



## بررسی‌های کانی‌شناسی و میانبارهای سیال در کانسار طلای زرشوران، شمال تکاب، شمال غرب ایران

توحید یوسفی<sup>۱\*</sup>، علی عابدینی<sup>۱</sup>، فرهنگ علی‌یاری<sup>۲</sup>، علی اصغر کلاگری<sup>۳</sup>

۱- گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران

۲- گروه مهندسی معدن، دانشگاه صنعتی ارومیه، ارومیه، ایران

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

(دریافت مقاله: ۹۷/۶/۳، نسخه نهایی: ۹۷/۹/۱۰)

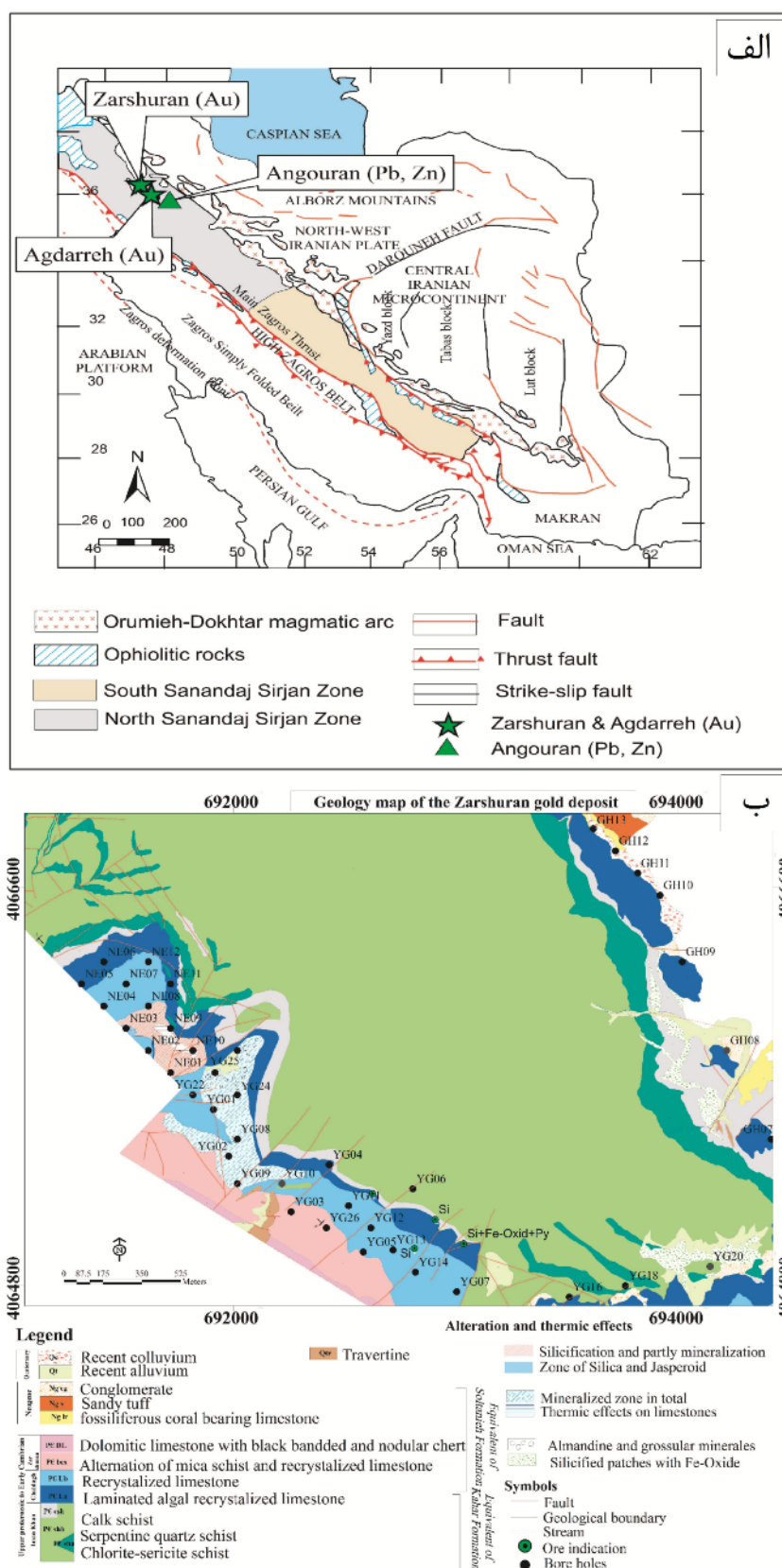
**چکیده:** کانسار طلای نوع کارلین در زرشوران در فاصله ۳۰ کیلومتری شمال شهرستان تکاب، استان آذربایجان غربی، شمال غرب ایران واقع است. واکنش سیال‌های کانه‌ساز با کربنات‌ها و شیل‌های میزبان منجر به تشکیل و گسترش پهنه‌های دگرسانی دِکربناتی، آرژیلی، آلونیتی، سیلیسی، و سولفیدی در منطقه مورد بررسی شده است. بر اساس بررسی‌های میکروسکوپیکی و مزوسکوپیکی صورت گرفته بر نمونه‌های مغزه حفاری، کانه‌سازی طلا در ارتباط با پیریت‌های طلادار و آرسنیک‌دار بوده است که طی دو مرحله تشکیل شده‌اند. مجموعه کانی‌های مربوط به این مراحل شامل پیریت آرسنیک‌دار، رالگار، ارپیمنت، سینابر، استیبنیت، و اسفالریت کلوform به همراه مقادیر کمتری سولفوسالت (تتراهیدریت و گچ‌لیت) به صورت هم‌رشدی با ژاسپروئید و کوارتز هستند. بررسی‌های ریزدماسنجی بر روی میانبارهای سیال دوفازی غنی از مایع در کوارتزهای خودشکل هم‌رشد با سولفیدهای طلادار نشان داد که سیال‌های کانه‌ساز دارای میانگین دمای همگن شدگی ( $T_h$ ) حدود ۲۶۰ درجه سانتی‌گراد و شوری ۹/۲ در صد وزنی معادل نمک طعام هستند. روند تغییرات شوری و  $T_h$  میانبارهای سیال را می‌توان با تلفیقی از آمیختگی و رقیق شدن سیال‌های کانه‌ساز با آب‌های زیرزمینی با خاستگاه جوی توضیح داد. این فرآیندها احتمالاً علت اصلی ناپایداری کمپلکس‌های طلادار و از اینرو، نهشت طلا در رگه/رگچه‌ها هستند. همچنین، براساس فشارهای به دست آمده از یافته‌های ریزدماسنجی، عمق‌های برآورد شده برای تشکیل کانسنگ در گستره ۱۶۰ تا ۳۰۰ متر و فشار ۴۰ تا ۷۵ بار هستند که با بعضی ذخایر طلای نوع کارلین همخوانی دارد. بطور کلی، یافته‌های زمین‌شناسی، کانی‌شناسی، بافتی و ریزدماسنجی شواهد کافی را برای قرارگیری کانه‌زایی طلای زرشوران در زمره کانسارهای طلای نوع کارلین فراهم می‌نمایند.

**واژه‌های کلیدی:** کارلین؛ کانه‌زایی طلا؛ میانبارهای سیال؛ نوع کارلین؛ سولفوسالت‌ها؛ زرشوران.

### مقدمه

کانسار توسط پژوهشگران مختلف به عنوان یکی از نمودهای کانسارهای نوع کارلین یا شبه‌کارلین در پهنه ساختاری سنندج- سیرجان معرفی شده است که در آن دگرسانی‌های معمول موجود در این نوع کانسارها شامل انحلال کربنات، سیلیسی‌شدن، آرژیلی و دولومیتی‌شدن هستند [۲-۴]. با در نظر گرفتن پژوهش‌های پیشین به نظر می‌رسد که برای شناخت و فهم ماهیت دقیق سیال‌های کانسنگ‌ساز در کانسار طلای زرشوران، تلفیق نتایج برآمده از بررسی ویژگی‌هایی مانند

پژوهش پیرامون میانبارهای سیال در کانی‌های شفاف در سال‌های اخیر مرهون پیشرفت روش‌های تجزیه‌ای بوده است. چنین پیشرفت‌هایی منجر به بررسی دقیق‌تر میانبارهای سیال در کانسارهای مختلف و ارائه ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی سیال‌های کانه‌ساز شده است. کانسار طلای زرشوران، در ناحیه بین بخش شمال غرب پهنه سنندج - سیرجان و کمان ماگمایی ارومیه - دختر [۱] واقع است (شکل ۱ الف). این



شکل ۱ الف) نقشه زمین ساختی ایران و جایگاه کانسارهای زرشوران (طلا)، آق دره (طلا) و انگوران (سرب و روی) در پهنه های دگرگونی سندج-سیرجان و کمر بند ماگمایی ارومیه-دختر بر آن (برگرفته از مرجع [۱] با تغییرات). ب) نقشه زمین شناسی ۱:۱۰۰۰ بخش شرقی منطقه معدنی مورد بررسی و واحدهای سنگی مختلف همراه با جایگاه گمانه های اکتشافی بر آن.

همراه با سنگ آهک‌های به شدت آرژیلیتی و سست واحد چالداغ و نزدیک به پهنه کانهدار گسترش یافته است. دگرسانی سیلیسی گسترده‌ترین نوع دگرسانی در منطقه مورد بررسی محسوب می‌شود.

در کانسار طلای زرشوران رخداد ژاسپروئید و پهنه‌های برشی منطبق بر تمرکز ماده معدنی است. در راستای پهنه اصلی کانهدار که دربردارنده بالاترین عیارهای طلاست، سولفیدی‌شدن هم در راستای لایه‌بندی کربنات سنگ میزبان و هم درون بخش‌های برشی شده این سنگ‌ها (اغلب در برخوردگاه این سنگ‌ها با شیست‌های خاکستری رنگ واحد زرشوران) رخ داده است.

انحلال سنگ آهک میزبان توسط محلول‌های اسیدی ضعیف درون واحد آهکی چالداغ و بین لایه‌های آهکی واحد شیلی زرشوران منجر به گسترش سیلیس جانشینی یا ژاسپروئید و نیز سیلیس پرکننده فضاهای خالی شده است که اغلب با کانی‌سازی سولفیدی همراه است. در پهنه‌هایی که سنگ آهک میزبان فاقد ناخالصی رس، سیلت یا ماسه است، انحلال کامل آهک منجر به تشکیل کانسنگ ژاسپروئید توده‌ای همراه با کانی‌سازی سولفیدهای آرسنیک‌مانند پیریت آرسنیک‌دار، رالگار و اریپمنت شده است.

#### روش بررسی

این پژوهش در دو بخش صحرایی و آزمایشگاهی انجام شده است. نخست، برای تعیین ارتباط بین دگرسانی و کانه‌زایی در مقیاس نمونه دستی و میکروسکوپی با انجام پیمایش‌های صحرایی و بررسی گمانه‌های اکتشافی از بخش‌های دگرسان و کانهدار کانسار زرشوران نمونه برداری شد. بر این اساس، بیش از ۱۰۰ نمونه از بخش‌های دگرسان و کانهدار برداشت و به منظور انجام بررسی‌های میکروسکوپی، از بین آنها ۳۵ نمونه انتخاب و از آنها مقطع نازک- صیقلی و صیقلی تهیه گردید. همچنین، تعداد ۹ مقطع دوبر صیقل از کوارتزهای خودشکل، درشت بلور و شفاف همراه با کانه‌زایی تهیه و بررسی‌های ریزدماسنجی در آزمایشگاه زمین‌شناسی دانشگاه پیام نور تبریز بر آنها انجام شد اندازه‌گیری‌های ریزکاو الکترونی و بررسی‌های میکروسکوپ الکترونی روبشی به منظور تعیین نوع کانی‌ها و کانه‌ها و نیز تعیین الگوی توزیع عناصر طلا و آرسنیک در انواع نسل‌های مختلف پیریت بر ۵ مقطع نازک- صیقلی در آزمایشگاه دانشگاه نوادا آمریکا انجام گردید. بررسی‌های سنگ-نگاری و کانه‌نگاری مقاطع میکروسکوپی یاد شده در آزمایشگاه میکروسکوپی دانشگاه ارومیه انجام شد. همچنین، به منظور شناسایی دقیق‌تر کانی‌های موجود در نمونه‌های دگرسان و

بافت و ساخت کانی‌ها و کانه‌ها در پهنه‌های دگرسان و کانهدار با ویژگی‌های به دست آمده از بررسی‌های سنگ‌نگاری و ریزدماسنجی میانبارهای سیال بر ژاسپروئیدهای کانهدار بسیار ضروری باشد. این امر از این نظر اهمیت دارد که در کانسار طلای زرشوران، همزمانی فرآیند سیلیسی‌شدن با کانه‌زایی تاخیری شامل طلا باعث شده است تا از آن به‌عنوان رهیافتی برای بررسی میانبارهای سیال استفاده شود. در این پژوهش، با تلفیق نتایج برآمده از بررسی‌های کانی‌شناسی و ریزدماسنجی کانی‌های کوارتز خودشکل همراه با کانه‌زایی اطلاعات جامعی از عمق احتمالی تشکیل کانسار زرشوران و روند تکامل سیال کانسنگ‌ساز طی تکوین آن ارائه می‌شود.

#### زمین‌شناسی و دگرسانی

قدیمی‌ترین واحدهای سنگی رخنمون یافته در منطقه کانسار زرشوران مجموعه ایمان‌خان به سن پرکامبرین هستند [۵] (شکل ۱ ب) که به‌ترتیب از قدیم به جدید از سه واحد (۱) ایمان‌خان، (۲) چالداغ و (۳) زرشوران تشکیل شده‌اند [۲، ۳ و ۶]. واحد ایمان‌خان شامل اپیدوت شیست، کلریت شیست و سرپانتین شیست است. مرز این واحد و واحد چالداغ به واسطه حضور بین لایه‌هایی از مرمر قابل تشخیص است. واحد چالداغ از سنگ آهک متبلور خاکستری تا کرم رنگ تشکیل شده است و به طور ناپیوسته بر واحد ایمان‌خان قرار دارد. این واحد میزبان اصلی کانه‌زایی بوده و از بلورهای کلسیت و دولومیت خودشکل تا نیمه خودشکل تشکیل شده است. کانه‌زایی شامل پیریت‌های رگچه‌ای، پرکننده فضای خالی و فرامیوئیدی مرحله میانزایی، رالگار، اریپمنت، سینابر، استیبنیت و سولفوسالت‌هایی مانند تتراهدریت و گچلیت است. واحد زرشوران با ترکیب سنگ‌شناسی شیل تیره‌رنگ و ماسه‌سنگ که میزبان بخشی از کانه‌زایی طلاست، به طور موضعی به شیست‌های تیره و خاکستری رنگ تبدیل می‌شود. این واحد با توالی از توف ریولیتی، کوارتز پورفیری، ریولیت، ماسه‌سنگ، شیل، و دولومیت به ضخامت تقریبی ۱۰۰ متر پوشیده شده است (سازند قره داش).

انواع مختلفی از دگرسانی‌های گرمایی درونزاد شامل کربنات‌زدایی، آرژیلی، آلونیتی، سیلیسی و سولفیدی به ترتیب از لبه به سمت بخش‌های داخلی کانسار زرشوران گسترش یافته‌اند. کربنات‌زدایی در بخش مرکزی کانسار بصورت انحلال کربنات‌های میزبان کانه‌زایی طلا و رخداد سیلیس جانشینی گسترش یافته است. دگرسانی آرژیلی بخش خارجی و پیرامونی پهنه کانهدار را احاطه نموده است. دگرسانی آلونیتی که نتیجه عملکرد سیال‌های درونزاد بر سولفیدهای اولیه است، اغلب

کانه دار، از پراش سنج فیلیپس 1800 مدل PW در آزمایشگاه شرکت کانساران بینالود استفاده گردید. با توجه به همزمانی فرآیند سیلیسی شدن با کانه زایی سولفیدی در کانسار طلای زرشوران، از رگه های کوارتز و ژاسپروئیدهای شامل کانه زایی تاخیری مانند رالگار، اریپمنت و پیریت نمونه برداری شد تا بتوان دمای به دست آمده از بررسی های ریز دماسنجی را به کانه زایی طلا نسبت داد. به منظور تعیین دمای همگن شدگی و دمای ذوب اولیه (نقطه همگدازی) و نهایی یخ، بررسی های ریز دماسنجی میانبارهای سیال با دستگاه Linkham مدل THS600 با عدسی  $40\times$  در آزمایشگاه زمین شناسی اقتصادی دانشگاه پیام نور مرکز تبریز انجام شد. برای بررسی میانبارهای سیال از نمونه های ژاسپروئیدی شامل بلورهای کوارتز خود شکل و کانی های سولفیدی (پیریت، اریپمنت، و رالگار) و همچنین از نمونه های برداشت شده از رگه های فلوریت دار استفاده شد. بدین منظور، تعداد ۷۰ میانبار سیال بی شکل تا کروی و با اندازه هایی متغیر از ۵ تا ۱۵ میکرون با حجم فاز مایع متغیر (۶۰٪ تا ۸۰٪) انتخاب شد و با انجام عملیات سرمایش و گرمایش، یافته های دمایی آنها بدست آمد. به منظور تعیین درجه شوری، نخست میانبارها تا حدود ۱۱۰- درجه سانتی گراد به سرعت ابر سرد شده و سپس با افزایش تدریجی دما، نخستین نقطه ذوب فاز جامد (یخ و هیدروهالیت) یا دمای همگدازی ( $T_e$ ) و سرانجام نقطه ذوب آخرین تکه یخ ( $T_{mice}$ ) اندازه گیری شد. پس از بررسی های سنگ نگاری، از بین مقاطع دوبرصیقل تهیه شده، مقاطعی شامل میانبارهای سیال با اندازه مناسب انتخاب شدند تا بتوان فازهای داخلی آنها را به راحتی تشخیص داد. گفتنی است که علائم اختصاری بکار رفته برای کانی ها برگرفته از مرجع [۷] هستند.

## نتایج و بحث

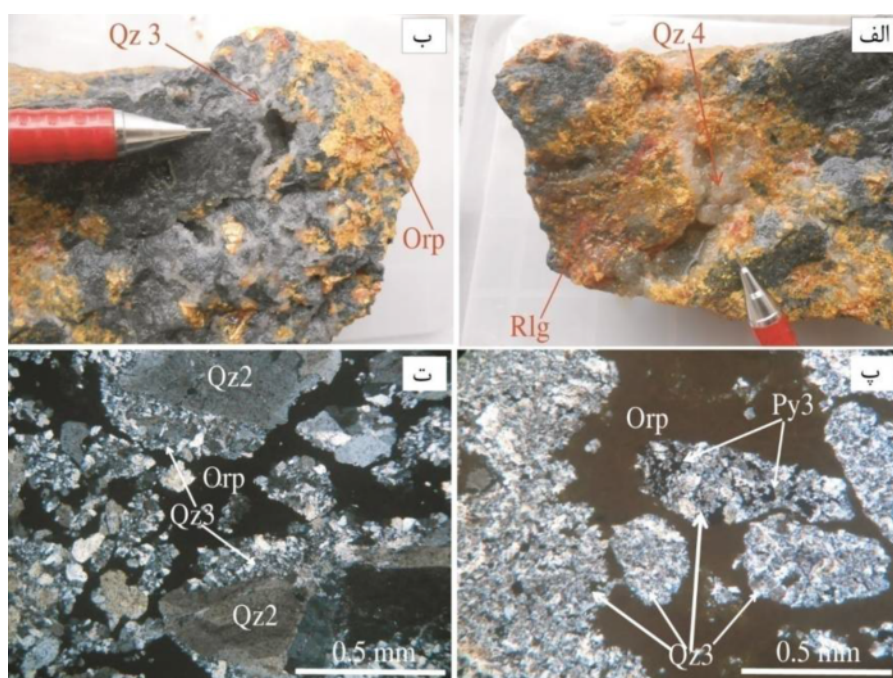
### سنگ نگاری و کانی شناسی

**دگرسانی سیلیسی:** در منطقه مورد بررسی، ژاسپروئیدهای توده ای غنی از کانه زایی سولفیدی (شکل های ۲ الف و ب) در واحدهای میزبان آهکی به نسبت خالص چالداغ تشکیل شده اند. در ژاسپروئیدهای پرعیار کانسار زرشوران، انحلال کربنات، دگرسانی سیلیسی و سولفیدی همزمان و یا کمی با فاصله از هم سنگ های میزبان آهکی را تحت تاثیر قرار داده اند. به عبارت دیگر، انحلال کربنات ها در مرحله نخست، فضای لازم را برای ورود و ته نشین شدن سیال کانه ساز فراهم کرده است. حضور ژاسپروئید و کوارتز دروزی دانه ریز مرحله تاخیری کانه زایی پرکننده حفره ها از ویژگی های بارز ذخایر طلای نوع کارلین

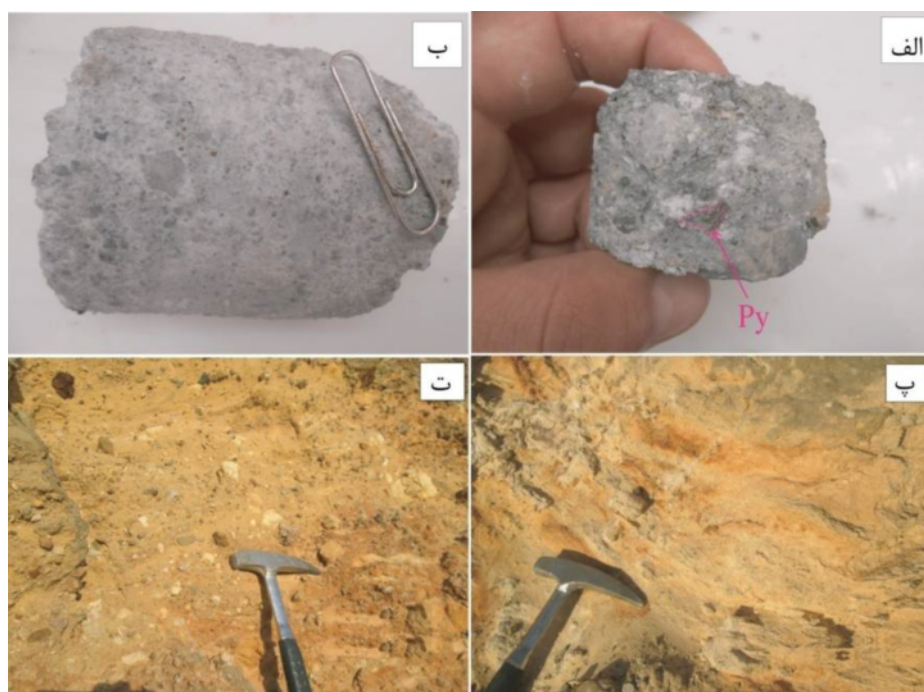
محسوب می شود [۸، ۹]. در این کانسار، رگه و رگچه های کوارتز شیری رنگ سولفیددار اغلب درون شیبست های خاکستری و میان لایه های آهکی آنها رخ داده اند و موید نسل اول کوارتز و مرحله اولیه کانه زایی هستند. تنوع سولفید در آنها پایین است و بطور عمده شامل کانه زایی پیریت هستند که در برخی نقاط به گوئیت تبدیل شده اند. کوارتزهای نسل چهارم به دلیل رشد کافی در فضای برآمده از انحلال کربنات ها، دانه درشت تر از کوارتزهای نسل دوم هستند و بافت شانه ای از خود نشان می دهند (شکل ۲ الف). این در حالی است که ژاسپروئید و کوارتز دروزی دانه ریز مرحله تاخیری کانه زایی و دما پایین (نسل سوم کوارتز) با کانه زایی رالگار، اریپمنت و پیریت های غنی از آرسنیک طلا دار و دانه ریز نسل دوم و سوم دارای هم رشدی هستند (شکل ۲ ب).

بر اساس بررسی های میکروسکوپی، دو نسل کوارتز در ژاسپروئیدهای کانه دار قابل تشخیص است که عبارتند از: (۱) کوارتزهای نسل دوم که شامل کوارتزهای دانه درشت برآمده از فاز اولیه سیال گرمابی دما بالا هستند و (۲) کوارتزهای نسل سوم که دانه ریزتر از کوارتزهای نسل دوم هستند و در دمای پایین تری از سیال گرمابی و تقریباً همزمان با سولفیدهایی مانند رالگار، اریپمنت، پیریت و آرسنوپیریت ها تشکیل شده اند. در زیر میکروسکوپ، نسل دوم کوارتزها نسبت به نسل سوم رنگ تیره تری دارند. هم رشدی پیریت های تاخیری نسل سوم شامل طلا درون کوارتزهای ریزبلور نسل سوم در مقاطع بسیار شاخص است (شکل ۲ پ). کوارتزهای نسل سوم اغلب به صورت ریز بلور در لبه کوارتزهای نسل دوم یا در فضای خالی سنگ میزبان گسترش یافته اند (شکل ۲ ت).

**دگرسانی آرژیلی:** این دگرسانی به طور عمده در درون واحد آهکی چالداغ گسترش یافته و پهنه کانه دار را احاطه نموده است. در رخنمون های صحرایی و در نمونه های دستی از این پهنه (شکل ۳ الف)، کانه زایی سولفیدی به وفور قابل تشخیص است. این دگرسانی گاهی همراه با دگرسانی سیلیسی به صورت سنگ آهک های آرژیلیتی و سیلیسی شده دربردارنده پیریت- های بسیار دانه ریز، پراکنده و اغلب اکسیده دیده می شود (شکل ۳ ب). در منطقه کانسار، سنگ های آهکی که در پهنه- های کانه دار واقع هستند، دستخوش دگرسانی آرژیلی ضعیف تا متوسطی شده اند، اما با افزایش مقدار سیلت و قطعات تخریبی، این سنگ ها به شدت سست و ترد می شوند (شکل های ۳ پ و ت) و رنگ ظاهری سفید به خود می گیرند و از شدت کانه زایی سولفیدی در آنها کاسته می شود.



شکل ۲ ارتباط سیلیسی شدن با کانه‌زایی سولفیدی در نمونه‌های دستی و تصاویر میکروسکوپی کانسار طلای زرشوران: الف) نمونه دستی از رخداد کوارتز نسل ۴ و پس از کانه‌زایی درون حفره‌های برآمده از انحلال سنگ آهک میزبان، ب) نمونه دستی از کانسنگ ژاسپروئیدی و کوارتز دروزی دانه‌ریز نسل ۳ و همزمان با کانه‌زایی، پ) تصویر میکروسکوپی با نور عبوری که نشان‌دهنده هم‌رشدی پیریت‌های نسل سوم و طلادار در کوارتز ریزبلور نسل ۳ است، و ت) تصویر میکروسکوپی با نور عبوری که بیانگر رخداد کوارتزهای نسل ۲ و ۳ درون کانسنگ ژاسپروئیدی است. علائم اختصاری به کار رفته عبارتند از: اریپمنت: Orp، کوارتز: Qz، رالگار: Rlg، و پیریت: Py.



شکل ۳ تصاویر نشان دهنده ارتباط دگرسانی آرژیلی با کانه‌زایی سولفیدی در بخش‌های مختلف کانسار: الف) کانه‌زایی سولفیدی درون سنگ آهک آرژیلی، ب) رخداد دگرسانی‌های سیلیسی و آرژیلی در سنگ آهک چالداغ که همراه با کانه‌زایی دانه‌پراکنده است، پ) دگرسانی متوسط تا شدید آرژیلی در سنگ آهک سیلتی و فاقد کانه‌زایی چالداغ، و ت) دگرسانی شدید آرژیلی در سنگ آهک تخریبی و ماسه‌ای و فاقد کانه‌زایی واحد چالداغ. (پیریت: Py).

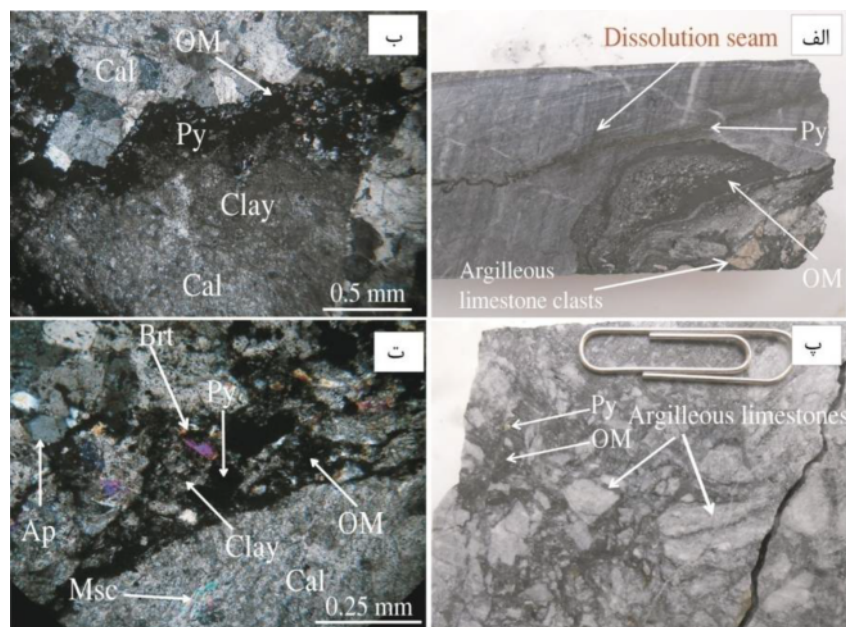


آنورتیت، فلورآپاتیت، مارکاسیت و پیریت هستند.

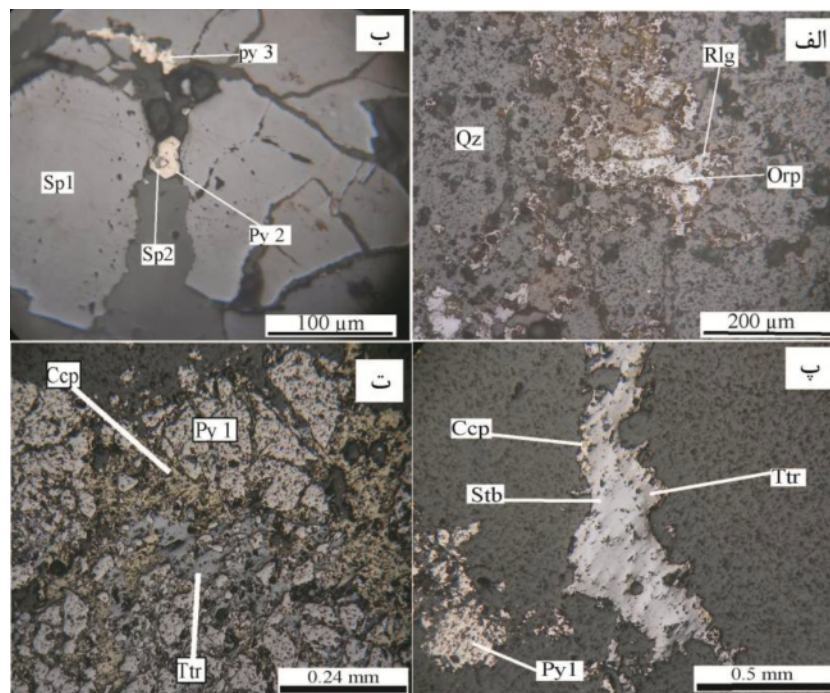
### بررسی های کانه نگاری

بررسی های میکروسکوپی نشان می دهند که کانی های رالگار و اریپمنت اغلب به طور هم رشد با یکدیگر و در ارتباط با سیلیس جانشینی (ژاسپروئید) قابل مشاهده هستند (شکل ۵ الف). بافت غالب بلورهای رالگار و اریپمنت، پرکننده فضاهای خالی است. اسفالریت در نمونه دستی به صورت اگرگات های بسیار دانه ریز و پولکی شکل دیده می شود. بافت کلو فرم بیانگر رخداد این کانه در دمای پایین و در هم رشدی با سیلیس پرکننده فضاهای خالی است. دو نسل اسفالریت در مقاطع میکروسکوپی قابل تشخیص است. اسفالریت های نسل اول دانه درشت هستند و در دماهای بالاتر تشکیل شده اند. این در حالی است که اسفالریت های نسل دوم دانه ریز هستند و در دماهای پایین تری و همزمان با پیریت های دانه ریز و تاخیری تشکیل شده اند، به طوریکه گاهی به صورت میانبار درون پیریت های نسل دوم دیده می شوند. پیریت های نسل دوم که اسفالریت ها را همراهی می کنند نیمه خود شکل و دانه درشت تر بوده و دمای تشکیل آنها بالاتر از پیریت های نسل سوم و بی شکل است. هر دو نسل پیریت فضای بین اسفالریت ها را پر کرده اند (شکل ۵ ب).

**دگرسانی سولفیدی:** واحدهای شیل و سنگ های میزبان کربناتی ناخالص که فاقد دگرسانی شدید و کانه زایی قابل ملاحظه طلا هستند، تنها آثار بسیار جزئی از سرپسیت، مسکویت و کانی های رسی را نشان می دهند. این در حالی است که در شیل و سنگ آهک غنی از کانه زایی طلا که دارای دگرسانی های بالقوه و شدید سولفیدی (به صورت پیریت های دانه ریز و پراکنده و پرکننده شکستگی ها) هستند، می توان انحلال شدید کربنات ها و آرژیلیتی شدن را به روشنی مشاهده کرد. در این واحدها بویژه در رگه های انحلالی غنی از مواد آلی، مقادیر قابل ملاحظه ای از کانی های سولفید آهن دار غنی از طلا دیده می شوند (شکل های ۴ الف و ب). کانسنگ های برشی گرمایی که نتیجه عملکرد همزمان گسلش و تأثیر سیال کانسنگ ساز به صورت آرژیلی شدن بر قطعات آهکی خرد شده موجود در پهنه های گسلی هستند با رخداد پیریت های طلا دار، باریت و آپاتیت در بخش زمینه برش ها مشخص می شوند (شکل های ۴ پ و ت). بر اساس الگوهای پراش پرتو ایکس (XRD)، کانی های موجود در این دگرسانی شامل کائولینیت، موسکویت، ایلیت، مونت موریلونیت، جاروسیت، دولومیت، آناتاز، آلبیت، ارتوکلاز، ژپس، دیاسپور، آنکريت، روتیل، سیدریت،



**شکل ۴** تصاویر نمونه دستی و میکروسکوپی با نور عبوری نشان دهنده دگرسانی های گرمایی مختلف در کانسار زرشوران: الف) تصویر نمونه دستی از سنگ آهک غنی از مواد آلی و آرژیلیتی همراه با کانه زایی سولفیدی در رگه های انحلالی، ریزشکستگی ها و برش انحلالی، ب) تصویر میکروسکوپی نمونه الف که سنگ آهک آرژیلی غنی از مواد آلی و سولفیدی را نشان می دهد، پ) تصویر نمونه دستی از برش گرمایی دربردارنده قطعات آهک آرژیلیتی و زمینه غنی از سولفید و مواد آلی و ت) تصویر میکروسکوپی نمونه ت که ارتباط آرژیلیتی شدن کلسیت میزبان با مواد آلی و سولفیدی را نشان می دهد. علائم اختصاری بکار رفته عبارتند از: پیریت: Py، کلسیت: Cal، ماده آلی: OM، موسکویت: Msc، و باریت: Brt، آپاتیت: Ap.



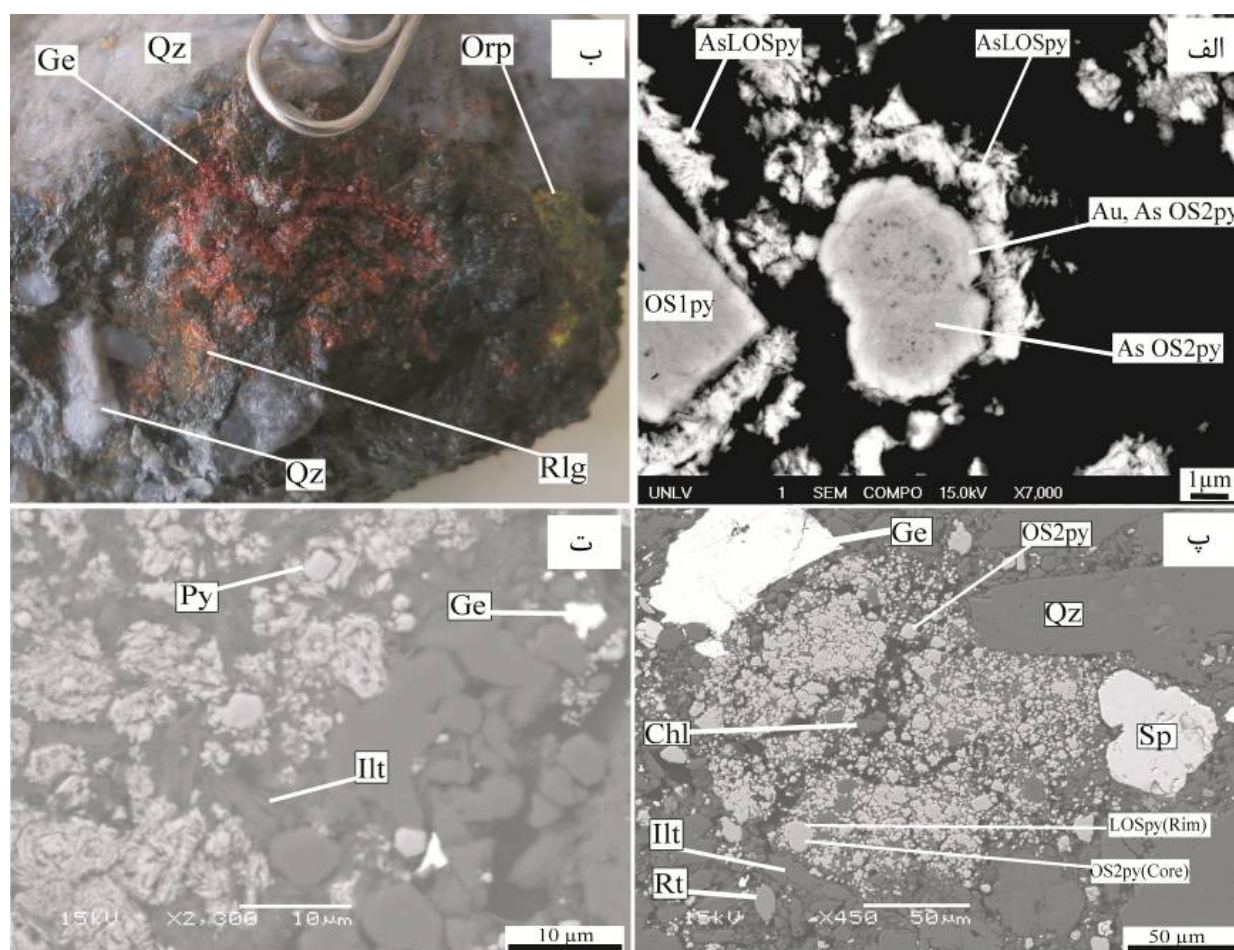
**شکل ۵** تصاویر میکروسکوپی با نور بازتابی از کانه‌های مربوط به دگرسانی سیلیسی در کانسار زرشوران: (الف) هم‌رشدی بلورهای رالگار و اریپمنت، (ب) الگوی توزیع پیریت نسل‌های ۲ و ۳ که فضای بین اسفالریت‌ها را پر کرده‌اند، (پ) منطقه‌بندی استیبینیت با تتراهدریت، و (ت) رخداد تتراهدریت به صورت شکافه پرکن درون پیریت نسل ۱ و کالکوپیریت. علائم اختصاری بکار رفته عبارتند از: رالگار: Rlg، اریپمنت: Orp، پیریت: Py، اسفالریت: Sp، استیبینیت: Stb، تتراهدریت: Ttr، کالکوپیریت: Ccp.

ریز میانبارهای بسیار تشکیل شده‌اند که سطح این نوع پیریت‌ها را ناصاف نشان می‌دهد. در حالیکه این نوع پیریت‌ها به سمت خارج دارای لبه کاملاً صاف و روشن و مرز کاملاً نمایان و غنی از طلا و آرسنیک نسبت به بخش مرکزی هستند که نشان دهنده وجود طلای غیرقابل مشاهده در این نوع پیریت‌هاست (شکل ۶ الف). کانی گچلیت (به فرمول شیمیایی  $\text{AsSbS}_2$ ) از جمله کانی‌های کمیاب در کانسار زرشوران است که در نمونه دستی رنگ قرمز اناری دارد و به صورت بلورهای باریک و کشیده و دارای سطوح رخ کامل است که آنرا از کانی سینابر متمایز می‌کند (شکل ۶ ب). این کانی را می‌توان اغلب در سنگ دیواره‌های شامل شیل آلی و آهک به شدت سیلیسی، ژاسپروئیدی و برشی همراه با کانی‌های تاخیری دیگر مانند رالگار و اریپمنت مشاهده کرد. به دلیل دمای پایین تشکیل سولفوسالت‌ها، انتظار می‌رود که کانی‌های همراه آنها نیز دما پایین باشند. بنابراین، گچلیت در تصاویر میکروسکوپ الکترونی روبشی همراه با کانی‌های تاخیری بسیار دما پایین مانند پیریت‌های طلادار نیمه‌خودشکل تا بی‌شکل مرحله دوم، مرحله تاخیری، اسفالریت‌های دما پایین و بی‌شکل، کلریت گرمابی و ایلیت دیده می‌شود (شکل‌های ۶ پ و ت).

استیبینیت یک کانی مرحله تاخیری کانه‌زایی است که به صورت افزایش Sb در پیریت‌های مرحله تاخیری و یا از تبلور مستقیم از سیال کانه‌زا ایجاد می‌شود. این افزایش غلظت Sb می‌تواند به دلیل افزایش حلالیت آن در اثر سرد شدن سیستم رخ دهد [۱۰]. این کانی در مقاطع اغلب با تتراهدریت به صورت منطقه‌بندی و یا به صورت رگچه‌هایی که شکستگی‌های بین پیریت و کالکوپیریت را پر نموده است، دیده می‌شود (شکل ۵ پ). کالکوپیریت اغلب در رگه‌های کوارتز-سولفید گرمابی قابل مشاهده است. این رگه‌ها شیری رنگ بوده و پیش از فرآیند کانه‌زایی اصلی طلا شکل گرفته‌اند. در این رگه‌ها، کالکوپیریت بی‌شکل است و همراه با پیریت‌های با بافت دانه پراکنده خودشکل تا بی‌شکل به صورت شکافه پرکن دیده می‌شود (شکل ۵ ت). در برخی از این رگه‌ها، شکستگی‌های بین کالکوپیریت و پیریت توسط کانی‌های دما پایین چون استیبینیت و تتراهدریت پر شده‌اند (شکل ۵ ت).

از تجزیه ریزکاو الکترونی و تصاویر میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM) بخش‌های کانه‌دار و دگرسان مشخص شد که پیریت‌های مرحله دوم کانه‌زایی گرمابی و نیمه‌خودشکل نسل دوم (OS2) که هسته را تشکیل می‌دهند از نظر بافتی از





شکل ۶ تصاویر میکروسکوپ الکترونی روبشی و اندازه گیری های ریزکاو الکترونی به همراه نمونه دستی از بخش های کانه دار و دگرسان کانسار زرشوران: الف) ریز میانبارهای فراوان در سطح پیریت نیمه خود شکل مرحله دوم کانه زایی و سطح روشن در پیریت های حاشیه ای و رورشد غنی از طلا و آرسنیک. ب) تصویر نمونه دستی نشان دهنده همراهی گچلیت با رالگار، اریپمنت و کوارتز در سنگ دیواره به شدت برشی و خرد شده، پ و تصاویر میکروسوپ الکترونی روبشی از رخداد کانی گچلیت همراه با کانی های دما پایین مرحله تاخیری کانه زایی شامل پیریت های مرحله دوم کانه زایی، اسفالریت های دما پایین و کانی رسی دگرسان ایلیت، علائم اختصاری بکار رفته عبارتند از: گچلیت: Ge، اریپمنت: Orp، رالگار: Rlg، کوارتز: Qz، اسفالریت: Sp، کلریت: Chl، ایلیت: Illt، پیریت: Py، روتیل: Rt، پیریت پیش از کانه زایی گرمایی: POS، پیریت مرحله کانه زایی گرمایی: OS1، اولیه: OS2، پیریت مرحله کانه زایی گرمایی ثانویه: OS2، پیریت مرحله کانه زایی گرمایی تاخیری: LOS.

فاز را کمتر از ۴ درصد مولی در سیال های کانه ساز در نظر گرفت [۱۳].

نقاط همگدازی بدست آمده بیشتر در گستره ۲۰- تا ۲۲°C است که بیانگر آن است که نمک محلول در سیال گرمایی در اصل NaCl بوده است. ولی بعضی از میانبارها نقاط همگدازی بین ۲۴- تا ۳۵°C نشان می دهند که می تواند بواسطه حضور مقدار بسیار کمی از نمک های محلول دیگر مثل  $\text{FeCl}_2$ ،  $\text{MgCl}_2$  و KCl نیز باشد. همه میانبارهای سیال مورد بررسی به حالت فاز مایع همگن شده اند. محاسبه شوری با استفاده از نرم افزار کامپیوتری Mc Flincor و در سیستم  $\text{H}_2\text{O}-\text{NaCl}$  انجام گردید. بر اساس نتایج بدست آمده، فراوانی

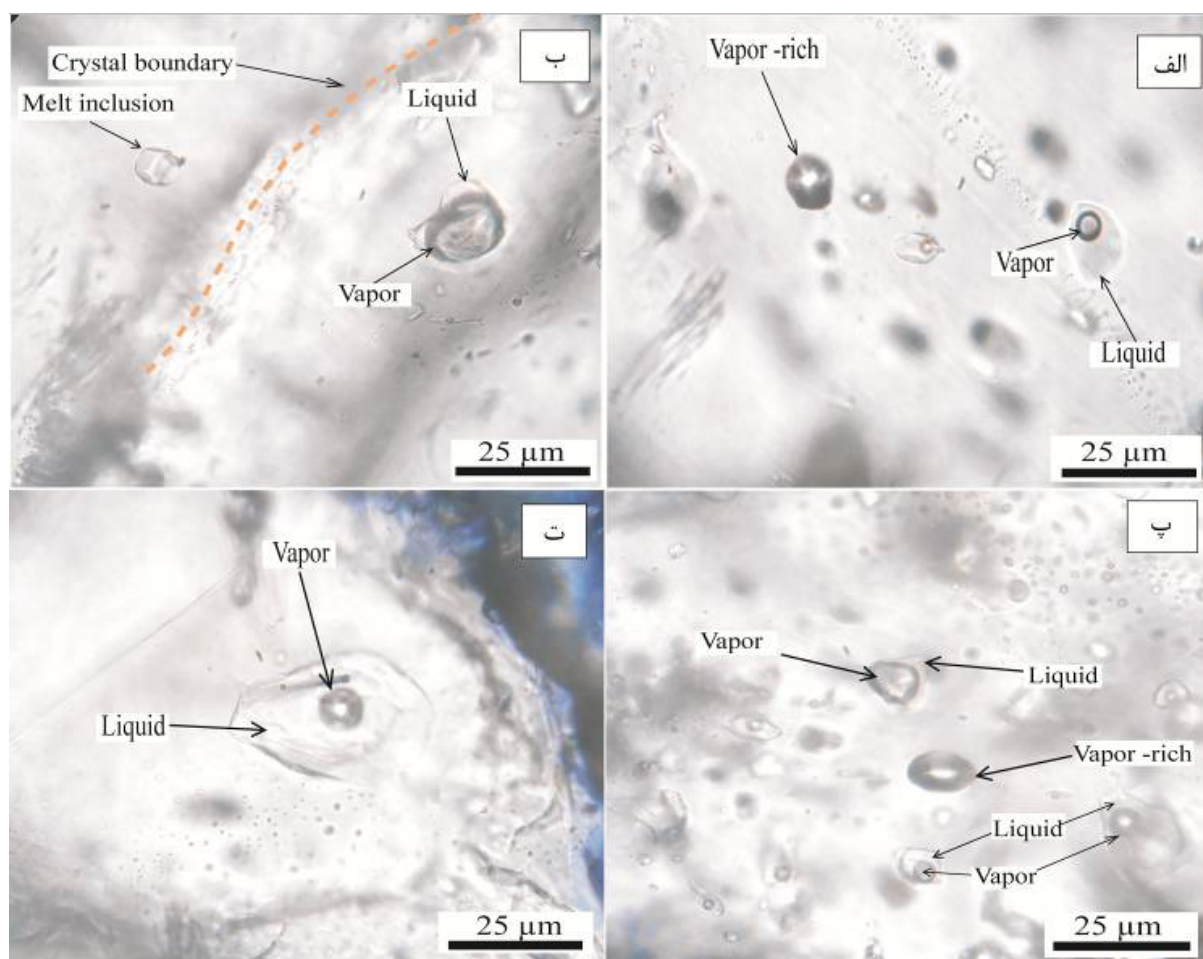
#### بررسی های میکروسکوپی و ریزدماسنجی میانبارهای سیال

در این پژوهش، میانبارهای سیال در رگه/گچله های سیلیسی بر اساس محتوای فازی و درصد آنها [۱۱] رده بندی شدند، هرچند از نظر همبری انواع اولیه، ثانویه و ثانویه کاذب [۱۲] نیز حضور دارند. آنها از نظر ریخت شناسی دارای شکل های منفی بلورین، گرد و نیمه گرد، دوکی شکل، چندضلعی، کشیده، باریک و نامنظم هستند. در نمونه های مورد بررسی، میانبارهای سیال از نظر محتوای فازی بیشتر دوفازی غنی از مایع (L-V) هستند هرچند گاهی به صورت تک فازی گاز نیز دیده شده اند (شکل ۷). فاز نامیژاک  $\text{CO}_2$  از آنجا که دیده نشد، می توان مقدار این



بر اساس بررسی‌هایی که بر میانبارهای سیال در ذخایر طلای نوع کارلین در دنیا صورت گرفته مشخص شده است که سیال‌های کانسنگ‌ساز در شرایط دمایی متوسط (حدود ۱۸۰ تا ۲۴۰ درجه سانتی‌گراد)، اسیدیته بسیار پایین (pH تقریبی ۴)، شوری پایین (حدود ۲ تا ۳ درصد وزنی معادل نمک طعام)، دی‌اکسیدکربن کمتر از ۴ درصد مول و فقیر از متان (کمتر از ۰/۴ درصد مولی) و سولفید هیدروژن ( $H_2S$ ) کافی ( $10^{-2}$  تا  $10^{-1}$  مول) جهت انتقال طلا به سر می‌برده‌اند [۱۹-۱۴]. باوجود مشاهده چند میانبار سیال تک فاز گازی به صورت پراکنده که می‌تواند به نوبه خود یکی از معیارهای مشخصه رخداد جوشش باشد، ولی در عمل شواهد محکم کانی‌شناسی، بافتی، ساختی و ریزدماسنجی دیگری که بتوانند رخداد جوشش را تأیید کند، بدست نیامده است.

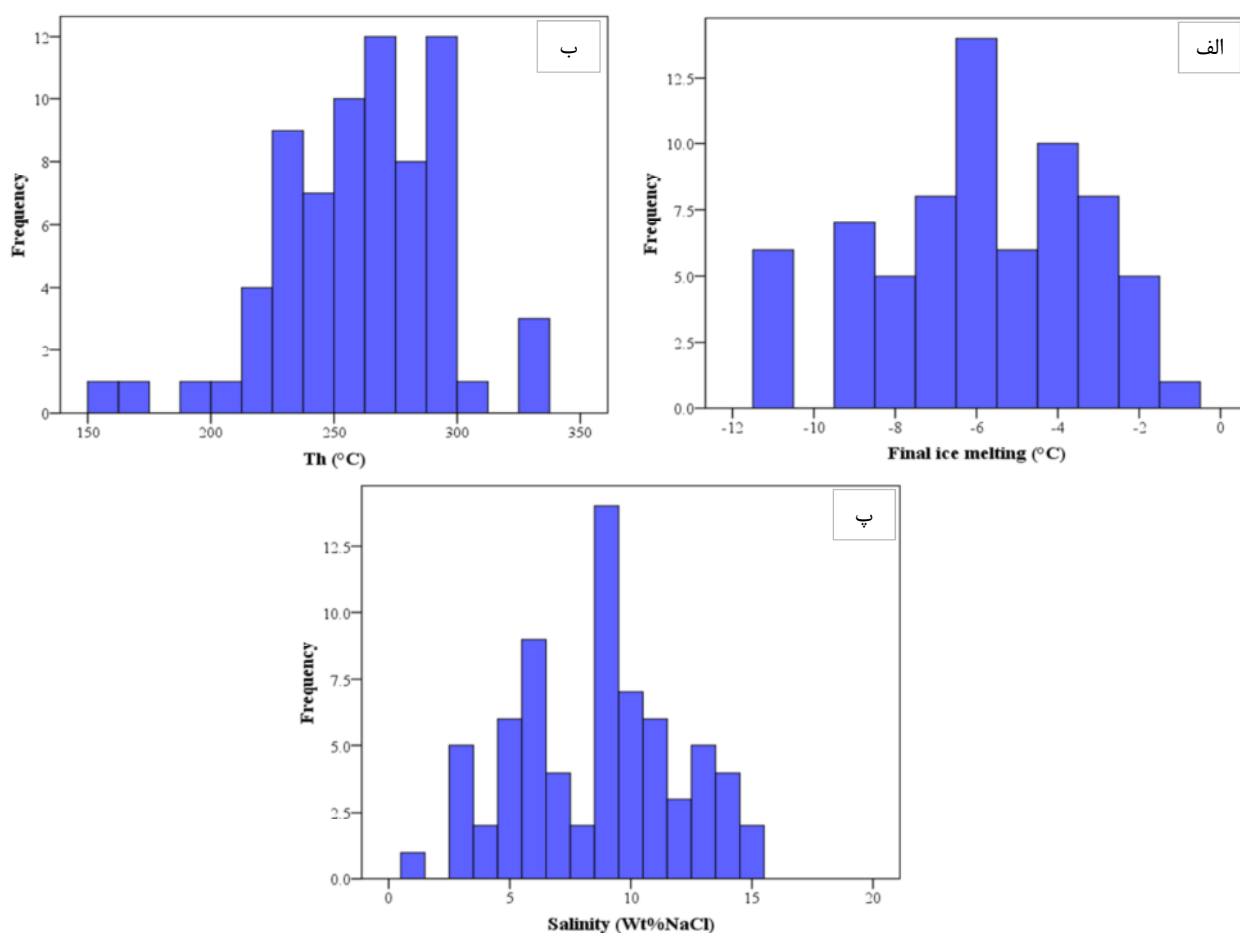
دمای ذوب آخرین بلور یخ ( $T_{m_{ice}}$ ) در میانبارهای سیال مورد بررسی در گستره ۱- تا ۱۱/۶- درجه سانتی‌گراد بوده که برابر با درجه شوری ۱/۶۵ تا ۱۵/۶ در صد وزنی معادل نمک طعام است (جدول ۱)، اما بیشترین فراوانی مربوط به میانبارهای با  $T_{m_{ice}}$  در گستره بین ۵/۵- تا ۶/۵- درجه سانتی‌گراد است که به ترتیب شوری در گستره ۸/۵ تا ۹/۸ درصد وزنی معادل نمک طعام دارند (شکل‌های ۸ الف و پ). با توجه به اینکه در میانبارهای سیال مورد بررسی، فاز غالب مایع است، از اینرو همه آنها طی عملیات گرمایش به فاز مایع همگن شده‌اند. دماهای همگن شدگی ( $T_h$ ) در گستره ۱۶۰ تا ۳۲۹ درجه سانتی‌گراد تغییر می‌کنند (جدول ۱) ولی بیشترین فراوانی مربوط به میانبارهای سیال با  $T_h$  در گستره ۲۴۰ تا ۳۰۰ درجه سانتی‌گراد است (شکل ۸ ب).



شکل ۷ تصاویر میکروسکوپی انواع مختلف میانبارهای سیال اولیه در کانسار طلای زرشوران: الف) میانبارهای سیال دوفازی مایع (L+V) و تک فاز غنی از بخار (V)، ب) میانبارهای سیال دو فاز غنی از بخار (V+L) با فراوانی بسیار کم، که میانبار مذاب این تصویر نتیجه به تله افتادن مذاب موجود در سیال گرمایی کانه‌زاست، پ) میانبارهای سیال تک‌فازی مایع (L) و بخار (V) همراه با میانبارهای سیال دوفازی غنی از مایع (L+V)، و ت) میانبار سیال اولیه دو فاز غنی از مایع و بی‌شکل.

جدول ۱ نتایج برآمده از ریزدماسنجی میانبارهای سیال بلورهای کوارتز و فلوریت در کانسار طلای زرشوران.

شماره نمونه	دمای ذوب آخرین بلور یخ (Tmice)	دمای همگن شدگی (Th tot)	درجه شوری نهایی (Wt%NaCl equi.)
ZA-25 (Flourite)	-۶	۲۵۰٫۳	۹٫۱۹
ZA-25 (Flourite)	-۳٫۴	۲۳۶	۵٫۴۷
ZA-25 (Flourite)	-۴	۲۳۶٫۷	۶٫۳۷
ZA-25 (Flourite)	-۷٫۶	۲۹۸	۱۱٫۲۲
ZA-25 (Flourite)	-۱۱	۳۱۰٫۴	۱۴٫۹۸
ZA-25 (Flourite)	-۳٫۴	۲۵۰	۵٫۴۷
ZA-25 (Flourite)	-۵	۲۵۸٫۳	۷٫۸۲
ZA-25 (Flourite)	-۶٫۳	۲۶۰	۹٫۵۸
ZA-25 (Flourite)	-۷	۲۸۰٫۱	۱۰٫۴۸
ZA-25 (Flourite)	-۸٫۲	۲۹۰	۱۱٫۹۴
ZA-25 (Flourite)	-۸	۲۹۵٫۷	۱۱٫۷۰
ZA-25 (Flourite)	-۹٫۴	۲۹۶	۱۳٫۲۰
ZA-25 (Flourite)	-۱۱٫۶	۲۹۹٫۵	۱۵٫۵۷
ZA-25 (Flourite)	-۹	۲۹۲	۱۲٫۸۶
ZA-25 (Flourite)	-۸٫۲	۲۹۵	۱۱٫۹۴
ZA-25 (Flourite)	-۱۱٫۴	۲۹۸٫۴	۱۵٫۳۷
ZA-25 (Flourite)	-۴٫۳	۲۶۱	۶٫۸۲
ZA-25 (Flourite)	-۵٫۹	۲۶۴٫۴	۹٫۰۵
ZA-25 (Flourite)	-۴٫۷	۲۵۸	۷٫۳۹
ZA-25 (Flourite)	-۶	۲۶۶٫۵	۹٫۱۹
ZA-25 (Flourite)	-۶٫۲	۲۳۰	۹٫۴۵
ZA-25 (Flourite)	-۹٫۲	۲۸۰	۱۳٫۰۸
ZA-25 (Flourite)	-۱۱	۲۹۰٫۲	۱۴٫۹۸
ZA-53 (Quartz)	-۲٫۳	۲۳۰	۳٫۷۶
ZA-53 (Quartz)	-۳٫۴	۲۴۲	۵٫۴۷
ZA-53 (Quartz)	-۵	۲۷۶٫۷	۷٫۸۲
ZA-53 (Quartz)	-۶٫۲	۲۷۲	۹٫۴۵
ZA-53 (Quartz)	-۹٫۸	۲۹۰	۱۳٫۷۳
ZA-53 (Quartz)	-۱	۲۱۲٫۲	۱٫۶۵
ZA-53 (Quartz)	-۳	۲۱۸٫۵	۴٫۸۶
ZA-53 (Quartz)	-۲٫۴	۲۱۶	۳٫۹۲
ZA-53 (Quartz)	-۴٫۲	۲۲۸٫۱	۶٫۶۷
ZA-53 (Quartz)	-۱۱	۲۹۰	۱۴٫۹۸
ZA-53 (Quartz)	-۵٫۳	۲۵۲	۸٫۲۴
ZA-53 (Quartz)	-۷٫۲	۲۸۰٫۲	۱۰٫۷۳
ZA-53 (Quartz)	-۶٫۲	۲۶۴	۹٫۴۵
ZA-53 (Quartz)	-۴	۲۴۶	۶٫۳۷
ZA-53 (Quartz)	-۶٫۳	۲۵۷٫۴	۹٫۵۸
ZA-53 (Quartz)	-۹٫۷	۲۹۲	۱۳٫۶۲
ZA-53 (Quartz)	-۷	۲۸۷	۱۰٫۴۸
ZA-53 (Quartz)	-۶٫۳	۲۷۱٫۲	۹٫۵۸
ZA-53 (Quartz)	-۶٫۴	۲۶۳	۹٫۷۱
ZA-53 (Quartz)	-۵	۲۶۹	۷٫۸۲
ZA-53 (Quartz)	-۴٫۳	۲۴۲٫۶	۶٫۸۲
ZA-53 (Quartz)	-۲	۲۱۷	۳٫۲۸
ZA-53 (Quartz)	-۳٫۳	۲۲۶	۵٫۳۲
ZA-53 (Quartz)	-۵٫۵	۲۴۶٫۴	۸٫۵۱
ZA-53 (Quartz)	-۶٫۲	۲۶۳	۹٫۴۵
ZA-53 (Quartz)	-۶٫۴	۲۶۷	۹٫۷۱
ZA-53 (Quartz)	-۳٫۴	۲۳۴٫۳	۵٫۴۷
ZA-53 (Quartz)	-۴٫۲	۲۵۷	۶٫۶۷
ZA-53 (Quartz)	-۲	۲۲۶	۳٫۲۸
ZA-25 (Flourite)	-۶	۲۸۰٫۵	۹٫۱۹
ZA-25 (Flourite)	-۹	۳۲۵	۱۲٫۸۶
ZA-25 (Flourite)	-۷٫۲	۳۲۹٫۲	۱۰٫۷۳
ZA-25 (Flourite)	-۷٫۵	۳۷۰٫۴	۱۱٫۱۰
ZA-25 (Flourite)	-۴	۳۲۸	۶٫۳۷
ZA-25 (Flourite)	-۲	۲۵۷٫۶	۳٫۲۸
ZA-25 (Flourite)	-۴	۲۴۶	۶٫۳۷
ZA-25 (Flourite)	-۳	۲۳۸	۴٫۸۶
ZA-53 (Quartz)	-۴٫۱	۱۶۷٫۴	۶٫۵۲
ZA-53 (Quartz)	-۳٫۴	۱۹۶	۵٫۴۷
ZA-53 (Quartz)	-۹٫۶	۱۶۰	۱۳٫۵۲
ZA-53 (Quartz)	-۸٫۶	۲۲۴٫۷	۱۲٫۴۰
ZA-53 (Quartz)	-۷٫۳	۲۴۶٫۸	۱۰٫۸۶
ZA-53 (Quartz)	-۱۱	۲۲۶	۱۴٫۹۸
ZA-53 (Quartz)	-۸	۲۷۴	۱۱٫۷۰
ZA-53 (Quartz)	-۶٫۸	۲۶۴٫۲	۱۰٫۲۳
ZA-53 (Quartz)	-۷٫۴	۲۸۴	۱۰٫۹۸
ZA-53 (Quartz)	-۶٫۳	۲۷۹٫۵	۹٫۵۸



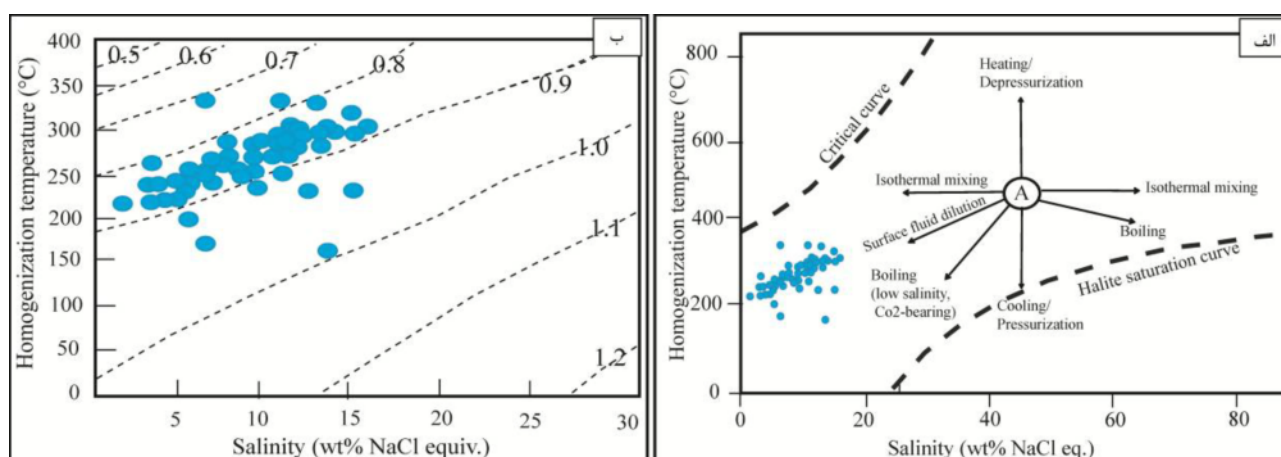
شکل ۸ نمودارهای فراوانی مربوط به مقایسه الف) دماهای آخرین نقطه ذوب یخ، ب) همگن‌شدگی و پ) درجه شوری اندازه‌گیری شده برای میانبارهای سیال کانسار زرشوران که آخرین نقطه ذوب یخ بیشترین فراوانی را در گستره ۵/۵- تا ۶/۵- درجه سانتی‌گراد دارد، دمای همگن‌شدگی اغلب بین ۲۴۰ تا ۳۰۰ درجه سانتی‌گراد در نوسان بوده و پ) درجه شوری میانبارهای سیال بطور عمده ۸/۵ تا ۹/۸ درصد وزنی معادل نمک طعام است

معمولاً فشار به دام افتادن میانبارهای سیال پایین است، بنابراین دمای همگن‌شدگی بدست آمده تا حدی نزدیک به دمای به دام افتادن آنها است [۲۲]. با توجه به عدم اثبات رخداد جوشش، فشارهای برآورد شده [۲۳، ۲۴] برای میانبارهای مورد بررسی در زرشوران از نوع لیتواستاتیک است و در گستره ۲۵ (برای  $T_h$  حدود ۱۶۰ درجه سانتی‌گراد) تا ۱۱۰ بار (برای  $T_h$  حدود ۳۳۰ درجه سانتی‌گراد) قرار می‌گیرند که می‌توانند در اعماقی به ترتیب ۱۰۰ تا ۴۴۰ متری حاکم باشند. با این حال، اغلب میانبارهای سیال فشارهای لیتواستاتیکی در گستره ۴۰ تا ۷۵ بار (برای  $T_h$  های ۲۴۰ و ۳۰۰ درجه سانتی‌گراد) را نمایش می‌دهند که نشان دهنده اعماق به ترتیب ۱۶۰ تا ۳۰۰ متر هستند.

تجزیه و تحلیل یافته‌ها با استفاده از نمودار دو متغیره شوری نسبت به دمای همگن‌شدگی در زرشوران (شکل ۹ الف) نشان می‌دهد که بطور کلی کاهش  $T_h$  در بیشتر میانبارهای سیال با کاهش شوری همراه بوده است، بطوریکه داده‌ها یک آرایه خطی با شیب منفی را به نمایش می‌گذارند. از آنجا که میانبارهای سیال کانسار طلای زرشوران شوری متوسط دارند (۸/۵ تا ۹/۸ درصد وزنی معادل نمک طعام)، می‌توان چنین تصور کرد که افزون بر لیگندهای بی‌سولفیدی، لیگاند-های کلریدی نیز ممکن است در انتقال طلا، آرسنیک و آنتیموان در سیال فلزدار سهمی داشته‌اند [۲۰، ۱۰].

بر اساس شکل ۹ ب [۲۱]، چگالی میانبارهای سیال مورد بررسی در گستره ۰/۸ تا ۰/۹ گرم بر سانتی‌متر مکعب است. با توجه به اینکه در اغلب کانسارهای طلا-نقره فراگرمایی،





شکل ۹ الف) نمودار دمای همگن شدگی- شوری برای نشان دادن روند تغییرات میانبراهای سیال در کانسار طلای زرشوران [۱۰] و ب) تغییرات مقدار چگالی میانبراهای سیال در نمودار دمای همگن شدگی- شوری، که بطور عمده در گستره ۰/۸ تا ۰/۹ واقع شده‌اند [۱۶].

### برداشت

مهمترین نتایج به دست آمده از بررسی‌های کانی‌شناسی و بررسی میانبراهای سیال کانسار طلای زرشوران عبارتند از:

۱- هم‌رشدی بلورهای کوارتز نسل سوم (ژاسپروئید) و چهارم به‌صورت پرکننده فضاهای خالی با کانی‌های رسی دگرسان چون ایلیت و سولفیدی- آرسنیکي مثل رالگار، اریپمنت، و پیریت (نسل سوم) که براساس نتایج ریزکاو الکترونی و میکروسکوپ الکترونی روبشی غنی از طلا و آرسنیک هستند، نشان‌دهنده همزمانی رخداد دگرسانی سیلیسی و کانه‌زایی طلا در کانسار زرشوران است.

۲- نتایج ریزدماسنجی نشان می‌دهند که میانگین شوری و دمای همگن‌شدگی میانبراهای سیال به ترتیب حدود ۹/۱۵ درصد وزنی معادل نمک طعام و ۲۶۰ درجه سانتی‌گراد هستند. فشارهای محاسبه شده بر اساس یافته‌های ریزدماسنجی بیانگر آن است که کانه‌سازی بیشتر در اعماق ۱۶۰ تا ۳۰۰ متری از سطح زمین رخ داده است که با اعماق گزارش شده برای بعضی از کانسارهای طلای نوع کارلین همخوانی دارد. روند تکاملی میانبراهای سیال نشانگر بر آمیختگی سیال‌های گرمایی کانسنگ‌ساز با سیال‌های جوی است.

۳- ویژگی‌های زمین‌شناسی، ساخت و بافت و کانی‌شناسی و اندازه‌گیری‌های ریزکاو الکترونی و میکروسکوپ الکترونی روبشی نشان دهنده همراهی دگرسانی‌های معمول موجود در کانسارهای نوع کارلین شامل وجود کانی‌های دگرسان کوارتز و ایلیت به همراه پیریت‌های غنی از طلا و آرسنیک، رالگار،

روند رقیق‌شدگی و کاهش دما طی تشکیل کانسارهای فراگرمایی خیلی رایج است که به احتمال زیاد بواسطه آمیختگی سیال‌های فراگرمایی درون‌زاد (مربوط به رخدادهای آتشفشانی یا توده‌های نفوذی) با سیال‌های نزدیک سطحی سرد (آب‌های زیر زمینی) روی می‌دهد [۲۵]. با توجه به روند خطی داده‌های ریزدماسنجی بر نمودار دومتغیره شوری- دمای همگن شدگی (شکل ۹ الف) می‌توان چنین تصور کرد که آمیختگی سیال‌های گرمایی کانه‌دار با سیال‌های جوی با دما و شوری پائین عامل اصلی ناپایدار شدن کمپلکس‌ها و در نتیجه نهشت طلا در زرشوران بوده است.

تشکیل کانسارهای طلای نوع کارلین که با بافت‌های پرکننده فضاهای خالی و با حضور کانی‌هایی مثل کوارتز دروزی، اریپمنت، رالگار، استیبینیت و طلای بسیار کمی یا بدون آن شناخته می‌شوند، معمولاً با سرد شدن سیستم گرمایی بواسطه آمیختگی با آب‌های جوی نزدیک سطحی صورت می‌گیرد [۲۶]. از طرفی، شواهدی در تائید وجود فرآیند جوشش یا ناآمیختگی سیال در بررسی‌های بافتی، کانی‌شناسی و میانبراهای سیال کانسارهای طلای نوع کارلین گزارش نشده است [۸]. با توجه به وجود کانه‌ها و بافت‌های دما پایین دیده شده در بررسی‌های میکروسکوپی و مزوسکوپی و نتایج ریزدماسنجی، احتمال رویداد آمیختگی سیال گرمایی طلا‌دار با محلول‌های نزدیک سطحی با خاستگاه جوی در رخداد کانه-زایی طلا در زرشوران بسیار بالاست.

- [8] Cline J., Hofstra A., Muntean J., Tosdal R., Hickey K., "Carlin-type gold deposits in Nevada: Critical geologic characteristics and viable models", in Hedenquist, J.W., Thompson, J. F. H., Goldfarb, R. J., and Richards, J. P., eds., 100th Anniversary Volume: Society of Economic Geologists, Littleton, CO (2005) 451-484.
- [9] Lubben J. D., Cline J. S., Barker S. L. L., "Ore Fluid Properties and Sources from Quartz-Associated Gold at the Betze-Post Carlin-Type Gold Deposit, Nevada, United States", *Economic Geology* 107 (2012) 1351-1385.
- [10] Emsbo P., Hofstra A. H., Lauha E. A., Griffin G. L., Hutchinson R. W., John D. A., Theodore T. G. "Origin of high-grade gold ore, source of ore fluid components and genesis of the Meikle and neighboring Carlin-type deposits, northern Carlin Trend, Nevada", *Economic Geology* 98 (2003) 1069-1105.
- [11] Shepherd T. J., Rankin A. H., Alderton, D. H., "A practical guide to fluid inclusion studies", Glasgow, Blackie and Son (1985) 239.
- [12] Roedder E., "Discussion of a reassessment of phase-equilibria involving 2 liquids in the system  $K_2O-Al_2O_3-FeO-SiO_2$ ", *Contributions to Mineralogy and Petrology* 82 (1984) 284-290.
- [13] Bodnar R. J., "Introduction to aqueous-electrolyte fluid inclusions. Fluid Inclusions: Analysis and Interpretation", *Mineralogical Association of Canada, Short Course* 32 (2003) 81-100.
- [14] Hofstra A. H., Cline J. S., "Characteristics and models for Carlin-type gold deposits", *Reviews in Economic Geology* 13 (2000) 163-220.
- [15] Lubben J. D., "Silicification Across the Betze-Post Carlin-Type Au Deposit: Clues to Ore Fluid Properties and Sources, Northern Carlin Trend, Nevada [MS Unpublished MS Thesis", University of Nevada, Las Vegas, (2004) 155.
- [16] Large S.J.E., Bakker E.Y.N., Weis P., Wälle M., Ressel M., Heinrich C.A., "Trace elements in fluid inclusions of sediment-hosted gold deposits indicate a magmatic-hydrothermal origin of the Carlin ore trend". *Geology*. 44(12) (2016) 1015-1018.
- [17] Jun C., Rui-Dong Y., Li J.D., Lu-L.Z., Jun B.G., Chun K.L., Huai R.W., Ming G.Y., "Mineralogy, geochemistry and fluid inclusions of the Qinglong Sb-(Au) deposit, Youjiang basin

ارپیمنت، استینیت، تتراهدریت، گچلیت و اسفالریت‌های کلوفورم است که وجود چنین کانی‌ها و کانه‌های دما پایین همخوانی بسیار خوبی با یافته‌های ریزدماسنجی دارد و بیانگر ماهیت نوع کارلین کانسار زرشوران است.

#### قدردانی

نگارندگان مقاله از حمایت‌های مالی معاونت پژوهشی و تحصیلات تکمیلی دانشگاه ارومیه و مدیریت محترم مجتمع معدنی زرشوران برخوردار بوده‌اند، که بدینوسیله نهایت سپاس و قدردانی خود را از آنان اعلام می‌دارند. نگارندگان همچنین از نظرات و پیشنهادات سازنده داوران محترم مجله سپاسگزاری می‌نمایند.

#### مراجع

- [1] Ghasemi A., Talbot C. J., "A new tectonic scenario for the Sanandaj-Sirjan Zone (Iran)", *Journal of Asian Earth Sciences* 26 (2006) 683-693.
- [2] Daliran F., "The carbonate rock-hosted epithermal gold deposit of Agdarreh, Takab geothermal field, NW Iran-hydrothermal alteration and mineralisation", *Mineralium Deposita* 43 (2008) 383-404.
- [3] Mehrabi B., Yardley B. W. D., Cann J.R., "Sediment-hosted disseminated gold mineralisation at Zarshuran, NW Iran", *Mineralium Deposita* 34 (1999) 673-696.
- [4] Asadi H. H., Voncken J. H. L., Kuhnle R. A., Hale M., "Petrography, Mineralogy and Geochemistry of the Zarshouran Carlin-like gold deposit, northwest Iran", *Mineralium deposita* 35 (2000) 656-671.
- [5] Babakhani A, Ghalamghash J., "The 1:100000 geology map of the Takhte-Soleyman", *Geological Survey of Iran* (1990).
- [6] Aliyari F., Afzal P., Abdollahi Sharif J., "Determination of geochemical anomalies and gold mineralized stages based on litho-geochemical data for Zarshuran Carlin-like gold deposit (NW Iran) utilizing multi-fractal modeling and stepwise factor analysis", *Journal of Mining and Environment* 8 (2017) 1-19.
- [7] Whitney D.L., Evans B.W., "Abbreviations for Names of Rock-Forming Minerals", *American Mineralogist*, 95 (2010) 185-187.

- [23] Haas J. L., "Physical properties of the co-existing phases and thermometrical properties of H<sub>2</sub>O component in boiling NaCl solutions: Preliminary steam tables for NaCl solutions", United States Geological Survey Bulletin, (1976) 1421-A.
- [24] Urusova M. A., "Volume properties of aqueous solutions of sodium chloride at elevated temperatures and pressures", Russian Journal of Inorganic Chemistry 20 (1975) 1717-1721.
- [25] Rossetti P., Colombo F., "Adularia-sericite gold deposits of Marmato\_Caldas, Colombia.: field and petrographic data", In: McCaffrey K.J.W., Lonergan L., Wilkinson J.J.-Eds., Fractures, "Fluid Flow and Mineralization. Geological Society of London", Special Publications 155 (1999) 167-182.
- [26] Hofstra A. H., Leventhal J. S., Northrop H. R., Landis G. P., Rye R. O., Birak D. J., Dahl A. R., "Genesis of sediment-hosted disseminated-gold deposits by fluid mixing and sulfidization; chemical-reaction-path modeling of ore depositional processes documented in the Jerritt Canyon District, Nevada", *Geology* 19(1991)36-40. (Guizhou, SW China)", *Ore Geology Reviews* 92 (2018) 1-18.
- [18] Su W.C., Zhu L.Y., Ge X., Shen N.P., Zhang X.C., Hu R.Z., "Infrared microthermometry of fluid inclusions in stibnite from the Dachang antimony deposit, Guizhou". *Acta Petrol Sin.* 31 (4) (2015) 918-924 (in Chinese with English abstract).
- [19] Nigel J.F. Blamey, Andrew R. Campbell., Matt T. Heizler, "The Hydrothermal Fluid Evolution of Vein Sets at the Pipeline Gold Mine", Nevada., *Minerals* 100 (2017) 1-30.
- [20] Hofstra, A. H., "Geology and genesis of the Carlin-type Au deposits in the Jerritt Canyon district, Nevada", Unpublished PhD (Doctoral dissertation, dissertation, Boulder, University of Colorado, (1994).
- [21] Bodnar R. J., "A method of calculating fluid inclusion volumes based on vapor bubble diameters and PVTX properties of inclusion fluids", *Economic Geology* 78 (1983) 535-542.
- [22] Wilkinson J. J., "Fluid inclusions in hydrothermal ore deposits", *Lithos* 55 (2001) 229-272.