چهل و دومین گردهمایی (همایش) ملی
علـوم زمیـــن
The 42nd National
Geosciences Congress
www.geoconf.ir

تعیین ژنز کانسار مس قلعه صولی سیستان و بلوچستان بر اساس مطالعات سیالات درگیر

آزاده آگاه [۱]، میلاد صباغی(نویسنده مسئول)[۲]

[۱] استادیار، گروه مهندسی معدن، دانشگاه سیستان و بلوچستان؛ agah_eng@eng.usb.ac.ir

[۲] دانشجوی کارشناسی، گروه مهندسی معدن، دانشگاه سیستان و بلوچستان؛ Miladsabbaghi313@gmail.com

چکیده

منطقه قلعه صولی در استان سیستان و بلوچستان و از لحاظ زون بندی در پهنه ساختاری-رسوبی نهبندان-خاش یا زون فلیش شرق ایران و در نقشه زمین شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ نوک آباد قرار گرفته است. منطقه مورد مطالعه دارای پی سنگ اقیانوسی است که در اثر ریفت زائی درون قاره‌ای در اواخر دوره مزوزوئیک به وجود آمده است. این پی سنگ اقیانوسی از سنگ‌های افیولیتی که توسط سکانس‌های سنگی فلیش گونه با سن اواخر ژوراسیک- اوایل کرتاسه تا زمان ائوسن پوشیده شده‌اند، تشکیل شده است. مطالعـــات میکروترمومتری (ریز حـــرارتســـنجی) ســـیالات درگیـــر نمونـــه هـــای معـــرف نشان داده است میانبارهای سیال اولیه ، ثانویه و ثانویه کاذب در نمونه‌ها مشاهده می‌شود. به نظر می‌رسد یک سیال داغ با شوری بالا در محدوده ۳۰.۶۶ تا ۶۶.۹ درصد وزنی NaCl+KCl (با peak ۳۵ درصد وزنی نمک طعام) و دمای بالا از ۲۰۰ تا نزدیک به ۶۰۰ درجه سانتی‌گراد (با peak 325 درجه سانتی‌گراد) و یک سیال با شوری پایین در محدوده ۱.۹۴ تا ۱۵.۹۲ درصد وزنی $NaCl+CaCl_2$ (با peak ۵ درصد وزنی $NaCl+CaCl_2$) و با دمای همگن شدن ۲۸۸ تا ۵۲۰ درجه سانتی‌گراد در کانه‌زایی مؤثر بوده‌اند. سیال داغ با شوری بالا مربوط به مراحل اولیه کانه‌زایی بوده و طی کانه‌زایی از دمای آن کاسته شده است و جوشش هم رخ داده است که شواهد آن نیز مشهود است. بطور کلی وجود سیالات ساده دو فازی با شوری ذکر شده می تواند بازگو کننده منشاء هیدروترمال برای آنها باشد.

واژه‌های کلیدی

قلعه صولی، سیالات درگیر، کانسار مس، ژنز کانسار.

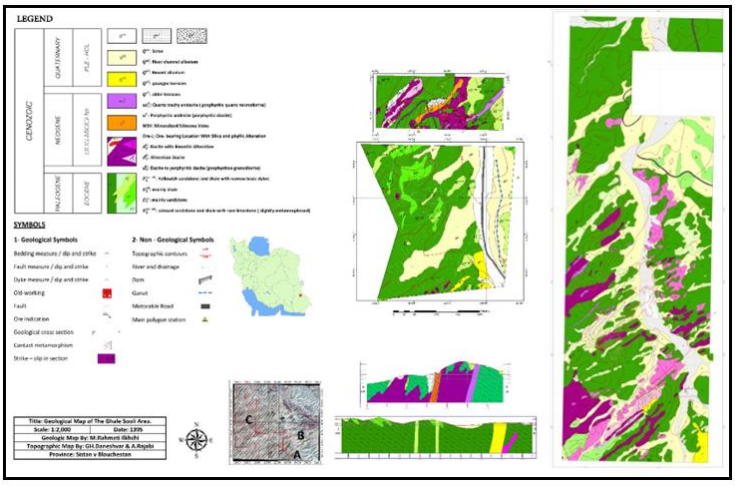
۱. مقدمه

اینکلوژن مایع، قطرات کوچکی از مایع هستند که در طول رشد اولیه از محلول یا در مراحل بعدی، معمولاً در نتیجه تبلور مجدد در امتداد ریزشکستگی‌های بهبود یافته، درون کریستال‌ها به دام افتاده‌اند[۱]. آنها هم در مواد معدنی طبیعی و هم در بلورهای رشد یافته در آزمایشگاه همه جا وجود دارند[۲]. از نظر شیمیدان یا دانشمند مواد، این نقص های فاحش باعث ایجاد موانع بی پایانی در تلاش آنها برای رشد کریستال های تقریباً عالی می شود[۳]. با این حال، برای زمین شناس، آنها یک رکورد فسیلی منحصر به فرد از سیالات مختلف مسئول تشکیل و تکامل سنگ ها و مواد معدنی در طول تاریخ زمین ارائه می دهند. علیرغم اندازه کوچک آنها (معمولا کمتر از ۲۰ میلی متر)، ترکیب شیمیایی و خواص فیزیکی آنها را می توان به آسانی تعیین کرد و از داده ها می توان برای تخمین دما، فشار و ماهیت فیزیکوشیمیایی سیال در زمان به دام انداختن استفاده کرد[۴]. این اطلاعات کمک زیادی به توسعه نظریه‌های مدرن پیدایش سنگ، پتروژنز، دیاژنز، و مهاجرت و انباشت نفت و درک ما از اهمیت فاز سیال در طیف وسیعی از فرآیندهای زمین‌شناسی کرده است [۵].

در این پژوهش با انجام مطالعات بر روی سیالات درگیر در نمونه های بدست آمده ، درجه حرارت، شوری و خصوصیات فیزیکوشیمیایی سیالات کانه ساز تعیین می شود. در نهایت به بررسی، تجزیه و تحلیل نتایج مطالعات سطحی و عمقی و ارائه مدل احتمالی ژنز برای کانسار مس قلعه صولی می پردازیم.

۲. زمین شناسی منطقه

زمین شناسی محدوده قلعه صولی، پوششی از رسوبات فلیشی شرق ایران می‌باشد که فعالیت‌های آذرین در آن به‌صورت دایک و استوک با حجم وسیعی موجبات دگوگونی و دگرسانی سنگ میزبان را فراهم نموده است. دگرگونی پیش آمده به‌صورت محلی و غالباً در تماس با توده‌های آذرین در غالب هورنفلسی شدن و به‌طور خفیف‌تر اسکارنی شدن به چشم می‌خورد و حضور کانی‌های شاخص این دگرسانی‌ها نظیر گارنت، اپیدوت و مجموع کانی‌های آلتره مؤید این واقعیت می‌باشد. فعالیت توده‌های آذرین در چند بازه زمانی رخ داده است، بطوریکه توده‌های نفوذی با ترکیب داسیت پورفیری در فازهای نخست در سنگ میزبان رسوبی جایگزین شده، سپس فعالیت‌های هیدروترمالی در سیستم‌های شکستگی تزریق و موجبات تشکیل ماده معدنی مس-طلا با گانگ سیلیس را به فرم رگه‌ای و استوک ورک فراهم نموده است. در گامه های پایانی دایک های مافیک (آندزیت-آندزی بازالت) در محدوده تزریق شده است. این دایکها جوان‌ترین فاز، فاقد کانی سازی و سالم می‌باشند و تا حدودی دگرسانی پروپلیتیک از خود نشان می‌دهند. تزریق‌های دایک های فوق الذکر، موجب تمرکز و تغلیظ کانی سازی در حاشیه خود شده است. این پدیده در ترانشه های حفر شده به خوبی مشاهده می‌گردد.



شکل ۱. نقشه زمین شناسی۱/۲۰۰۰ محدوده اکتشافی

فعالیت‌های هیدروترمالی نیز در یک نسل خلاصه نشده و فاز سیلیسی حاوی مس-طلا قدیمی‌تر و در نسل‌های بعدی سیلیس حاوی پیریت و اکسیدآهن با عیار مس-طلای ناچیز غالباً در همراهی با دایکهای مافیک و در حاشیه آنها در محدوده تشکیل شده است. همچنین گسترش آلتراسیون نیز در روند گسلها و شکستگی‌های محدوده به‌صورت توسعه کانی‌های اکسید و هیدروکسیدهای آهن و توسعه کانی‌های رسی در غالب آلتراسیون آرژیلیک مشاهده می‌گردد. توسعه این دگرسانی در روندهای خطی و با روند عمومی NE-SW نشان از ثانویه بودن این دگرسانی می‌باشد. به غیر از این دگرسانی، دگرسانی دیگری نظیر پتاسیک و فیلیک نیز در محدوده وجود دارد که مرتبط با توده‌های نفوذی محدوده بوده است.

۳. روش مطالعه و آماده سازی نمونه

مطالعات میانبارهای سیال برروی ۳ نمونه دوبرصیقل ((Doubly Polished Thin Sections صورت پذیرفت. اندازه‌گیری پارامترهای دمایی در آزمایشگاه کانی‌شناسی مرکز تحقیقات فراوری مواد معدنی ایران به کمک Stage:THMS600 گرم‌کننده و منجمدکننده با مدل Linkam که بر روی میکروسکوپ ZEISS نصب است صورت گرفت، دامنه حرارتی دستگاه-۱۹۶ تا +۶۰۰ درجه سانتی‌گراد است همچنین این دستگاه مجهز به دو کنترل‌گر، گرمایش (TP94) و سرمایش(LNP) ، مخزن ازت (جهت پمپ نیتروژن برای انجماد) و مخزن آب (جهت خنک کردن دستگاه در دمای بالا) است.

جهت کالیبراسیون دستگاه از استانداردهای زیر استفاده گردید:

کالیبراسیون دستگاه با تلورانس:

Heating: ±0.6, Freezing: ±0.2
Heating: Cesium nitrate, melting point: +414ºC
Freezing: n-Hexane, melting point: -94.3ºC

کالیبراسیون Stage در گرمایش با دقت ۰.۶ ± درجه بوده که با نیترات سزیم (Cesium nitrate) با نقطه ذوب ۴۱۴ درجه صورت پذیرفت و در انجماد با دقت ۰.۲ ± درجه و با ماده استانداردان- هگزان (n-Hexane) با نقطه ذوب -۹۴.۳ درجه‌سانتی‌گراد انجام گرفت.

۳-۱-پتروگرافی میانبارهای سیال

در مطالعه پتروگرافی، مشخصات نوری از قبیل شکل و اندازه میانبارهای سیال (Shape*Size) ، رده‌بندی ژنتیکی (اولیه، ثانویه، ثانویه کاذب)، محتویات میانبارهای سیال (L+V+S) نسبت V/L، نوع کانی‌های دختر (با توجه به شکل کریستالی و مورفولوژی ظاهری)، پدیده‌هایی مانند Leakage و Necking down مورد بررسی قرار می‌گیرد.

برخی پدیده‌ها مانند Necking down و Leakage باعث می‌شوند تا داده‌ها و نتایج میانبارهای سیال قابل اعتماد نگردد لذا از مطالعه حرارت‌سنجی آن‌ها صرف‌نظر شده است.

مطالعات پتروگرافی میانبارها با بزرگنمایی‌های ۵۰۰ و ۸۰۰ انجام گرفته است.

۳-۲- شکل ظاهری میانبارها

به‌طورکلی از لحاظ شکل ظاهری، میانبارهای سیال در نمونه‌ها را می‌توان به ترتیب فراوانی به‌صورت زیر تقسیم‌بندی کرد:

۱- میانبارهای سیال با اشکال Negative Crystal

۲- اشکال کشیده

۳- چندوجهی نامنظم

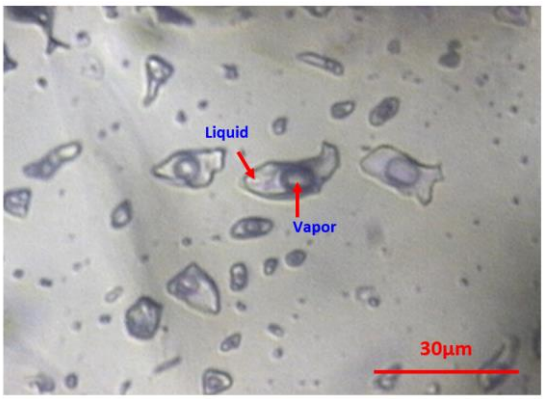
۳-۳-فراوانی میانبارهای سیال

به‌طورکلی فراوانی میانبارهای سیال در نمونه‌ها زیاد بوده به ویژه میانبارهای دو فازی غنی از مایع.

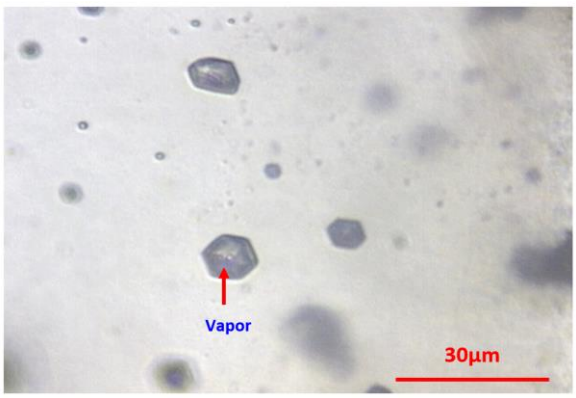
۳-۴- رده‌بندی ژنتیکی میانبارهای سیال

میانبارهای سیال را می‌توان از لحاظ زمان به تله افتادن یا مبنای نحوه زایش به اولیه (Primary)**، ثانویه** (Secondary) **و ثانویه کاذب** (Pseudo secondary) **تقسیم کرد که به رده‌بندی ژنتیکی نیز معروف است، هر سه تیپ در نمونه‌ها مشاهده می‌شود.**

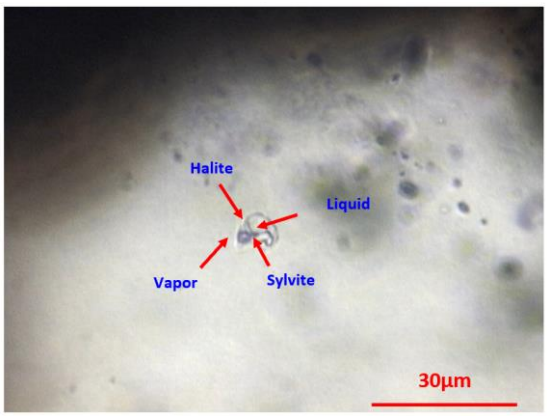
- **میانبارهای اولیه: به‌طورکلی در ابتدای رشد کانی میزبان تشکیل می‌شوند. میانبارهایی که در کانی‌ها به‌صورت ردیفی تشکیل می‌شوند منشأ اولیه ندارند. میانبارهای اولیه در مشاهدات میکروسکوپی، کامل‌تر و درشت‌تر از انواع ثانویه به‌نظر می‌آیند. بیشترین اندازه‌گیری از این نوع بوده است.**

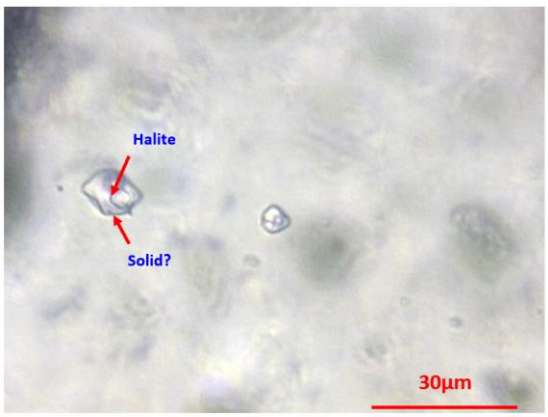


تصویر ۲. میانبارهای اولیه دو فازی متشکل از مایع آبگین و حباب بخار



تصویر ۳. میانبارهای اولیه دو فازی به شکل Negative Crystal **متشکل از مایع آبگین و حباب بخار**

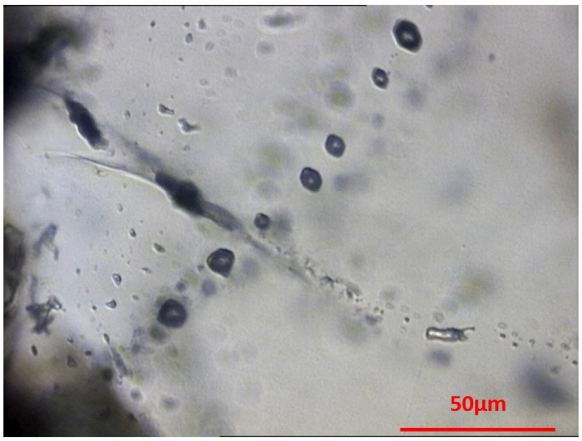




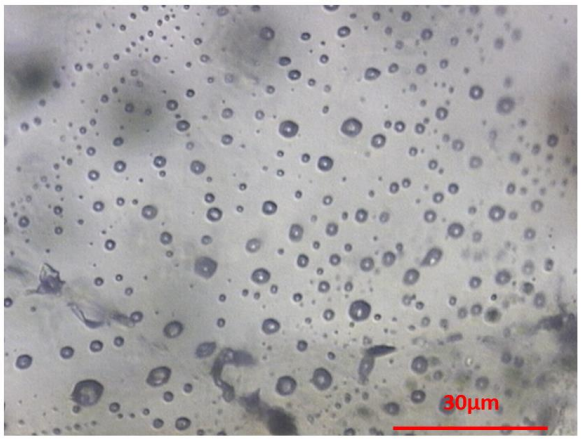
تصویر ۴. میانبار اولیه چهار فازی متشکل از حباب بخار+مایع آبگین+هالیت +سیلویت

تصویر ۵. میانبارهای اولیه سه فازی و چهار فازی متشکل از حباب بخار+مایع آبگین+هالیت ± فاز اپک

- **میانبارهای ثانویه: از ویژگی‌های این‌گونه میانبارها قرارگیری آن‌ها در راستای صفحات شکستگی یا در امتداد درزه‌ها است. بنابراین میانبارهای ثانویه، نماینده سیالات بعدی است که معمولاً بی‌ارتباط با رشد اولیه هستند (شکل ۸ و ۹).**

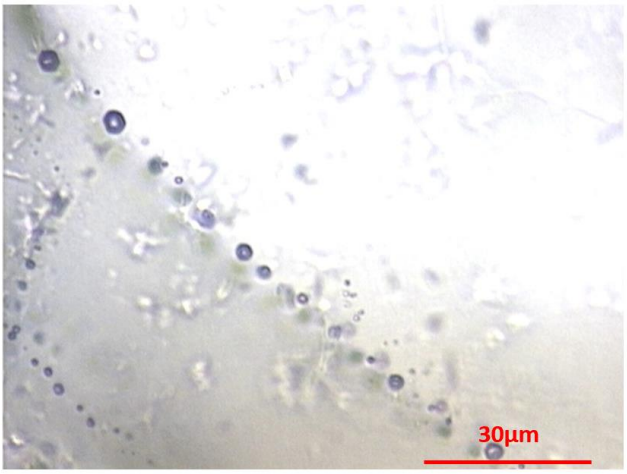


تصویر ۶. میانبارهای ثانویه دو فازی غنی ازگاز با اشکال Negative Crystal در روند خطی



تصویر ۷. میانبارهای ثانویه به صورت صفحه‌ای

- **میانبارهای ثانویه کاذب: در اثنای تشکیل میانبارهای سیال اولیه، اگر درزه‌های بسیار کوچک را محلول‌های اصلی پرکنند، این تیپ میانبارها را، ثانویه کاذب (Pseudo secondary) یا اولیه کاذب (Pseudo Primary) می‌نامند. این تیپ میانبارهای سیال نیز در نمونه‌ها مشاهده می‌شود (شکل ۸).**



تصویر ۸. میانبارهای ثانویه کاذب

۵-۳-مطالعات میکروترمومتری

۱-۵-۳-انواع میانبارهای سیال

میانبارهای موجود در نمونه‌ها در دمای اتاق شامل انواع:

A: **دو فازی غنی از مایع متشکل از مایع آبگین+ حباب بخار** (Liquid rich).

B: **دو فازی غنی از گاز ± فاز جامد متشکل از حباب بخار + مایع آبگین ± فاز جامد** (Vapor rich).

C: **چند فازی متشکل از مایع آبگین+ حباب بخار+ هالیت±سیلویت±فاز جامد ناشناخته.**

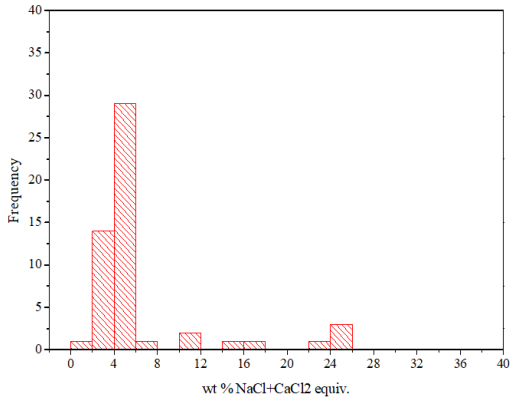
D: **تک فاز گاز** (Gas).

میانبارهای نوع A: این میانبارها به صورت دوفازی بوده یا به عبارت دیگر متشکل از مایع آبگین و حباب بخار هستند، حباب بخار حدود ۲۰ الی ۳۵ درصد حجم میانبار را اشغال کرده است در واقع درجه پرشدگی این نوع از میانبارها در حدود ۶۵ الی ۸۰ درصد است. فراوانی این میانبارها در نمونه‌ها زیاد بوده و به اشکال Negative crystal (به تبعیت از کانی میزبان) **و کشیده مشاهده می‌شوند.**

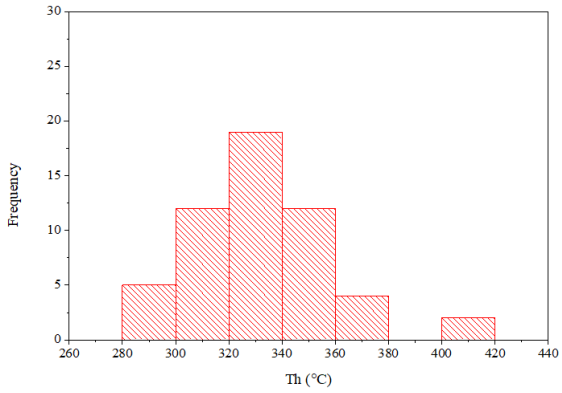
در تعدادی از این میانبارها هیدروهالیت ((NaCl.2H2O) **نیز تشخیص داده شد که داده‌ها در جدول آنالیز ذکر شده است. شوری این تیپ در محدوده ۱۶.۶۹ الی ۲۵.۷۵** wt% NaCl+CaCl2 **است.**

انجماد نهایی میانبارها در محدوده دمایی ۱۰۰- تا ۱۱۰- درجه صورت گرفت، تا عمل انجماد کلیه فازها صورت گیرد. سپس دما را بالا برده تا اولین نقطه ذوب یخ (Te or Tmf) **آشکار شود که در نمونه‌های مورد مطالعه در محدوده ۶۰- درجه سانتی‌گراد اولین عمل ذوب آغاز شد در این حالت، میانبارها دارای فازهای یخ +هیدروهالیت+مایع است. این دما منطبق بر نقطه یوتکتیک سیستم سه‌تایی** H2O-NaCl-CaCl2 **است. با افزایش حرارت، بلورهای بزرگ یخ در کنار بلورهای ریز هیدروهالیت (هیدروهالیت** (NaCl.2H2O) **متداول‌ترین هیدرات نمک بوده و وجه تمایز آن نسبت به یخ، ضریب شکست بالاتر آن و ماهیت دانه‌ای آن است) مشاهده می‌شوند. قابل ذکر است بلورهای صفحه‌ای و گرد یخ دارای برجستگی کمتری نسبت به ذرات هیدروهالیت هستند. با ادامه حرارت، ذرات هیدروهالیت شروع به ذوب شدن می‌کنند** (Tmhh) **که این ذوب درمحدوده دمایی ۲۷- تا ۴۵- درجه است. در این حالت، تمامی ذرات هیدروهالیت ذوب شده و بلورهای یخ + مایع به‌وضوح قابل مشاهده است، با افزایش حرارت، بلورهای یخ نیز ذوب شده که آخرین دمای ذوب یخ** (Tmice) **در میانبارها، در محدوده ۱۳.۲- تا ۲۹.۷- درجه سانتی‌گراد است که در جدول آنالیز ذکر شده است. قابل ذکر است هیدروهالیت در میانبارهایی که از نظر ابعاد بزرگ هستند به خوبی قابل مشاهده است).**

شوری در میانبارهای دوفازی در محدوده ۲.۵ الی ۱۵.۹۲ درصد وزنی معادل نمک طعام است در میانبارهای مورد مطالعه، همگن شدن فاز بخار به فاز مایع رخ داد (V+L-L)**، و هیچ‌گونه همگن شدن به فاز بخار در نمونه‌ها مشاهده نگردید.**

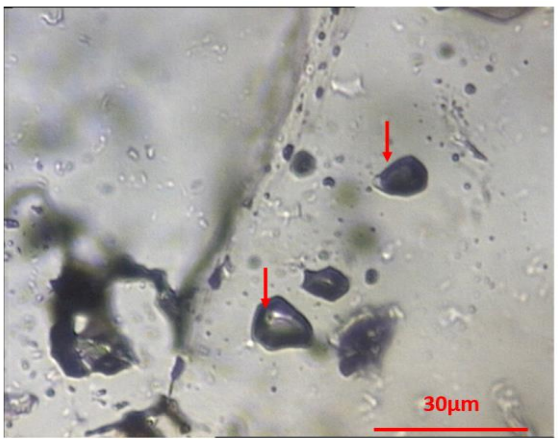


تصویر ۹. هیستوگرام فراوانی شوری میانبارهای دو فازی اولیه برحسب درصد وزنی NaCl+CaCl2

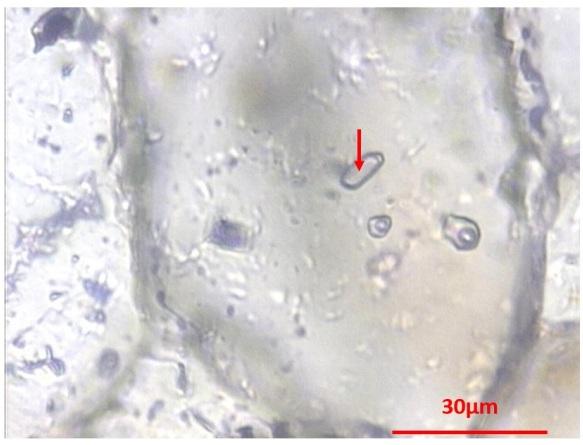


تصویر ۱۰. هیستوگرام فراوانی دمای همگن شدن میانبارهای دو فازی غنی از مایع

میانبارهای نوع B: این میانبارها به صورت دو فازی غنی از گاز± فاز جامد بوده یا به عبارت دیگر متشکل از حباب بخار و مایع آبگین± فاز جامد هستند، حباب بخار حدود ۸۵ تا ۹۵ درصد حجم میانبار را تشکیل داده است و فاز مایع ۵ تا ۱۵ درصد را اشغال کرده است، در این میانبارها به علت بزرگ بودن حباب بخار ثبت تغییرات دمای انجماد با مشکل و یا غیرقابل انجام بوده است لذا تنها در یک مورد دمای همگن شدن (۳۰۵ درجه سانتی‌گراد) ثبت گردید. در تعدادی از میانبارها (به علت محدودیت دستگاهی) تا دمای ۵۰۰ درجه همگن شدن به فاز بخار صورت نگرفته و لذا تعداد اندازه‌گیری‌ها در این تیپ محدود است. فراوانی این میانبارها (شکل ۱۱ و ۱۲) در نمونه بسیار زیاد بوده و به اشکال Negative Crystal (به تبعیت از کانی میزبان) مشاهده می‌شوند.



تصویر ۱۱. میانبارهای غنی از گاز به اشکال Negative crystal. تقریباً بیش از ۹۵ درصد حجم میانبار را گاز تشکیل داده است.



تصویر ۱۲. میانبار غنی از گاز در همزیستی با میانبارهای غنی از مایع

میانبارهای نوع C:

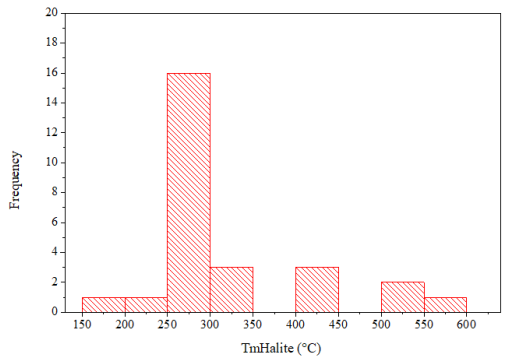
در مطالعه چند فازی‌ها که متشکل از مایع آبگین+حباب بخار+هالیت±سیلویت±فاز جامد ناشناخته صورت پذیرفت تنها عملیات گرمایش صورت گرفته و دمای همگن شدن حباب بخار و انحلال فاز نمک‌ها ثبت گردید.

در نمونه‌های مورد مطالعه، میانبارهای چند فازی در زیر مجموعه‌های مایع آبگین+حباب بخار+هالیت؛ مایع آبگین+حباب بخار+هالیت+سیلویت؛ مایع آبگین+حباب بخار+هالیت+ فاز جامد ناشناخته و مایع آبگین+حباب بخار+هالیت+سیلویت+ ۲ فاز جامد ناشناخته مشاهده می‌شوند.

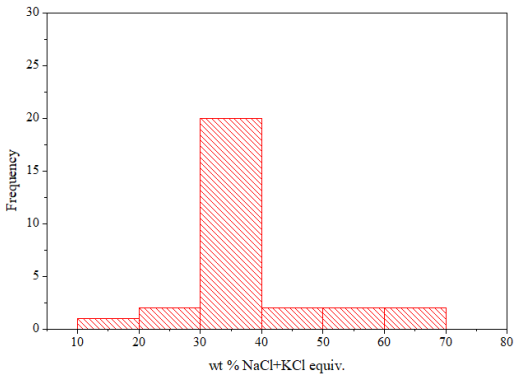
فاز نمک بیشتر هالیت بوده که از مشخصات نوری و مورفولوژی ظاهری (شکل کوبیک) قابل شناسایی است همچنین سیلویت نیز در نمونه‌ها مشاهده می‌شود که از نظر اندازه از هالیت کوچک‌تر بوده و در دمای پایین‌تری نسبت به هالیت حل می‌شود. و همچنین دارای برجستگی کمتری نسبت به هالیت است. فازهای جامد اپک به همراه فازهای نمک در تعدادی از میانبارها مشاهده می‌شوند این فازها تا دمای ۶۰۰ درجه همگن نمی‌شوند. میانبارهای این تیپ، بیشتر به اشکال Negative crystal، کشیده و چند وجهی نامنظم مشاهده می‌شوند. به طورکلی درجه پرشدگی برای چندفازی‌ها در حدود ۱۵ تا ۴۰ درصد است. با توجه به وجود هالیت و سیلویت در نمونه‌ها، سیستم H2O-NaCl و H2O-NaCl-KCl حاکم بوده و برای محاسبه شوری از Package fluids استفاده شده است.

در حالت کلی، کمترین و بیشترین میزان شوری در میانبارهای دارای سیلویت و هالیت دار به ترتیب به ۱۸.۰۲ و ۶۶.۹ درصد وزنی نمک طعام+سیلویت می‌رسد.

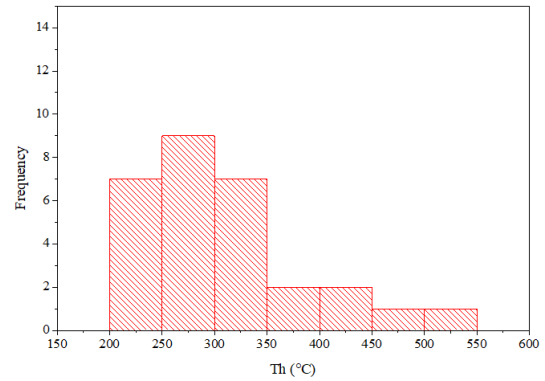
دمای همگن شدن در میانبارها در محدوده ۲۰۰ تا بیش از ۵۲۰ درجه سانتی‌گراد است (احتمالاً به ۶۰۰ درجه سانتی‌گراد هم برسد).



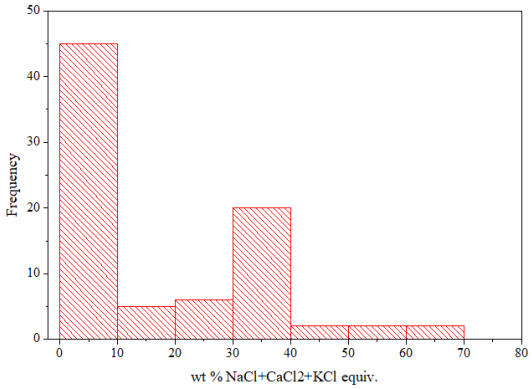
تصویر ۱۳. هیستوگرام فراوانی دمای انحلال هالیت+سیلویت



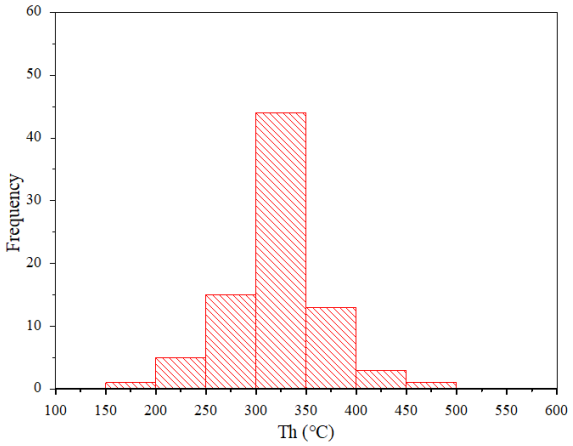
تصویر ۱۴. هیستوگرام فراوانی شوری در چند فازی‌ها بر حسب درصد وزنی هالیت+سیلویت



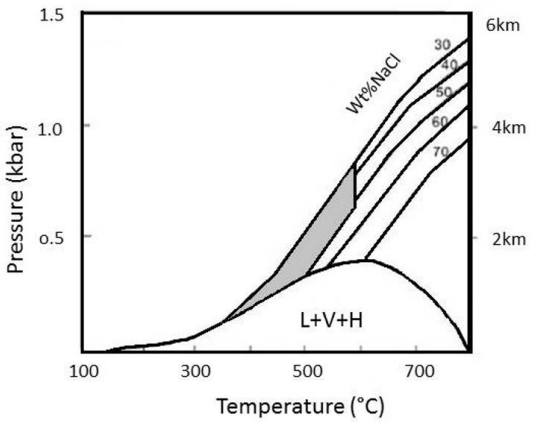
تصویر ۱۵. هیستوگرام فراوانی دمای همگن شدن (درجه سانتی‌گراد) در چند فازی‌ها



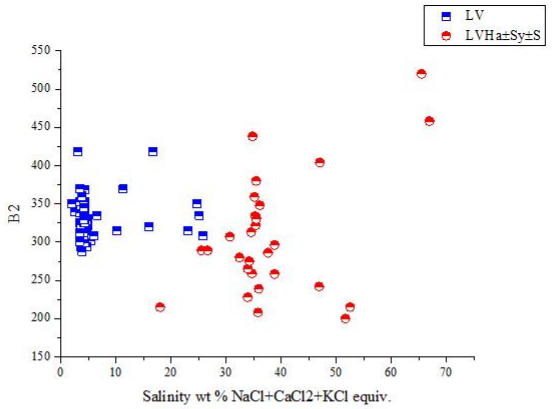
تصویر ۱۶. هیستوگرام فراوانی شوری میانبارهای دو فازی و چند فازی برحسب درصد وزنی NaCl+CaCl2+KCl

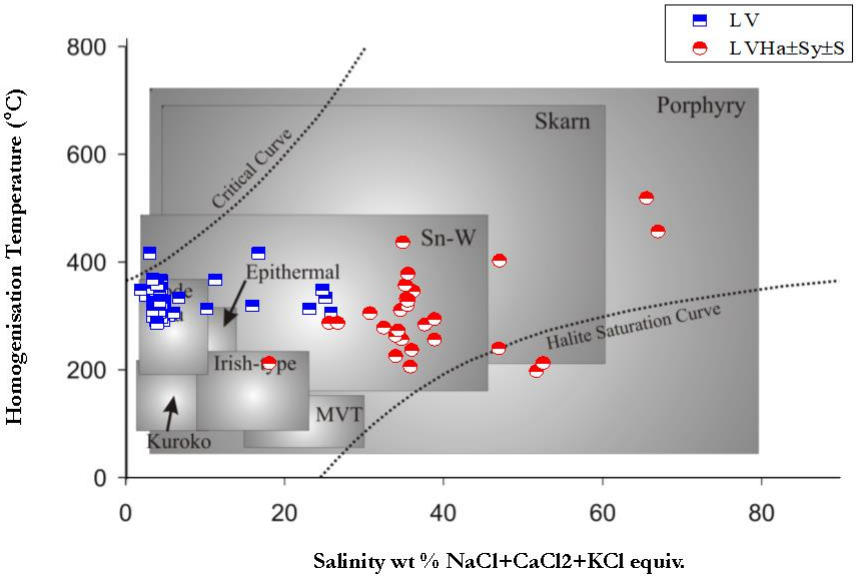


تصویر ۱۷. هیستوگرام فراوانی دمای همگن شدن میانبارهای دو فازی و چند فازی



تصویر ۱۸. نمودار شوری در برابر فشار (کیلوبار) برای میانبارهای با ThV-L> Tm halite





تصویر ۱۹. نمودار فراوانی شوری NaCl+CaCl2+KCl – دمای همگن شدن

۴- نمودار شوری در برابر فشار (کیلوبار) برای میانبارهای با ThV-L> Tm halite

به نظر می‌رسد یک سیال داغ با شوری بالا در محدوده ۳۰.۶۶ تا ۶۶.۹ درصد وزنی NaCl+KCl **(با** peak 35 **درصد وزنی نمک طعام) و دمای بالا از ۲۰۰ تا نزدیک به ۶۰۰ درجه سانتی‌گراد (با** peak 325 **درجه سانتی‌گراد) و یک سیال با شوری پایین در محدوده ۱.۹۴ تا ۱۵.۹۲ درصد وزنی** NaCl+CaCl2 **(با** peak5 **درصد وزنی** NaCl+CaCl2**) و با دمای همگن شدن ۲۸۸ تا ۵۲۰ درجه سانتی‌گراد در کانه‌زایی مؤثر بوده‌اند. هیستوگرام مربوط به شوری و دمای همگن شدن برای کل میانبارها در شکل ۱۶ و ۱۷ نشان داده شده است.**

سیال داغ با شوری بالا مربوط به مراحل اولیه کانه‌زایی بوده و طی کانه‌زایی از دمای آن کاسته شده است و جوشش هم رخ داده است که شواهد آن نیز مشهود است. بر طبق دیاگرام شکل ۱۸، بیشترین محدوده فشار در حدود ۷۵۰ بار و با عمق تقریبی ۳ کیلومتر است.

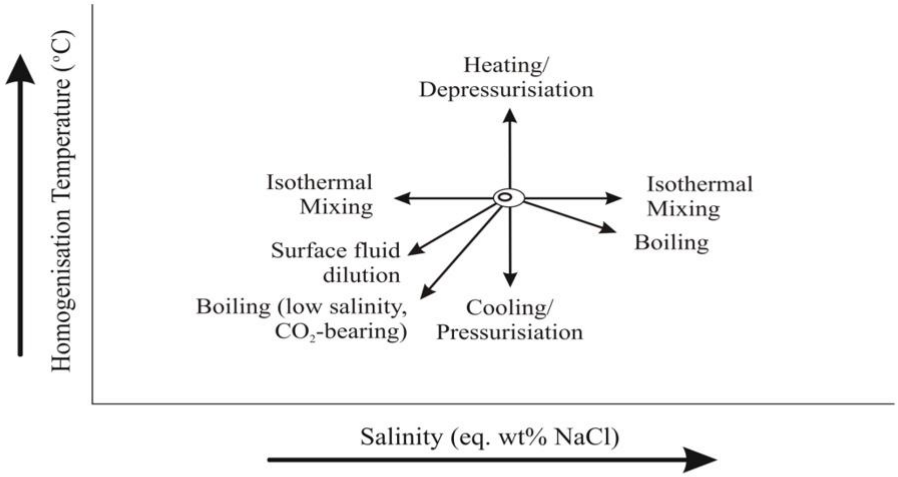


Table 2
Typical characteristics of fluid inclusions in hydrothermal ore deposits

Deposit type	Host minerals	T_h range (°C)	Salinity range (wt.% NaCl equiv.)	Daughter minerals	Trapped phases	Comments
Mississippi Valley-type	cc, dol, fluor, ba, qz, sph	50–180	15–30	–	Petroleum	CH_4 may be present
Irish-type	cc, dol, sph, qz, ba	150–240, 80–150	10–18, 20–25	–	Calcite, K-mica	Mixing of two fluids, high T fluid has low CO_2
Volcanic-associated massive sulphide	qz, ba	80–340	1–8	–	–	Higher T_h and S in stockwork zones
Granitoid-associated veins	qz, wolf, fluor, cc	150–500	0–45	hal, syl, chlor, bor, anh, cc, hm, mt, sulph	Tourm, ksp	CO_2 often present, common effervescence
Porphyry-copper	qz	200–700	0–70	hal, syl, chlor, cpy, hm	–	Effervescence common, CO_2 in deep systems
Epithermal	qz, cc, sph	100–300	0–12	daw	–	Sometimes low CO_2, common effervescence
Mesothermal gold	qz, cc	200–400	2–10	daw	–	High $CO_2 + CH_4$ or N_2

anh, anhydrite; ba, barite; bor, borates; cc, calcite; chlor, alkali earth and transitional metal chlorides; cpy, chalcopyrite; daw, dawsonite; dol, dolomite; fluor, fluorite; hal, halite; hm, hematite; ksp, K-feldspar; mt, magnetite; qz, quartz; sph, sphalerite; sulph, various sulphides; syl, sylvite; wolf, wolframite.

شکل ۲۰. مشخصات تیپیک میانبارهای سیال در کانسارهای هیدروترمال.

۴. نتیجه گیری

میانبارهای سیال را می‌توان از لحاظ زمان به تله افتادن یا مبنای نحوه زایش به اولیه (Primary)، ثانویه (Secondary) و ثانویه کاذب (Pseudo secondary) تقسیم کرد که به رده‌بندی ژنتیکی نیز معروف است، هر سه تیپ در نمونه‌ها مشاهده می‌شود. به نظر می‌رسد یک سیال داغ با شوری بالا در محدوده ۳۰.۶۶ تا ۶۶.۹ درصد وزنی NaCl+KCl (با peak 35 درصد وزنی نمک طعام) و دمای بالا از ۲۰۰ تا نزدیک به ۶۰۰ درجه سانتی‌گراد (با peak 325 درجه سانتی‌گراد) و یک سیال با شوری پایین در محدوده ۱.۹۴ تا ۱۵.۹۲ درصد وزنی NaCl+CaCl2 (با peak5 درصد وزنی NaCl+CaCl2) و با دمای همگن شدن ۲۸۸ تا ۵۲۰ درجه سانتی‌گراد در کانه‌زایی مؤثر بوده‌اند. سیال داغ با شوری بالا مربوط به مراحل اولیه کانه‌زایی بوده و طی کانه‌زایی از دمای آن کاسته شده است و جوشش هم رخ داده است که شواهد آن نیز مشهود است. بطور کلی وجود سیالات ساده دو فازی با شوری ذکر شده می تواند بازگو کننده منشاء هیدروترمال برای آنها باشد.

منابع

[1] Latypova, M., R., Vsevolod, Yu., Prokofiev., N., S., Balushkina., Julia, A., Kotochkova., Valeria, Churkina., D., Ivanova., Maria, L., Makhnutina., A., G., Kalmykov., Georgii, A., Kalmykov, 2023. Fluid inclusions geochemical characteristics as indicators of the organic matter transformation degree in Jurassic sediments of the Em-Ega crest (Krasnoleninsky arch, Western Siberia). Вестник Московского университета, doi: 10.55959/msu0579-9406-4-2023-63-2-79-92

[2] Frédéric, Caupin. 2022. Fluid inclusions in minerals: from geosciences to the physics of water and back. Comptes Rendus Physique, doi: 10.5802/crphys.127

[3] Xin, Li, 2022. The Development and Application Prospect of Fluid Inclusions in Geoscience. Di qiu ke xue qian yan, doi: 10.12677/ag.2022.1212151

[4] Martin, Okrusch., Hartwig, E., Frimmel, 2020. Fluid Inclusions in Minerals. doi: 10.1007/978-3-662-57316-7_12

[5] Shuming, Wen., Jian, Liu., Jiushuai, Deng, 2020. Mineral fluid inclusions. doi: 10.1016/B978-0-12-819845-2.00001-6