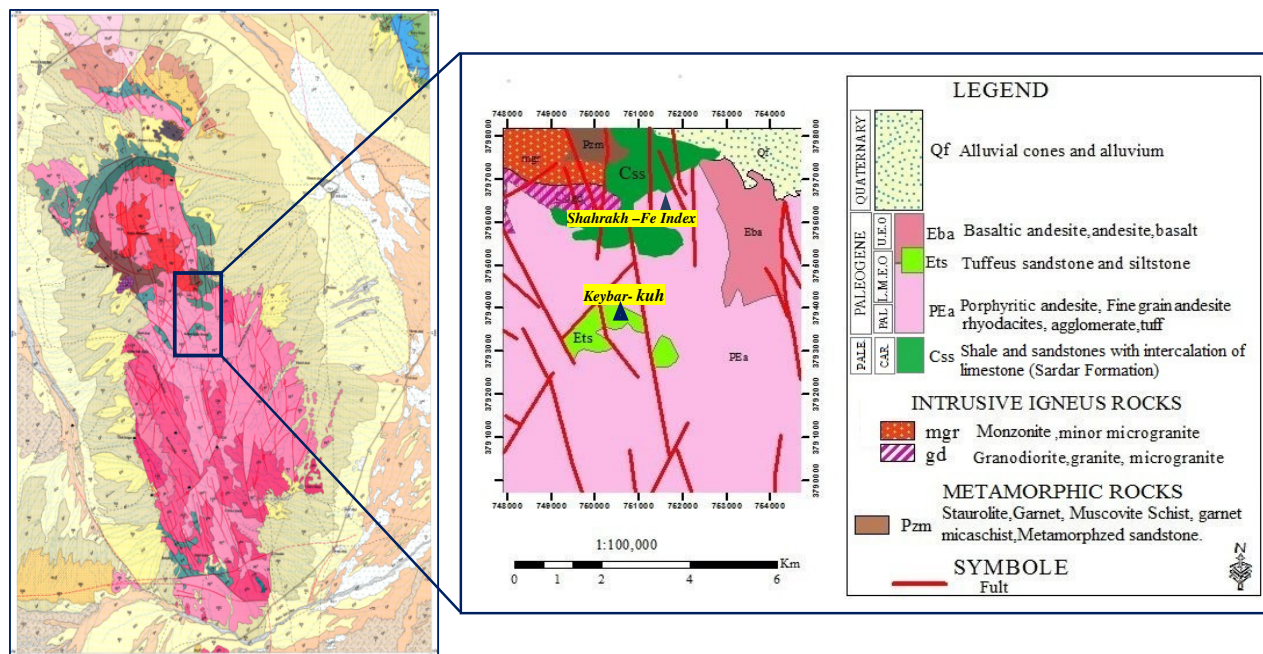
¹ Subaerial

مطالعه، دگرسانی پروپلیتیک در شمال و جنوب‌غرب محدوده و در نهایت دگرسانی سیلیسی در قسمت‌های شمالی این محدوده گسترش دارند. همچنین کانی‌سازی‌ها در مرز توده‌های نفوذی و یا در درز و شکاف‌های واحدهای نفوذی و ولکانیکی بصورت رگه و رگچه در جنوب منطقه دیده می‌شوند. این رگه و رگچه‌ها امتداد شمال‌غرب- جنوب‌شرق، شیب ۷۰ تا ۸۰ درجه به سمت شمال‌شرق و ضخامت تا نیم‌متر دارند و می‌توان آن‌ها را به دو دسته تقسیم نمود: ۱- رگه و رگچه‌های همراه با گالن، اسفالریت و باریت به عنوان کانی‌های اولیه که نسل اول کانی‌سازی را تشکیل داده‌اند ۲- رگه و رگچه‌های همراه با پیریت، کالکوپیریت و کلسیت به عنوان کانی اولیه و کولیت، بورنیت، کالکوسیت، مالاکیت، آزوریت و اکسیدهای آهن (مگنتیت، هماتیت و لیمونیت) به عنوان کانی‌های ثانویه که نسل دوم کانی‌سازی می‌باشند (شکل ۳). توده نفوذی گرانیته- میکروگرانیته جنوب‌شرقی کال شاهرخ منشأ در داخل محدوده است. این توده بارور بوده و امکان حضور و کنه‌زایی عناصری همچون مولیبدن، مس، بیسموت و تنگستن در این توده وجود دارد.

بیوتیت، از کانی‌های فرعی این سنگ‌ها می‌توان به اسفن، آپاتیت، زیرکن و کانه‌های اوپاک نام برد (عزمی، ۲۰۰۷؛ عبدلی‌سرشگی و همکاران، ۲۰۱۹).

۳- دگرسانی و کانی‌سازی

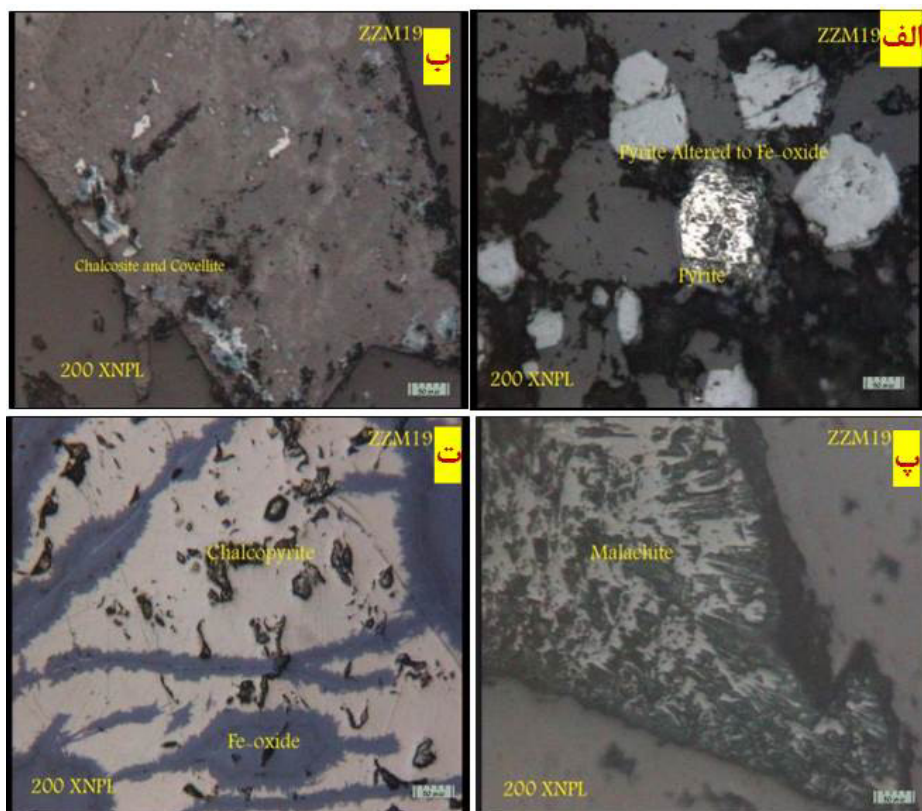
واحدهای سنگی منطقه شامل اسلیت، فیلیت، شیست و سنگ‌آهک تبلور مجدد یافته مربوط به پالئوزوئیک بوده که مورد نفوذ توده‌های گرانیته تا دیوریت به شکل دایک و استوک به سن کرتاسه تا ترشیاری قرار گرفته است. براساس پذیرفتاری مغناطیسی توده‌های نفوذی اکسیدان و احیایی هستند که عمدتاً توده‌های اکسیدان دارای دگرسانی و کانی‌سازی می‌باشند. توده‌های اکسیدان بخش شرقی کبیرکوه به سن ائوسن میانی مرتبط با محیط‌های فرورانش حاشیه قاره بوده و اغلب پتاسیم بالا تا شوشونیتی و متاآلومینوس هستند. زون‌های دگرسانی پروپلیتیک با وسعت بیش‌تر، سرسیتیک، آرژیلیک و سیلیسی با گسترش کمتر در جنوب محدوده مشاهده می‌شود. تمرکز عمده دگرسانی آرژیلیک در بخش‌های غرب و شمال‌غرب محدوده مورد مطالعه، تمرکز دگرسانی فیلیک به صورت پراکنده و محدود در شمال، غرب و جنوب محدوده مورد مطالعه، دگرسانی اکسید آهن به طور عمده در بخش‌های شمال و غرب محدوده مورد



شکل ۲. موقعیت محدوده‌های مورد مطالعه بر روی برگه زمین‌شناسی ۱/۱۰۰,۰۰۰ زوزن (بلوربان و سفری، ۲۰۰۵)

اجازه دهد کانه‌زایی‌های تیپ اسکارن و بویژه اسکارن تنگستن تشکیل شود که این نیز غیرممکن نیست. بنابراین محدوده آنومالی شماره ۱ و اطراف آن منطقه‌ای مناسب برای کانی‌زایی‌های اشاره شده می‌باشد. در کال شاهرخ نیز اندیس آهن اسکارنی (وجود دارد که نمونه برداشت شده از آن ۳۶ درصد آهن (شکل ۴) نشان داده است که آن هم از تیپ اسکارن می‌باشد (جدول شماره ۱) (عزمی، ۲۰۰۷). کانی‌های پاراژنز و روابط کانی‌ها نشان از یک فعالیت هیدروترمالی و نهشت کانی‌های ذکر شده در حداقل دو مرحله در بخش بالایی توده‌های نفوذی سری اکسیدان منطقه دارند (احسان و همکاران، ۲۰۱۳).

تیپ احتمالی کانه‌زایی در این توده نفوذی پورفیری مس، مولیبدن و تنگستن است. منشأ کانه‌زایی در بخش جنوبی توده نفوذی گرانیتی- میکروگرانیتی جنوب‌شرقی کال شاهرخ است. این توده بارور بوده و امکان حضور و کانه‌زایی عناصری همچون مولیبدن، مس، بیسموت و تنگستن در این توده وجود دارد. تیپ احتمالی کانه‌زایی در این توده نفوذی پورفیری مس، مولیبدن و تنگستن است. هرچه از مرکز این توده به حاشیه پیشروی شود از حرارت کاسته شده و عناصری همچون آرسنیک و طلا ظاهر می‌شوند. این عناصر در رگه‌ها و رگچه‌های استوکورکی و شکستگی‌ها تشکیل می‌شوند. حتی ممکن است در برخی قسمت‌ها که شرایط زمین‌شناسی



شکل ۳. تصاویر میکروسکوپ بازتابی از کانه‌های فلزی منطقه زوزن شامل: الف) کریستال‌های پیریت اتومورف و ساب‌اتومورف که دگرسانی سوپرژن به شدت بر این کریستال‌ها اثر کرده و تقریباً تمامی آن‌ها را به اکسیدهای آبدار و ثانویه آهن آلتزه کرده است؛ ب) تأثیر دگرسانی سوپرژن قوی در بخش‌های وسیعی از این کانی بصورت اکسیدهای آبدار و ثانویه آهن و کریستال‌های کوچک کالکوسیت و کوولیت؛ پ) اکسیدهای آبدار و ثانویه آهن در حفرات و شکاف‌های سنگ میزبان و ت) مالاکیت با بافت شعاعی و شکافه پرکن با فراوانی ٪۳

جدول ۱. صورت تجزیه نتایج برخی عناصر با اهمیت نمونه‌های محدوده زوزن

ID	Sample	Au	Ag	As	Cu	Mo	Pb	Zn	Fe(%)
1	ZM27	0.003	0.16	151	19.1	21.2	16.1	155	14.4
2	ZM28	0.001	0.08	0.5	1.4	0.09	1	15	36.2
3	ZM29	0.002	0.02	1.8	11	0.91	41.1	13	0.48
4	ZM30	0.002	0.61	35	10.5	2.41	63.7	230	1.31
5	ZM31	0.002	0.2	9.4	13.3	0.54	31	539	0.86
6	ZM32	0.23	0.11	2.2	10.8	0.57	22.1	7	1.11
7	ZM33	0.002	0.05	6.7	7.1	0.37	24.8	99	0.87
8	ZM34	0.003	1.05	26	261	8.97	2770	2210	9.18
9	ZM49	0.002	0.12	26	3.6	2.51	5	37	2.8
10	ZM50	0.002	1.36	31	12.1	42.2	90.8	94	5.6
11	ZM51	0.003	0.34	5.4	4.9	1.92	150	218	2.96
12	ZM52	0.092	0.1	280	157	0.63	148	242	5.18
13	ZM53	0.007	0.15	38	72.2	1.03	36	129	9.93



شکل ۴. نمایی از زون اسکارنی در محدوده کال شاهرخ

۴- روش‌ها

۴-۱- مطالعه سیالات درگیر

برای مطالعه سیالات درگیر محدوده زوزن تعداد سه نمونه از رگه‌های کلسیتی موجود در ولکانیک‌ها در محدوده تهیه گردید که بعد از تهیه مقاطع دو بر صیقل در آزمایشگاه سیالات درگیر مرکز تحقیقات فرآوری مواد معدنی ایران مورد مطالعه قرار گرفتند. مطالعه این نمونه‌ها با استفاده از گرم کننده و منجمدکننده با مدل *Link am THMSG* نصب که بر روی میکروسکوپ *ZEISS* نصب است صورت گرفته است. دامنه حرارتی دستگاه ۱۹۶- تا ۶۰۰+ درجه سانتی‌گراد است هم‌چنین این دستگاه مجهز به دو کنترل‌گر، گرمایش (*TP94*) و سرمایش (*LNP*)، مخزن ازت (جهت

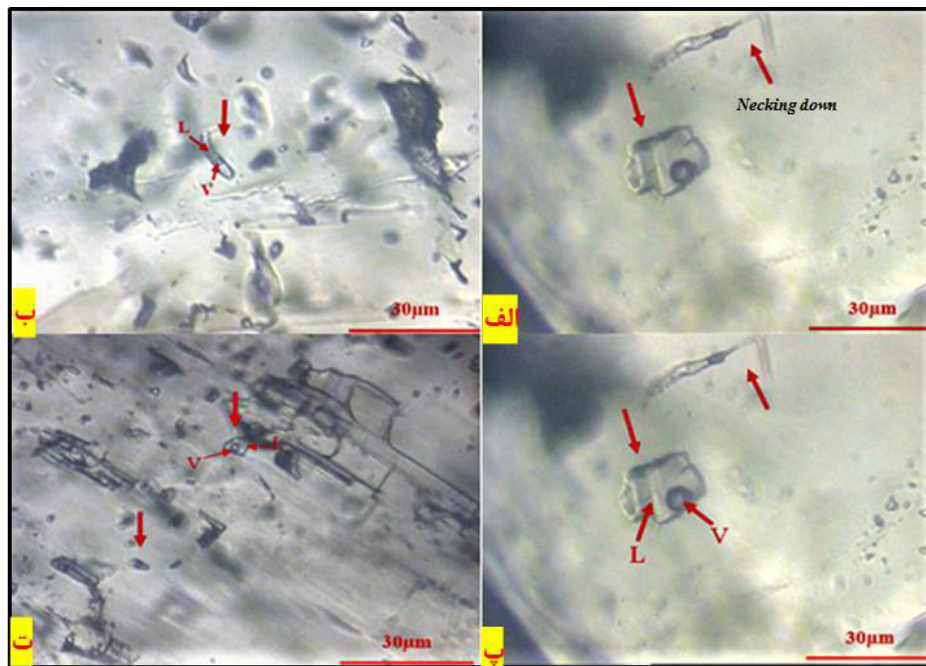
پمپ نیتروژن برای انجماد) و مخزن آب (جهت خنک کردن دستگاه در دمای بالا) است. جهت کالیبراسیون دستگاه از استانداردهای زیر استفاده گردید: کالیبراسیون *Stage* در گرمایش با دقت ± 0.6 درجه بوده که با نیترات سزیم (*Cesium nitrate*) با نقطه ذوب ۴۱۴ درجه صورت پذیرفت و در انجماد با دقت ± 0.2 درجه و با ماده استاندارد *n-Hexane* با نقطه ذوب ۹۴/۳- درجه سانتی‌گراد انجام گرفت.

۴-۲- پتروگرافی سیالات درگیر

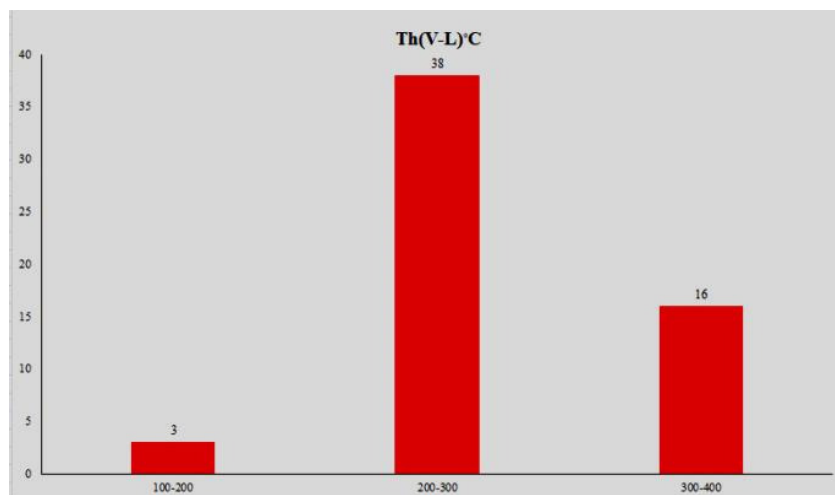
مطالعات پتروگرافی بر روی مقاطع حاوی میان‌بارهای سیال تعداد ۵۷ میان‌بار حاوی سیال را مورد شناسایی قرار دادند که اندازه آن‌ها از $6 (\mu m)$ تا $25 (\mu m)$ متغیر است.

سانتی‌گراد می‌باشد. میزان شوری میان‌بارها از ۰/۸ تا ۱۲/۸ درصد وزنی متغیر می‌باشد و نمک موجود $NaCl$ است بیشینه فراوانی درصد شوری برای این سیالات در حدود ۴ درصد قرار گرفته است (شکل ۷) همچنین (شکل ۸) دمای ذوب یخ این سیالات را نیز بین ۲۴/۴- تا ۰/۸ درجه سانتی‌گراد متغیر است نشان می‌دهد (شفرود و همکاران، ۱۹۸۵). جدول‌های ۲ تا ۴ مشخصات مربوط به میان‌بارهای موجود در هر نمونه را نشان می‌دهد.

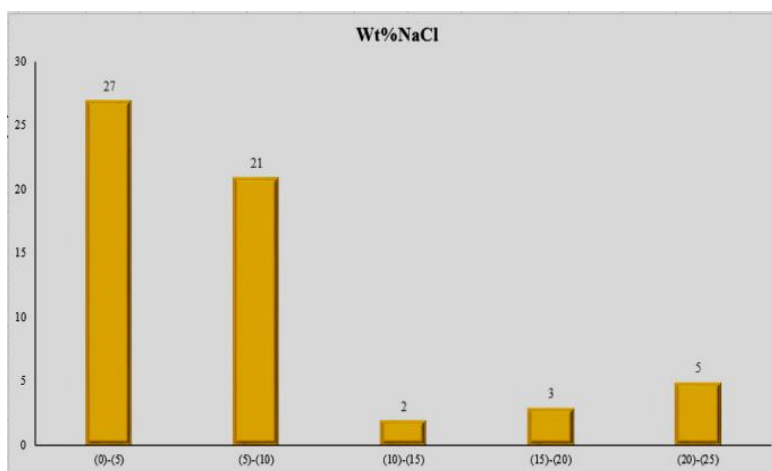
این میان‌بارها به اشکال کشیده و چندوجهی نامنظم مشاهده می‌شوند (شکل ۵). فراوان‌ترین میان‌بارهای مورد مطالعه از نوع میان‌بارهای دو فازی از نوع $L+V$ می‌باشند این میان‌بارهای سیال به لحاظ دمای همگن شدن در محدوده حرارتی بین ۱۴۱ تا ۳۷۱ درجه سانتی‌گراد با بیشینه فراوانی در محدوده ۲۰۰ تا ۳۰۰ درجه سانتی‌گراد قرار دارند (شکل ۶). دمای یوتکتیک (Te) بدست آمده برای این میان‌بارها بترتیب برابر با ۲۱- الی ۳۰- درجه



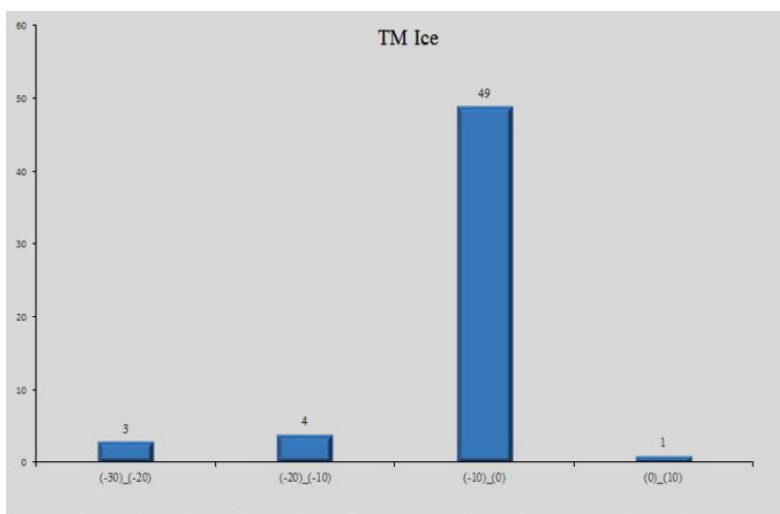
شکل ۵. تصاویری از انواع میان‌بارهای سیال دارای فاز مایع و گاز در کلسیت. الف و پ) نوع LV به همراه پدیده *Necking down* (ب) نوع LV همراه با سیالات درگیر ثانویه و ت) نوع LV همراه با v ، خط مقیاس برابر با ۳۰ میکرون است.



شکل ۶. دمای همگن شدن میان‌بارهای سیال رگه‌های کانی‌سازی محدوده



شکل ۷. میزان درصد شوری میانبارهای سیال، در رگه‌های کانی‌سازی محدوده زوزن



شکل ۸. دمای ذوب یخ میانبارهای سیال در کانی کلسیت رگه‌های کانی‌سازی محدوده زوزن

جدول ۲. مقادیر اندازه‌گیری شده مربوط به میان‌بارهای سیال در نمونه ZNF-1

ZNF-1							Host mineral
n	Size(μm)	Type	Tm ice (°C)	wt% NaCl	Th v-l (°C)	Density	
1	15	L+V	-2.7	4.58	208	0.9356	Calcite
2	12	L+V	-0.6	0.8	260	0.67	
3	12	L+V	-8.5	12.4	240	0.845	
4	12	L+V	-3.3	5.55	263	0.932	
5	9	L+V	-2.1	3.56	260	0.764	
6	10	L+V	-1.5	2.5	296	0.65	
7	6	L+V	-1	1.57	297	0.758	
8	12	L+V	-2	3.39	263	0.843	
9	25	L+V	-2.4	4.07	261	0.632	
10	10	L+V	-2	3.39	265	0.77	
11	12	L+V	-1.1	1.76	260	0.83	
12	9	L+V	-1.3	2.13	237	0.8	
13	12	L+V	-1.5	2.5	310	0.965	
14	9	L+V	-4.2	6.92	264	0.751	
15	17	L+V	-6.1	9.54	340	0.64	

جدول ۳. مقادیر اندازه‌گیری شده مربوط به میان‌بارهای سیال در نمونه ZNF-2

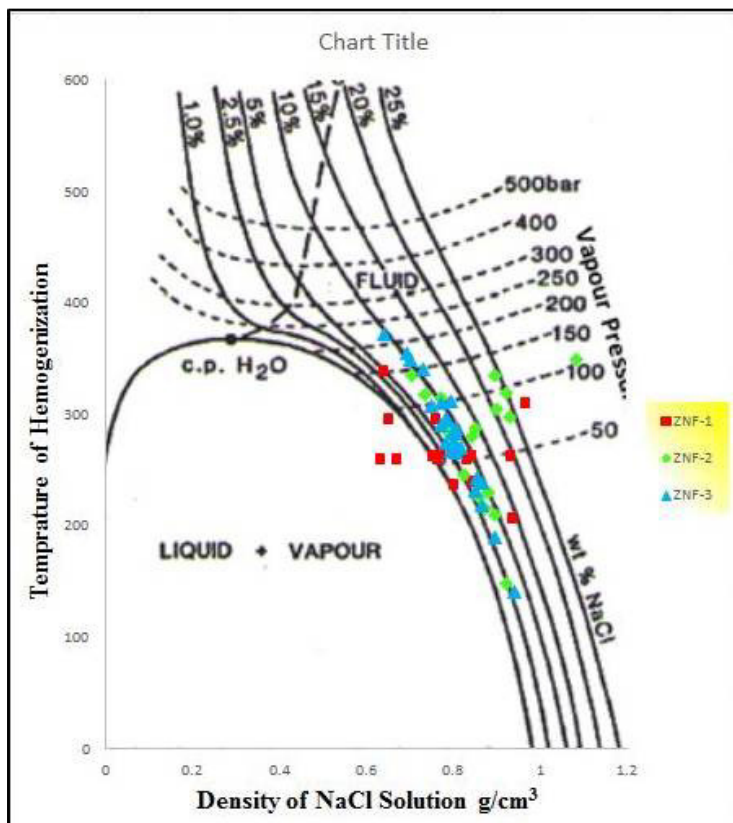
ZNF-2							
<i>n</i>	Size(μ m)	Type	<i>T_m</i> ice (°C)	wt% NaCl	<i>T_h</i> v-l (°C)	Density	Host mineral
1	20	L+V	-2.4	4.07	335	0.703	Calcite
2	18	L+V	-2.5	4.24	287	0.851	
3	10*6	L+V	-20.5	22.6891	320	0.9224	
4	12*8	L+V	-19	21.6636	335	0.8956	
5	19*7	L+V	-5	7.8185	315	0.7718	
6	8*4.8	L+V	-15	18.6183	305	0.9002	
7	23.6*8.4	L+V	-24.4	25.1237	226	0.857	
8	11*7	L+V	-22.4	23.9132	280	0.844	
9	7.2*5	L+V	-18	20.9475	298	0.9301	
10	90*50	L+V	0.8	10.2	149	0.9225	
11	16*13	L+V	-4.1	6.5215	230	0.8801	
12	5.4*4.8	L+V	-15	18.6183	350	1.0835	
13	7*3	L+V	-3.3	5.1657	210	0.8935	
14	22.6	L+V	-1.9	3.117	215.7	0.874	
15	19.2	L+V	-1.4	2.306	246.2	0.822	
16	11.7	L+V	-3.2	5.166	318.1	0.732	
17	21.5	L+V	-2.8	4.702	283.5	0.79	

جدول ۴. مقادیر اندازه‌گیری شده مربوط به میان‌بارهای سیال در نمونه ZNF-3

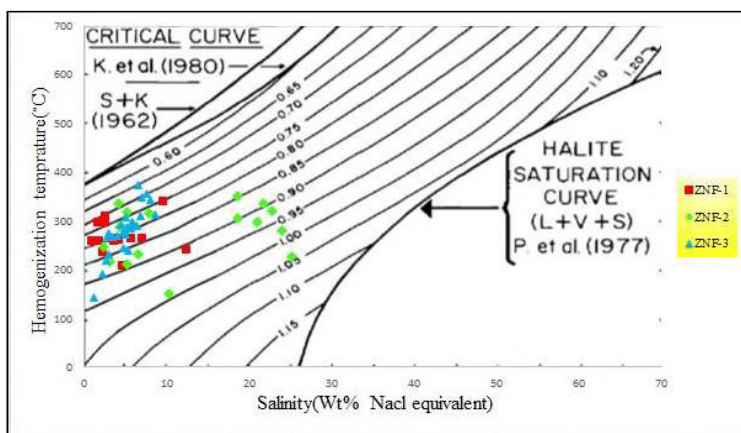
ZNF-3							
<i>n</i>	Size(μ m)	Type	<i>T_m</i> ice (°C)	wt.% NaCl	<i>T_h</i> v-l (°C)	Density	Host mineral
1	6.6	L+V	-0.7	1.158	141.9	0.938	Calcite
2	7.4	L+V	-4.1	6.522	371.8	0.638	
3	15.3	L+V	-1.3	2.143	190.1	0.894	
4	9.1	L+V	-4.4	6.961	348.9	0.698	
5	12.2	L+V	-2.1	3.438	266.1	0.803	
6	17.4	L+V	-2.7	4.389	290.7	0.772	
7	8.5	L+V	-1.8	2.956	231.3	0.851	
8	7.9	L+V	-2.4	3.916	269.5	0.803	
9	18.2	L+V	-1.6	2.632	219.4	0.864	
10	16.1	L+V	-3.1	5.012	270.4	0.815	
11	7.6	L+V	-3.3	5.319	238.2	0.865	
12	10.9	L+V	-2.9	4.702	242.6	0.852	
13	7.3	L+V	-4	6.374	288.3	0.803	
14	8.2	L+V	-3.6	5.775	296.3	0.781	
15	19.9	L+V	-3.2	5.166	286.8	0.800	
16	11.9	L+V	-5.1	7.959	341.4	0.731	
17	14.8	L+V	-4.8	7.536	355.8	0.694	
18	8.3	L+V	-2.9	4.702	276.5	0.801	
19	15.1	L+V	-5.6	8.649	312.2	0.794	
20	9.6	L+V	-1.7	2.794	267.1	0.793	
21	15.7	L+V	-3.1	5.012	307.6	0.75	
22	12.5	L+V	-4.3	6.815	310.4	0.771	
23	7.7	L+V	-1.8	2.956	275.1	0.781	
24	8.9	L+V	-3.7	5.926	294.5	0.787	
25	14.4	L+V	-3.5	5.624	283.1	0.802	

۳-۴- محاسبه فشار و چگالی میان‌بارهای سیال
برای تخمین میزان فشار در زمان به دام افتادن میان‌بارها از نمودار (والتر، ۱۹۸۱) استفاده شد که این رقم بر اساس محاسبات برای اکثریت غالب میان‌بارهای موجود در نمونه‌های گرفته شده از محدوده زوزن، بین ۵۰ تا ۱۰۰ بار می‌باشد (شکل ۹). همچنین میزان چگالی این

میان‌بارها با استفاده از نمودار (بودنار و همکاران، ۲۰۰۳) محاسبه شد که این میزان در حدود $1 \text{ gr}/\text{cm}^3$ تا 0.7 برای این سیالات محاسبه شد (شکل ۱۰). با توجه به نتایج این مطالعات می‌توان عنوان نمود که سیالات در محیط‌هایی با فشار پایین و با میزان شوری کم به وجود آمده‌اند و دارای چگالی پایینی نیز می‌باشند.



شکل ۹. محدوده فشار محاسبه شده برای زمان تشکیل میان‌بارهای سیال در محدوده زوزن (والتر، ۱۹۸۱)



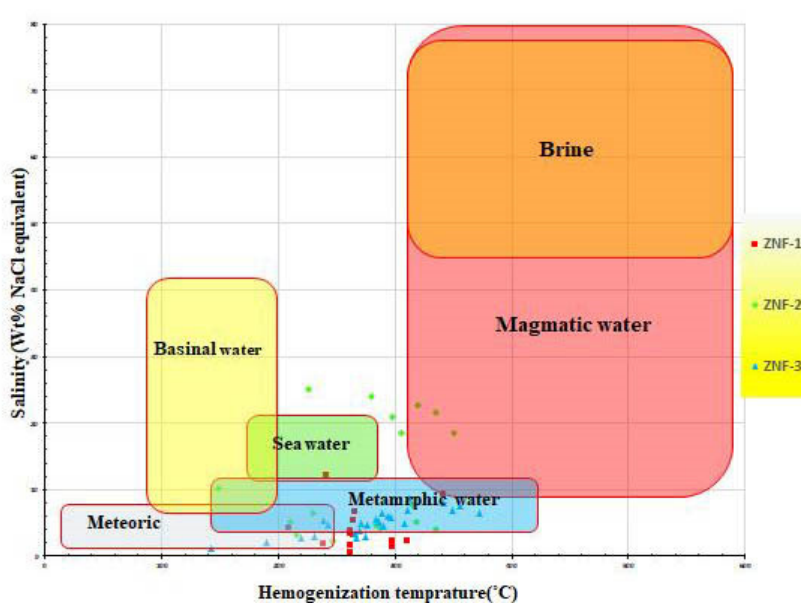
شکل ۱۰. نمودار شوری-دما برای محاسبه چگالی میان‌بارهای سیال (بودنار و همکاران، ۲۰۰۳)

۴-۴- بررسی منشأ سیال کانه‌زا

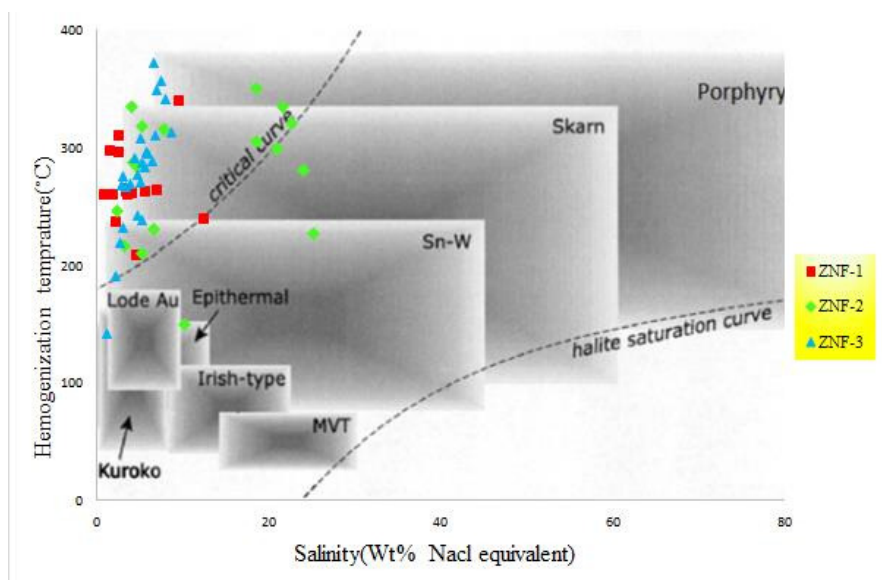
برای تعیین منشأ میان‌بارهای سیال از نمودار دمای همگن شدن در برابر شوری (کسلر، ۲۰۰۵) استفاده می‌شود. مطالعات بر روی داده‌های مربوط به میان‌بارهای درگیر محدوده زوزن، منشأ این میان‌بارها را سیالاتی با منشأ دگرگونی و جوی مشخص کرده است (شکل ۱۱). که این امر با توجه به شرایط کانسار و همچنین میزان شوری پایین و دمای همگن‌شدگی متوسط این میان‌بارها قابلیت توجیه می‌باشد.

۴-۵- بررسی شرایط تشکیل کانسار

برای تعیین شرایط تشکیل کانسار از نمودار نسبت دمای همگن‌شدگی سیال به میزان درصد شوری آن استفاده می‌شود (ویلکینسون، ۲۰۰۱) با توجه به نسبت این میزان می‌توان نوع و تیپ کانسار زوزن را تعیین نمود. به نظر می‌رسد که این قسمت از کانسار بخش اسکارنی حاشیه توده گرمابی اصلی است و دارای مؤلفه‌های دمایی، کانه‌زایی و همچنین ژنتیکی یک کانسار اسکارنی-گرمابی می‌باشد (شکل ۱۲).



شکل ۱۱. نمودار دمای همگن شدن در برابر شوری برای سیالات درگیر محدوده زوزن با تغییرات از (کسلر، ۲۰۰۵)



شکل ۱۲. جایگاه میان‌بارهای سیال محدوده زوزن بر روی نمودار دما-شوری برای انواع مختلف ذخایر معدنی (ویلکینسون، ۲۰۰۱)

۵- نتیجه گیری

مطالعه ژنز یک محدوده معدنی شاخص‌های متعددی از جمله وضعیت ساختاری و زمین‌شناسی ناحیه‌ای، دگرسانی‌ها، کانه‌زایی، ژئوشیمی و در نهایت شرایط فیزیکوشیمیایی حاکم بر محیط تشکیل کانسار مورد مطالعه قرار می‌گیرند و در نهایت چنانچه مجموع این شاخص‌ها مطابق با یک تیپ کانه‌زایی باشد می‌توان به مدل ژنتیکی کانسار مورد مطالعه رسید. همان‌گونه که اشاره شد بلوک لوت به دلیل فراوانی فعالیت‌های ماگمایی دوران ائوسن میزبان کانسارهای مختلف مرتبط با فعالیت ماگمایی است. یکی از این مناطق کانی‌سازی منطقه اکتشافی زوزن است که کانی‌سازی گرمایی با ویژگی‌هایی مشابه با کانسارهای اپی‌ترمال در سامانه‌های گسلی رخ داده و متشکل از کانی‌های سولفیدی اولیه کالکوپیریت و پیریت در رگه‌های سیلیسی و کلسیتی است. کانه‌های سولفیدی اولیه در بخش‌های سطحی به اکسیدهای آهن ثانویه و هم‌چنین کانی‌های ثانویه مس تبدیل شده‌اند. مطالعات ریزدماسنجی روی بلورهای کلسیت هم پاراژنز با کانی‌های سولفیدی نشانه دمای کانی‌سازی بین ۱۴۱ تا ۳۷۱ درجه سانتی‌گراد با بیشینه فراوانی در محدوده ۲۰۰ تا ۳۰۰ درجه سانتی‌گراد و میانگین شوری ۴ درصد وزنی نمک طعام است. در کانسار زوزن با توجه به مطالعات سیال درگیر، مطالعات کانی‌شناسی و سنگ‌شناسی و مطالعات ژئوشیمیایی که انجام گرفت و نتایج حاصل می‌توان عنوان نمود که این کانسار یک محدوده هیدروترمال عظیم است. و بخش مطالعه شده این کانسار، بخشی از حاشیه یک توده پورفیری می‌باشد، نفوذ آپوفیزهایی از توده اصلی باعث ایجاد کانه‌زایی و هم‌چنین پدیده اسکارن در مجاورت سنگ‌های آهکی و ولکانیک‌های موجود در گوشه شمال‌غربی منطقه مورد مطالعه گشته است. از آن‌جا که این قسمت، از بخش‌های عمیق و مرکزی توده پورفیری دورتر می‌باشد بنابراین سیالات کانه‌زا در این محدوده دارای دمای متوسط، شوری پایین و عمق جوشش نسبتاً کم و فشار پایینی می‌باشند و منشا این سیالات فعالیت‌های دگرگونی و آب‌های جوی می‌باشد.

تشکر و قدردانی

از داوران محترم این نشریه که در جهت ارتقای کیفیت این مقاله، پیشنهادات ارزنده‌ای ارائه نمودند، تشکر و قدردانی می‌شود.

منابع

- هادی‌زاده، ح.، کلاگری، ع. ا.، نظافتی، ن.، ملایی، ح.، عزمی، ح (۱۳۹۴) ژئوشیمی و متاسوماتیسم پتاسیم در سنگ‌های میزبان کانه‌زایی کانسار اپی‌ترمالی نیان واقع در شمال باختری بلوک لوت- خاور ایران، فصلنامه علوم‌زمین، دوره ۲۴، شماره ۹۵، ص ۱۸۱-۱۹۴.
- Abdoli Sereshgi, H. Ganji, A. Ashja Ardalan, A. Taheri, J (2019) Detection of metallic prospects using staged factor and fractal analysis in Zouzan region, NE Iran, *Iranian Journal of Earth Sciences (IJES)*, 11.
- Arjmandzadeh, R (2011) Mineralization, geochemistry, geochronology, and determination of tectonomagmatic setting of intrusive rocks in Dehsalm and Chahshaljami prospect areas, Lut block, east of Iran, Unpublished Ph D thesis, Ferdowsi University of Mashhad 369.
- Azmi, H (2007) Exploration in Zouzan area using Geochemical methods in Zouzan area, Exploratory Report. Kan Iran Co.
- Berberian, M (1983) Continental deformation in the Iranian Plateau, *Rep/Iran Geol survey*.
- Blourian, G. Safari, M (2005) 1: 100000 geological map of Zouzan, Geological Survey of Iran (in Persian).
- Bodnar, R. J., Samson, I. Anderson, A. Marshall, D (2003) Reequilibration of fluid inclusions, *Fluid inclusions: Analysis and interpretation*, 32: 213-230.
- Eftekharnjad, J (1981) Tectonic division of Iran with respect to sedimentary basins, *Journal of Iranian Petroleum Society*, 82: 19-28.
- Ehsan, S. Hassan, K. M., Azadeh, M. S., Shahri, H. Reza, M (2013) Mineralization, Alteration and Geochemical exploration in the eastern part of Keybarkuh (Khaf).
- Jung, D. Keller, J. Khorasani, R. Marcks, C. Baumann, A. Horn, P (1984) Petrology of the Tertiary magmatic activity in the northern Lut area, east Iran, *Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie-Abhandlungen*: 417-467.
- Kesler, S. E (2005) Ore-forming fluids, *Elements*, 1: 13-18
- Ramezani, J. Tucker, R. D (2003) The Saghand region, central Iran: U-Pb geochronology, petrogenesis and implications for Gondwana tectonics, *American journal of Science*, 303: 622-665.

- Saccani, E. Delavari, M. Beccaluva, L. Amini, S (2010) *Petrological and geochemical constraints on the origin of the Nehbandan ophiolitic complex (eastern Iran): Implication for the evolution of the Sistan Ocean*, *Lithos*, 117: 209-228.
- Shepherd, T. J., Rankin, A. H., Alderton, D. H (1985) *A practical guide to fluid inclusion studies*. Blackie.
- Tarkian, M. Lotfi, M. Baumann, A (1983) *Tectonic, magmatism and the formation of mineral deposits in the central Lut, east Iran*, Ministry of mines and metals, GSI, Geodynamic project (Geotraverse) in Iran, 51:357-383.
- Walther, J (1981) *Fluide Einschlüsse im Apatit des Carbonatits vom Kaiserstuhl Oberrheingraben: ein Beitr. z. Interpretation der Carbonatitgenese*. na.
- Wilkinson, J (2001) *Fluid inclusions in hydrothermal ore deposits*, *Lithos*, 55: 229-272.

Study of fluid inclusion in Zouzan deposit, southwest of Khaf city (north east of Iran) and its important investigation of the genesis

H. Abdoli Sereshgi^{*1}, Afshin Ashja Ardalan², A. R. Ganji³, H. Torshizian⁴ and J. Taheri⁵

1, 2- Dept., of Geology, North Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran

3- Dept., of Geology, Lahijan Branch, Islamic Azad University, Gilan

4- Dept., of Geology, Mashhad Branch, Islamic Azad University, Mashhad

5- Geological Survey of Iran North-East, Mashhad

**h.sereshki@iau-mb.ac.ir*

Recieved: 2020/2/4 Accepted: 2020/10/26

Abstract

Zouzan region is located 80 km southeast of Torbat Heydariyeh city (northeast of Iran). This area is located in the northern part of the Lut block and the oldest rocks in the area include Staurolite schist's, Garant Muscovite Shist and Transformed Limestones belonging to the Paleozoic, the main rocks of the region, deep and semi-deep penetrating masses in Diorite, Andesite, Andesite Porphyritic, Monzonite, granodiorite, belongs to the Paleocene. In the penetrating masses of the area, large and different alteration zones can be seen. Ultrasonic zoning in the area includes porphyry alteration, argillic, quartz seressite, pyrite and getting Skarn and a combination of these. Based on the combination of mineral cognition and high magnetic acceptability (on average about $SI\ 5-10 \times 500$), the permeable masses of the region belong to the magnetite series (oxidant type) and are of type I granites. The presence of extensive and suitable alteration systems, the presence of semi-deep masses such as Monzonite masses, Monzonite quartz, Diorite and Diorite quartz, the general tectonic and geological pattern and the Magma series west of Zouzan confirm the exploratory potential for the porphyry system in the area, also study used fractal-grade methods - number in the range for the elements gold, copper, silver, lead and zinc to identify and identify multiple statistical communities for each of these elements in the Zouzan range. The aim of this study was to investigate the genesis and origin of mineralization and fluid studies involved in Zouzen region, to do this, three samples of calcite particles were found in volcanics in the area. After preparing two-polished sections in the Mining Laboratory of Iran's Mineral Processing Research Center, Were studied. Based on the results of these studies, it can be stated that the fluids are formed in low pressure environments (50-100 bar and low salinity (0-5% wt.) and have a low density of (0.7 to 1 gr / Cm³), also to determine the origin of fluid intermediates, the diagram of the homogenization temperature against salinity was used, These studies have determined the origin of these intermediates as fluids with a source of metamorphism and atmosphericity. It is possible to pay attention to the conditions of the deposit as well as the low salinity rate and the average homogeneity temperature of these mediums. According to all the above information about the Zouzan deposit, considered the deposit to be part of the margins of a porphyry mass, Due to the infiltration of apophyses from the main mass, it has caused mineralization and also the phenomenon of Skarn in the vicinity of limestone in the study area.

Keywords: Fluids inclusion, Mineralization type, Fractal modeling, Zouzan, Khaf