

Genesis of the Jalal Abad Iron Ore Deposit

Khosrowanjam, M. and Shahabpour, J.

Shahid Bahonar University, Kerman, Iran

Key Words : *Jalal Abad, Iron ore deposit, geochemistry*

Abstract: The Jalal Abad iron ore deposit is one of the seven most important iron ore deposits in the central Iran, with a probable ore reserve of 200.4 million tons of iron ore in which the average grades are estimated as 44.28% Fe, 0.83% S and 0.07%P. In the Jalal Abad deposit two types of orebodies are identified: the orebodies which are concordant with respect to the sedimentary host rocks (Jalal Abad I), and the orebodies which are discordant with respect to their carbonate host, rocks (Jalal Abad II). In this deposit the primary ore minerals are magnetite and hematite. Hematite is also formed from the oxidation of magnetite. It is proposed that the deposit was formed in two stages as described below.

- 1) The principal orebodies were formed contemporaneous with the sedimentation, from the exhalites and precipitates associated with volcanic activity within an intracontinental sources. This part of the deposit is named Jalal Abad I.
- 2) After formation of the Jalal Abad I orebodies, due to emplacement of the igneous rocks within the ore zone, the meteoric and/or connate water contained in the Jalal Abad I: then iron was redeposited from the upwelling iron bearing solution as replacement orebodies within the carbonate rocks. In this manner Jalal Abad II orebodies were formed.

پژوهشی

پیدایش کانسار آهن جلال آباد زرند

محمد خسروانجام و جمشید شهاب پور
دانشگاه شهید باهنر کرمان، بخش زمین شناسی

چکیده: کانسار آهن جلال آباد زرند یکی از هفت کانسار مهم در ایران مرکزی است که ذخیره آن ۲۰۰/۴ میلیون تن سنگ آهن با عیار متوسط ۴۴/۲٪ آهن، ۸۳٪ گوگرد و ۰/۷٪ فسفر برآورد شده است. در این کانسار دو نوع توده معدنی قابل تشخیص است: توده‌هایی که با سنگهای رسوبی در برگیرنده همشیب (جلال آباد I)، و توده‌هایی که با سنگهای آهکی ناهمشیب قرار دارند (جلال آباد II). در این کانسار، کانه اولیه ماگنتیت است و هماتیت به صورت ثانویه از اکسایش ماگنتیت ایجاد شده است. با توجه به تغییرات عیار آهن در ستون چینه‌شناسی منطقه معدنی، شکل هندسی کانسار، ژئوشیمی توده‌های آذرین همراه، و بافت و موقعیت تکتونیکی کانسار، چنین نتیجه می‌شود که کانسار در ۲ مرحله جداگانه به شرح زیر تشکیل شده است:

۱ - بخش اصلی کانسار همزمان با رسوبگذاری در منطقه و خروج شارهای تبخیری حاصل از فعالیت آتشفشانهای موجود در کافت درون قاره‌ای، و یا از منابع قاره‌ای موجود در منطقه تشکیل شده است. این بخش از کانسار، جلال آباد I نامگذاری شده است.

۲ - پس از تشکیل کانسار آهن جلال آباد I، در اثر نفوذ توده‌های آذرین در منطقه معدنی، آبهای فرورو یا فسیلی موجود در جلال آباد I داغ و متحرک شده و پس از شستن آهن از جلال آباد I و صعود به بالا، آهن را درون سنگهای کربناتی به صورت جانشینی ته‌نشین کرده است. این بخش از کانسار، جلال آباد II نامگذاری شد.

واژه‌های کلیدی: جلال آباد، کانسار آهن، ژئوشیمیایی

مقدمه

کانسار آهن جلال آباد زرنند در ۱۲۲ کیلومتری شمالغربی شهر کرمان و ۳۸ کیلومتری شمالغربی شهرستان زرنند واقع است. کانسار در عرض جغرافیایی $30^{\circ}56'$ و طول جغرافیایی $56^{\circ}25'$ قرار دارد (شکل ۱). ذخیره احتمالی کانسار جلال آباد I و II، ۲۰۰/۴ میلیون تن سنگ آهن برآورد شده است که آن را برحسب ترکیب شیمیایی به صورت زیر تقسیم کرده‌اند [۱].

(الف) سنگ آهن پر عیار اکسیده کم گوگرد.

(ب) سنگ آهن پر عیار ماگنتیتی گوگرد دار.

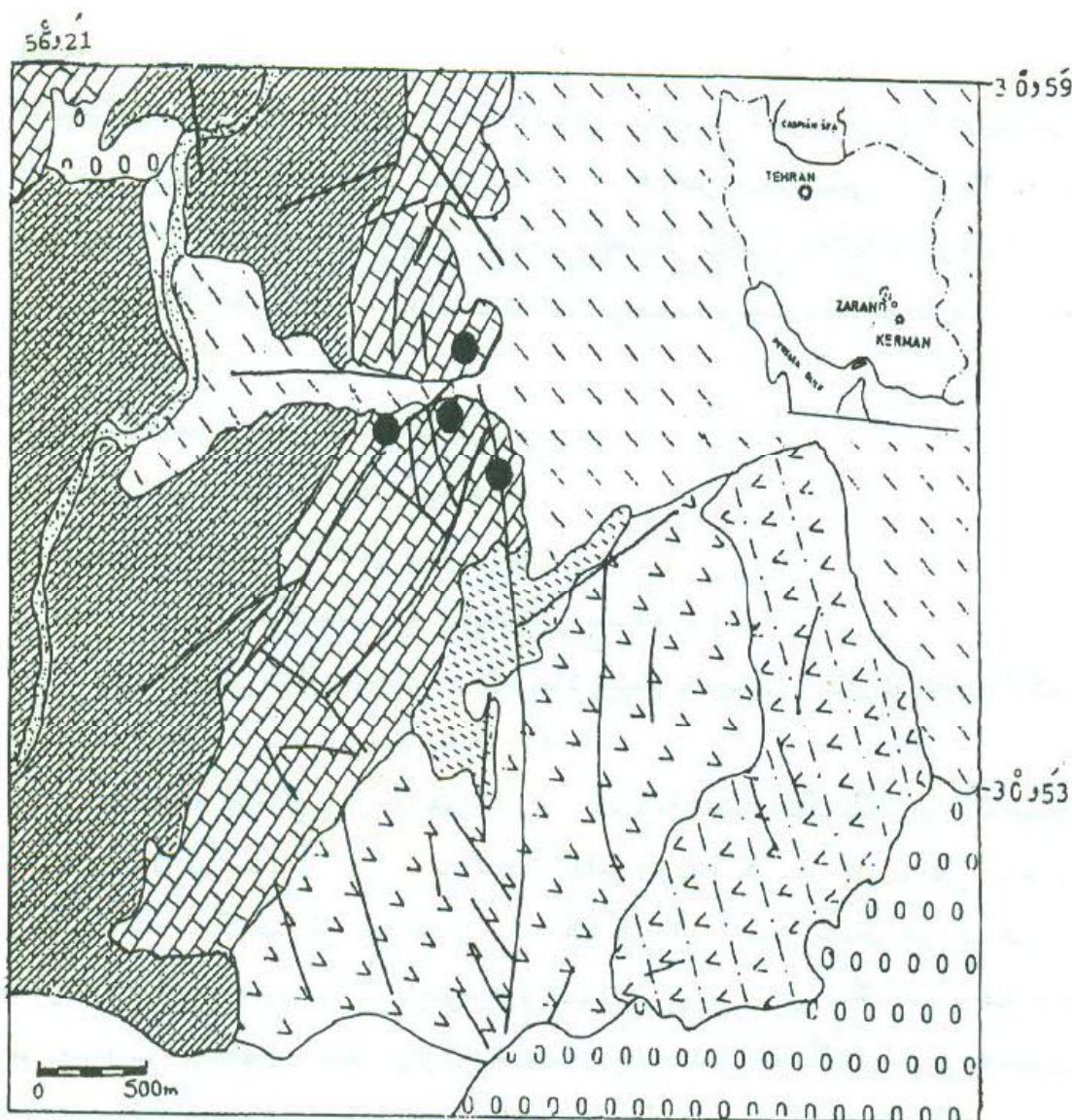
(ج) سنگ آهن کم عیار ماگنتیتی سیلیس دار.

در جدول ۱، انواع سنگ معدن به تفکیک آورده شده‌اند [۱].

زمین‌شناسی منطقه معدنی جلال آباد بیشتر به پیش از دوران پالئوزوئیک و پالئوزئیک تحتانی مربوط می‌شود (شکل ۱).

در منطقه کانه‌زائی، در افق‌های زیرین یک لایه ماسه سنگ کوارتز فلدسپاتی وجود دارد که در سرتاسر افق زیرین کانسار ادامه دارد (شکل ۲). میزان آهن در محل برخورد ماسه سنگ کوارتز - فلدسپاتی با سنگ آهن ۱۲٪ است. سنگ آهن کم عیار به صورت لایه لایه به ضخامت کم تا متوسط و عموماً در بخش بالای سنگ آهن پر عیار و به طور متناوب با سنگهای سیلتی قرار گرفته است. توده معدنی با سنگهای سیلتی همشیب و متناوب قرار گرفته (شکل ۲) و کقاذیر آهن در سنگهای سیلتی و ماسه‌سنگی بیش از مقادیر آن در سنگهای مشابه است [۲] (جدول ۲). ماده معدنی محدود به بخش خاصی از ستون چینه‌شناسی است و عیار آهن تدریجاً تغییر می‌کند؛ یعنی از بخش ماسه سنگ کوارتز - فلدسپاتی کم عیار به بخش پر عیار و سپس به بخش کم عیار و به طرف بالاتر به سنگهای سیلتی کم عیارتر منتهی می‌شود. تکرار تناوب بخش کم عیار و پر عیار جدول ۱ تقسیم بندی سنگ آهن در کانسار آهن جلال آباد I و II.

نوع سنگ آهن	ذخیره احتمالی (میلیون تن)	درصد آهن	درصد فسفر	درصد گوگرد
سنگ آهن ماگنتیتی پر عیار	۹۱/۶	۵۳/۴۷	۰/۰۸	۱/۱۸
سنگ آهن پر عیار اکسیده	۲۰/۶	۵۵/۷۰	۰/۰۵	۰/۱۵
سنگ آهن کم عیار	۸۸/۲	۲۳/۵۷	۰/۰۸	۱/۱۷



- | | | |
|----------------------|------------|--|
| رسوبهای عصر حاضر | (کواترنری) | زئیس، مارن، شیل‌های قرمز و بنفش، (سری دزو -
اسیدهای آتشفشانی و ماسه سنگ کامبرین تختانی) |
| ماسه های بادی | | |
| مخروط‌های افکنه جوان | (کواترنری) | دولومیت، کوارتزیت و ماسه سنگ (سری ریزو -
کامبرین تختانی) |
| مخروط‌های افکنه قدیم | | |
| مارن و ماسه سنگ | (نئوزن) | شیل، ماسه سنگ، گریواکه و چرت (سری مراد -
پر کامبرین) |
| رخمونهای سنگ آهن | | گسل / |

شکل ۱ نقشه زمین‌شناسی منطقه معدنی جلال آباد.

جدول ۲ مقایسه درصد متوسط آهن در سنگهای جلال آباد با درصد آهن در سنگهای مشابه

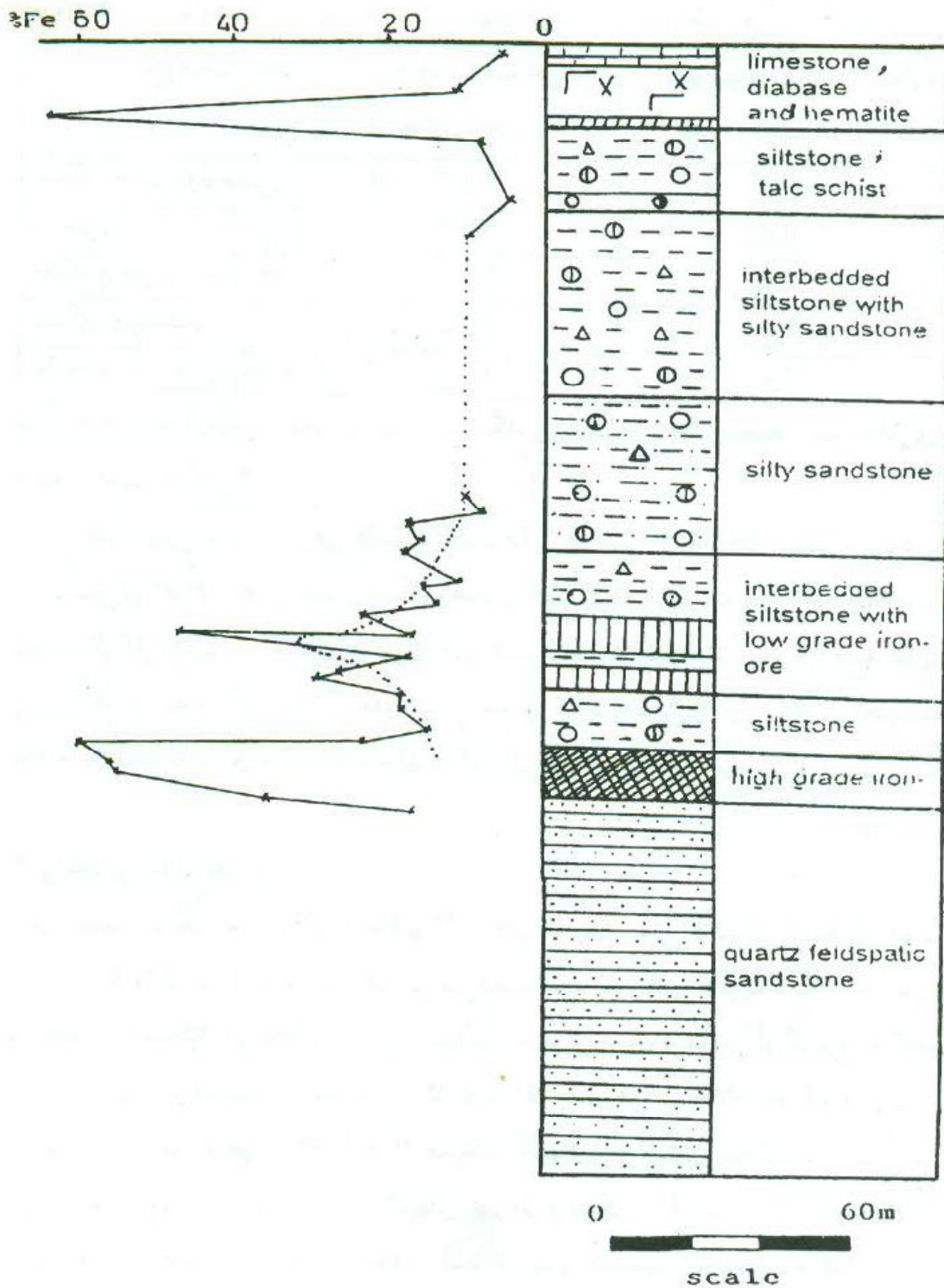
نوع سنگ	درصد متوسط آهن در سنگهای جلال آباد	متوسط درصد آهن در سنگهای مشابه بر اساس (Beus ۱۹۷۶)
سنگ آهک دولومیتی	۴/۵۵	۰/۸۶
دیاباز	۹/۶۳	۷/۵
تالک و کلریت شیست	۴/۳	۵
سنگهای سیلیتی	۱۱/۴۵	۴/۸
ماسه سنگ کوارتز فلدسپاتی	۱۲	۲/۸

نشان دهنده فعالیت و توقف فعالیت رسوبگذاری آهن در یک محیط رسوبگذاری در منطقه است (شکل ۲).

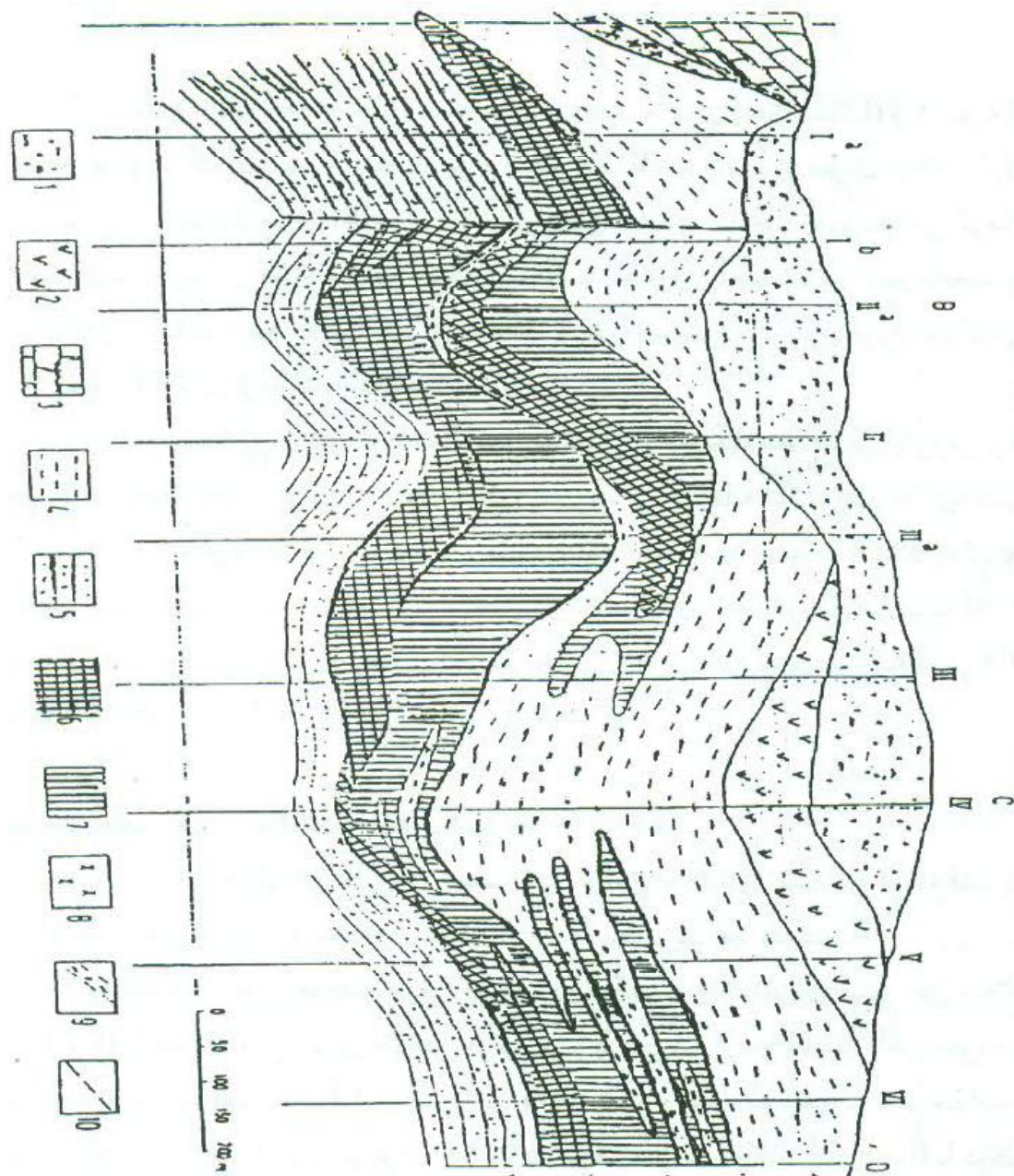
در بخش جنوب شرقی کانسار یک توده بازی همراه با تعدادی دایک وجود دارد که بعضی از آنها لایه‌های حاوی سنگ معدن را قطع کرده است. کانسار آهن جلال آباد I لایه‌ای شکل است و با سنگهای دیواره‌ای همشیب قرار گرفته است و در همه حال در زیر آن افق ماسه سنگی کوارتز-فلدسپاتی حضور دارد (شکل ۳) ولی کانسار آهن جلال آباد II نامنظم است و نسبت به سنگهای کربناتی هم جوار ناهمشیب قرار دارد.

کانی‌شناسی ماده معدنی

کانی اصلی سنگ آهن جلال آباد I و II ماگنتیت است. ولی کانیهای اولیه در کانسار جلال آباد I ماگنتیت و پیروتیت تشکیل می‌دهند. هماتیت کانی ثانویه سنگ آهن در هر دو کانسار را تشکیل می‌دهد و در زون اکسایش متمرکز است و مقدار آن کمتر از ماگنتیت است. مارتیت، ایلمنیت و لیمونیت از کانیهای اکسیدی فرعی جلال آباد I و لیمونیت از کانیهای اکسیدی فرعی جلال آباد II هستند. کانیهای سولفیدی جلال آباد I عبارتند از مارکاسیت، کوولین، و بورنیت. از کانیهای غیرفلزی تالک و کلریت در کانسار جلال آباد I، به فراوانی یافت می‌شوند. و به مقدار کمتر کانیهای کلسیت، دولومیت و کوارتز دیده می‌شوند. کانیهای غیرفلزی موجود در جلال آباد II بیشتر شامل کلسیت و دولومیت است.



شکل ۲ نمودار تغییرات عیار آهن در چاه شماره ۲۳، معدن آهن جلال آباد I.
منحنی نقطه چین، شکل تعدیل شده منحنی تغییرات مقادیر آهن را نشان می دهد.



شکل ۳ مقطع طولی کانسار زرند (گولوتف و همکاران، ۱۹۷۶).

"راهنما"

- | | |
|-------------------------------|----------------------------------|
| ۱- رسوبهای مزوزوئیک، سنوزوئیک | ۶- سنگ آهن با عیار بالای ۴۵ درصد |
| ۲- تشکیلات آذرین بیرونی | ۷- سنگ آهن با عیار زیر ۴۵ درصد |
| ۳- آهک دولومیتی | ۸- گابرو- دیوریت |
| ۴- سنگ سیلتی و ماسه سنگ سیلتی | ۹- زون گسلش (شیستی و میلونیتی) |
| ۵- ماسه سنگ | ۱۰- گسل |

ژئوشیمی

روش کار

تعداد ۱۰ نمونه سنگ آهن از اعماق مختلف مغزه‌های حفاری (جلال آباد I) و ۲ نمونه از رخنمونهای سنگ آهن در سطح زمین (جلال آباد II) برداشت، و برای جداسازی ماگنتیت و هماتیت از مواد باطله و از یکدیگر به آزمایشگاه سازمان زمین‌شناسی کرمان ارسال کردیم. پس از انجام مراحل خردایش، یکسان سازی، آسیاب، سرند، و دانه‌بندی نمونه‌های آسیاب شده، با استفاده از دستگاه هیدروسیکلون و بروموفورم، دو کانی ماگنتیت و هماتیت از مواد باطله جدا شدند.

برای جداسازی ماگنتیت و هماتیت از یکدیگر از دستگاه مغناطیسی با روش تر و خشک استفاده شد. با توجه به اینکه میکروسکوپ و ریزگمانه الکترونی دارای دقت لازم برای اندازه‌گیری عناصر کمیاب در حدود p.p.m در کانیها نیستند، لذا اندازه‌گیری عناصر کمیاب در ماگنتیت و هماتیت موجود در کانسارهای آهن به روش مرطوب انجام گرفت که در خصوص کانسار جلال آباد نیز همین روش اندازه‌گیری برای عناصر Cr، Cu، Pb، Mo، V، Mn، Ni و Co به کار گرفته شد.

ژئوشیمی عناصر جزئی در ماگنتیت و هماتیت کانسار جلال آباد I و II

جایگزینی عناصر جزئی در کانی‌ها، تحت تأثیر عوامل متعددی است که گرما، فشار، خواص فیزیکی عناصر، و محیط شیمیایی از جمله مهمترین آنها هستند.

مقادیر و نسبتهای عناصر جزئی موجود در ماگنتیت و هماتیت کانسار آهن جلال آباد I و II با مقادیر و نسبتهای عناصر جزئی مربوط به بیش از ۹۰ کانسار آهن معروف دنیا با تپهای مختلف که از گزارشات [۳] و [۴] استخراج شده بودند، با هم مقایسه شدند (جداول ۳ و ۴). برای پی‌بردن به موارد شباهت کانسار جلال آباد I و II با دیگر کانسارهای آهن، شباهتها امتیاز بندی شدند. امتیاز بندی بدین صورت انجام گرفت که چنانچه مقدار یک عنصر، یا نسبتهای آن اختصاصاً به یک تیپ کانسار خاص شباهت داشت، ۴ امتیاز، در صورتی که به دو مورد شباهت داشت، ۳ امتیاز، به تعداد موارد شباهت به ۳ نوع کانسار ۲ امتیاز و به بیش از ۳ نوع، یک امتیاز در نظر گرفته شد. از مجموع امتیازات می‌توان گفت که از نظر مقدار عناصر جزئی، کانسار آهن جلال آباد I بیشتر به کانسارهای نوع آتشفشانی - رسوبی (رسوبی - تبخیری) و کانسار آهن جلال آباد II، به کانسارهای نوع جانشینی (متاسوماتیک) شباهت دارند.

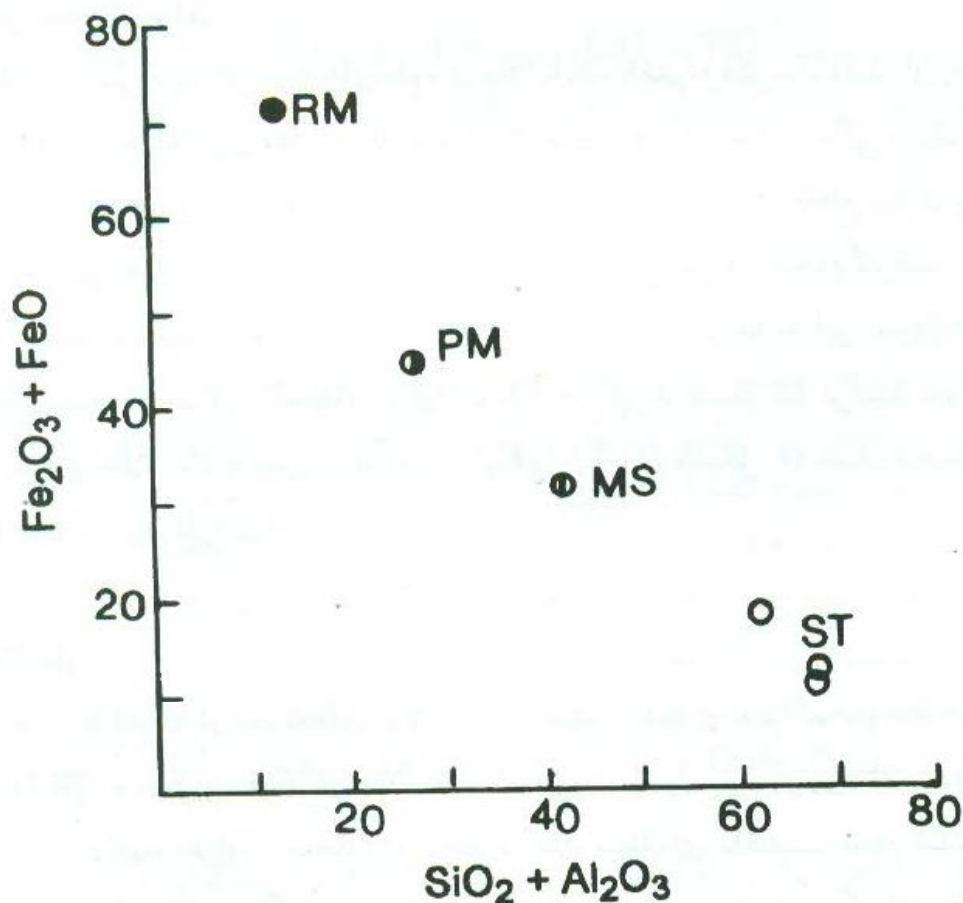
تیپ‌های مختلف کانسارهای آهن												کانسار جلال‌آباد		
کانسارهای ماگمایی آهن				کانسارهای آهن جانبی				کانسارهای آهن رسوبی - آتشفشانی				مقادیر عناصر یا نسبت آنها		عناصر یا نسبت آنها
تیپ آهن	تیپ سی‌نیت	تیپ ماگمایی	تیپ سونیت	تیپ فلدات	تیپ اسکارتی	تیپ Killa	تیپ Stratified	تیپ LahnDill	M ppm	H ppm				
آپاتیت‌دار	پورفریری	بازریک	سوند	فلاکس	اسکارتی									
M	H	M	M	M	M	M	M	M	۷/۷	۱۴	α			
Δ	○	-	○	Δ	○	Δ	-	Δ	۲۵	۱۵۲۴	Cu			
Δ	-	Δ	-	Δ	-	-	Δ	-	۴۳	۲۵۲	Co			
-	-	-	-	-	-	-	□	-	۸۳	۱۷۰	Ni			
-	-	Δ	-	-	Δ	-	Δ	Δ	۱۰۴	۲۷۸	Mn			
-	⊕	-	-	-	-	-	-	⊕	۱۱۳/۲	۱۷۷/۷	Ti			
-	-	-	⊙	-	-	-	-	-	۲۳/۶	۳۳/۴	V			
-	-	-	-	-	-	-	-	-	۲۳۲	۲۲۹	Mo			
-	-	-	-	-	-	-	-	-	۸۰۰	۲۲۱	Zn			
-	-	□	-	-	-	-	□	-	۱/۱۲	۲۶۵	Co/Ni			
-	-	⊙	-	-	-	-	-	-	۳/۹	۱۳/۵	Co/V			
-	-	Δ	-	-	-	-	Δ	Δ	۴/۸	۵/۳	Ti/V			
-	-	-	⊙	-	-	-	-	-	۰/۳۲	۰/۴	Cr/V			
-	-	-	-	-	-	-	-	-	۳۳/۸	۶/۶	Zn/V			
۵	۴	۱۰	۹	۴	۶	۳	۱۰	۱۲	تعداد موارد شباهت					
۱۹				۱۹				۲۵		جمع امتیازات				
○ شباهت به بیش از سه تیپ ⊕ شباهت به سه تیپ □ شباهت به دو تیپ ⊙ شباهت انحصاری — اندازه گیری نشده است ۱ امتیاز ۲ امتیاز ۳ امتیاز ۴ امتیاز														

جدول ۳: مقادیر عناصر جزئی و نسبت آنها در کانسار آهن جلال آباد I و موارد شباهت هر کدام با دیگر تیپ‌های کانسار آهن در دنیا

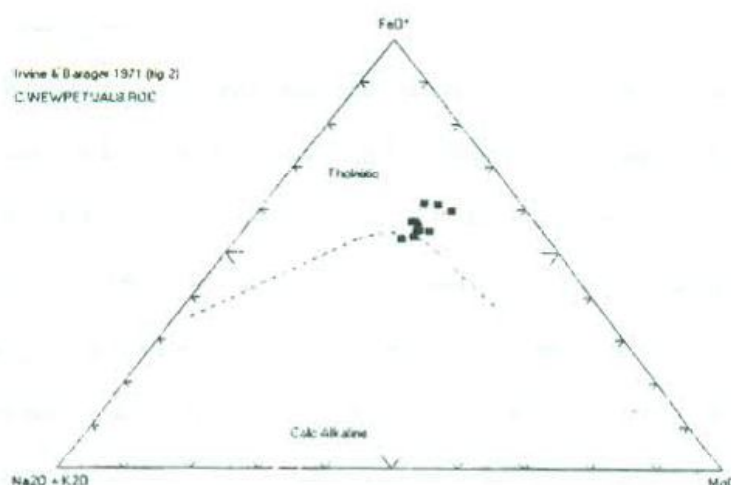
نیمه های مختلف کانسارهای آهن																
کانسارهای ماگمایی آهن				کانسارهای آهن جانبی				کانسارهای آهن رسوبی - آتشفشانی				کانسار جلال آباد		عناصر یا نسبت آنها		
تیپ آهن		تیپ سی نیت		تیپ ماگمایی		تیپ		تیپ		تیپ		تیپ			مقادیر عناصر یا نسبت آنها	
آپاتیت دار	پروفری	بازیک	سوند	فلاکند	اسکارنی	Kratka	Stratified	Laminar	M ppm	H ppm						
M	H	M	H	M	H	M	H	M	H	M	H			Cr		
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	۵۵۳	۵۶۰			Ca		
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	۱۴۰	۸۰N/۵			Co		
○	-	○	-	-	-	-	-	-	-	۸۸	۹۸			Ni		
○	-	○	-	-	-	-	-	-	-	۸۳	۱۰۶			Mn		
-	-	○	-	-	-	-	-	-	-	۵۷۵/۵	۱۰۱۰/۵			Ti		
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	۴۸۹	۳۳۴/۵			V		
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	۶۰	۴۰			Mo		
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	۴۹	۴۶			Zn		
○	-	○	-	-	-	-	-	-	-	۳۲/۵	۴۶/۵			Co/Ni		
-	-	○	-	-	-	-	-	-	-	۱/۰۶	۰/۹۲			Co/V		
-	-	○	-	-	-	-	-	-	-	۱/۲۶	۲/۴۵			Ti/V		
-	-	○	-	-	-	-	-	-	-	N/۱۵	N/۱			Cr/V		
-	-	○	-	-	-	-	-	-	-	۹/۲	۱۴			Zn/V		
-	-	○	-	-	-	-	-	-	-	۰/۵۴	۱/۱۶					
تعداد موارد شباهت																
۲۶																
۴۳																
۱۶																
جمع امتیازات																
۷																
۲																
۷																
۱۶																
۷																
۲																
۷																
۱۶																
۷																
۲																
۷																
۱۶																
۷																
۲																
۷																
۱۶																
۷																
۲																
۷																
۱۶																
۷																
۲																
۷																
۱۶																
۷																
۲																
۷																
۱۶																
۷																
۲																
۷																
۱۶																
۷																
۲																
۷																
۱۶																
۷																
۲																
۷																
۱۶																
۷																
۲																
۷																
۱۶																
۷																
۲																
۷																
۱۶																
۷																
۲																
۷																
۱۶																
۷																
۲																
۷																
۱۶																
۷																
۲																
۷																
۱۶																
۷																
۲																
۷																
۱۶																
۷																
۲																
۷																
۱۶																
۷																
۲																
۷																
۱۶																
۷																
۲																
۷																
۱۶																
۷																
۲																
۷																
۱۶																
۷																
۲																
۷																
۱۶																
۷																
۲																
۷																
۱۶																
۷																
۲																
۷																
۱۶																
۷																
۲																
۷																
۱۶																
۷																
۲																
۷																
۱۶																
۷																
۲																
۷																
۱۶																
۷																
۲																
۷																
۱۶																
۷																
۲																
۷																
۱۶																
۷																
۲																
۷																
۱۶																
۷																
۲																
۷																
۱۶																
۷																
۲																
۷																
۱۶																
۷																
۲																
۷																
۱۶																
۷																
۲																
۷																
۱۶																
۷																
۲																
۷																
۱۶																
۷																
۲																
۷																
۱۶																
۷																
۲																
۷																
۱۶																
۷																
۲																
۷																
۱۶																
۷																
۲																
۷																
۱۶																
۷																
۲																
۷																
۱۶																
۷																
۲																
۷																
۱۶																
۷																
۲																
۷																
۱۶																
۷																
۲																
۷																
۱۶																
۷																
۲																
۷																
۱۶																
۷																
۲																
۷																
۱۶																
۷																
۲																
۷																
۱۶																
۷																
۲																
۷																
۱۶																
۷																
۲																
۷																
۱۶																
۷																
۲																
۷																
۱۶																
۷																
۲																
۷																
۱۶																
۷																
۲																
۷																
۱۶																
۷																
۲																
۷																
۱۶																
۷																
۲																
۷																
۱۶																
۷																
۲																
۷																
۱۶																
۷																
۲																

ژئوشیمی سنگهای رسوبی کانه‌دار

داده‌های تجزیه شیمیایی نمونه‌های سنگهای سیلیتی در برگیرنده کانسار جلال آباد I، با داده‌های اندازه‌گیریهای قبلی [۱] به صورت نمودار دوتایی $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3/\text{FeO} + \text{Fe}_2\text{O}_3$ ترسیم شدند (شکل ۴). همانطور که در شکل مذکور نشان می‌دهد، افزایش عیار آهن سنگهای سیلیتی معمولی به سمت سنگهای سیلیتی کم عیار، پر عیار و سنگ معدن آهن تدریجی است. چنین روندی در طول ستون چینه‌شناسی حاصل از گمانه‌های الماسی نیز قابل مشاهده است. این تغییرات را می‌توان به تناوب افزایش مقادیر آهن نسبت به رسوبات، ضمن رسوبگذاری در یک حوزه رسوبی نسبت داد.



شکل ۴: تغییرات مقادیر آهن از سنگهای سیلیتی معمولی (ST) به سمت سنگهای سیلیتی کانه‌دار (MS)، سنگهای سیلیتی کم عیار (PM) و نهایتاً سنگ آهن پر عیار (RM)



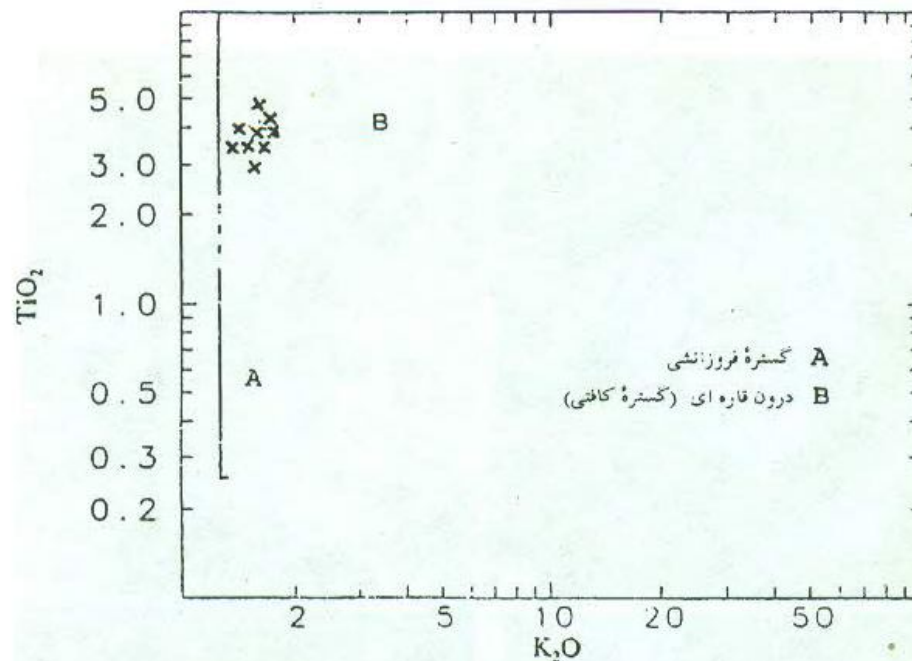
شکل ۵: موقعیت توده نفوذی جلال‌آباد در نمودار AFM (ایروین و باراکار، ۱۹۷۱).

ژئوشیمی توده‌های نفوذی

به منظور بررسی شیمیائی توده‌های نفوذی جلال‌آباد، ۹ نمونه دگرسان نشده از رخنمون توده نفوذی جنوب شرق معدن، یک نمونه از رخنمون دایک بلوک شمالی و یک نمونه دیگر از دایک چاه شماره ۲۳ برداشت شدند، و از تمامی نمونه‌ها مقطع نازک تهیه و تجزیه عناصر اصلی در آزمایشگاه سازمان زمین‌شناسی کرمان انجام گرفت. سپس داده‌ها به صورت نمودار مثلثی AFM [۵] ترسیم شدند. با توجه به این نمودار مذکور نمونه‌ها بیشتر در سری ماگماهای تولیئیک قرار می‌گیرند (شکل ۵). ترسیم نمونه‌های توده نفوذی جلال‌آباد به صورت نمودار $\text{TiO}_2/\text{K}_2\text{O}$ [۶] (شکل ۶) نشان دهنده یک محیط کافت درون قاره‌ای است.

بافت کانسار

بافت کانی ماگنتیت در نمونه‌های جلال‌آباد I بیشتر انتشاری با تراکم متوسط تا زیاد است (شکل ۷ تصویر الف). در جلال‌آباد I عمل مارتیتیزاسیون در زون اکسیده بیشتر در درون شکافها، اطراف دانه‌ها، و در امتداد رشد منطقه‌ای ماگنتیت انجام شده است (تصویر ج). بافت کانی ماگنتیت در نمونه‌هایی که از محل برخورد سنگ آهن با سنگ آهک دولومیتی در سطح زمین برداشت شده است (جلال‌آباد II) بیشتر به صورت جانشینی است (تصویرهای ب و د).



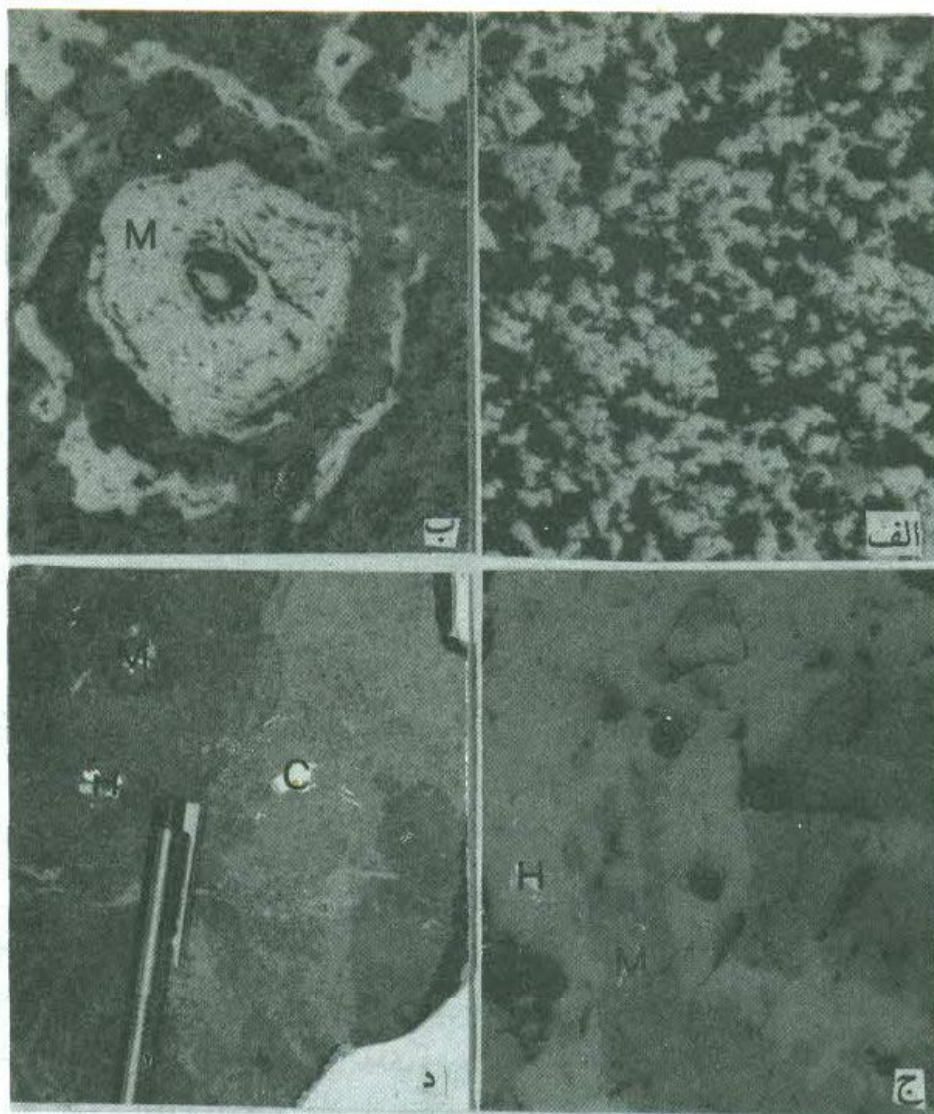
شکل ۶: نمودار نسبت TiO_2 به K_2O (ترپ ۱۹۸۷) که در آن گستره سنگهای آتشفشانی فروزانشی (A) و گستره سنگهای آتشفشانی کافتی درون قاره ای (B) مشخص شده است. با توجه به نمودار، نمونه های توده های نفوذی جلال آباد در گستره کافتی درون قاره ای قرار می گیرند.

مدل منشئی

با توجه به شواهد حاصل از بررسیهای چینه شناسی، شکل هندسی کانسار، ژئوشیمی ماگنتیت و هماتیت، ژئوشیمی سنگهای رسوبی، ژئوشیمی توده های آذرین، و بافت ماده معدنی، در مورد نحوه تشکیل کانسار جلال آباد، را می توان به طریق زیر استدلال کرد: (۱) لایه ای بودن توده های آهن در جلال آباد که همشیب با لایه های رسوبی ماسه سنگی، سیلتی، توفیت، و توف قرار گرفته اند، نشانگر ته نشینی لایه های آهن و لایه های رسوبی و آتشفشانی در یک محیط کم عمق درون قاره ای است.

(۲) ترسیم سنگهای بازی موجود در منطقه معدنی در گستره کافتی درون قاره ای به صورت نمودار TiO_2/K_2O نشانگر یک محیط کافتی، حداقل در گستره منطقه معدنی است.

(۳) در کانسار آهن جلال آباد، افزایش تدریجی عیار آهن از سنگهای سیلتی معمولی موجود در منطقه معدنی به سمت سنگهای سیلتی کم عیار و پر عیار و بالاخره سنگ معدن پر عیار، نشانگر افزایش تدریجی مقادیر آهن ضمن رسوب گذاری در یک حوضه رسوبی است.



شکل ۷: تصویر الف: بلورهای ریز ماگنتیت با بافت انتشاری (افشان). کانسار آهن جلال آباد I، مقطع صیقلی، نور عادی، بزرگنمایی ۵۰×.

تصویر ب: جانشینی کلسیت به وسیله بلورهای ماگنتیت، کانسار آهن جلال آباد II، مقطع صیقلی، نور عادی، بزرگنمایی ۵۰×.

تصویر ج: تبدیل ماگنتیت به هماتیت در امتداد رشد منطقه‌ای اولیه ماگنتیت.

کانسار آهن جلال آباد I، نور عادی، بزرگنمایی ۱۲۵×.

تصویر د: جانشینی سنگ آهک به وسیله ماگنتیت و هماتیت، تصویر از نمونه دستی معدن آهن جلال آباد II، C = سنگ آهک، M = ماگنتیت، H = هماتیت.

(۴) حضور سنگهای آتشفشانی آذر آواری در ستون چینه شناسی منطقه معدنی جلال آباد I، نشانگر فعالیت‌های آتشفشانی در منطقه است.

(۵) نبودن بافت جانشینی در لایه‌های آهن‌دار جلال آباد I که بطور همشیب با سنگهای دیواره‌ای قرار دارند و هم شیب بودن توده معدنی با سنگهای رسوبی دیواره‌ای، امکان تشکیل کانسار آهن جلال آباد I از طریق جانشینی را رد می‌کند.

(۶) مقایسه نتایج حاصل از تجزیه شیمیائی ماگنتیت و هماتیت جلال آباد I، با ماگنتیت و هماتیت انواع مشهور کانسارهای آهن دنیا نشانگر آنست که کانسار آهن جلال آباد I با کانسارهای آتشفشانی - متصاعدی بیشترین شباهت را دارد.

(۷) از نکات ۱ الی ۶ می‌توان به این رسید که کانسار آهن جلال آباد I، در نتیجه خروج شاره‌های تبخیری ناشی از فعالیت آتشفشانهای موجود در کافت درون قاره‌ای و نیز از منابع قاره‌ای موجود در منطقه معدنی تشکیل شده است. در مورد نحوه تشکیل کانسار آهن جلال آباد II، با توجه به مطالعات بافت سنگ معدن، ژئوشیمی ماگنتیت و هماتیت، و شکل هندسی کانسار، چنین استدلال می‌شود:

(۱) مطالعه بافت و ساخت در کانسار جلال آباد II، نشانگر آنست که سنگ معدن به صورت جانشینی در درون سنگهای آهکی تشکیل شده است.

(۲) مقایسه نتایج حاصل از تجزیه شیمیائی ماگنتیت و هماتیت جلال آباد II، با ماگنتیت و هماتیت انواع مشهور کانسارهای آهن دنیا، نشانگر منشئی جانشینی برای جلال آباد II است.

(۳) توده معدنی در کانسار جلال آباد II دارای شکلی نامنظم است و بر خلاف جلال آباد I نسبت به سنگهای در بر گیرنده ناهمشیب قرار دارد.

(۴) از نکات ۱ الی ۳ نتیجه می‌شود که کانسار جلال آباد II در نتیجه جانشینی آهن در سنگهای آهکی دولومیتی حاصل شده است. با توجه به عدم وجود کانی‌های اسکارن در سنگهای آهک دولومیتی می‌توان به این نتیجه رسید که احتمالاً در اثر جایگزینی توده‌های آذرینی که بعد از تشکیل جلال آباد I در منطقه معدنی روی داده است، آبهای فرورو و یا آبهای فسیلی موجود در جلال آباد I داغ و متحرک شده‌اند و پس از شستن آهن از درون سنگهای آهن‌دار و صعود به بالا، آهن را در درون سنگهای آهک دولومیتی به صورت جانشینی ته‌نشین نموده‌اند.

مراجع

1. Geotov, V.I. and Esev, Y.M. (1976) Report on result of preliminary survey of the Zarand iron ore deposit, NIS Co, v/o "TECHNOEXPORT" USSR, 1,104P.
2. Beus, A. A. (1976) Geochemistry of the Lithosphere, Mir Pub. USSR, Moscow , 366p.
3. Frietsch, R. (1970) Trace element in magnetite and hematite mainly from northern Sweden, *Sveriges, Geol. unders. Ser. c*, 646p.
4. Loberg, B.E.H. and Horndahl, A.K. (1983) Ferried geochemistry of Swedish Precambrian iron ores, *Mineralium Deposita*, v.18 , p.487-504.
5. Irvin, T.N. and Baragar, W.R.A (1971) A guide to the chemical classification of common volcanic rocks. *Can. J. Earth Sci.*, 8, 253-548.
6. Thorpe, R.S. (1987) Permian K-rich volcanic rocks of Devon: petrogenesis, tectonic setting and geological significance, transaction of the Royal Society of Edinburg, *Earth Science*, V.77, p.361-364.