

## Measuring of Transformation Relations of Fluid inclusion of the Narigan Iron and Manganese Deposit

M. Fatehi Marji<sup>1</sup>, A. H. Kohsary<sup>1</sup>, A. Hossein Morshedi<sup>2</sup>

*1-Faculty of Mining Engineering, Yazd University, Yazd, Iran*

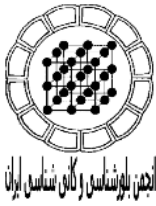
*2- M. Sc. Student of Mining Engineering, Tehran University, Tehran, Iran*

*mfatehimarji@yahoo.comE-mail:*

(Received: 29/8/2007, in revised form: 12/7/2008)

**Abstract:** Prediction of the transformation relations for minerals such as Iron and manganese bearing oxides are based on the percentage of other minerals were deposited in the iron bearing anomalies constitute one of the main aspects of geochemistry. In this article, the iron and manganese anomalies of Choghart and Narigan districts are considered. Transformation relations are obtained based on computation of the amount of an oxide with respect to another unknown oxide. The variation trends of  $Fe_2O_3$  and  $MnO$  in different samples are considered too. Several diagrams are drawn and based on them, the transformation relations are obtained by chemical analysis of minerals occur in the deposit. The genesis (based on formation environment), the way of formation of rocks and the economical percentage of the mineral deposits with respect to the depth of sampling can also be determined. In Narigan mine, one of the best mineral that can be used for the study of fluid inclusion is quartz (because of its transparency, abundance and co-genetic with the ore minerals). For this region, the relation between the equivalent salinity of salt and temperature are studied. Fluid inclusion generally appears in the two gas and liquid phases (and sometimes solid inclusions). As the pressure on the fluid inclusion is increased the temperature difference between homogenization temperature and its trapping temperature increases.

**Keywords:** *Iron and Manganese Deposits, Geochemistry, Relativity Diagrams, Transformation Relations, Fluid inclusion.*



## محاسبه روابط تبدیلی مطالعه شاره‌های درگیر کانسار آهن و منگنز نارینگان

محمد فاتحی مرجی<sup>۱</sup>، امیر حسین کوهساری<sup>۱</sup>، امین حسین مرشدی<sup>۲</sup>

۱- دانشکده مهندسی معدن، مجتمع فنی و مهندسی، دانشگاه یزد

۲- مجتمع فنی و مهندسی، دانشگاه تهران

پست الکترونیکی: [mfatehi@yazduni.ac.ir](mailto:mfatehi@yazduni.ac.ir)

(دریافت مقاله ۸۶/۶/۹، نسخه نهایی ۸۷/۴/۲۲)

**چکیده:** پیش بینی روابط تبدیلی اکسیدهای منگنزدار و آهن‌دار که برپایه درصد دیگر کانی‌های موجود در بی‌هنجاریهای آهن‌دار است یکی از مراحل مهم کار ژئوشیمی به حساب می‌آید. در این کار پژوهشی، بی‌هنجاریهای آهن و منگنز مناطق پیرامون چغارت و نارینگان مورد بررسی قرار گرفتند. بدین منظور روابط تبدیلی، با تعیین انباشت مقدار اکسید یک عنصر بر حسب میزان انباشت اکسید عناصر مجهول دیگر انجام شد. تا روند تغییرات  $Fe_2O_3$  و  $MnO$  در نمونه‌های مختلف مورد بررسی قرار گیرند. بنابراین با رسم نمودارهای مختلف، روابط تبدیلی مناسب به دست می‌آیند. همچنین می‌توان نوع ژنز (از حیث محیط تشکیل) و چگونگی تشکیل کانیها و نیز درصد غلظت کانی‌های اقتصادی موجود را برحسب عمق نمونه‌برداری مورد بررسی قرار داد. در معدن نارینگان بهترین کانی برای مطالعه شاره‌های درگیر به علت شفافیت و فراوانی آن از نوع کوارتز است. برای این منطقه، روابط بین شوری نمک طعام و دما مورد بررسی قرار گرفته است. شاره‌های درگیر بیشتر در دو فاز گاز، آبگون و در برخی از موارد همراه با بلور جامد نیز مشاهده می‌شود. هر چه فشار وارد بر شاره درگیر بیشتر باشد، اختلاف دمای بین همگن شدن شاره و دمای واقعی به تله افتادن آن بیشتر می‌شود.

**واژه‌های کلیدی:** کانسارهای آهن و منگنز، ژئوشیمی، نمودارهای نسبی، روابط تبدیلی و شاره‌های درگیر.

### مقدمه

پورفیری قطع شده است. در کانسار آهن و منگنز نارینگان مهمترین کنترل کننده کانی سازی عوامل ساختاری و شاره‌های درگیر بوده است.

مطالعه شاره‌های درگیر علاوه بر تعیین درجه حرارت تشکیل کانسار که ممکن است میلیون ها سال پیش تشکیل شده باشد، ترکیب شیمیایی شاره‌های کانسار ساز را نیز تا حدودی مشخص می نماید. نکته جالب توجه دیگر در مورد مطالعه شاره‌های درگیر آن است که مقایسه خصوصیات فیزیکوشیمیایی شاره‌های درگیر، در کانسار مورد مطالعه که قابلیت آنها از نقطه نظر کانسار سازی نا معلوم است با شاره‌های درگیر مربوط به کانسارهای مشابهی که قابلیت آنها از نقطه نظر

کانسار مورد نظر در ۳۰ کیلومتری شمال شرقی شهرستان بافق و ۲۰ کیلومتری شرق معدن چغارت واقع شده است. مختصات مرکز آنومالی به طول جغرافیایی ۵۵ درجه و ۴۱ دقیقه و ۳ ثانیه و عرض جغرافیایی ۳۱ درجه و ۴۳ دقیقه و ۴ ثانیه یا به عبارت دیگر:  $x = 510500$  و  $y = 375700$  قرار دارد. راه دستیابی به این کانسار از طریق جاده آسفالتی یزد-بهباد می‌باشد که در شکل ۱ مشاهده می شود. تشکیلات کانسار نارینگان مربوط به دوران نفوپروتروزیویک است که این تشکیلات به وسیله توده‌های گرانیتی و سینیتی و همچنین دایکهای دیوریتی و دیاباز

رنگ و در مواردی، سنگ آهک دولومیتی است که در بعضی نقاط به ضخامت چند متر در بخش زیرین لایه فرومنگنز قرار می‌گیرد. توفهای ریولیتی سبز رنگ نیز به صورت لایه‌هایی با ضخامت‌های مختلف، با سنگ آهن دولومیتی، ماسه سنگ و سیلتستون به صورت متناوب وجود دارد.

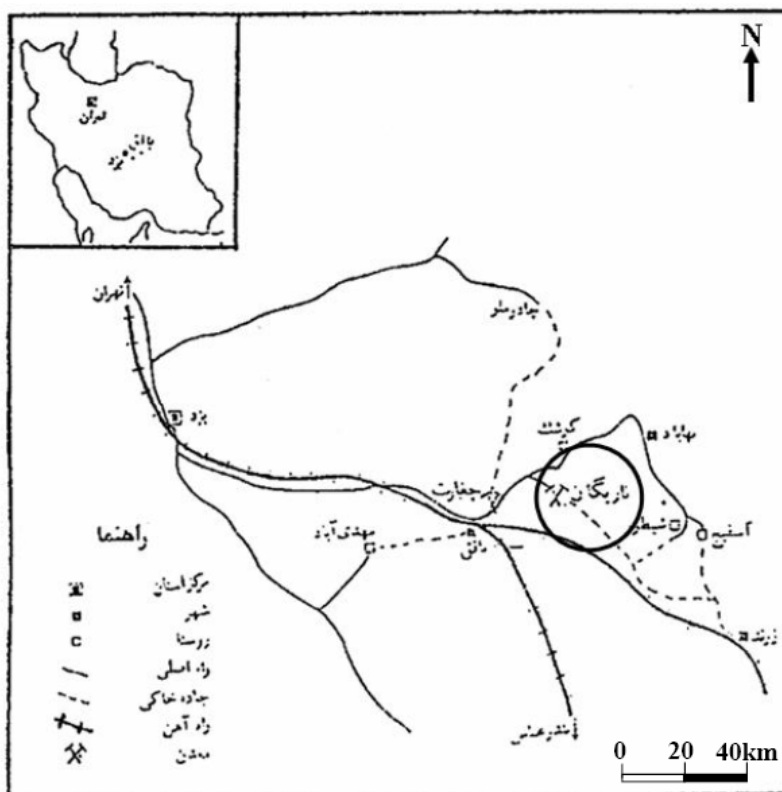
در منطقه مورد مطالعه سه نوع تشکیلات سنگی وجود دارد: دسته اول که در بخش پایین بافت‌های به هم پیچیده‌ای قرار گرفته‌اند، که شامل ماسه سنگها، کنگلومرا و توفیتهاست. گاهی، رگه‌های کوچک عدسی شکل از مرمر، سنگ آهن بیتومینه و دولومیت نیز در این بخش به چشم می‌خورد. دسته دوم که در میان این بافتها قرار گرفته است، از سنگهای مافیک با ترکیب متوسط و گاه سنگهای فلسیک از نوع لاپیلی توف و توفهای آگلومره تشکیل شده است. در بخش زیرین این بافتها نیز سنگهای آهکی- دولومیتی قرار دارند. توده منگنزدار نارینگان، در بخش پایینی همین بافتها تشکیل شده است. این توده معدنی، به شکل لایه‌های کوچک و عدسی شکل است.

کانسارسازی شناخته شده است، می‌تواند از صرف هزینه‌های هنگفت جلوگیری به عمل آید.

در این مقاله سعی شده است از طریق مطالعه و محاسبه روابط تبدیلی شاره‌های درگیر کانسار آهن و منگنز نارینگان چگونگی تشکیل کانسار و روش اکتشاف آن مورد بررسی قرار گیرد.

#### زمین‌شناسی منطقه

کانسار نارینگان در سنگهای کربناته و آتشفشانی، همراه با ته-نشستهای دریایی آتشفشانی (Terrigenous-Volcanic) پیچیده‌ای تشکیل شده است. بنا به نقشه چینه شناسی محلی، این تشکیلات به دوران نئوپروتروزویک مربوط می‌شود که به وسیله توده‌های گرانیتی و سینیتی و نیز دایکهای دیوریتی و دیاباز پورفیری قطع شده است. در کانی‌سازی آهن و منگنز نارینگان، مهمترین عامل کنترل‌کننده کانی‌سازی عوامل ساختاری است. توده آهن و منگنزدار نارینگان به صورت لایه‌ای و چینه‌سان بوده و دارای سطح تماس با سنگهای دربرگیرنده است. سنگهای در برگیرنده توده معدنی، توفهای ریولیتی سبز



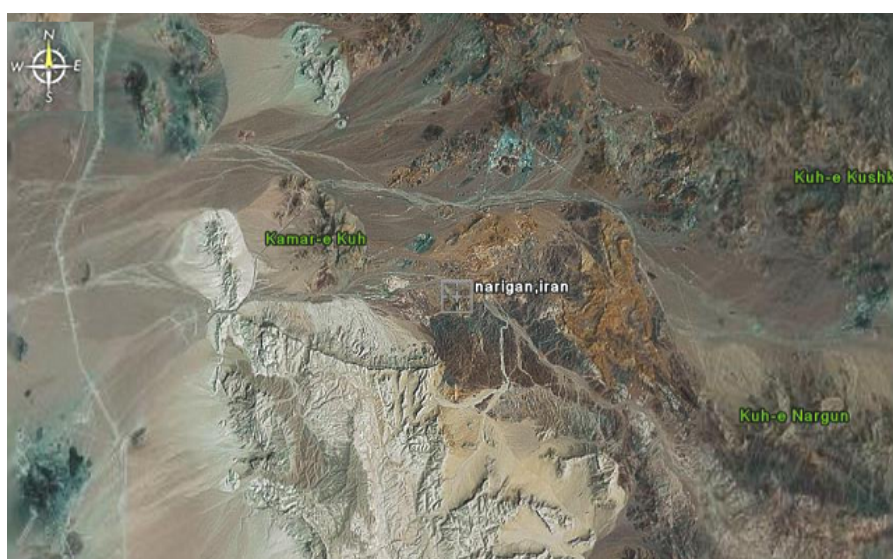
شکل ۱ موقعیت منطقه و راههای منتهی به نارینگان.

سنگها بیشتر برشی بوده و گاه بمبهای آتشفشانی نیز در آنها دیده می‌شوند. این شواهد، دلیلی بر پیدایش این سنگها در محیطی کم عمق و کم فشار است. نفوذ و هجوم ماگمای ریولیتی در این محیط، زمانی صورت گرفته است که ته-نشستهای ریزو هنوز انسجام نیافته و یا در حال نهشته شدن به صورت ترکیبی از ماگما و ته‌نشستهاست. نقشه زمین‌شناسی منطقه در شکل ۲ نشان داده شده است. این منطقه از شمال به دره کوشک و از جنوب باختری به دامنه دره بافق منتهی می‌شود و وسعتی در حدود ۲۵ کیلومتر مربع دارد. در شکل ۳ عکس ماهواره‌ای از منطقه نارینگان به نمایش در آمده است. که در پیرامون آن را کوه‌های کوشک، نارینگان و کمرکوه در بر گرفته‌اند.

ضخامت این لایه‌ها، اغلب در راستای و شیب توده کاسته شده و بر اثر تغییر رخساره، به سنگ آهک و دولومیت تبدیل شده است. دسته سوم که در بالای مجموعه یاد شده قرار گرفته است، از دولومیتها و سنگ آهکهایی به رنگ قهوه‌ای، است. بخش پایین این تشکیلات، گاهی با سنگهای آتشفشانی فلسیک همراه است. ضخامت این سنگها، ۸ تا ۱۰ متر می‌رسد. این توفها در بخشهای پایینی و بالایی لایه فرومنگنز حضور دارند و همواره با لایه یاد شده در تماس هستند. در مناطق نزدیک به این لایه، هجوم شاره‌های حاوی Fe و Mn به درون شکافهای موجود در توفها، دیده می‌شود، در بعضی از نقاط، دایکهای دیابازی و دیوریتی به درون توفها نفوذ کرده‌اند [۲ و ۱]. با توجه به سن مجموعه بالا و نیز ویژگیهای سنگ شناسی آن، این مجموعه به سری ریزو وابسته است. در این سری،



شکل ۲ نقشه زمین‌شناسی منطقه نارینگان.



شکل ۳ تصویر ماهواره ای از منطقه نارینگان.

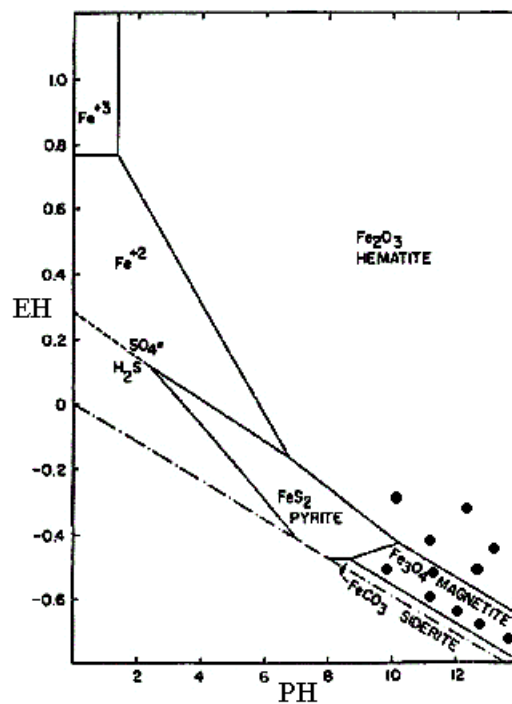
## کانی‌شناسی

پیدایش آهن، به میزان Eh و pH محیط بستگی دارد. چنانکه در شکل ۴ دیده می‌شود بررسی میزان Eh و pH نمونه‌های موجود در منطقه حاکی از کانی‌سازی اکسیدهای آهن است. کانیهای مهم آهن‌دار بیشتر به صورت اکسید یافت می‌شوند که هماتیت و مگنتیت از مهمترین آنها هستند. هر چه مقدار کانی‌های مزاحم یعنی کانی‌های فسفات‌دار و سولفات‌دار کمتر باشد آهن موجود صرفه اقتصادی بیشتری دارد [۳-۵].

عنصر منگنز به صورت خالص در طبیعت یافت نمی‌شود و اغلب به صورت اکسیدها و سیلیکاتها و کربناتهاست. منگنز در

ماگما به چهار صورت (آلفا، بتا، گاما و سیگما) یافت می‌شود که بر پایه تغییرات دما قابل تبدیل به یکدیگرند و از نظر خواص فیزیکی (چگالی، ظرفیت گرمایی و...) با هم تفاوت دارند که ویژگیهای آن در جدول ۱ ملاحظه می‌شود [۶].

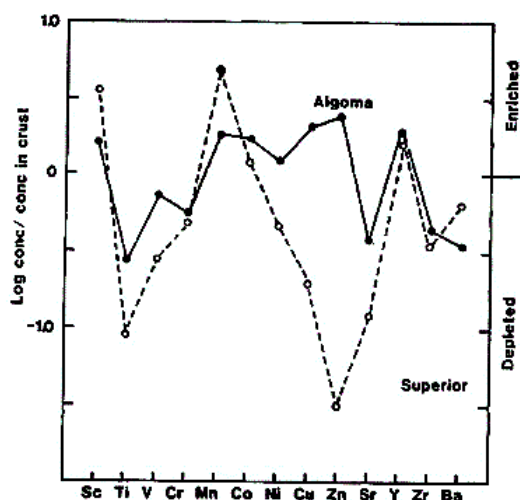
منگنز دو ظرفیتی در محیطهایی با pH پائین و در شرایط احیایی محلول است و در شرایط pH بالا و محیط اکسیدان به سرعت ته‌نشین می‌شود. نوع کانی‌سازی منگنز منطقه از نوع پیرولوویت است. در شکل ۵ چگونگی کانی‌سازی منگنز و بعضی از عناصر کمیاب در کانسارهای آهن برون‌زا به صورت مقایسه-ای نشان داده شده‌اند [۷].



شکل ۴ نمودار Eh-pH کانیهای آهن و نمونه‌های مطالعه شده [۷].

جدول ۱ ویژگیهای منگنز در سه فاز مختلف.

ویژگی	منگنز آلفا	منگنز بتا	منگنز گاما
گرمای ویژه در $25.0^{\circ}C \left( \frac{cal}{g.C^{\circ}} \right)$	۰,۱۱۴	۰,۱۵۵	۰,۱۲۰
وزن مخصوص در $20^{\circ}C$	۷,۲۱	۷,۲۹	۷,۲۱
ضریب انبساطی خطی در $20^{\circ}C$	$22,3 \times 10^{-6}$	$24,9 \times 10^{-6}$	$14,8 \times 10^{-6}$
مقاومت الکتریکی (ohm-cm)	$150-260 \times 10^3$	۹,۰۱۰	$40,0 \times 10^3$
ضریب گرمایی مقاومت $[/C^{\circ}]$	$2-3 \times 10^{-6}$	$12,0 \times 10^{-6}$	$60,0 \times 10^{-6}$
ساختمان بلوری	مکعبی	مکعبی	مکعبی و تتراگونال با وجوه مرکز دار



شکل ۵ روند تغییرات عناصر ناچیز در نمونه‌های مورد مطالعه.

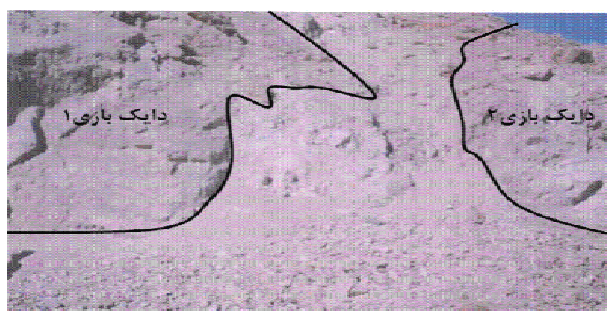
#### جزییاتی از شرایط زمین‌ساختی منطقه

فعالیت‌های زمین‌ساختی در گستره کانسار، باعث دگرگونی‌های گرمابینی شده است و این فرآیند در مرکز و باختر ناحیه فعال است که اثرهای آن به صورت زون خرد شده و برش گسلی در سینه کارهای معدن دیده می‌شوند. در راستای سطوح گسلی، دایک‌های دیابازی و دیوریتی نیز نفوذ کرده‌اند که

در شکل ۶ سطح گسل معکوس و بخش ریزشی مشاهده می‌شود. در این منطقه، توفهای اسیدی سبز رنگ دیده می‌شوند که ضخامت آن به ۳۰۰ تا ۴۰۰ متر می‌رسد و نشان دهنده فعالیت آتشفشانی اسیدی در دریای کم عمق زمان تشکیل کانسار است. در شکل ۷ نفوذ دو دایک دیابازی سبز رنگ به درون توفهای ریولیتی نمایش داده شده‌اند.



شکل ۶ بخش ریزشی و سطح گسل موجود در منطقه.



شکل ۷ نفوذ دو دایک دیابازی سبزرنگ به درون توفهای ریولیتی.



## روش کار

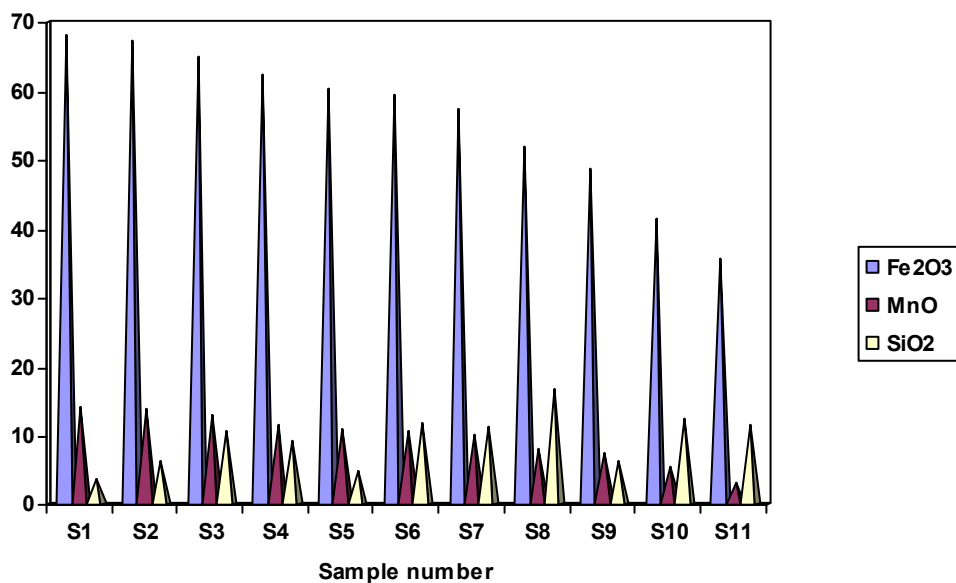
## -تجزیه مواد معدنی

به منظور مطالعه کانسار مورد نظر، تعداد یازده نمونه از عمق‌های مختلف تجزیه شدند، که در جدول ۲ میزان اکسیدهای اصلی موجود در هر یک از نمونه‌ها آورده شده- اند [۸]. برای تجزیه کمی و تعیین درصد اکسیدهای اصلی نمونه‌ها، از روش فلورسانسی پرتو ایکس (XRF) استفاده شد.

لازم به یادآوری است که نمونه‌های تجزیه شده از مغزبهای تازه (فاقد هوازدگی) تهیه شده‌اند. البته این نمونه گیری دارای L.O.I (پرت گرمایی) است که تفاوت بین درصد کامل و مجموع درصد اکسیدهای یاد شده مربوط به همین امر است. در نمودار شکل ۸ نمونه های مورد نظر از لحاظ ترکیبات اصلی مورد مقایسه شده‌اند [۹].

جدول ۲ تجزیه درصدی اکسیدهای اصلی نمونه.

اکسید نمونه	SiO <sub>2</sub>	MnO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>	CaO	MgO	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>
۱	۳٫۶	۱۴٫۳۳	۶۸	۰٫۱	۰٫۱	۳٫۳۶	۰٫۲۳	۰٫۴	۰٫۶	۰٫۰۳
۲	۶٫۱۳	۱۳٫۸۷	۶۷٫۲	۰٫۱۵	۰٫۱۵	۳٫۱۶	۱٫۷۸	۰٫۴۵	۰٫۲۸	۰٫۰۳
۳	۱۰٫۵۸	۱۲٫۸	۶۵	۰٫۳	۰٫۲۶	۳٫۵۳	۰٫۳۶	۰٫۵۴	۰٫۳۲	۰٫۰۲
۴	۹٫۱۹	۱۱٫۶	۶۲٫۳۶	۰٫۳۷	۰٫۳۱	۳٫۷۶	۰٫۲۶	۰٫۴	۱٫۸۲	۰٫۰۳
۵	۴٫۷۵	۱۰٫۹	۶۰٫۱۸	۰٫۴۶	۰٫۳۷	۴٫۴	۹٫۹۶	۰٫۳۲	۰٫۷	۰٫۰۲
۶	۱۱٫۷۶	۱۰٫۷۵	۵۹٫۳۶	۰٫۴۹	۰٫۴۵	۶٫۱۴	۰٫۵۱	۱٫۵۱	۰٫۴	۰٫۱
۷	۱۱٫۱۸	۹٫۹۵	۵۷٫۲۸	۰٫۵۲	۰٫۵۳	۴٫۷۸	۳٫۲	۱٫۲۸	۰٫۲۴	۰٫۰۴
۸	۱۶٫۸۴	۸	۵۱٫۸	۰٫۴۵	۰٫۴	۴٫۰۲	۳٫۵۱	۰٫۸۲	۰٫۳	۰٫۰۵
۹	۶٫۱۲	۷٫۵	۴۸٫۵۴	۰٫۵۴	۰٫۳۸	۲٫۵۸	۲٫۷۸	۰٫۲۲	۰٫۲۴	۰٫۳
۱۰	۱۲٫۴۸	۵٫۳۲	۴۱٫۳۵	۰٫۵۸	۰٫۴۹	۳٫۱۱	۲٫۶۵	۱٫۶۷	۰٫۴۵	۰٫۰۷
۱۱	۱۱٫۵	۳٫۲	۳۵٫۶۴	۰٫۷۵	۰٫۵۲	۴٫۳۶	۳٫۲۲	۰٫۲۴	۰٫۲	۰٫۱



شکل ۸. مقایسه ترکیبات اصلی در نمونه‌های مختلف.

را در عمقهای مختلف، به تقریب محاسبه کرد که D عمق نمونه‌گیری است.

$$(Fe_2O_3)\% = -0.1177(D) + 85 \Leftrightarrow (MnO)\% = -0.0447(D) + 21 \quad (۱)$$

نمودار اکسید منگنز بر حسب اکسید آهن شکل ۱۰ نشان می‌دهد که این دو ماده دارای ضریب همبستگی نسبتاً بالایی هستند و این امر باعث همزادی آهن و منگنز در منطقه می‌شود. توزیع اکسید آهن در محیط ژئوشیمیایی یاد شده از توزیع بهنجار پیروی می‌کند. درصد اکسید آهن بر حسب درصد اکسید منگنز بنا بر شکل ۱۰ به صورت زیر به دست می‌آید:

$$(MnO)\% = 0.3185(Fe_2O_3)\% - 8 \quad (۲)$$

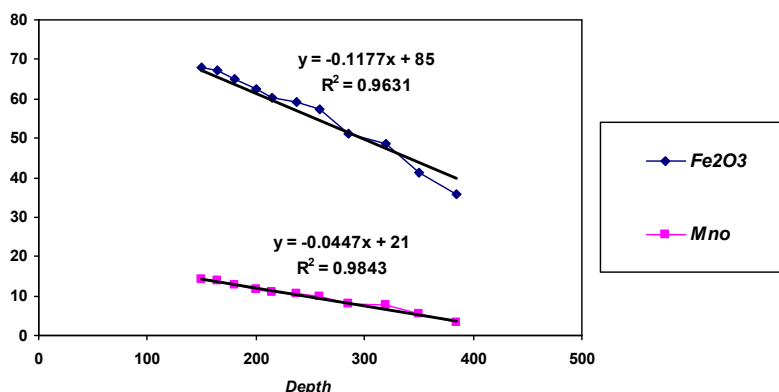
در کانسارهای گرمابی، مقادیر Ti در غلظت پایین با Al همخوانی دارد، چنانکه در شکل ۱۱ دیده می‌شود این دو اکسید با یکدیگر رابطه خطی و نسبت به هم همبستگی دارند [۱۰].

درصد اکسید آلومینیوم بر حسب اکسید تیتانیوم به صورت زیر قابل محاسبه است.

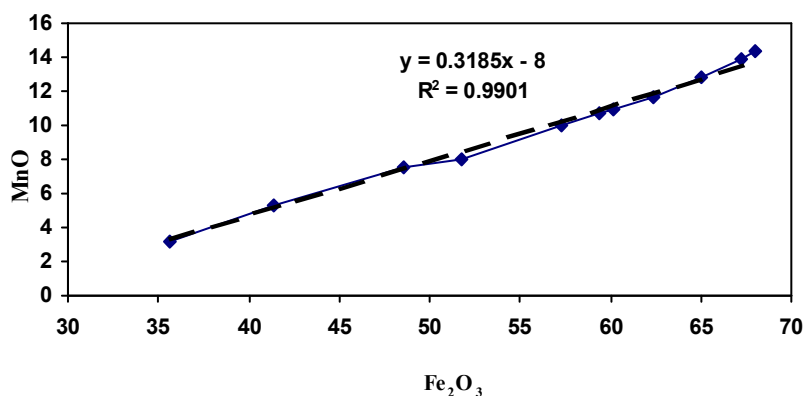
$$(Al_2O_3)\% = 0.3221(TiO_2)\% + 0.05 \quad (۳)$$

تجزیه نمونه‌ها نشان می‌دهد با افزایش عمق، درصد آهن و منگنز نیز کاهش می‌یابد که به دلیل فعالیت محلول‌های گرمابی در منطقه، منطقی و قابل قبول است اما برای تعیین کردن نوع رده کانسارهای گرمابی می‌توان از بررسیهای میکروترمیک استفاده کرد که به آن اشاره می‌شود. روابط تبدیلی در این مطالعه بر پایه تغییرات اکسید عناصر نسبت به یکدیگر یا تغییرات اکسید عناصر نسبت به پارامتر سوم (عمق) است که چگونگی همبستگی اکسیدهای مختلف را نسبت به هم نشان می‌دهد، و نقش بسیار مهمی در مطالعه اقتصادی کانسار ایفا می‌کند. مطالعه تغییرات اکسید عناصر نسبت به عمق در روابط تبدیلی، یک شاخص مهم در تعیین استفاده بهینه از معدن محسوب می‌شود. در شکل ۹ مقادیر کانیها از سطح به عمق رده‌بندی شده‌اند، بدین معنی که  $S_1$  (سطحی ترین نمونه) که نمونه‌گیری آن در عمق ۱۵۰ متری انجام شده و  $S_{11}$  (عمیق ترین نمونه) که در عمق ۳۸۵ متری قرار دارد. [۷-۹]

بنابراین با استفاده از روابط زیر می‌توان میزان منگنز و آهن

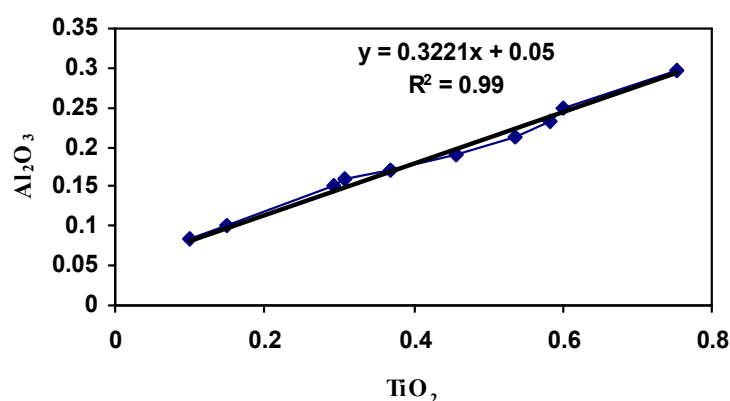


شکل ۹ نمودار درصد منگنز و آهن بر حسب عمق نمونه‌ها.



شکل ۱۰ نمودار MnO بر حسب  $Fe_2O_3$



شکل ۱۱ نمودار  $\text{Al}_2\text{O}_3$  برحسب  $\text{TiO}_2$ .

### مطالعه شاره‌های درگیر

را برآورد کرد، همچنین با این روش می‌توان منطقه‌بندی گرمایی را در سیستم کانی سازی تعیین و مرکز سیستم و محل‌های عبور شاره کانی‌ساز را تعیین کرد. بررسی رابطه بین دمای همگن شدگی و شوری شاره‌های درگیر اطلاعات مهمی را در مورد تغییرات سیستم گرمایی ارائه می‌کند که در نتیجه-گیری‌های اکتشافی حائز اهمیت است. پس از مطالعه شاره‌های درگیر در کانی کوارتز، شاره‌های درگیر دارای شکل‌های کشیده (استوانه‌ای) و چند ضلعی بودند. ابعاد شاره‌های درگیر به طور متوسط بین ۳۰ تا ۴۰ میکرون است. در نمونه‌های مطالعه شده، شاره‌های درگیر بیشتر دارای دوفاز آبگون و گاز هستند ولی در بعضی از نمونه‌ها شاره‌های درگیر دارای فاز جامد (بلور نوزاد هالیت) است. در شکل ۱۲ شاره درگیر دارای دوفاز آبگون و گاز نشان داده شده است [۱۱].

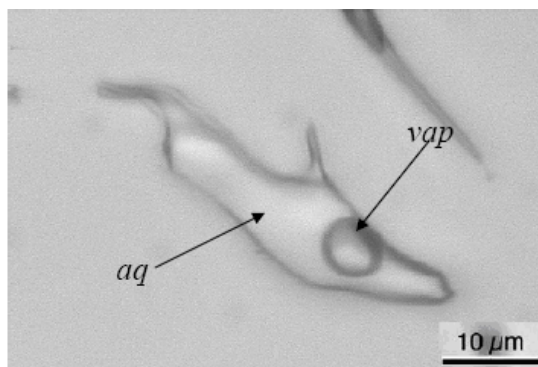
در بررسی شاره‌های درگیر ۵ نمونه تهیه شد که با استفاده از سامانه گرمایشی-سرمایشی لینکام بررسیها انجام شد که فرآیند سرمایش با ازت مایع انجام شد. در بررسیهای سرمایشی انجام گرفته روی شاره‌های درگیر، نخستین دمای ذوب بلور یخ یا دمای اوتکتیک ( $T_e$ ) کمتر از ۴۵- تا ۴۹- درجه سانتیگراد است و دمای ذوب نهایی  $T_M$  کمتر از ۲۳- تا ۳۱- درجه است. این مطلب نشان می‌دهد که علاوه بر  $\text{NaCl}$  نمک‌های دیگری از قبیل  $\text{CaCl}_2$ ,  $\text{MgCl}_2$  در شاره کانساز وجود دارند ولی نمی‌توان به فاز دقیق نمک اشاره کرد. در شکل ۱۳ تغییرات دما بر حسب شوری و فرآیندهای آن نمایش داده شده است [۱۴-۱۲].

آبگونیهای نمک‌دار فرا اشباع بدام افتاده در مرحله سرد شدن، بر حسب ترکیبشان، می‌توانند بلورهای نوزاد گوناگونی را در شاره درگیر تشکیل دهند. بلورهای دختر در شاره‌های درگیر نیز می‌توانند بعد از به تله افتادن نفوذیها به وجود آمده باشند. هالیت معمولی‌ترین بلور دختر در شاره‌های درگیر منطقه مورد

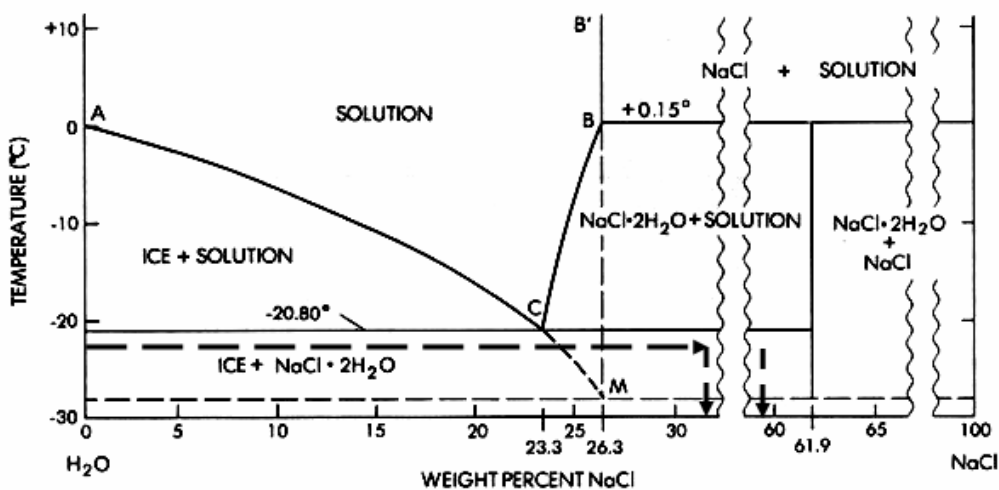
تعیین ارتباط دقیق بین شاره کانی‌ساز و فرایندهای موثر در کانی‌سازی، از مهمترین معیارهای مطالعه شاره‌های درگیر است. در روشهای مرسوم فرض بر این است که شاره‌های درگیر موجود در کانیهای باطله شفاف، معرف شاره کانی‌ساز بوده و ارتباط زمانی و مکانی نزدیکی با کانه‌های موجود در کانسنگ دارند. در این کانسار بهترین کانی برای بررسیهای شاره درگیر، کانی کوارتز است. با این وجود، تنها شواهد بافتی برای هم‌نهشتی کانیها کافی نیست. حتی هم‌رشدی کانیها و وجود مرزهای تعادلی بین دانه‌ها نمی‌تواند دلیل کافی برای هم‌زمانی کانیها باشد. بهترین شواهد تایید کننده هم‌زمانی کانیها، وجود تعادل ایزوتوپی در بین فازهای مورد مطالعه است که برپایه نمونه‌های مشابه مورد بررسی گرمایی می‌توان به آن اشاره کرد. از طرف دیگر وجود نفوذیهای ریزدانه از کانه درون کانی باطله که هنگام بررسی شاره‌های درگیر در کوارتز مشاهده شد، بیشتر به صورت هماتیت ریزدانه در کوارتز بود و یا وجود ذراتی از کانه‌های آهن مانند هماتیت، به عنوان فاز نوزاد درون شاره‌های درگیر است، ولی به علت تمرکز بررسیها بر روی شاره‌های درگیر، تنها به اشاره کوتاهی بسنده می‌کنیم. یکی از ساده‌ترین روشهای مطالعه شاره‌های درگیر در سیستم‌های کانی سازی تعیین دمای همگن شدگی ( $T_H$ ) و شوری شاره‌های درگیر بر حسب درصد وزنی شوری معادل نمک طعام است. برای بررسی تغییرات مکانی شاره‌های گرمایی و تعیین ساز و کار کانسنگ می‌توان از رابطه بین این دو پارامتر استفاده کرد. داده‌های شاره‌های درگیر می‌تواند اطلاعات ارزشمندی را در مورد انتخاب مناطق امید بخش اکتشافی ارائه کند زیرا بر پایه نوع تغییرات دمای همگن شدگی و فشار شاره می‌توان محیط تشکیل کانسار را شناسایی کرد و بر پایه افزایش شوری نمک طعام، می‌توان نقاط مستعد کانی‌سازی در بسیاری از کانسارها

نشان دهنده این است که نقوذیها حاوی بیش از ۲۶ درصد وزنی NaCl هستند [۱۳].

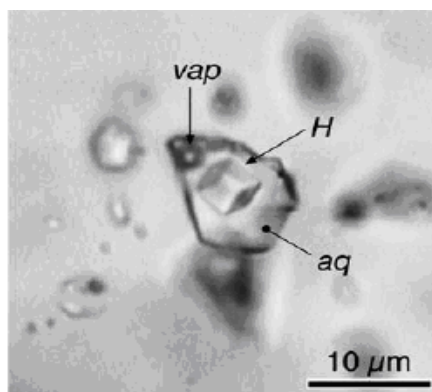
مطالعه است، این بلور معمولاً در شکلهای تکامل یافته هندسی مکعبی مشاهده می‌شوند که در شکل ۱۴ نمونه‌ای از آن مشاهده می‌شود. وجود بلورهای نوزاد هالیت در دمای اتاق



شکل ۱۲ شماره درگیر تیغه نامنظم کوارتز شامل دو فاز.



شکل ۱۳ تغییرات شماره درگیر حاوی ۳۵ تا ۵۲ درصد NaCl [۱۴].



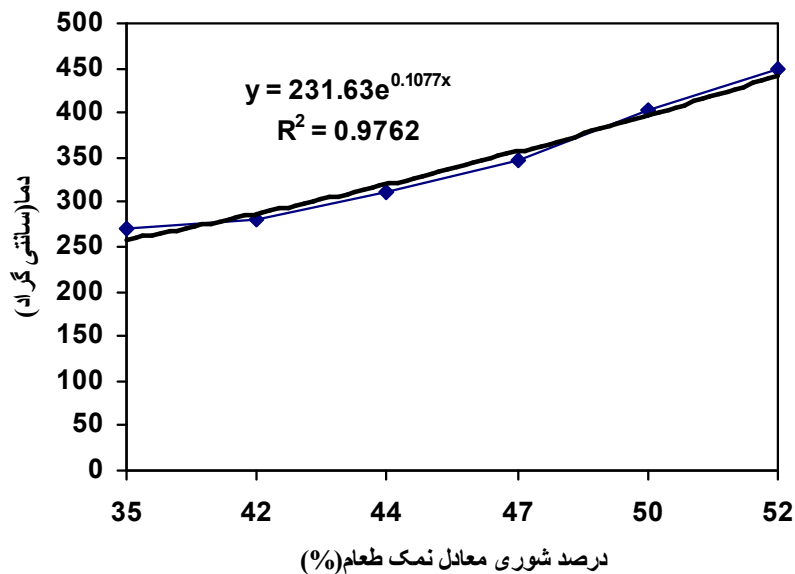
شکل ۱۴ نمایش فازهای آبگون و گاز و بلور نوزاد هالیت.

با بررسی شاره‌های درگیر (چنانکه شکل ۱۶ نشان می‌دهد)، نتیجه می‌گیریم که هر چه فشار وارد بر محیط شاره بیشتر شود، اختلاف دمای بین همگن شدن شاره و دمای واقعی به تله افتادن شاره بیشتر می‌شود. در نمودار شکل ۱۶ به بررسی و محاسبه رابطه بین این اختلاف دما و فشار بر پایه روش فشار بخار شاره در دمای  $T_H$  پرداخته‌ایم که رابطه به دست آمده به صورت زیر است [۱۵].

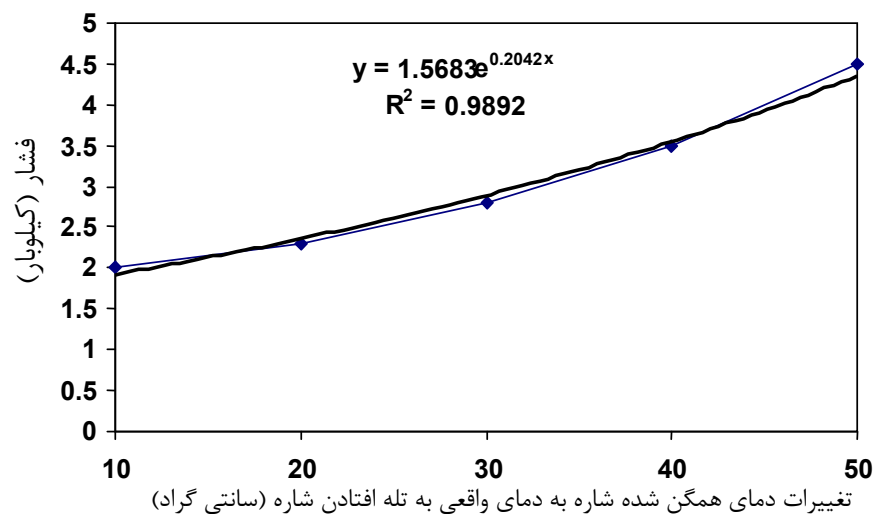
$$P = 1.5683e^{0.2042\Delta T} \quad (۴)$$

که در آن  $\Delta T$  اختلاف دما و  $P$  فشار محیط موثر را نشان می‌دهد.

برای به دست آوردن رابطه بین دما و شوری معادل نمک طعام از نمودار استفاده می‌کنیم. درصد شوری نمک طعام بین ۳۵ تا ۵۲ درصد و دمای آن بین ۲۷۵ تا ۴۵۰ درجه سانتیگراد متغیر است که بر پایه بررسی‌های گرمایشی شاره‌های درگیر، می‌توان گفت که کانسار نارینگان از رده کانسارهای ابر گرم است. شکل ۱۵ نشان می‌دهد که همه نمونه‌های بررسی شده از رابطه نمایی ( $y = 231.63e^{0.1077x}$ ) بین دما و درصد شوری پیروی می‌کنند، و هر داده نماینده کلی از مجموعه شاره‌های درگیر شبیه به هم است.



شکل ۱۵ نمودار تغییرات درصد شوری معادل نمک طعام بر حسب دما.



شکل ۱۶ نمودار نسبت تغییرات دما به فشار.

## برداشت

۱. کانسار مورد نظر به دوران نئوپروتروزویک بر می‌گردد.
۲. پیدایش کانسار آهن مورد نظر گرمایی و حاصل از فعالیت گرمابیهاست و برپایه بررسیهای میکروترمیک از رده کانسارهای ابرگرماست.
۳. کانیهای آهن و منگنز دارای همبستگی و توزیع یکنواخت در منطقه‌اند. که توزیع بین اکسید آهن و اکسید منگنز به صورت رابطه خطی  $(\text{MnO})\% = 0.3185(\text{Fe}_2\text{O}_3)\% - 8$  است.
۴. با افزایش عمق کانسار از میزان آهن و منگنز کاسته می‌شود.
۵. با استفاده از روابط تبدیلی می‌توان مقدار یک عنصر را نسبت عنصرهای دیگر در مناطق و عمق‌های مختلف بررسی کرد.
۶. شاره‌های درگیر دارای یک رابطه نمایی  $(y = 231.63e^{0.1077x})$  بین دما و شوری نمک طعام هستند.
۷. هر چه فشار وارد بر شاره درگیر بیشتر بشود، اختلاف دمای بین همگن شدن شاره و دمای واقعی به تله افتادن آن بیشتر می‌شود.
۸. علاوه بر NaCl نمک‌های دیگری از قبیل  $\text{MgCl}_2$ ,  $\text{CaCl}_2$  در شاره کانه‌ساز وجود دارند و هالیت معمولی‌ترین بلور نوزاد در شاره‌های درگیر منطقه مورد مطالعه است
- مراجع**
- [۱] گزارش زمین شناسی اکتشافی در منطقه معدنی نارینگان، زمین‌شناسی طرح توسعه مجتمع معدنی چغارت، ۱۹۹۴.
- [۲] شرکت ملی فولاد ایران، گزارش راجع به پی جویی سنگ آهن منگنز دار کانسار نارینگان، ۱۹۸۲.
- [3] Dalton Trans, "Hydrothermal synthesis and magnetic properties of novel Mn(II) and Zn(II) materials with thiolato-carboxylate donor ligand frameworks", RSC Publishing, 2004
- [4] M.D. Buatier, D. Guillaume, C.G. Wheat, L. Herve, And T. Adatte, "Mineralogical characterization and genesis of hydrothermal Mn oxides from the  $\beta$  ank of the Juan the Fuca Ridge", American Mineralogist, Volume 89, pages 1807-1815, 2004
- [5] Roy, S. "in Manganese Mineralization Geochemistry and Mineralogy of Terrestrial and Marine Deposits", eds. Nicholson, K., Hein, J. R., Bu'hn, B. & Dasgupta, S. (Geological Society, London), Spec. Pub. 119, pp. 5-27, 1997.
- [6] Steefel C. I., Lasaga A. C., "A coupled model for transport of multiple chemical species and kinetic precipitation/dissolution reactions with applications to reactive flow in single phase hydrothermal system.", Am. J.Sci., Vol. 294, 1994
- [7] Coale, K. H., C. Chin, G. J. Massoth, K. S. Johnson, E. T. Baker, "In situ mapping of dissolved iron and manganese in hydrothermal plumes", Nature, 352, 325-328, 1991.
- [8] Cowen, J. P., G. J. Massoth, and R. A. Feely, "Scavenging rates of dissolved manganese in a hydrothermal vent plume", Deep Sea Res., 37(10), 1619-1637, 1990
- [9] Henley, R. W., Truesdell, A. H., Barton, P. B. Jr. , "Fluid-Mineral Equilibria in Hydrothermal Systems.", Reviews in Economic Geology, Vol. 1, Society of Economic Geologists, El Paso, TX, 1984.
- [10] Crerar, D. A., Cormick, R. K., Barnes, H. L., "in Geology and Geochemistry of Manganese, eds. Varentsov, I. M. & Grasselly, Gy (E. Schweizerbart'scheerlagsbuchhandlung, Stuttgart)", Vol. 1, pp. 293-334, 1980.
- [11] RONALD J. BAKKER1, AND LARRY W. DIAMOND, "Estimation of volume fractions of liquid and vapor phases in fluid inclusions, and definition of inclusion shapes", American Mineralogist, Volume 91, pages 635.657, 2006
- [12] Ronald J. Bakker, Marlina A. Elburg, "A magmatic-hydrothermal transition in Arkaroola (northern Flinders Ranges, South Australia): from diopside-titanite pegmatites to hematite-quartz growth", Contrib Mineral Petrol (152), 541-569, 2006.
- [13] J. Conliffe, M. Feely, , "Microthermometric characteristics of fluids associated with granite and greisens quartz, and vein quartz and beryl from the Rosses Granite Complex, Donegal, NW Ireland", Journal of Geochemical Exploration( 89) , 73-77, 2006.
- [14] Shepherd, T.J., Rankin, A.H., Alderton, D.H.M., "A Practical Guide to Fluid Inclusions." Blackie, London, 1985.
- [15] František Marko, Vratislav Hurai, Marian Dyda, Gervalino Almeida, Walter Prochaska and Rainer Thomas, "Tectonic and fluid inclusion constraints on the origin of quartz veins with giant crystals in the Tocantins structural province (Cristalândia, central Brazil)", Journal of South American Earth Sciences, In Press, Corrected Proof, 2006.