رخساره‌های کانه‌دار کانسار سرب– نقره (روی) خانجار، در توالی کربناته کرتاسه بالایی ایران مرکزی، جنوب دامغان

بهروز مهری[۱]، ابراهیم راستاد[۲]* و فرج الله فیاضی[۳]

[۱] گروه اکتشافات فلزی، معاونت اکتشافات معدنی، سازمان زمین‌شناسی، تهران، ایران.
[۲] گروه زمین‌شناسی اقتصادی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران.
[۳] گروه زمین‌شناسی، دانشگاه تربیت معلم، تهران، ایران.

تاریخ دریافت: ۱۴/ ۰۲/ ۱۳۸۷ تاریخ پذیرش: ۲۸/ ۰۷/ ۱۳۸۷

چکیده

کانسار سرب- نقره (روی) خانجار (رشم) در جنوب دامغان، یکی از کانسارهای لایه‌کران (استراتاباند) توالی کربناتی کرتاسه بالایی در ایران مرکزی است. ماده معدنی در این کانسار با دو ژئومتری رخنمون دارد : ۱- عدسی‌هایی از ماده معدنی که همخوان با لایه‌بندی است و ماده معدنی در آن با بافت لامینه و به‌صورت دانه پراکنده در متن میکریت مشاهده می‌شود. ماده معدنی با این ژئومتری در سه افق در رخساره‌های کانه‌دار سنگ‌آهک ریفی قرار دارد. بیشترین فعالیت‌های معدنی در افق I که در قاعده واحد K2b قرار دارد، صورت گرفته است. ۲- انباشتی از مواد معدنی که فضای خالی و شکستگی‌ها و گسل‌ها را پر کرده است. شکستگی‌ها در طول روند خود در بخش‌هایی غنی از ماده معدنی هستند که رخساره‌های کانه‌دار را قطع کرده‌انـد. در کانسار خانجار، سه رخساره کانه‌دار تشخیص داده شده است : ۱) رخساره آهک سیلیسی که کانه‌های اصلی آن گالن، اسفالریت و پیریت است. کالکوپیریت به مقدار جزئی در این رخساره مشاهده می‌شود. ۲) رخساره مولوسکا، اکینودرم وکستون با مقدار کم کانه‌های گالن و اسفالریت. ۳) رخساره سنگ‌آهک رودیست‌دار با مقدار زیاد کانه گالن که به‌طور عمده پرکننده فضای خالی بوده و اندازه بلورها از متوسط تا درشت تغییر می‌کند. کانی‌شناسی و همبود(پاراژنز) کانه‌ای در هر دو نوع عدسی شکل و پرکننده فضای خالی مشابه هم بوده و شامل گالن، اسفالریت، پیریت،کالکوپیریت، تترائدریت و باریت است. مقدار نقره در کانسار خانجار بالا (یک کیلو گرم در تن در کنسانتره ماده معدنی) است و کانی حامل آن تترائدریت است. مطالعه میکروترمومتری و تعیین درجه شوری سیال‌های کانه‌ساز در ادخال‌های دو فازه مایع وگاز موجود در دولومیت زین اسبی و اسفالریت نشانگر آن است که میانگین درجه حرارت ۵ ± ۱۹۵ و شوری سیال‌ها از ۱۸ تا ۲۳ درصد معادل درصد وزنی کلرید سدیم (NaCl) تغییر می‌کند. مشاهدات صحرایی، ژئومتری، بافت ماده معدنی، ژئوشیمی، مطالعه میانبارهای سیال و همبود کانه‌ها، حاکی از آن است که کانسار خانجار یک ذخیره MVT است که تشکیل و تمرکز آن از مرحله دیاژنتیک تا اپی ژنتیک صورت گرفته است.

کلید واژه‌ها: کانسار سرب- نقره (روی)، توالی کربناته کرتاسه بالایی، رخساره‌های کانه‌دار، MVT، خانجار، جنوب دامغان.

***نویسنده مسئول:** ابراهیم راستاد

۱– مقدمه

ذخایر سرب و روی با سنگ درونگیر کربناته در ایران از نظر سنی در کامبرین، دونین، پرمین، تریاس، ژوراسیک وکرتاسه گزارش شده‌اند.کانسارهای سرب و روی متعدد موجود در زون ملایر- اصفهان (Momenzadeh, 1976)، معدن راونج در حوضه قم (مدبری، ۱۳۷۴)، معدن ایرانکوه در جنوب اصفهان (Ghazban et al.,1994; Rastad et al., 1980) از جمله ذخایر کرتاسه هستند که در ردیف کانسارهای با میزان کربناتی قرار می‌گیرند. معدن سرب و روی تویه دروار به سن ژوراسیک در باختر دامغان نیز جزو همین دسته کانسارها است. معادن فلورین پاچی میانا (گرجی زاد، ۱۳۷۵) و شش رودبار (شریعتمدار،۱۳۷۷) در البرز مرکزی و معدن فلورین کمرمهدی در ایران مرکزی (جمی و هاشمی تنگستانی، ۱۳۷۴) از جمله معادن MVT غنی از فلورین هستند که سن آنها تریاس میانی است. معدن سرب (باریت) دونا در البرز مرکزی به سن پرمین(Bazargani-Guilani,1982)، معدن تپه‌ریگ در باختر یزد (مهری، ۱۳۸۳) و معادن سیبزار، ازبک کوه و قلعه معدن به سن دونین در ایران مرکزی و حوضه طبس نیز جزو ذخایر سرب و روی با سنگ میزبان کربناته گزارش شده‌اند و بالاخره معدن فلورین (روی- سرب - باریم) میلاکوه در جنوب باختری دامغان نیز مثالی ازمعادن MVT غنی از فلورین به سن کامبرین در البرز مرکزی است (رستمی پایدار، ۱۳۸۰).

کانسار سرب- نقره (روی) خانجار با مختصات جغرافیایی ′۳۳ °۵۴ طول خاوری و ′۰۹ °۳۵ عرض شمالی در ۱۱۲ کیلومتری جنوب دامغان قرار گرفته است (شکل ۱). در منطقه معدنی خانجار آثار کانه‌سازی با بیش از ۳ کیلومتر طول در سنگ‌های آهکی کرتاسه بالایی گسترش دارد. در این منطقه فعالیت‌های معدنکاری زیادی صورت گرفته است. بخشی از این فعالیت‌ها قدیمی بوده و تاریخ آن نامعلوم است. این فعالیت‌ها در مناطقی که عدسی‌های ماده معدنی با عیار بالا در سطح زمین رخنمون داشته، انجام پذیرفته است. بخشی دیگر از فعالیت‌های معدنی، مربوط به زمان جدید است. این فعالیت‌ها بسیار وسیع بوده و در بعضی نقاط تا ۷۰ متری زیر سطح زمین ادامه داشته است. ذخایر معدنی در این بخش در امتداد گسل‌ها، در برش‌های فروریخته انحلالی و در زون‌های جانشینی اطراف گسل‌ها گسترش دارند. قرارگیری کانسار خانجار در توالی کربناته کرتاسه بالایی و همچنین نقره بالای آن (در حدود ۱۰۰۰ گرم در تن در ماده معدنی تغلیظ شده) همانند برخی دیگر از کانسارهای سرب و روی کرتاسه ایران مرکزی ازجمله راونج در دلیجان (مدبری، ۱۳۷۴) و آهنگران در ملایر (Momenzadeh, 1976) از ویژگی‌هایی است که توجه پژوهشگران از جمله حیدری (۱۳۶۶)، مؤمن زاده و همکاران (۱۳۶۶)، نبوی (۱۳۶۷) را به خود جلب کرده است.

۲– زمین‌شناسی

کانسار خانجار در توالی کربناته کرتاسه بالایی، در زون ساختاری ایران مرکزی و در دامنه جنوبی رشته کوه ترود- چاه‌شیرین قرار دارد. رشته کوه ترود- چاه‌شیرین به‌صورت یک بالا آمدگی از شمال به گسل انجیلو و از جنوب به گسل ترود با روند شمال خاور- جنوب باختر محدود می‌شود. قدیمی‌ترین سنگ‌های رخنمون یافته در منطقه خانجار شامل: فیلیت، کوارتز شیست، دولومیت و سنگ‌آهک‌های مرمریتی سیلورین- دونین (معادل سازندهای پادها و سیبزار)، است (مهری، ۱۳۷۷) رسوبات کرتاسه با کنگلومرای قاعده به‌صورت دگرشیب، سنگ‌های سیلورین- دونین را

می‌پوشانند (شکل ۲). توالی تخریبی- کربناته کرتاسه بالایی پس از واحد کنگلومرایی (K1) شامل واحد شیل با میان‌لایه‌های سنگ‌آهکی زیرین (K2a) و واحد سنگ‌آهکی ستبرلایه ریفی (مرجان، آلگ، رودیست) به نام واحد (K2b) است. واحد کربناته ریفی سیلیس‌دار (K2b) در برگیرنده ماده معدنی در منطقه خانجار است (شکل ۲). در ادامه توالی کرتاسه بالایی، واحد شیل با میان‌لایه‌های سنگ‌آهکی بالایی (K2c) و سپس کنگلومرای پایانی کرتاسه (K3) قرار می‌گیرد و در نهایت مجموعه توالی کرتاسه بالایی، به‌صورت دگرشیب توسط سنگ‌های آتشفشانی- رسوبی ائوسن پوشیده می‌شوند (شکل ۲). توده نفوذی با ترکیب گرانودیوریتی- مونزودیوریتی و به سن الیگومیوسن به‌صورت‌های سیل، دایک و توده‌ای در واحدهای سنگی کرتاسه نفوذ کرده است (شکل ۳). روندهای ساختاری اصلی منطقه به دو صورت شمالی- جنوبی و شمال خاور- جنوب باختر تا خاوری- باختری و شمال باختر- جنوب خاور است (شکل ۳). چین‌خوردگی اصلی منطقه به‌صورت یک ناودیس بزرگ با محور شمال باختر- جنوب خاور است (شکل ۳) . گسل‌های دارای روند شمال خاور- جنوب باختر و خاوری- باختری از نوع معکوس و گسل‌های دارای روند شمال باختر- جنوب خاور از نوع عادی هستند.

۳- تحلیل رخساره‌ها و افق‌های کانه‌دار

مطالعه میکروسکوپی و انجام تحلیل رخساره‌ای از واحدهای سنگی توالی کربناته کرتاسه بالایی در منطقه خانجار نشان داد که ماده معدنی در منطقه خانجار در سه افق تشکیل شده است (شکل ۴). اصلی‌ترین و مهم‌ترین افق ماده معدنی (افق I کانه‌دار) در قاعده واحد K2b قرار دارد (شکل‌های ۲ و۴). دو افق دیگر (افق II و III کانه‌دار) در بخش‌های بالایی واحد K2b قرار داشته و از اهمیت اقتصادی چندانی برخوردار نیستند. افق‌های سه گانه کانه‌دار هر کدام در رخساره خاصی قرار می‌گیرند. رخساره‌های کانه‌دار در برگیرنده افق‌های ماده معدنی از پایین به بالا (شکل ۴) عبارتند از:

- رخساره سنگ‌آهک سیلیس‌دار (رخساره D6 در شکل ۴)

این رخساره که دربرگیرنده افق I کانه‌دار است، در حدود ۲۰۰ متر گسترش و ۵۰ تا ۱۵۰ متر ستبرا دارد و اجزای اصلی سازنده آن قطعات آهکی و کوارتز درجازا در زمینه میکریتی است. میزان کوارتز درجازا (اتیژن) در این رخساره از ۲۰ تا ۸۰ درصد متفاوت است. کوارتز هم به‌صورت درجازا و خودشکل و هم به‌صورت جانشینی در فسیل‌ها مشاهده می‌شود. اندازه بلورهای نیمه شکل‌دار تا شکل‌دار کوارتز از ریزبلور تا بلورهای درشت در حد ۱۰۰۰ میکرون در این رخساره دیده می‌شود (شکل‌های ۱۱ و ۱۳). فسیل روزن‌داران همچون میلولیده، اجزای فرعی تشکیل‌دهنده این رخساره و گالن و اسفالریت کانه‌های اصلی آن هستند (شکل ۱۱). پیریت به‌صورت لامینه، فرامبوییدال و پراکنده در متن میکریت فراوان است (شکل ۱۳). اندازه بلورهای گالن و اسفالریت از ۵۰ تا ۵۰۰ میکرون تغییرمی‌کند. باتوجه به وجود کوارتز درجازا، میکریتی بودن و حضور فسیل‌های روزن‌دار محیط تشکیل این رخساره، پایان منطقه میان‌کشندی در یک محیط لاگون است.

- رخساره سنگ‌آهک مولوسکا اکینودرم وکستون (رخساره D2 در شکل ۴)

این رخساره در برگیرنده افق II کانه‌دار است. ستبرای این رخساره از ۰/۵ تا ۱/۵ متر متغیر است. قطعات خرد شده صدف دوکفه‌ای و اکینودرم عناصر اصلی آن را تشکیل می‌دهند. کوارتز درجازا، روزن‌داران کف‌زی (میلولیده)، جلبک قرمز و به‌ندرت سبز- آبی، عناصر سازنده فرعی آن هستند. میزان کوارتز درجازا، حداکثر به ۱۰ درصد می‌رسد (شکل‌های ۶ و ۹ و ۱۰). گالن کانه اصلی این رخساره است. اندازه بلورهای شکل‌دار تا نیمه‌شکل‌دار از ۵۰ تا ۲۰۰ میکرون تغییر می‌کند (شکل‌های۶ و ۱۱). سیلیسی‌شدن یا تشکیل کوارتز درجازا و تشکیل کانه‌های شکل‌دار گالن، هم در متن میکریتی و هم در داخل فسیل‌های شکل‌دار اکینودرم در این رخساره دیده می‌شود (شکل ۱۱). کوارتز درجازا، میکریتی بودن و حضور فسیل‌های مولوسکا و اکینودرم حاکی از آن است که محیط تشکیل این رخساره بخش میانی لاگون و در زیر سطح تأثیر امواج است.

- رخساره رودیست وکستون (رخساره C1 در شکل ۴)

این رخساره دربرگیرنده افق III کانه‌دار است. ستبرای آن از ۱ تا ۵ متر تغییر می‌کند. عنصر اصلی تشکیل‌دهنده این رخساره رودیست است. فضای بین فسیل‌های رودیست توسط کوارتز آواری، مواد آلی و خمیره میکریتی پر شده است. این رخساره به‌صورت پراکنده حاوی گالن است که در بخش‌های سطحی و هوازده به سروزیت تبدیل شده است. بلورهای گالن بی‌شکل تا نیمه‌شکل‌دار بوده و اندازه آنها ۵۰ تا ۲۰۰ میکرون است. وجود فسیل رودیست، میکریت، کوارتز درجازا و کوارتز آواری محیط رسوبی این رخساره را بخش کم‌ژرفای دریای باز معرفی می‌کند.

دیگر رخساره‌های کربناتی واحد K2b عبارتند از:

- رخساره فرامینیفر وکستون (رخساره D4 در شکل ۴)

عناصراصلی این رخساره را به‌طورعمده انواع روزن‌داران کف‌زی (همانند میلولیده) که در یک خمیره میکریتی قرار گرفته‌اند تشکیل می‌دهند. بریوزوئر، بیوکلاست،آستراکود و کوارتز درجازا از سایر اجزای تشکیل‌دهنده این ریزرخساره هستند. این رخساره با داشتن زمینه میکریتی و روزن‌داران مخصوص محیط لاگون، در مجموع نشان‌دهنده محیط تشکیل کم انرژی یعنی بخش میانی یک محیط لاگونی نزدیک‌تر به ساحل است. در این رخساره آثار کانه زایی مشاهده نشد.

- رخساره کورال باند استون (رخساره B1 در شکل ۴)

این ریزرخساره حاصل رشد برجای مرجان‌های آهکی است و در حاشیه سکو تشکیل می‌شود. دیگر قطعات فسیل داخل حجره‌های مرجان‌ها مولوسکا، روزن‌داران، اکینودرم و... است. انرژی محیط تشکیل این رخساره زیاد است ولی به‌دلیل مقاومت اسکلت‌های مرجانی، انرژی آب تأثیری نداشته است به‌طوری‌که حجره‌های داخل اسکلت مرجانی توسط میکریت پر شده است. این رخساره چهار بار در ستون شکل ۴ تکرار شده است.

رخساره میلیولیده، اینتراگرین استون (رخساره B2 در شکل ۴)

اجزای اصلی تشکیل‌دهنده این ریزرخساره را اینتراکلاست‌های میکریتی تشکیل می‌دهند. اینتراکلاست‌های موجود به صورت گرد شده (Rounded) و نیمه‌گردشده (Sub Rounded) بوده و گاهی توسط میکریت به دیگر اینتراکلاست‌ها متصل و ذرات تجمعی (Aggregate grains) را تشکیل داده است. قطعات اینتراکلاست به علت میکریتی‌شدن شدید غیر قابل تشخیص هستند. از دیگر اجزای آلی در این ریزرخساره می‌توان از روزن‌داران و بیشتر میلیولیده نام برد که در بعضی مناطق به صورت اجزای فرعی حضور دارند. در این رخساره سیمان بلوکی نسل دوم نیز به چشم می‌خورد که حفره‌های بین ذرات را به شکل چشم پرنده‌ای (Bird eye) پر کرده‌اند. محیط تشکیل این رخساره حاشیه لاگون به طرف سد (Barrier) بوده و به احتمال قوی تحت اثر امواج قرار داشته است و به‌همین دلیل گل‌های کربناته از محیط تشکیل آن خارج شده‌اند.

رخساره اینترا فرامینیفر وکستون (رخساره D3 در شکل ۴)

عناصر اصلی سازنده این رخساره، خرده‌های صدف دوکفه‌ای (نوع مولوسکا) و روزن‌داران (به‌طورعمده حجره‌های میلیولیده) است. کوارتز و جلبک از سازنده‌های فرعی این رخساره محسوب می‌شوند. این رخساره در زیر سطح تأثیر امواج تشکیل شده، انرژی محیط کم و بنابراین شستشو ضعیف بوده به‌طوری که میکریت فضای ما بین قطعات را پر کرده است. تمام شواهد بالا نشان‌دهنده یک محیط پشت ریف (Back reef) یا لاگون است.

به‌طورکلی مطالعه رخساره‌های واحد کربناتی K2b در کانسار سرب- نقره (روی) خانجار نشانگر آن است که کانه‌زایی به رخساره‌های ویژه رسوبی (رخساره آهک سیلیس‌دار، رخساره مولوسکا-اکینودرم وکستون و رخساره آهک سیلیس‌دار) وابسته

است. محیط تشکیل رخساره‌های کانه‌دار و دیگر رخساره‌ها، محیط کم‌ژرفا و لاگون است (شبیه کانسار فلورین و سرب- باریت شش رودبار، شریعتمدار، ۱۳۷۷؛ کانسار سرب- نقره راونج، مدبری، ۱۳۷۴ و کانسار فلورین (روی-سرب) میلاکوه، رستمی پایدار، ۱۳۸۰) مشاهدات صحرایی بیانگر این واقعیت است که فرایند کانه‌سازی ضمن پیروی از لایه‌بندی (شکل ۵) با نوع سنگی (لیتولوژی) سنگ‌آهک سیلیس‌دار سازگاری دارد، به‌طوری که سنگ میزبان ماده معدنی به‌طور عمده رخساره سنگ‌آهک سیلیس‌دار است.

۴- ژئومتری، ساخت و بافت و همبود کانه‌ای ماده معدنی

ماده معدنی در منطقه خانجار با دو ژئومتری مشاهده می‌شود:

الف) عدسی‌ها و لایه‌های همخوان با روند لایه‌بندی

این نوع ماده معدنی که به‌طور عمده در نواحی چاه قارونی، گل گل و کنده شکنی در منطقه خانجار گسترش دارد، هم‌روند با لایه‌بندی بوده و در موقعیت‌های معین چینه‌نگاری قرار دارند (شکل ۲). استخراج و بهره‌برداری از ماده معدنی در این نوع کانه سازی به‌طورعمده در امتداد لایه‌بندی صورت گرفته است (شکل ۵). طول این عدسی‌ها از ۵/ تا ۱۵۰ متر متغیر است. همبود (پاراژنز) و ساخت و بافت ماده معدنی در عدسی‌های همخوان با لایه‌بندی به اشکال زیر دیده می‌شود:

- گالن با بافت دانه پراکنده، ریز تا متوسط بلور که در متن آهک میکریتی قرار گرفته و گاه با پیریت فرامبوییدال همراهی می‌شود(شکل ۶). به‌طور معمول، اندازه بلورهای گالن ۲۰ میکرون است ولی حداکثر تا ۵۰ میکرون هم می‌رسد. بلورهای گالن معمولاً، هم بعد (Equidimentional) هستند.

- گالن با بافت لامینه (شکل ۷) که این لامینه‌ها به‌طور کامل به موازات لایه‌بندی سنگ هستند.

- گالن همراه با پیریت فرامبوییدال به‌صورت جانشینی در بدنه فسیل‌ها (شکل‌های ۸ و ۹). اندازه گالن به‌طور میانگین ۳۰ میکرون و شکل آن به‌طور کامل نامنظم است.

- دانه‌های بلورین و نیمه‌شکل‌دار گالن همراه با دانه‌های اسفالریت کم و بیش اسفرولیتی در یک زمینه میکریتی (شکل ۱۱). اندازه گالن و اسفالریت از ۱۰ تا ۵۰ میکرون متغیر است.

- پیریت همراه با مواد آلی و گالن دانه‌پراکنده (شکل ۱۲).

- بلورهای تیغه‌ای و ریز باریت که در یک زمینه میکریتی با بلورهای کروی اسفالریت و گالن قرار می‌گیرند (شکل ۱۱).

ب) ژئومتری قطع کننده لایه‌بندی

بخشی دیگر از ماده معدنی در مناطق لوتی، گل گل و ... در امتداد شکستگی‌ها تشکیل و تمرکز یافته و از روند گسل‌ها پیروی می‌کند. بیشتر بهره‌برداری ماده معدنی در بخش شمالی کانسار، از این نوع کانه‌سازی و در امتداد گسل‌های چاه قارونی، لوتی و کنده‌شکنی است (شکل‌های ۱۳ و ۱۴). گسل‌ها بیشتر، عادی و دارای روند ۲۳۰-۲۴۰ هستند. در این مناطق مواد معدنی در امتداد گسل‌های عادی متمرکز شده‌اند. همانند کانسارهای Port au Port در باختر Newfoundland و کانسار Blendewall در شمال Yukon مرکزی در Territory که همراهی و تجمع ماده معدنی در گسل‌های عادی گزارش شده است (Dix & Edwards, 1996). گسترش طولی کانه‌سازی در گسل لوتی در حدود ۱۰۰ متر است (شکل ۱۳).

همبود و ساخت و بافت ماده معدنی در این نوع کانه‌سازی به‌صورت زیر است:

- بلورهای درشت و بی‌شکل اسفالریت همراه با دولومیت زین اسبی به‌صورت پرکننده فضای خالی (شکل ۱۴)

- بلورهای شکل‌دار تا نیمه‌شکل‌دار گالن با ابعاد متفاوت ۵۰ تا ۵۰۰ میکرون همراه دولومیت زین اسبی که به‌صورت پرکننده فضای خالی دیده می‌شوند، همانند ذخایر سرب و روی ناحیه ازارک(Ozark) (Quing &Mount Joy, 1994) (شکل ۱۵).

- بلورهای درشت و صفحه‌ای شکل باریت که همراه با بلورهای گالن به‌صورت بافت پرکننده فضای خالی دیده می‌شوند (شکل ۱۷).

- بافت پرکننده فضای خالی گالن همراه با کوارتز در نمونه دستی از یک برش زمین‌ساختی (شکل ۱۶).

- ادخال‌های آمیبی شکل کانی تترائدریت در داخل کانی گالن. تترائدریت مهم‌ترین کانی حامل نقره در کانسار خانجاراست (اشکال ۱۴ و ۱۵).

با توجه به ساخت و بافت و همبود کانه‌ای ارائه شده برای ماده معدنی در دو بخش عدسی و لایه‌ای هم‌روند با لایه‌بندی و ژئومتری قطع کننده لایه‌بندی، توالی تبلور پاراژنتیکی کانه‌ها و کانی‌ها و ساختارهای رسوبی- دیاژنزی افق‌های کانه‌دار و بخش‌های اپی‌ژنتیک در شکل ۲۰ نشان داده شده است.

۵-مطالعه دماسنجی میانبارهای سیال

بررسی میانبارهای سیال به‌عنوان روش و شاخص دقیقی برای مطالعه کانسارهای رسوبی- دیاژنزی مطرح گردیده است (Goldstein, 2001). به عبارت دیگر مطالعه میانبارهای سیال در کانسار رسوبی دیاژنزی می‌تواند تاریخچه تحول و تکوین سیال‌های کانه‌ساز را در این نوع از ذخایر روشن کند. در مطالعه سنگ‌شناسی، ویژگی‌های نوری میانبارهای سیال همچون شکل و اندازه میانبارهای سیال (Shape & size) نوع میانبارهای سیال (اولیه، ثانویه، ثانویه کاذب)، محتویات میانبارهای سیال (L+V+S)، نسبت V/L نوع بلورهای دختر (با توجه به شکل بلورین و ریختار ظاهری)، رنگ، نحوه گسترش هندسی میانبار سیال و اندازه آن مورد مطالعه قرار می‌گیرد (Roedder,1984; Shepherd et al.,1985). برخی از پدیده‌ها مانند: دگرسانی میانبارهای سیال (alteration of fluid inclusion)، به تله افتادن ناهمگن (heterogeneous entrapmen)، باریک‌شدگی (Necking down)، تعادل دوباره حرارتی (thermal reequilibration) و نیمه‌پایداری هسته‌ای (neucleation metastability) باعث می‌شوند تا داده‌ها و نتایج حاصل از مطالعه میانبارهای سیال با دقت بیشتری مورد بررسی قرار گیرند (Van den Kerkhof and Hein,2001).

با مطالعه دقیق سنگ‌شناسی، این پدیده‌ها شناسایی و در تجزیه و تحلیل نتایج مد نظر قرار گرفت. نتایج مطالعات نشان داده است که میانبارهای سیال غنی از گاز (Vapour rich) شاخص مناسبی برای اندازه‌گیری میکروترمومتری میانبارهای سیال نیستند، به‌طوری که تکرار چندین بار اندازه‌گیری بر روی این نوع از میانبارها نتایج به‌طور کامل متفاوتی را در بر داشته است. این امر به احتمال ناشی از بسته نبودن سامانه ترمودینامیکی این نوع از میانبارهای سیال است (Roedder,1976; Roedder and Bodnar,1977;Wilkinson et al.,1998). در این مطالعه تنها از میانبارهای سیال نوع غنی از مایع (Liquid – rich) برای اندازه‌گیری مقادیر Tm و Th استفاده شد.

در نمونه‌های گرفته شده از عدسی‌های هم‌خوان با لایه‌بندی، میانبارهای سیال کمیاب بوده و آنهایی هم که وجود دارند بسیار ریز (کمتر از ۲μ) و تک فاز و نامناسب برای مطالعه هستند. ۴ نمونه از مواد معدنی تمرکز یافته در داخل گسل‌ها و شکستگی‌ها انتخاب شدند. کانی‌زایی در این نمونه‌ها به‌صورت رگچه و پرکننده فضای خالی است. رگچه‌ها توسط کانی‌های اسفالریت، گالن، کوارتز و دولومیت زین اسبی پر شده‌اند. مطالعات میکروترمومتری و تعیین درجه شوری سیال‌های کانه‌ساز در ادخال‌های موجود در بلورهای دولومیت زین اسبی و اسفالریت صورت گرفته است (تصویر ۱۷). میانبارهای سیال، تک فازه و دوفازه هستند و هیچ‌کدام از آنها حاوی بلورهای نوزاد نیستند. مطالعه مرحله انجماد نشان داد که شوری سیال‌ها از ۱۸ تا ۲۳ در صد معادل درصد وزنی کلرید سدیم متغیر است. درجه حرارت همگون‌سازی سیال‌ها، از ۱۲۵- تا ۲۶۵- درجه سانتی‌گراد متغیر است. مشابه این

حرارت و شوری در ذخایر MVT در ناحیه Ozark و Pine Point نیز گزارش شده است. در ناحیه Ozark، شروع ذوب نمونه‌ها فراوانی خوبی در حدود ۲۱- درجه سیلسیوس دارد و شوری آن معادل ۲۳ درصد وزنی NaCl است (Rodder, 1976; Leach, 1979). همچنین ذخایر ناحیه Pine Point دارای شوری متوسط ۲۱ درصد است (Quing & Mount Joy, 1994). محدوده دمای همگون شدن و درجه شوری سیال‌های کانه‌ساز برای انواع مختلف ذخایر معدنی در شکل ۱۸ ارائه شده است (Wilkinson, 2001).موقعیت داده‌های میانبارهای سیال منطقه خانجار در این تصویر مشخص شده است. این درجه حرارت و مقدار شوری نشان می‌دهد که بلورهای دولومیت زین اسبی و کانه‌های همراه آن از مایعات داغ و شور ته‌نشین شده‌اند. این مقدار شوری و دمای همگن‌شدن ویژگی کانسارهای MVT است که در واقع بخش اپی‌ژنتیک کانسار خانجار را تشکیل داده‌اند (Wilkinson, 2001).

۶- بحث و نتیجه‌گیری

نتایج حاصل از مشاهدات صحرایی و بررسی‌های آزمایشگاهی و دفتری در مورد کانسار سرب- نقره (روی) خانجار را می‌توان به‌صورت زیر خلاصه کرد:

- در معدن خانجار سنگ در برگیرنده ماده معدنی سنگ‌های آهکی ریفی و دولومیت‌های ستبر لایه هستند.
- ماده معدنی با ژئومتری لایه‌ای و عدسی‌شکل و بافت لامینه و دانه‌پراکنده و جانشینی در سه افق چینه‌سنگی مشخص از واحدهای کرتاسه بالایی قرار گرفته است.
- شواهد صحرایی و ساخت و بافت ماده معدنی در مقیاس رخنمون و نمونه دستی نشان می‌دهد که بیشتر ذخیره خانجار پس از مرحله سنگی‌شدن (Lithification) سنگ میزبان و به‌صورت اپی‌ژنتیک تشکیل شده است. بافت ماده معدنی در این بخش به‌صورت پرکننده فضای خالی برش‌ها، حفرات انحلالی و فضای کششی ایجاد شده توسط شکستگی‌ها و گسل‌ها است.
- در کانسار خانجار، کانی‌شناسی ساده و شامل گالن، اسفالریت، پیریت، کالکوپیریت و تترائدریت است. مقدار نقره در کانسار خانجار، بالا و کانی حامل آن تترائدریت است.
- تجزیه رخساره‌ای در کانسار خانجار نشان داد که این کانسار در کربنات‌های محیط لاگون و پشت‌ریفی تشکیل شده است.
- در معدن خانجار توده‌های نفوذی با ترکیب میکرودیوریتی- مونزودیوریتی به شکل دایک و سیل در واحدهای شیلی و سنگ‌آهکی کرتاسه نفوذ کرده‌اند. در همبری توده‌های نفوذی با توالی واحدهای کربناتی کرتاسه آثاری از کانه‌سازی مشاهده نمی‌شود.
- مطالعات میکروترمومتری در کانه‌زایی با نوع ژئومتری قطع‌کننده لایه‌بندی در کانسار خانجار نشان داد که شوری میانبارهای سیال حدود ۲۱% معادل درصد وزنی NaCl و میانگین درجه حرارت ۱۷۵ درجه سانتی‌گراد است. مقدار بالای شوری میانبارهای سیال نشان‌دهنده احتمال مخلوط شدن آب‌های بین‌سازندی با آب‌های جوی در تشکیل ذخایر موجود در شکستگی‌ها در مرحله اپی‌ژنتیک است.

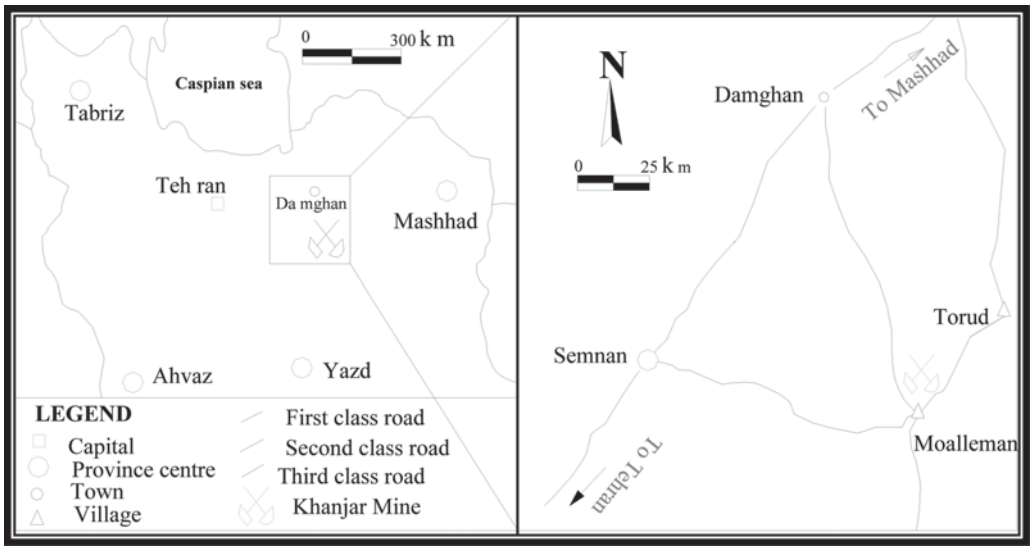
مجموعه اطلاعات حاصل از مشاهدات صحرایی بویژه ژئومتری ماده معدنی، قرارگیری ماده معدنی در افق‌های خاص چینه‌نگاری، بافت و همبود کانسار، حاکی از آن است که تشکیل و تمرکز کانسار سرب- نقره (روی) خانجار در دو مرحله صورت گرفته است:

الف) مرحله رسوبی- دیاژنزی : در این مرحله، کانه‌های سولفیدی (گالن، اسفالریت، پیریت، تترائدریت) در طی مرحله دیاژنز تشکیل شده‌اند. ژئومتری هم‌روند لایه‌بندی، همراهی گالن و اسفالریت با پیریت‌های فرامبوییدال، بافت پراکنده سولفیدها در متن میکریت، جانشینی گالن به‌جای فسیل‌ها و تشکیل سولفیدها به همراه کوارتز درجازا و میکریت گویای این مرحله است.

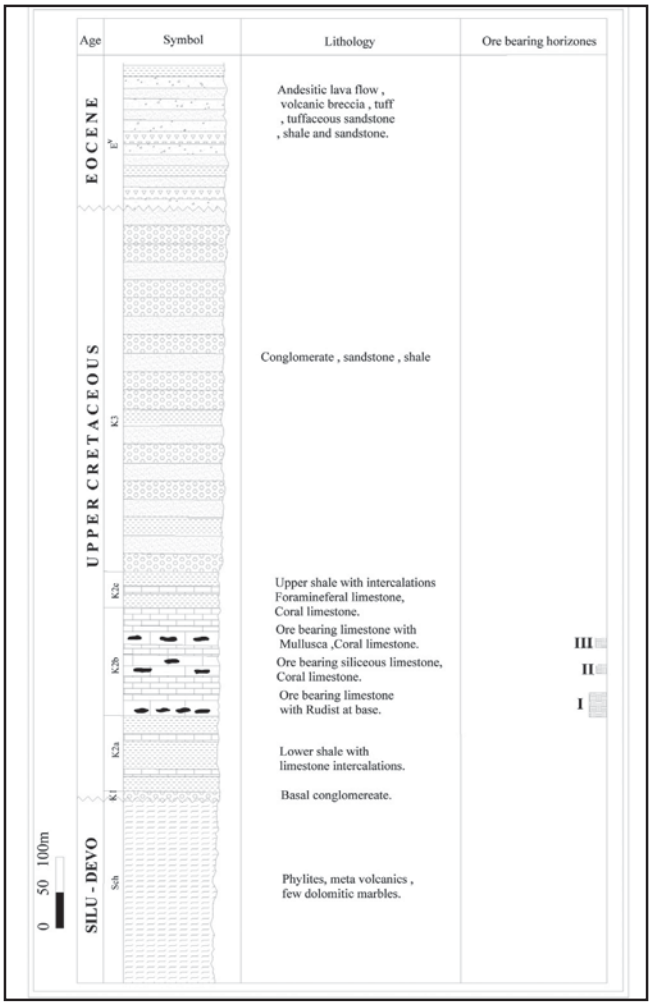
ب) مرحله تشکیل و تمرکز ماده معدنی در داخل گسل‌ها و شکستگی‌ها: در منطقه خانجار، گسل‌ها و شکستگی‌ها نقش مهمی در تجمع و تمرکز ماده معدنی دارند اما نکته جالب توجه این است که گسل‌ها تنها در قسمت‌هایی از طول خود که رخساره‌های کانه‌دار را قطع می‌کنند، کانه‌دار هستند. به‌طوری که برای تشکیل ماده معدنی در این مرحله وجود دو عامل ضروری است:

۱- وجود عدسی‌ها و لایه‌های اولیه از ماده معدنی که در رخساره‌های خاص کانه‌دار تشکیل شده‌اند.

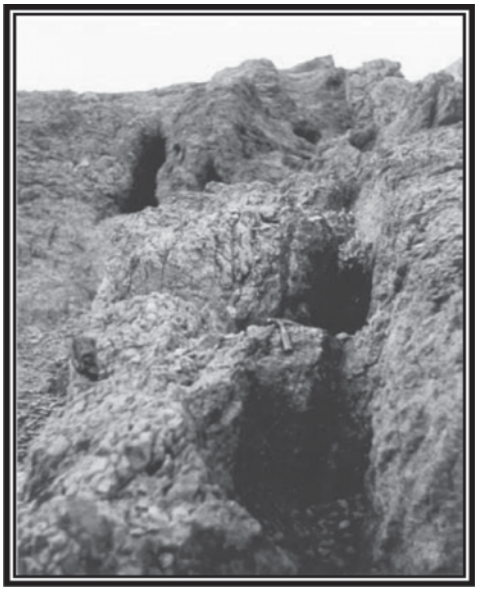
۲- وجود گسل‌ها و شکستگی‌هایی که این رخساره‌ها را قطع کرده و موجب تحرک مواد معدنی و تمرکز ثانوی آنها در داخل این شکستگی‌ها شده‌اند. وجود کارهای معدنی در امتداد گسل‌ها و بافت‌های پرکننده فضای خالی از مواد معدنی گویای این مرحله است. با توجه به موارد یاد شده، به نظر می‌رسد کانسار سرب- نقره (روی) خانجار یک ذخیره MVT است که تشکیل و تمرکز آن از دیاژنتیک تا اپی‌ژنتیک صورت گرفته است.



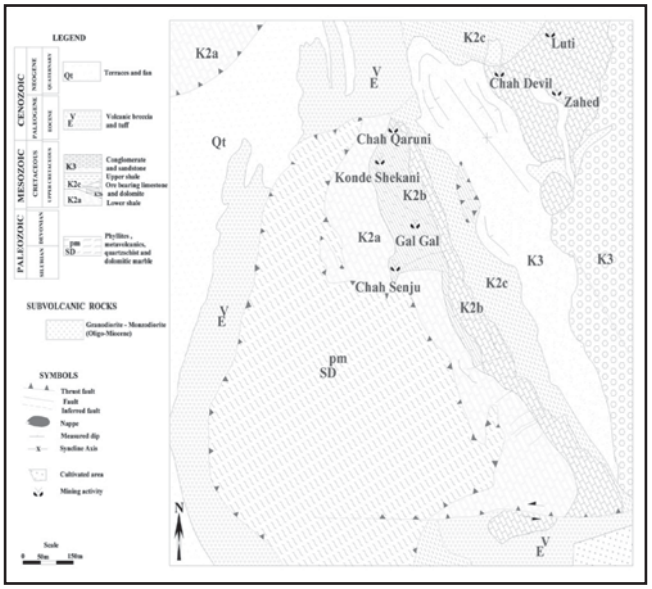
شکل ۱- موقعیت جغرافیایی و راه‌های دسترسی معدن سرب- نقره (روی) خانجار.



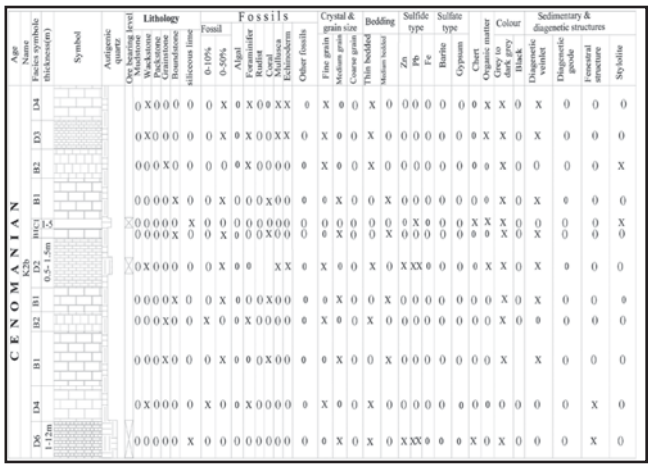
شکل ۲- ستون چینه‌شناسی عمومی منطقه خانجار و موقعیت افق‌های کانه‌دار.



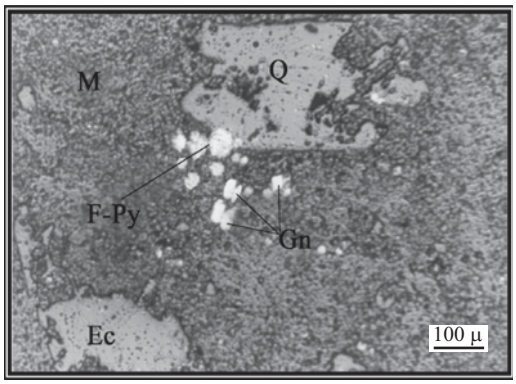
شکل ۵- نمایی از فعالیت‌های معدنی که در امتداد لایه‌بندی صورت گرفته است. افق II کانه‌سازی. رخساره مولوسکا اکینودرم وکستون. روند لایه‌ها N150 . نگاه به سمت جنوب تا جنوب خاور.



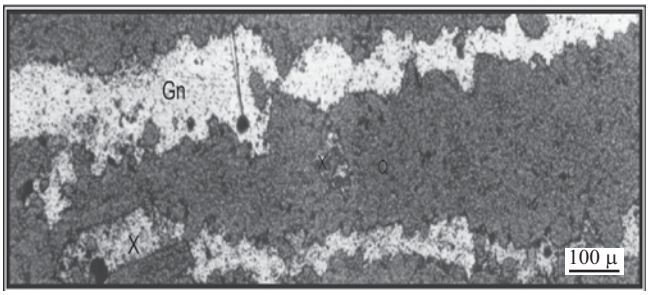
شکل ۳- نقشه زمین‌شناسی و موقعیت کارگاه‌های استخراج کانسار سرب- نقره (روی) خانجار.



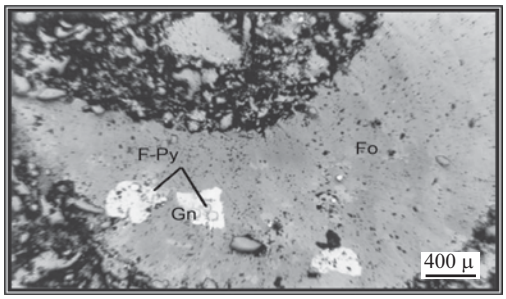
شکل۴- ویژگی‌های رخساره‌ای افق‌های کانه‌دار واحد K2b، در مقطع سنگ‌چینه‌نگاری چاه قارونی(XX = خیلی فراوان، x = فراوان، 0 = نادر، () = وجود ندارد)



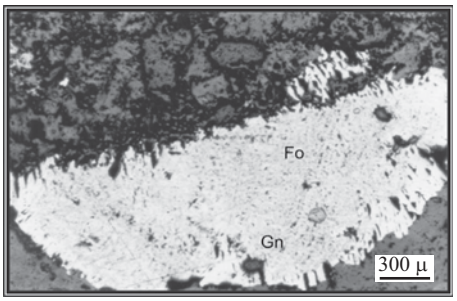
شکل ۶- گالن (Gn) با بافت پراکنده همراه با پیریت فرامبوییدال (F-Py)، فسیل اکینودرم (Ec) و کوارتز درجازا (Q) در یک زمینه میکریتی(M). رخساره مولوسکا اکینودرم وکستون. (افق II کانه‌دار).



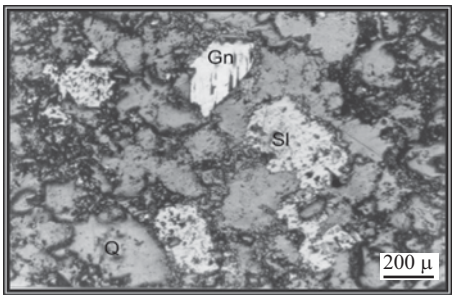
شکل ۷- گالن (Gn) با بافت لامینه (رخساره آهک سیلیس‌دار). جانشینی گالن به‌جای انیدریت (به شکل منشوری و منوکلینک انیدریت توجه شود) در سمت چپ پایین تصویر(X) مشاهده می‌شود. (افق I کانه‌دار).



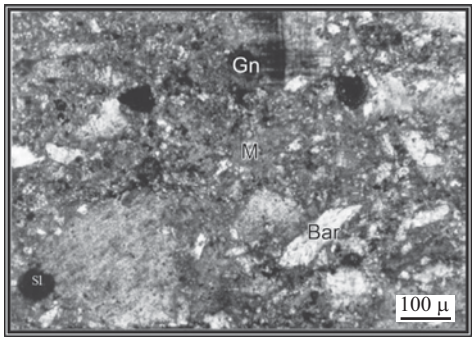
شکل ۸- بلورهای گالن (Gn) و پیریت فرامبوییدال (F-Py) داخل فسیل مولوسکا (Fo). گالن اطراف پیریت فرامبوییدال را پر کرده است. رخساره مولوسکا اکینودرم وکستون (افق II کانه‌دار).



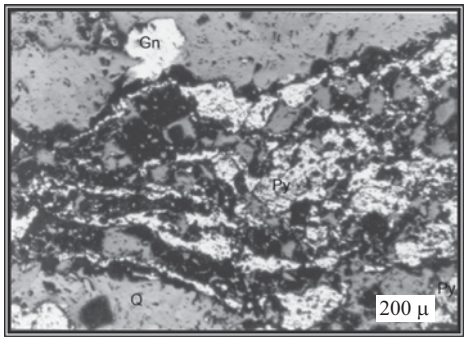
شکل ۹- فسیل مولوسکا (Fo) جانشین شده توسط گالن(Gn). رخساره مولوسکا اکینودرم وکستون (افق II کانه‌دار).



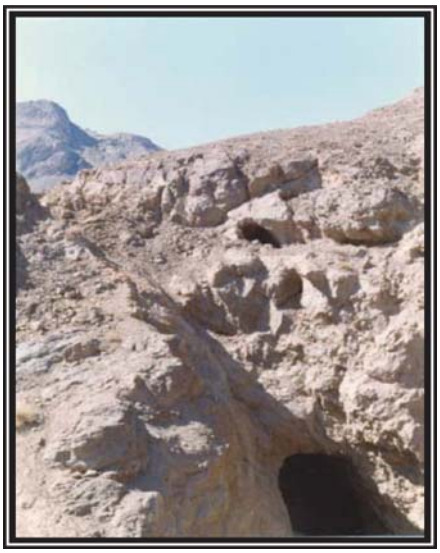
شکل ۱۰- گالن (Gn) و اسفالریت (Sl) به صورت بلورین و دانه پراکنده در بین بلورهای کوارتز درجازا (Q). رخساره آهک سیلیس‌دار (افق I کانه‌دار).



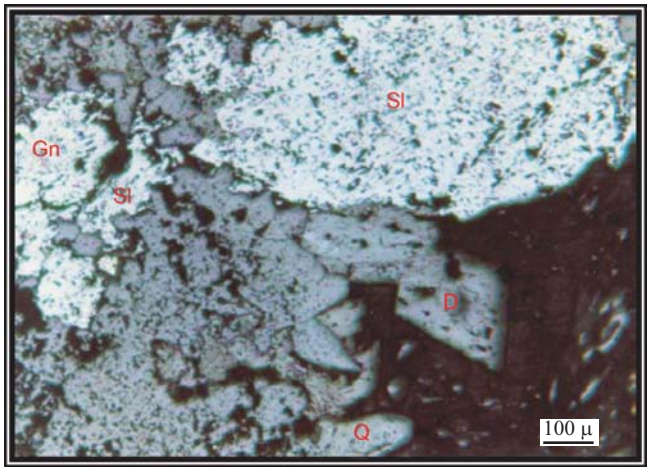
شکل ۱۱- گالن (Gn) و اسفالریت (Sl) باباریت (Bar) درزمینه میکریتی. رخساره مولوسکا اکینودرم وکستون (افق II کانه‌دار).



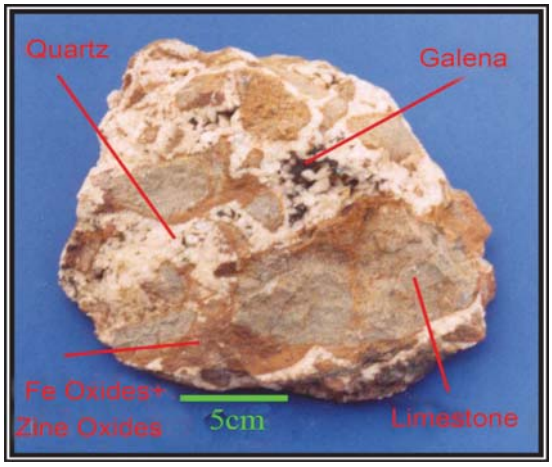
شکل ۱۲- پیریت (Py) همراه با مواد آلی (سیاه‌رنگ) و گالن (Gn) به‌صورت پراکنده (بالای تصویر). رخساره آهک سیلیس‌دار (افق I کانه‌دار).



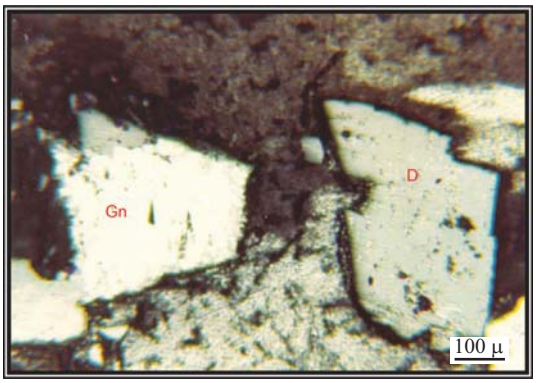
شکل۱۳- نمایی از فعالیت‌های معدنی در نوع کانه‌زایی با ژئومتری قطع کننده لایه‌بندی. تونل برای استخراج ماده معدنی در امتداد گسل حفر شده است.گسل لوتی، نگاه به سمت شمال تا شمال باختر.



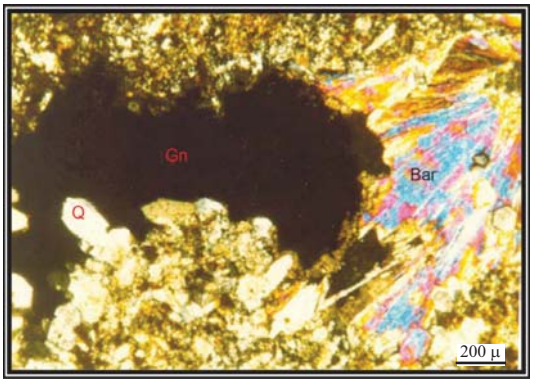
شکل ۱۴- بافت پرکننده فضای خالی اسفالریت (Sl) همراه با دولومیت زین اسبی (D) و کوارتز (Q) گسل لوتی.



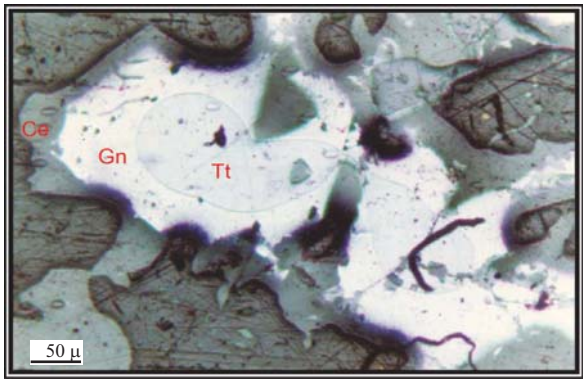
شکل ۱۶- نمونه دستی از بافت پرکننده فضای خالی گالن همراه با کوارتز در یک برش زمین‌ساختی گسل چاه قارونی.



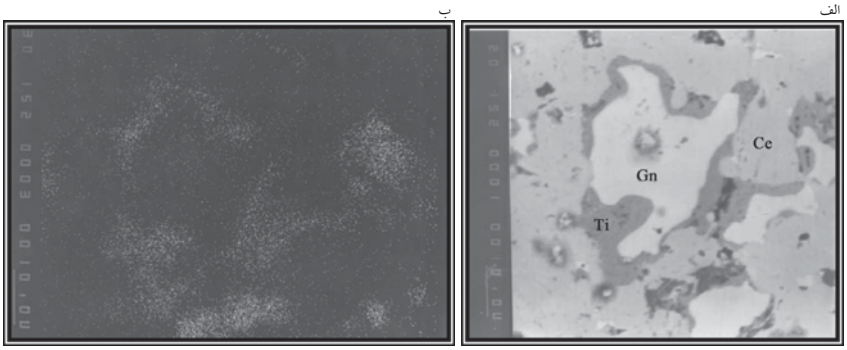
شکل ۱۵- گالن (Gn) همراه با دولومیت زین اسبی (D) به صورت بافت پرکننده فضای خالی گسل لوتی.



شکل ۱۷- بلورهای باریت (Bar) و گالن (Gn) و کوارتز (Q) با بافت پرکننده فضای خالی گسل لوتی.

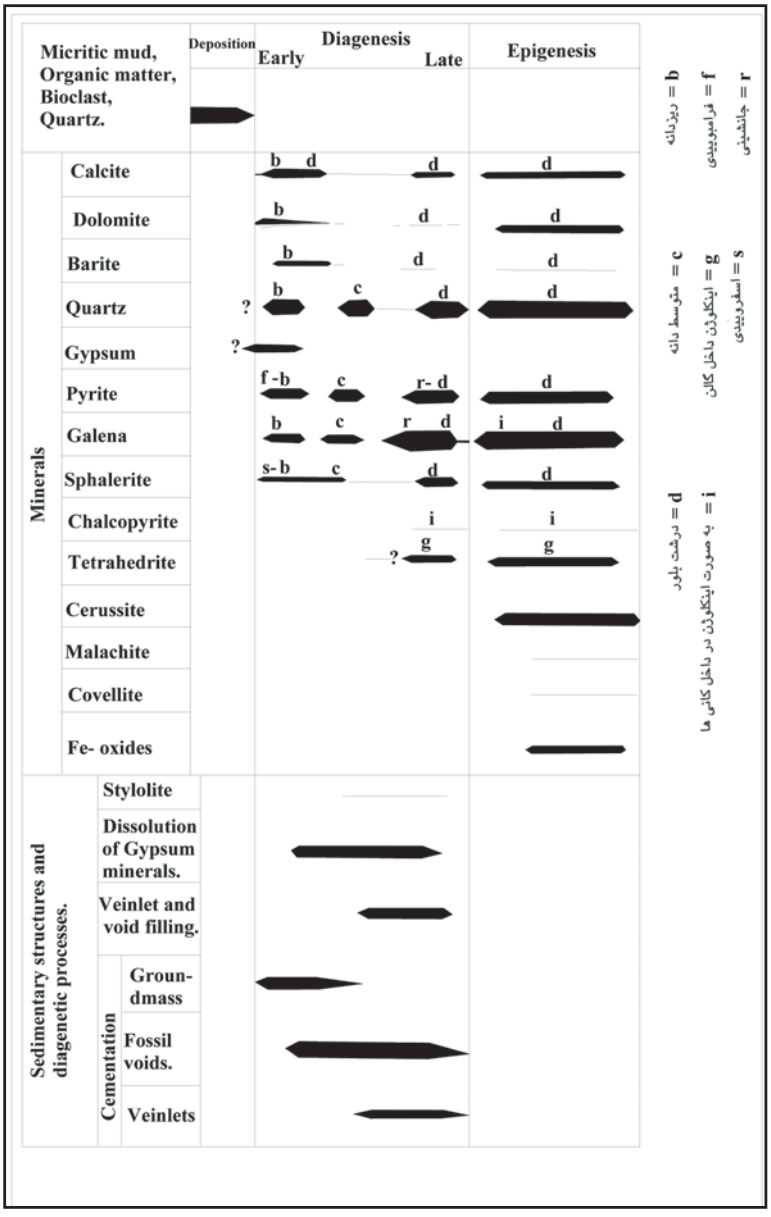


شکل ۱۸- کانی تترائدریت (Tt) به شکل آمیب داخل کانی گالن(Gn). بافت پرکننده فضای خالی گسل چاه قارونی.Ce - سروزیت.

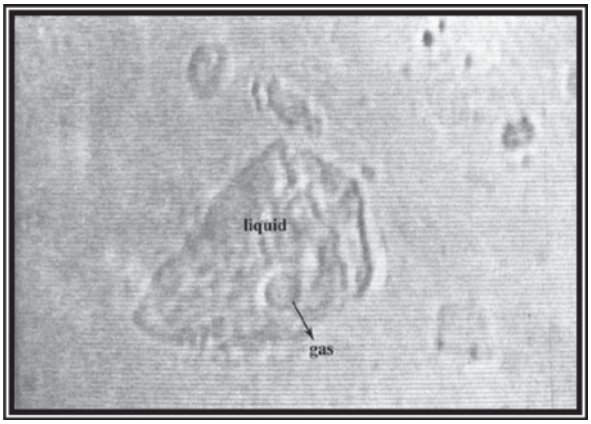


شکل ۱۹- الف) تصویر میکروسکپی از کانی تترائدریت (Tt) که در حاشیه و داخل کانی گالن(Gn) قرار دارد. رخساره آهک سیلیس‌دار. افق I کانه سازی.Ce - سروزیت.

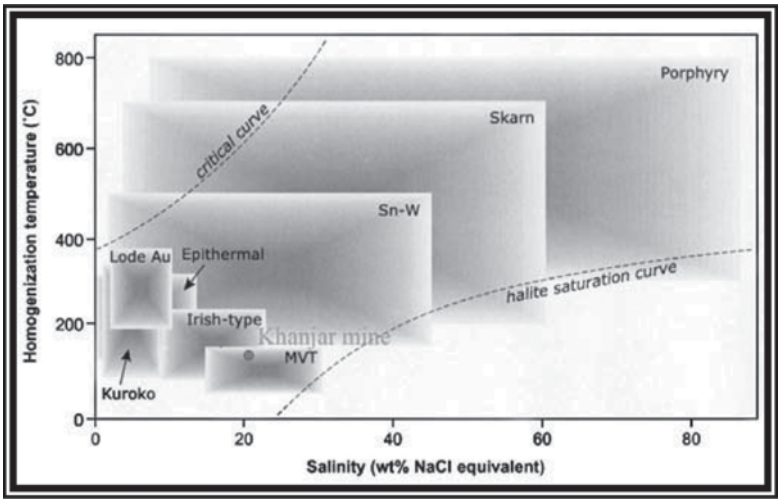
ب)تصویر الکترونی همان شکل که نشان‌دهنده پراکندگی نقره در داخل کانی تترائدریت (Tt) است.



شکل ۲۰- نمودار توالی همبودی (پاراژنتیک) کانه‌ها، کانی‌ها و ساختمان‌های رسوبی و دیاژنتیک در کانسار سرب- نقره (روی) خانجار



شکل ۲۱- نمونه‌ای از میانبارهای دوفازه در کانسار خانجار.



شکل ۲۲- دامنه شاخص شوری و دمای همگن‌شدن میانبارهای انواع کانسارهای مختلف (Wilkinson 2001).
کانسار خانجار در محدوده ذخایر MVT قرار می‌گیرد.

کتابنگاری

جمی، م.، هاشمی تنگستانی، م.، ۱۳۷۴- عناصر خاکی کمیاب و میانبارهای سیال در فلورین‌های سفید، سبز و بنفش ناحیه کمر مهدی طبس، مجموعه مقالات دومین همایش انجمن زمین‌شناسی ایران، ۴ ص.

رستمی پایدار، ق.، ۱۳۸۰- آنالیز رخساره، ژئوشیمی و ژنز کانسار فلورین (روی، سرب، باریم) میلاکوه- تویه، جنوب غرب دامغان، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تربیت مدرس، ۲۱۸ ص .

شریعتمدار،ا.، ۱۳۷۷- بررسی زمین‌شناسی و ژنز کانسار فلورین شش رودبار، سوادکوه مازندران براساس داده‌های حاصل از مطالعه آنالیز رخساره‌ای، ژئوشیمی، سیالات درگیر، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تربیت مدرس،۲۰۲ ص.

گرجی زاد، ح. ر.، ۱۳۷۵- زمین‌شناسی، کانی‌شناسی، آنالیز رخساره و ژنز کانسار فلورین پاچی میانا، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تربیت مدرس، ۱۸۶ ص.

مدبری، س.، ۱۳۷۴- زمین‌شناسی، کانی‌شناسی، ژئوشیمی، آنالیز رخساره‌ای و ژنز کانسار راونج (دلیجان)، پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد، دانشگاه تربیت مدرس، ۲۱۰ ص.

مؤمن زاده، م.، راستاد، الف.، عیسی خانیان، و.، ۱۳۶۶- گزارش بازدید مقدماتی از معدن سرب و روی خانجار، ۱۰ ص.

مهری،ب.، ۱۳۷۷- زمین‌شناسی،کانی‌شناسی، ژئوشیمی، آنالیز رخساره و ژنز کانسار سرب و نقره خانجار(جنوب غرب دامغان)،پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تربیت مدرس،۱۹۲ ص.

مهری،ب.، ۱۳۸۳- بررسی زمین‌شناسی و تهیه نقشه زمین‌شناسی ۱:۵۰۰۰ کانسار روی- سرب تپه ریگ. شمال شرق اردکان- یزد، انتشارت سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، ۸۶ ص.

نبوی، م. ح.، ۱۳۶۷- گزارش پیرامون معدن سرب خانجار (رشم) بر پایه گزارش‌ها ونقشه‌های موجود و دیدار از معدن. انتشارات سازمان زمین‌شناسی،۱۲ ص.

References

Bazargani-Guilani, K.,1982- Die mittelpermischen schichtgebundenen Blei-Zink-Schwerspart-Lagerstatten des Kalwanga distriktes Zentral Alborz, Iran (mit besonderer Beruksichtigun des Duna- Grubenfeldes), Ruprecht-karl-Universitat,Heidelberg Univ.

Dix, G. R. & Edward, C.,1996- Carbonate hosted, Shallow submarine and burial hydrothermalmineralisation Big Cove Formation.Port au Port peninsula,Western New Foundland,Econ Geol,v.91,p.180-203.

Ghazban, F., Mc Nutt, R. H. & Schwatrz, H. p., 1994-Genesis of sediment-hosted Zn-Pb-Ba deposits in the Irankuh district,Esfahan area, West – Central Iran, Econ.Geol., v.89, p.1262-1278.

Goldstein, R. H., 2001- Fluid inclusions in sedimentary and diagenetic systems, Lithos, v.55, p.159-192.

Leach, D. L., 1999– Mississippi Valley– Type Lead– Zinc deposits through geologic time: Implications for the exploration of undiscovered deposits, U.S.G.S.Mineral Resource Program,p.211-237.

Momenzadeh, M., 1976- Stratabound lead- zinc ores in the lower Cretaceous and Jurassic sediments in the Malayer-Esfahan district (West Central Iran). Lithology,Metal content, Zonation and Genesis:Ruprecht- Karl Universitat,Heidelberg Univ.180p.

Quing, H. & Mount Joy, E. W., 1994- Origin of dissolution vugs,carvens and breccias in the Middle Devonian Presquile Barrier,host of Pine point Mississippi Valley type deposits, Econ.Geol., v.89, p.858-876.

Rastad, E., Fontbote, L. & Amstuts, G. C., 1980- Relation between tidal flat facies and diagenetic ore fabrics in the stratabound Pb-Zn-(Ba-Cu) deposits of Irankuh, Esfahan, West central Iran.18p.

Rodder,E.,1976- Fluid inclusion evidence on the genesis of ores in sedimentary volcanic rocks.In:Wolf ,K.H.Handbook of strata-bound and stratiform ore deposits (Ed.), vol.2, Geochemical studies:Amsterdam,Elsevier, New York, ch.4, p.67-110.

Roedder, E., 1984- Fluid inclusions, Reviews in Mineralogy, vol. 12, Mineralogical Society of America, 644p.

Roedder, E. & Bodnar, R. J., 1977– Fluid inclusion studies of hydrothermal ore deposits. In: Barens, H. L., (Ed.) .Geochemistry of hydrothermal ore deposits, Wiley, New York, p. 657-697.

Sheperd, T. J., Ranbin, A. H. & Alderton, D. H. M., 1985– A practical guide to fluid inclusion studies, Blackie, Glasgow, 223p.

Van den Kerkhof, A. M. & Hein, U. F., 2001– Fluid inclusion petrography, Lithos, v.55, p. 27-47.

Wilkinson, J. J., 2001- Fluid inclusions in hydrothermal ore deposits,Lithos, v.55, p.229-272.

Ore Facies of Khanjar Pb– Ag (Zn) Carbonate– Hosted Deposit ,Upper Cretaceous Sequence in Central Iran, South Damghan, Iran

B. Mehri[1] ,E. Rastad[2*] & F. Fayyazi[3]

[1] Metalic Exploration Department, Geological Survey of Iran, Tehran, Iran.

[2]Economic Geology Department, Tarbiat Modarres University, Tehran,Iran.

[3]Geology Department, Tarbiat Moallem University,Tehran,Iran.

Received: 2008 May 03 Accepted: 2008 October 19

Abstract

The Khanjar Pb– Ag (Zn) deposit is one of the stratabound deposits of Cretaceous age in Central Iran. The ore bodies may be grouped into two main geometric types: 1) Lenses of ore bodies congruent with bedding, 2) Ores as open space filling or with brecciate fabric due to faulting. Both types occur in limestone unit (k2b).Three ore bearing facies have been distinguished in the Khanjar area: 1) Siliceous limestone facies; galena, sphalerite and pyrite are the main ore minerals. Minor amounts of chalcopyrite are also visible. 2) Mullusca, Echinoderm wackstone facies with galena and sphalerite. 3) Rudist limestone facies with large amount of galena. As with other stratabound and stratiform Pb- Zn deposits, the main ore minerals are simple and few in number. In addition, galena, sphalerite and pyrite, some tetrahedrite, barite and minor amounts of copper minerals are observed. Pyrite often with framboidal texture and sphalerite with spheroidal texture form always part of paragenesis. Fluid inclusion investigations on saddle dolomite located in fractures with galena and sphalerite demonstrated the homogenization temperature of 145-230 centigrade and salinity of 17.5-23% NaCl equivalent.Geometry of ore bodies, occurrence of ore horizons in certain sedimentary facies, ore textures and structures, depositional environment (Lagoonal), paragenetic sequence of minerals and fluid inclusion data, all suggest that Khanjar Pb- Ag(Zn) deposit is an MVT deposit.

Key words: Pb– Ag (Zn) deposit, Upper cretaceous carbonate units, Ore facies, MVT, Khanjar(Reshm), South Damghan

For Persian Version see pages 3 to 12

*Corresponding author: E. Rastad; E-mail: rastad@modares.ac.ir

The Study of Permian-Triassic Boundary in Esfeh Section N.E. Shahreza (Central Iran)

M.R. Partoazar[1*]

[1] Geological Survey of Iran, Tehran, Iran

Received: 2008 April 12 Accepted: 2008 November 15

Abstract

The stratigraphic section of Esfeh is located at 15 km north-east of Shahreza and 65 km south of Esfahan. The aim of this study is to consider the lithostratigraphy, biostratigraphy and how to settle the Permian-Triassic boundary, also the geochronology of them. The biostratigraphic study of this section indicates the existence of index Fusulinidae with the high quality of other places. for instance:V*erbeekina verbeeki , Sumatrina annae , Afghanella schenki , Yangchienia iniqua , Eoparafusulina Shengi*. In this study the geochronological change of member 3 of the Surmagh Formation with attention to index fossils attributed from Guadalupian to Early Julfian and also the lithoiogical alterations to exist in deposits of the Hambast Formation equivalent to Esfeh section, the Shahreza formation propose is necessary.

Keywords: Esfeh Section, Permian-Triassic Boundary, Member 3 of Surmagh Formation, Shahreza formation.

For Persian Version see pages 13 to 18

*Corresponding author: M. R. Partoazar; E_mail: mpartoazar@yahoo.com