

مطالعه ژئوشیمیایی ادخال‌های مایع نفتی در چاه‌های میدان نفتی منصوری

نیلوفر بصیری^۱ و محمدرضا کمالی^{۲*}

۱- گروه زمین‌شناسی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران

۲. پردیس پژوهش و توسعه صنایع بالادستی، پژوهشگاه صنعت نفت، تهران، ایران

تاریخ دریافت: ۹۴/۷/۲۷ تاریخ پذیرش: ۹۵/۳/۲۴

چکیده

ادخال‌های مایع کپسول‌های دربسته‌ای هستند که اطلاعات سیال از زمان به‌دام افتادن را به‌صورت کامل در خود ذخیره می‌کنند. مهم‌ترین این اطلاعات درجه حرارت و ترکیب سیال در زمان به‌دام افتادن است. مطالعه ژئوشیمیایی ادخال‌های مایع نفتی میدان منصوری، با استفاده از آنالیز میکروترمومتری به بررسی فاکتور ادخال‌های مایع پرداخته است. با توجه به نتایج حاصل از آنالیزها مشخص گردید که سازند بنگستان از پتانسیل مخزنی مناسبی به لحاظ وجود نفت مهاجرت یافته به‌دام افتاده در سیمان سنگ مخزن برخوردار است. از بین چاه‌های مورد نظر در میدان منصوری فقط یک چاه (MI-44E) دارای هیدروکربن سیال می‌باشد و مستعد بررسی‌های بیشتر از نظر وجود ادخال‌های مایع می‌باشد. نمونه‌های مورد مطالعه میدان منصوری با توجه به نتایج آنالیزها نشان از ۳ نسل یا گروه است که هر یک از نسل‌ها دارای ویژگی منحصر به فرد خود هستند. نمونه‌های آنالیز شده از نظر نوع ادخال خصوصیت مشترکی دارند بدین‌معنی که کلیه ادخال‌های مایع از نوع اولیه هستند که دلالت بر یک منشأ دارند و تفاوت اصلی آنها بیشتر در نوع سیمان، درجه همگن شدن و درصد شوری می‌باشد. در این مطالعه هیدروکربن مایع فقط در نسل سوم دیده شده که دارای API گراویتی متفاوت بوده که با رنگ‌های زرد و آبی دیده می‌شود و نشان‌دهنده این است که تا بالای نقطه بلوغ حرارت دیده‌اند و در عمق ۳۴۲۵/۹ و بالاترین دما یعنی ۹۳/۱°C واقع شده‌اند و درصد شوری آنها بین ۱۱/۴۶ تا ۱۸/۴۷٪ وزنی می‌باشد. در نهایت فقط گروه سه لایه مخزنی سازند ایلام متعلق به گروه بنگستان از لحاظ اکتشافی و توسعه مخزن مناسب می‌باشد.

کلمات کلیدی: ادخال‌های مایع، میدان منصوری، آنالیز ژئوشیمیایی، میکروترمومتری، هیدروکربن.

مقدمه

بوده و در دانه‌های کانی و سیمان‌های دیاژنزی در حین مهاجرت اولیه محصور شده‌اند [۱]. اندازه ادخال‌های عموماً در مقیاس میکرون و غالباً در حد ۵۰ μm است و نفت در یک سیستم بسته در داخل کانی مانند کوارتز و یا کلسیت به دام افتاده است. بدین ترتیب نفت به‌دام افتاده به‌خوبی از فرآیندهای

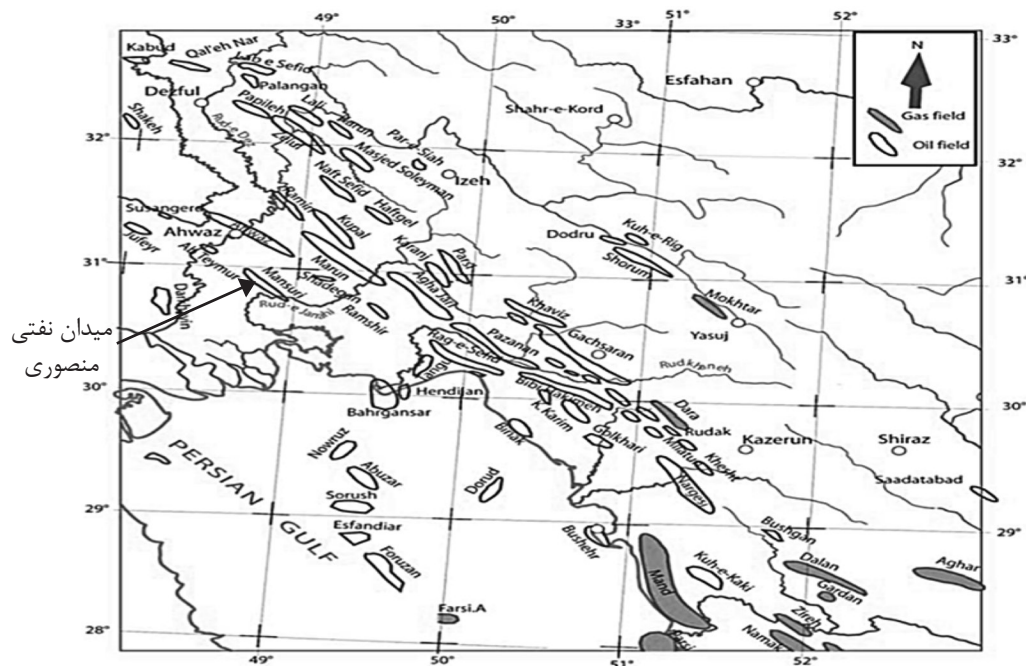
ادخال‌های مایع حاوی نفت به‌طور معمول در مخازن هیدروکربنی و در مسیر مهاجرت نفت یافت شده‌اند. ادخال‌های مایع قطرات بسیار ریز

موجود در کوارتز منتشر کرده‌اند. اما با تحقیقات پیش‌گامانه هنری کلیفتون سوربی در اواسط قرن ۱۸ به‌دنبال توسعه سریع میکروسکوپ‌های نوری بود که جایگاه سیالات درگیر از یک کنجکاو علمی ساده به موضوعی با اهمیت و ارزش علمی قابل ملاحظه ارتقا یافت. سوربی [۹] در مقاله خود عنوان کرد که سیالات درگیر در کانی‌ها معرف بخش‌هایی از مایعات، گازها و مذاب‌های به‌دام افتاده‌ای هستند که بلور از آنها رشد کرده است و لذا می‌توان از آنها برای بازسازی محیطی که در آن سنگ یا کانی تشکیل شده استفاده کرد. با توجه به نتایج حاصل از آنالیزها مشخص شد که سازند بنگستان از پتانسیل هیدروکربن‌زایی برخوردار است. از بین چاه‌های مورد نظر در میدان منصوری فقط یک چاه (MI-44E) دارای هیدروکربن سیال می‌باشد و مستعد بررسی‌های بیشتر از نظر وجود اذخال‌های مایع می‌باشد. نتایج این تحقیق می‌تواند در صنعت نفت مخصوصاً در قسمت اکتشاف نفت مورد استفاده قرار گیرد. تاکنون از نتایج مطالعات اینکلوزیون‌های نفتی در مناطق نفت‌خیز استفاده نشده‌است چنین مطالعه‌ای در زمینه‌های مختلف نفتی اعم از تعیین شیب زمین‌گرایی و بلوغ، مهندسی نفت و کالیبره نمودن مدسازی سیستم‌های نفتی نیز کاربرد دارد.

خصوصیات زمین‌شناسی میدان نفتی منصوری

میدان نفتی منصوری یکی از میادین نفتی ایران است که در قسمت جنوب‌غربی کمربند چین‌خورده زاگرس در محدوده فروافتادگی دزفول و در مجاورت میادین نفتی اهواز، آب تیمور و شادگان در موقعیت جغرافیایی "۴۸°۴۴'۰۶" تا "۴۸°۵۹'۴۱" طول شرقی و "۳۰°۴۶'۱۶" تا "۳۱°۰۴'۱۶" عرض شمالی و در ۴۵ km جنوب‌شرق شهرستان اهواز واقع شده است (شکل ۱). میدان نفتی منصوری در ۴۵ km جنوب اهواز در ناحیه دزفول شمالی قرار دارد و از روند زاگرس تبعیت کرده و تقریباً در مرز صفحه عربی و زاگرس قرار گرفته‌است.

دگرسایي تاثیرگذار بر ترکیب نفت مانند تخریب میکروبی، آبشویی و غیره در زمان زمین‌شناسی محفوظ مانده است. از آنجایی که مخازن نفتی ممکن است توسط نفت تولید شده از سنگ منشاهای متعدد در مراحل مختلف از بلوغ حرارتی شارژ شود، لذا شناسایی اذخال‌های نفتی کمک شایانی را در تشخیص و تفسیر داستان پیچیده شارژ مخزن ایف می‌کند [۲]. هدف از انجام این پژوهش ارزیابی روش حرارت‌سنجی با روش سیالات درگیر به‌همراه طیف‌سنج فلورسانس جهت تعیین بلوغ حرارتی رسوبات سازند بنگستان در میدان نفتی منصوری است و این تحقیق برای اولین بار در ایران در چاه‌های ۲۵، ۴۴، ۴۷، ۶۰ با تعداد ۲۲ مقطع مورد بررسی قرار گرفته است. با توجه به تغییرات نسبتاً شدید شیب زمین‌گرایی در میدان منصوری و رسوب آسفالتن در برخی از چاه‌ها که مرتبط با این تغییرات است و با توجه به اینکه منشاء نفت و گاز، مواد آلی موجود در رسوبات است، جهت ارزیابی اکتشاف و تولید هیدروکربن علاوه بر تعیین مقدار و نوع ماده آلی، تعیین درجه بلوغ و پختگی آن نیز دارای اهمیت ویژه‌ای می‌باشد، این مطالعه جهت کالیبره نمودن مدل‌سازی سیستم‌های نفتی نیز کاربرد دارد. سیالات درگیر اگر حاوی هیدروکربن‌های حلقوی یا معطر باشند قادرند خاصیت فلورسانس‌زایی از خود نشان دهند [۳]. اجزای اصلی فلورسانس در نفت هیدروکربن‌های آروماتیک هستند [۴]. فلورسانس رنگ زرد روشن در سیالات درگیر (معمولاً اولیه) گویای نمونه‌ای از نفت با بلوغ کمتر با زنجیره‌ای طولانی n-آلکان‌ها و آروماتیک‌هاست [۵]. فلورسانس زرد متمایل به سبز در سیالات درگیر (معمولاً ثانویه)، نمونه نفت با بلوغ بالاتر با n-آلکان سبک‌تر و آروماتیک‌های کمتر به‌عنوان یک قاعده کلی قابل قبول است [۶]. در اوایل قرن ۱۹ دانشمندان برجسته انگلیسی مانند هامفری دیوید [۷] گوسکات و بورلی [۸] مطالب قابل توجه در مورد سیالات درگیر خیلی بزرگ



شکل ۱ موقعیت میدان نفتی منصورى و میادین همجوار.

ملزومات اساسی برای مطالعه ادخال‌ها، مهارت در کار با میکروسکوپ و تنظیم نور است. ممکن است به‌نظر برسد که این مسئله کاملاً روشن است اما متأسفانه اغلب نادیده گرفته می‌شود. از آنجایی که اغلب ادخال‌ها کوچک‌تر از 50μ هستند، حداقل بزرگ‌نمایی برای تشخیص فازهای جامد ریز و سایر جزئیات داخلی آنها، ۴۰۰ تا ۵۰۰ برابر است. ترجیحاً بایستی به آن یک سیستم کم قدرت با بزرگ‌نمایی ۶۰ برابر نیز اضافه شود تا بتوان نواحی بزرگ‌تری از نمونه را مشاهده کرد (میدان دید بزرگ‌تر) و لذا بتوان روابط بین ادخال‌های مایع، زون‌های رشد، مرزهای دانه‌ها و ریز شکستگی‌ها را تشخیص داد. به‌طور خلاصه میکروسکوپ ایده‌آل برای مطالعه نوری و ترمومتری ادخال‌های مایع، یک میکروسکوپ پترولوژیکی معمولی با دو عدسی چشمی، لنزهای قابل تعویض (جهت ارتقاء بزرگ‌نمایی کلی تا ۵۰۰-۴۰۰ برابر) و یک کندانسور زیر صفحه گرداننده جهت تولید روشنائی هم‌گرا است (شکل ۲).

1. Stage

در افق آسماری دارای طول حدود ۴۲ km و به‌طور متوسط عرض $4/5$ km می‌باشد. این ساختمان به‌واسطه انجام عملیات اکتشافی لرزه‌نگاری در سال ۱۳۴۱ هجری شمسی کشف شده است.

روش‌های مطالعه

روش‌های مورد استفاده در این مطالعه جهت شناسایی و بررسی ادخال‌های مایع در این مطالعه شامل دو روش مطالعه نوری و حرارت سنجی ادخال‌های مایع می‌باشد. شرح این دو روش به‌صورت زیر می‌باشد.

روش مطالعه نوری

استفاده از میکروسکوپ نور عبوری (انکساری) مفیدترین روش برای مطالعه ادخال‌های سیال است و همیشه باید آن را اولین گام در مطالعه ادخال‌های سیال استفاده کرد (شکل ۲). اطلاعات به‌دست آمده از روش‌های نوری ساده کاملاً حیرت‌انگیز هستند. تنها با مشاهده فراوانی، توزیع و ترکیب کلی ادخال‌ها و بلور میزبان می‌توان منشأ اولیه یا ثانویه ادخال‌های مایع را مشخص کرد. به‌جز یک میکروسکوپ پتروگرافی معمولی، تنها



شکل ۲ دستگاه میکروسکوپ نوری مجهز به عدسی‌های با فاصله کاری طولانی.

و از بین بردن سیالات درگیر همراه است، سیالات درگیر از بین رفته و امکان مطالعه مجدد بر روی آنها امکان پذیر نمی‌باشد. این روش‌ها که شامل آزادسازی گازها، مایعات و روش‌های میکروپروب است به روش‌های مخرب حرارت سنجی معروف می‌باشند.

اذخال‌های مایع

اذخال‌های مایع کپسول‌های در بسته‌ای هستند که اطلاعات سیال از زمان به دام افتادن را به صورت کامل در خود ذخیره می‌کنند. مهم‌ترین این اطلاعات درجه حرارت و ترکیب سیال در زمان به دام افتادن است [۱۰ و ۱۱] در حقیقت اذخال‌های مایع در مقیاس میکرون هستند در بین ۲ تا ۱۰ میکرون در داخل کریستال، سیمان یا در بین بلورها به دام افتاده‌اند. اذخال‌های مایع هم‌زمان با تشکیل سیمان در طی دیاژنز ایجاد و در حقیقت در فضای بین دانه‌ها یا در فضای خالی یا در امتداد شکستگی‌ها به دام افتاده‌اند. اذخال‌های مایع می‌توانند نماینده سیالات گذشته باشند که تمام خصوصیات زمان خود را حفظ کرده و از آنها می‌توان به عنوان اثر سیالات گذشته استفاده کرد. در ابتدای به دام افتادن اذخال‌های مایع به صورت تک فازی هستند و در طی زمان حتی پس از گذشت میلیون‌ها سال تغییر نمی‌کند و حتی مقدار حجم این اذخال‌ها ثابت می‌ماند.

حرارت سنجی اذخال‌های مایع یا میکروترموتری

پس از اتمام عملیات پتروگرافی و شناسایی اذخال‌های مایع و ثبت اطلاعات به دست آمده، مهم‌ترین مرحله حرارت سنجی سیالات درگیر آگار می‌شود. حرارت سنجی به منظور شناخت درجه حرارت همگن شدن سیالات درگیر و تعیین ترکیب شیمیایی، به ویژه درجه شوری سیالات صورت می‌گیرد. به منظور مطالعه اذخال‌های مایع با روش با استفاده از روش حرارت سنجی از میکروسکوپ الکترونی استفاده می‌شود. اساس مطالعه در روش حرارت سنجی بر دو پایه روش‌های مخرب و غیر مخرب استوار است. در روش غیر مخرب به منظور شناخت درجه همگن شدن بدون آسیب رساندن به محتوی درونی سیالات درگیر اقدام به حرارت دادن آنها و به منظور شناخت شوری سیال‌ها اقدام به انجماد آنها می‌شود. برای حرارت دادن و انجماد نمونه‌ها از صفحات مخصوص گرمایش و انجماد استفاده می‌شود. روش‌های غیر مخرب بر پایه سالم نگه داشتن سیالات درگیر و امکان استفاده مجدد از آنها برای حرارت سنجی بعدی استوار است، که به نام روش‌های غیر مخرب حرارت سنجی نامیده می‌شود و شامل حرارت دادن، انجماد و روش اسپکترومتری رامان می‌باشد. این روش‌ها از ارزان‌ترین روش‌هایی هستند که می‌توان اطلاعاتی در مورد تغییرات فازها در طی گرمایش و انجماد به دست آورد. در روش مخرب، که با تخریب

مقاطععی است که دارای سیالات درگیر یا ادخال‌های مایع می‌باشند. از خرده‌های حفاری مورد استفاده ۲۲ مقطع نازک میکروسکوپی تهیه گردید که ۱۵ مورد از مقاطع نازک دارای ادخال‌های مایع بودند که بعضی از مقاطع حاوی ادخال‌های مایع ریز بودند که جهت انجام مطالعات بهتر هدف پیدا کردن ادخال‌های با وضوح بهتر و بزرگ‌تر است. در ادامه تعداد ۴ نمونه واضح و کامل جهت آنالیز حرارت سنجی یا میکروترمومتری انتخاب گردید. بدین صورت که در ابتدا نمونه‌ها توسط الکل از لام جدا شده و پس از آن توسط دستگاه میکروترمومتری آزمایشات مربوطه انجام شده است، نمونه‌ها پس از جدا شدن از لامل به قطعات کوچک تبدیل شدند و سپس نمونه‌ها را مورد آزمایش قرار گرفته است. این نمونه‌ها بر روی دستگاه مربوطه قرار گرفته و توسط محفظه‌ای به نام صفحه گرداننده پوشانده می‌شوند که این صفحه گرداننده در واقع محلی برای بررسی‌های آزمایش گرمایش و انجماد و نگهداری نمونه‌ها در دستگاه است. در کنار دستگاه میکروسکوپ یک کپسول ازت قرار گرفته که این دستگاه در هنگام انجام آزمایش انجماد به دستگاه کمک می‌کند. هر نمونه شامل چند قسمت است که آنها را زیر میکروسکوپ قرار داده و هر کدام بررسی شده‌اند. نیز در حین آزمایش بعضاً در اثر انجماد یا گرمایش تعدادی از نمونه‌ها ممکنست تخریب شوند. لذا در گزارش، این نمونه‌ها تفکیک و از آنها به‌عنوان شکسته (Broken) نامبرده شده‌اند. بدین ترتیب در آزمایشات از این قبیل مشکلات وجود داشت. به‌طور کلی در تک تک نمونه‌ها باید آنالیز گرمایش و انجماد انجام می‌شد که یک بار با گرم کردن نمونه دمای همگن شدن (Th) آنها به‌دست می‌آمد که در این بین اختلاف دمای همگن شدن آنها در هر نمونه باید بین ۱۰-۱۵ درجه باشد نه بیشتر که در این کار نیز باید با دقت زیادی انجام شود و یک بار دمای انجماد نمونه‌ها تعیین می‌شد و نمونه شروع به یخ زدن می‌کرد تا جایی که حباب

اشکال ادخال‌های مایع شدیداً متنوع بوده و تا حدودی توسط بلورشناسی کانی میزبان کنترل می‌شوند. ادخال‌ها ممکن است شکل بلورین منفی کانی میزبان را بخود بگیرند و یا اینکه شدیداً بی‌قاعده و پهن باشند، در کانی‌های نرم با رخ خوب، مانند کربنات‌های لوزی شکل، دیواره‌های ادخال‌های مایع اغلب در طول سطوح رخ کانی میزبان توسعه یافته‌اند. اشکال کروی یا شلغمی شکل نیز به‌ویژه در کانی کوارتز رایج هستند، در حالی که ادخال‌های مایع لوله‌ای و تخت عمدتاً در کانی‌های کشیده و منشوری مانند آپاتیت توسعه می‌یابند [۱۲].

طبقه‌بندی پاراژنتیک: این طبقه‌بندی براساس منشأ ادخال‌های مایع می‌باشد که به‌صورت زیر می‌باشد:

۱- اولیه: زمانی اولیه گفته می‌شوند که در حین تشکیل سیمان ایجاد شده‌اند که در واقع در امتداد زون‌بندی در حین رشد تشکیل می‌شوند.

۲- ثانویه: در این حالت ادخال‌های مایع به‌صورت عمود بر روی سیمان اولیه که در واقع بعد از زون‌بندی و تشکیل سیمان اضافی عمود بر زون‌بندی در داخل شکستگی ایجاد می‌شوند.

۳- ثانویه کاذب: در بلورهای لوزی شکل در ابتدا در امتداد زون‌بندی که اولیه هستند و در مرحله بعد شکستگی ایجاد شده و ادخال مایع در امتداد آن شکل می‌گیرند.

مراحل آزمایش

نمونه‌های مورد استفاده در این مطالعه شامل چندین نمونه خرده حفاری مربوط به میدان نفتی منصوری است. جهت بررسی‌های میکروسکوپی و آنالیز حرارتی از خرده‌های حفاری مربوطه مقطع‌های میکروسکوپی نازک تهیه گردید که آماده‌سازی این مقاطع نازک هزینه بر و وقت‌گیر می‌باشد. از مقاطع نازک جهت بررسی‌های پتروگرافی در آزمایشگاه ژئوشیمی استفاده می‌شود. هدف از انجام پتروگرافی تشخیص

سیمان‌های شناسایی و بررسی شده عبارتند از:

سیمان کلسیتی حفره‌ای

کلسیت‌ها در این حفرات شامل اذخال‌های بزرگی به اندازه حدود $50 \mu\text{m}$ بودند که همه این سیالات دارای یک فاز مایع و دو فاز مایع و بخار می‌باشند، این سیالات دارای دمای همگن شدن (Th) بین $60/9$ تا $93/1^\circ\text{C}$ و دارای دمای ذوب (Tm) بین $7/8$ تا $33/4^\circ\text{C}$ می‌باشد و شوری آب همراه بین $11/46$ تا $18/47\%$ وزنی می‌باشد.

سیمان کلسیت واقع در شکستگی یا کلسیت پرکننده شکستگی

این نوع از اذخال‌های مایع در این قسمت‌ها غالباً دارای دمای همگن شدن (Th) بین 68 تا $80/16^\circ\text{C}$ می‌باشد و شوری سیال آنها در محل شکستگی‌های پرکننده توسط سیمان بین 14 تا $17/2\%$ وزنی می‌باشد و دارای دمای ذوب (Tm) بین $10/1$ تا $13/4^\circ\text{C}$ است.

کانی کلسیت

در این گروه اذخال‌های مایع دارای دمای همگن شدن (Th) بین 115 تا $141/5^\circ\text{C}$ می‌باشند و شوری سیال همراه آنها بین 18 تا 21% وزنی است و دمای (Tm) بین $13/5$ تا $18/6^\circ\text{C}$ می‌باشد.

تفسیر حاصل از آنالیز حرارت سنجی یا میکروترموتری

مطالعات میکروترموتری منتج به شناسایی سه گروه و یا نسل از اذخال‌های مایع زیر گردید:

۱- نسل یا گروه اول:

نسل یا گروه اول عموماً مشخصات زیر را دارند که شامل:

* درصد مایع (Liquid) آنها بین 80 تا 90% است.

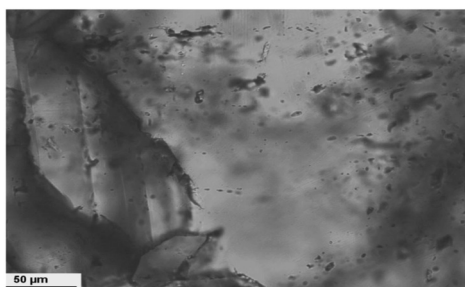
* محدوده دمای همگن شدن آنها (Th) بین $116/3$ تا $141/5^\circ\text{C}$ است.

* شوری سیال همراه آنها بین 17 تا 21% وزنی می‌باشد.

داخل اذخال مایع در یک نقطه و در گوشه‌ای قرار می‌گرفت و این گونه نقطه ذوب (Tm) مشخص می‌شد و به مرور گرم شدن نمونه‌ها ادامه پیدا می‌کرد تا در نقطه‌ای از دما حباب در مکان اولیه خود قرار گیرد که به این نقطه، نقطه انجماد (Te) گفته می‌شود. در نهایت با توجه به نقطه انجماد نمونه‌ها مقدار درصد شوری (Salinity) در شکل به‌دست آمده است [۱۳] که در این شکل مقادیر به‌ترتیب از 0 تا 21 را پوشش می‌دهد که در این میان اعدادی را تعیین و جداول مربوطه تنظیم شده‌اند که تفسیر نهایی از آنالیزها در اختیار ما قرار می‌دهند. در نهایت شکل‌های مشخص شده است که شامل MI-25A، MI-44E و MI-44C، می‌باشد که در نهایت ۳ نسل یا گروه به‌دست آمد که در این بین فقط یک گروه از آنها دارای اذخال‌های نفتی بود که در گروه MI-44E قرار داشت که از این نمونه عکس‌های UV تهیه شده است که به رنگ‌های زرد و آبی می‌باشند و با توجه به جدول API گراویتی نشان از درجه بلوغ متفاوت دارند که در زیر قابل مشاهده می‌باشند. باقی نمونه‌ها دارای فلئوئیدهای ریز بودند و نفتی نبودند.

نتایج مطالعات ژئوشیمی با استفاده از روش میکروترموتری

سه نمونه نماینده از کلسیت، کلسیت پرکننده حفره و سیمان کلسیتی داخل شکستگی از چاه‌های به شماره MI44E، MI25A و MI44C با عمق‌های به‌ترتیب $3659/80$ m و $3500/20$ ، 3650 ، $3425/9$ می‌باشند، این نمونه‌ها شامل سیالات درگیر جدا شده مشخص به‌وسیله مایع آبی و حباب بخار کوچک هستند. اندازه‌گیری میکروترموتری متمرکز بر کلسیت میزبان سیالات درگیر با $n=22$ نمونه که به‌طور عمده در هسته و کریستال مناطق رشد است که بیان‌گر نوع اولیه سیالات درگیر می‌باشد. همه موارد ذکر شده بیان‌گر دو فاز مایع بوده و غالباً نسبت تقریباً ثابت از مایع به بخار می‌باشند.



شکل ۴ نمونه‌ای از ادخال‌های مایع چاه MI-44C در عمق ۳۵۰۰ m.

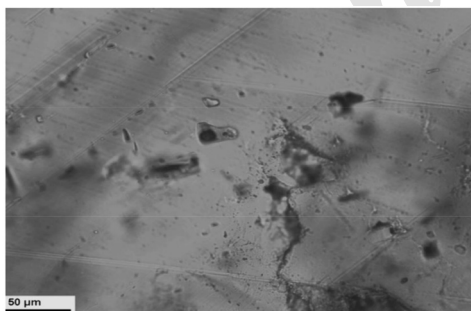
۳- نسل یا گروه سوم:

نسل یا گروه سوم دارای مشخصات مشترک زیر هستند:

- درصد مایع (Liquid (%)) آنها بین ۸۰ تا ۹۰ می‌باشد.
- شوری آب همراه بین ۱۱/۴۶ تا ۱۸/۴۷٪ وزنی می‌باشد.

- محدوده دمای همگن شدن آنها (Th) بین ۶۰/۹ تا ۹۳/۱ °C است.

- کلیه ادخال‌های مایع گروه سوم غالباً در حفرات کانی کلسیت قرار گرفته‌اند و از نوع اولیه می‌باشند.
- نمونه‌های فوق‌الذکر از گروه بنگستان چاه (MI44E) منصوری و عمق مربوطه ۳۴۲۵ m می‌باشد.
در شکل ۵ تصویر تهیه شده از میکروسکوپ نوری برای این نوع از ادخال‌های مایع مشاهده می‌شود.



شکل ۵ ادخال مایع واضح و کامل در گروه سوم از چاه MI-44E در عمق ۳۴۲۵ m.

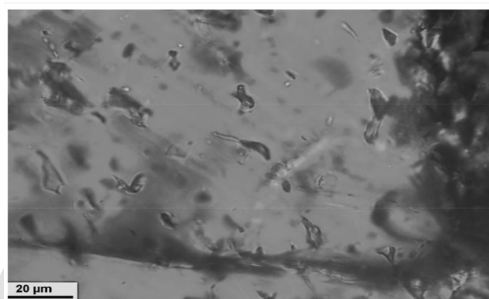
در ادامه نتایج کامل حاصل از آنالیز حرارت سنجی یا میکروترموتری به صورت مجزا در سه شکل برای نمونه‌های مربوط به چاه‌های MI-44C، MI-25A و MI-44E (شکل‌های ۶، ۷ و ۸) آورده شده است که دلالت بر سه نسل یا گروه است که در این بین فقط یک گروه از آنها دارای ادخال‌های مایع نفتی بوده است که مربوط به چاه MI-44E می‌باشد.

* کلیه ادخال‌های مایع گروه اول متعلق به نوع اولیه (Primary) هستند.

* این نوع از ادخال‌های مایع به‌طور ویژه در شکستگی‌ها و در کانی کلسیت به دام افتاده‌اند.

* کلیه نمونه‌های مذکور از چاه منصوری (MI-25A) گروه بنگستان از عمق ۳۶۵۰ m می‌باشد.

* نقطه ذوب (Tm) این گروه بین ۱۳/۲- تا ۱۸/۶- درجه می‌باشد. در شکل ۳ تصویر تهیه شده از میکروسکوپ نوری برای این نوع از ادخال‌های مایع مشاهده می‌شود.



شکل ۳ نمونه‌های ادخال‌های مایع گروه اول چاه MI-25A در عمق ۳۶۵۰ m.

۲- نسل یا گروه دوم:

نسل یا گروه دوم دارای مشخصات مشترک زیر می‌باشند:

- محدوده دمای همگن شدن آنها (Th) بین ۶۸ تا ۸۰/۶ °C است.

- شوری سیال همراه آنها بین ۱۴ تا ۱۷/۲٪ وزنی است.

- این نوع از ادخال‌های مایع غالباً در محل شکستگی‌های سیمان کلسیت قرار گرفته‌اند.

- کلیه نمونه‌های گروه دوم متعلق به عمق ۳۵۰۰/۲۰ m و از گروه بنگستان چاه (MI-44C) می‌باشند.

- درصد مایع (Liquid (%)) آنها بین ۸۰ تا ۹۰ است.

- کلیه ادخال‌های مایع در این گروه به صورت اولیه (Primary) هستند.

- نقطه ذوب (Tm) آنها در این گروه بین ۶۷/۱۳ تا ۸۰/۶ °C می‌باشد. در شکل ۴ تصویر تهیه شده از میکروسکوپ نوری برای این نوع از ادخال‌های مایع مشاهده می‌شود.

| اطلاعات نمونه MI-25A | | | | | | | | | | | | | |
|----------------------|--------|-------|---------|------|-----|---------|-----|-----------|-----------------|-------------------|--------------------------|--------------|-------------|
| ردیف | میدان | چاه | سازند | عمق | نوع | شکل | فاز | درصد مایع | T_{bL-V} (°C) | $T_{m\ ice}$ (°C) | شوری (wt. % NaCl equiv.) | موقعیت | کاتی میزبان |
| ۱ | منصوری | MI-25 | بنگستان | ۳۶۵۰ | P | مربعی | L+V | ۹۰ | ۱۲۳.۳ | -۱۶.۱ | ۱۹.۵۳ | سیمان شکستگی | کلسیت |
| ۲ | منصوری | MI-25 | بنگستان | ۳۶۵۰ | P | مربعی | L+V | ۸۰ | ۱۴۱.۵ | -۱۸.۶ | ۲۱.۴ | سیمان شکستگی | کلسیت |
| ۳ | منصوری | MI-25 | بنگستان | ۳۶۵۰ | P | مربعی | L+V | ۸۵ | ۱۲۴.۳ | شکسته | - | سیمان شکستگی | کلسیت |
| ۴ | منصوری | MI-25 | بنگستان | ۳۶۵۰ | P | مربعی | L+V | ۹۰ | ۱۱۴.۷ | -۱۸.۶ | ۲۱.۴ | سیمان شکستگی | کلسیت |
| ۵ | منصوری | MI-25 | بنگستان | ۳۶۵۰ | P | بیشکل | L+V | ۹۰ | ۱۱۶.۳ | -۱۵.۳ | ۱۸.۸۸ | سیمان شکستگی | کلسیت |
| ۶ | منصوری | MI-25 | بنگستان | ۳۶۵۰ | P | مستطیلی | L+V | ۸۰ | ۱۲۲.۸ | شکسته | - | سیمان شکستگی | کلسیت |
| ۷ | منصوری | MI-25 | بنگستان | ۳۶۵۰ | P | مستطیلی | L+V | ۸۵ | ۱۲۶.۱ | -۱۴.۶ | ۱۸.۳ | سیمان شکستگی | کلسیت |
| ۸ | منصوری | MI-25 | بنگستان | ۳۶۵۰ | P | بیشکل | L+V | ۹۰ | ۱۲۴.۹ | -۱۶.۳ | ۱۹.۶۸ | سیمان شکستگی | کلسیت |
| ۹ | منصوری | MI-25 | بنگستان | ۳۶۵۰ | P | بیشکل | L+V | ۹۰ | ۱۲۹.۵ | -۱۳.۶ | ۱۷.۴۳ | سیمان شکستگی | کلسیت |
| ۱۰ | منصوری | MI-25 | بنگستان | ۳۶۵۰ | P | بیشکل | L+V | ۸۰ | ۱۳۲.۲ | -۱۶.۳ | ۱۹.۶۸ | سیمان شکستگی | کلسیت |
| ۱۱ | منصوری | MI-25 | بنگستان | ۳۶۵۰ | P | بیشکل | L+V | ۸۵ | ۱۳۴.۷ | -۱۳.۵ | ۱۷.۳۴ | سیمان شکستگی | کلسیت |
| ۱۲ | منصوری | MI-25 | بنگستان | ۳۶۵۰ | P | بیشکل | L+V | ۸۰ | ۱۳۸.۲ | -۱۳.۲ | ۱۷.۰۸ | سیمان شکستگی | کلسیت |

شکل ۶ نتایج حاصل از آنالیز حرارت سنجی مربوط به نسل یا گروه اول در چاه MI-25A.

| اطلاعات نمونه MI-44 C | | | | | | | | | | | | | |
|-----------------------|--------|-------|---------|--------|-----|---------|-----|-----------|-----------------|-------------------|--------------------------|--------------|-------------|
| ردیف | میدان | چاه | سازند | عمق | نوع | شکل | فاز | درصد مایع | T_{bL-V} (°C) | $T_{m\ ice}$ (°C) | شوری (wt. % NaCl equiv.) | موقعیت | کاتی میزبان |
| ۱ | منصوری | MI-44 | بنگستان | ۳۵۰۰/۲ | P | بیشکل | L+V | ۸۵ | ۶۸.۹ | -۱۳.۴ | ۱۷.۲ | سیمان شکستگی | کلسیت |
| ۲ | منصوری | MI-44 | بنگستان | ۳۵۰۰/۲ | P | مستطیلی | L+V | ۸۰ | ۸۰.۹ | -۱۲.۱ | ۱۶.۵ | سیمان شکستگی | کلسیت |
| ۳ | منصوری | MI-44 | بنگستان | ۳۵۰۰/۲ | P | مربعی | L+V | ۸۵ | ۶۷.۱۳ | شکسته | - | سیمان شکستگی | کلسیت |
| ۴ | منصوری | MI-44 | بنگستان | ۳۵۰۰/۲ | P | مربعی | L+V | ۹۰ | ۶۹.۳ | شکسته | - | سیمان شکستگی | کلسیت |
| ۵ | منصوری | MI-44 | بنگستان | ۳۵۰۰/۲ | P | بیشکل | L+V | ۹۰ | ۷۲.۴ | -۱۰.۳ | ۱۴.۲۵ | سیمان شکستگی | کلسیت |
| ۶ | منصوری | MI-44 | بنگستان | ۳۵۰۰/۲ | P | بیشکل | L+V | ۹۰ | ۷۲.۸ | -۱۰.۱ | ۱۴.۰۴ | سیمان شکستگی | کلسیت |
| ۷ | منصوری | MI-44 | بنگستان | ۳۵۰۰/۲ | P | مستطیلی | L+V | ۸۵ | ۷۱.۲ | شکسته | - | سیمان شکستگی | کلسیت |
| ۸ | منصوری | MI-44 | بنگستان | ۳۵۰۰/۲ | P | مربعی | L+V | ۸۰ | ۷۰.۶ | شکسته | - | سیمان شکستگی | کلسیت |
| ۹ | منصوری | MI-44 | بنگستان | ۳۵۰۰/۲ | P | بیشکل | L+V | ۸۵ | ۷۸.۵ | -۱۰.۱ | ۱۴.۰۴ | سیمان شکستگی | کلسیت |
| ۱۰ | منصوری | MI-44 | بنگستان | ۳۵۰۰/۲ | P | بیشکل | L+V | ۹۰ | ۷۴.۵ | -۱۲.۱ | ۱۶.۵ | سیمان شکستگی | کلسیت |
| ۱۱ | منصوری | MI-44 | بنگستان | ۳۵۰۰/۲ | P | بیشکل | L+V | ۸۵ | ۷۳.۶ | شکسته | - | سیمان شکستگی | کلسیت |
| ۱۲ | منصوری | MI-44 | بنگستان | ۳۵۰۰/۲ | P | بیشکل | L+V | ۸۵ | ۷۵.۴ | -۱۰.۷ | ۱۴.۶۷ | سیمان شکستگی | کلسیت |
| ۱۳ | منصوری | MI-44 | بنگستان | ۳۵۰۰/۲ | P | بیشکل | L+V | ۸۵ | ۷۷.۶ | -۱۰.۱ | ۱۴.۰۴ | سیمان شکستگی | کلسیت |

شکل ۷ نتایج حاصل از آنالیز حرارت سنجی مربوط به نسل یا گروه دوم در چاه MI-44C.

| اطلاعات نمونه MI-44 E | | | | | | | | | | | | | |
|-----------------------|--------|-------|---------|---------|-----|---------|-----|-----------|-----------------|-------------------|--------------------------|---------------|-------------|
| ردیف | میدان | چاه | سازند | عمق | نوع | شکل | فاز | درصد مایع | T_{bL-V} (°C) | $T_{m\ ice}$ (°C) | شوری (wt. % NaCl equiv.) | موقعیت | کاتی میزبان |
| ۱ | منصوری | MI-44 | بنگستان | ۳۴۲۵.۹۵ | P | بیشکل | L+V | ۸۰ | ۶۰.۹ | شکسته | - | سیمان حفره ای | کلسیت |
| ۲ | منصوری | MI-44 | بنگستان | ۳۴۲۵.۹۵ | P | بیشکل | L+V | ۸۵ | ۶۳.۴ | شکسته | - | سیمان حفره ای | کلسیت |
| ۳ | منصوری | MI-44 | بنگستان | ۳۴۲۵.۹۵ | P | مستطیلی | L+V | ۹۰ | ۹۳.۱ | -۲۳.۴ | - | سیمان حفره ای | کلسیت |
| ۴ | منصوری | MI-44 | بنگستان | ۳۴۲۵.۹۵ | P | مستطیلی | L+V | ۹۰ | ۷۳ | شکسته | - | سیمان حفره ای | کلسیت |
| ۵ | منصوری | MI-44 | بنگستان | ۳۴۲۵.۹۵ | P | مربعی | L+V | ۹۰ | ۷۶.۷ | -۱۳.۴ | ۱۷.۲ | سیمان حفره ای | کلسیت |
| ۶ | منصوری | MI-44 | بنگستان | ۳۴۲۵.۹۵ | P | مستطیلی | L+V | ۹۰ | ۷۰.۹ | -۱۴.۸ | ۱۸.۴۷ | سیمان حفره ای | کلسیت |
| ۷ | منصوری | MI-44 | بنگستان | ۳۴۲۵.۹۵ | P | بی شکل | L+V | ۸۰ | ۷۱.۸ | -۱۰.۱ | ۱۴.۰۴ | سیمان حفره ای | کلسیت |
| ۸ | منصوری | MI-44 | بنگستان | ۳۴۲۵.۹۵ | P | بی شکل | L+V | ۸۵ | ۶۷.۵ | -۱۲.۱ | ۱۶.۵ | سیمان حفره ای | کلسیت |
| ۹ | منصوری | MI-44 | بنگستان | ۳۴۲۵.۹۵ | P | مستطیلی | L+V | ۸۰ | ۷۶.۸ | -۱۰.۷ | ۱۴.۶۷ | سیمان حفره ای | کلسیت |
| ۱۰ | منصوری | MI-44 | بنگستان | ۳۴۲۵.۹۵ | P | مربعی | L+V | ۸۵ | ۶۹.۶ | -۱۳.۹ | ۱۷.۷ | سیمان حفره ای | کلسیت |
| ۱۱ | منصوری | MI-44 | بنگستان | ۳۴۲۵.۹۵ | P | مربعی | L+V | ۸۰ | ۸۳.۵ | -۱۰.۳ | ۱۴.۲۵ | سیمان حفره ای | کلسیت |
| ۱۲ | منصوری | MI-44 | بنگستان | ۳۴۲۵.۹۵ | P | بی شکل | L+V | ۸۵ | ۷۴.۶ | -۱۳ | ۱۶.۸۹ | سیمان حفره ای | کلسیت |
| ۱۳ | منصوری | MI-44 | بنگستان | ۳۴۲۵.۹۵ | P | بی شکل | L+V | ۹۰ | ۷۵.۱ | -۷.۸ | ۱۱.۴۶ | سیمان حفره ای | کلسیت |
| ۱۴ | منصوری | MI-44 | بنگستان | ۳۴۲۵.۹۵ | P | مستطیلی | L+V | ۸۰ | ۶۴.۷ | شکسته | - | سیمان حفره ای | کلسیت |
| ۱۵ | منصوری | MI-44 | بنگستان | ۳۴۲۵.۹۵ | P | مربعی | L+V | ۸۵ | ۶۳.۳ | -۱۲.۱ | ۱۶.۰۵ | سیمان حفره ای | کلسیت |

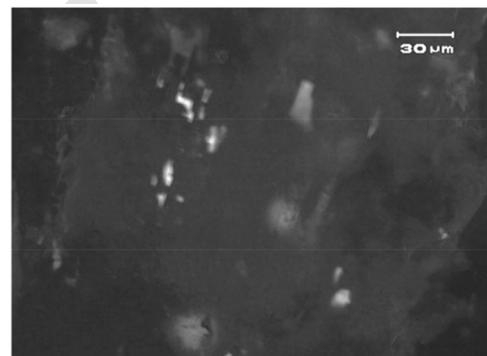
شکل ۸ نتایج حاصل از آنالیز حرارت سنجی مربوط به نسل یا گروه سوم در چاه MI-44E.

تشکیل شده‌اند و دمای همگن شدن آنها حدود ۶۰/۹ تا ۹۳/۱ °C می‌باشد این گروه با گروه دوم از لحاظ درصد شوری و دمای همگن شدن یکسان هستند ولی در گروه دوم سیمان‌ها در محل شکستگی‌ها می‌باشند در صورتی که در گروه سوم سیمان از نوع حفره‌ای و سیمان کلسیتی ثانویه و در درز و شکاف‌ها تشکیل شده‌است و هیدروکربن‌های نفت دار در این گروه واقع شده است که معرف دمای نفت مهاجرت یافته اولیه می‌باشند که در عمق ۳۴۲۵/۹ m در چاه MI-44E نفت به دام افتاده است. در نتیجه این لایه از مخزن بنگستان (سازندایلام) از لحاظ اکتشافی و توسعه مخزن می‌تواند مورد توجه قرار گیرد. با توجه به آزمایشات انجام شده فقط یک نمونه از ادخال‌های مایع حاوی نفت بوده است همان‌طور که در شکل ۹ مشاهده شد این یک نمونه با توجه به جدول API گراویتی نشان از بلوغ و حرارت متفاوت دارد. رنگ زرد نمونه حاکی از بلوغ پایین و رنگ آبی نشان از بلوغ بالاتری می‌باشد. و در نهایت اینکه نمونه با رنگ آبی نفت بلوغ بالاتر را نشان می‌دهد که دارای آلکان‌های سبک‌تر و آروماتیک‌های کمتر می‌باشد. رنگ زرد نمونه گویای نفت با بلوغ کمتر و زنجیره طولانی آلکان‌ها و آروماتیک‌هاست. در نهایت اینکه تنها چاه MI-44E دارای ادخال‌های مایع می‌باشد و قابلیت مطالعاتی بیشتری دارد.

تقدیر و تشکر

بدین‌وسیله از همکاری اداره مطالعات زمین‌شناسی مناطق نفت‌خیز جنوب برای در اختیار گذاشتن نمونه‌های مورد نیاز و پژوهشگاه صنعت نفت در استفاده از دستگاه میکروترموتری و راهنمای‌های ارزشمند و مفید همکاران صمیمانه تشکر نموده و قدردانی می‌نمایم.

این شکل‌ها به‌صورت زیر می‌باشند. در ادامه شکل شماره هشت که مربوط به نتایج حاصل از آنالیز حرارت سنجی چاه MI-44E که نمونه‌های آن حاوی ادخال‌های نفتی مایع بوده‌اند قرار داده شده است. نمونه‌های نسل یا گروه سوم که مربوط به چاه MI-44E هستند دارای ادخال‌های مایع نفتی می‌باشند. عکس‌های UV گرفته شده از این نمونه‌ها نشان می‌دهند که نمونه‌ها دارای رنگ‌های زرد و آبی می‌باشند که این رنگ‌ها نشان می‌دهند که دارای API گراویتی متفاوتی هستند که درجه بلوغ آنها با یکدیگر متفاوت است بدین‌صورت که رنگ آبی از درجه بلوغ بهتری نسبت به رنگ زرد برخوردار است. شکل ۹ ادخال‌های مایع چاه MI-44E را در نور UV نشان می‌دهد (شکل ۹).



شکل ۹ ادخال‌های مایع نفتی با رنگ زرد و آبی در عکس UV مربوط به چاه MI-44E.

نتیجه‌گیری

سازند بنگستان دارای ۳ گروه یا نسل از ادخال‌های مایع است، نسل اول از اعماق پایین‌تر و دمای بالاتری به‌صورت همگن $T_h=141$ °C است و معمولاً در کلسیت‌ها (درز و شکاف) مشاهده شده‌اند و به نسبت شوری بالاتر دارند. نسل دوم در عمق ۳۵۰۰ m یعنی عمق بالاتر هستند و سیمان آنها ثانویه می‌باشد زیرا کلسیت پرکننده شکاف بوده و هم‌زمان ادخال‌های مایع شکل گرفته است، بالاترین دمای همگن شدن آنها ۸۰/۱۶ می‌باشد و درصد شوری این گروه نسبت به گروه اول کمتر است. گروه سوم کلسیت‌هایی هستند که در حفرات

مراجع

- [1]. Volk H., George Simon C., Middleton H., and Schofield S. "Geochemical Comparison of fluid inclusion and present day oil accumulations in Papuan Foreland-evidence for previously unrecognized petroleum source rocks", Organic Geochemistry, Vol. 36, pp. 29-51, 2005.
- [2]. Curalie J. A. "A review of the occurrences and causes of migration-contamination in crude oil", Organic Geochemistry, Vol. 33, pp. 1389-1400, 2002.
- [3]. Lowenstein T. K. and Limofeeff M. N. "Secular variations in seawater chemistry as a control on the chemistry of basinal brines: test of the hypothesis", Geofluids, Vol. 8, pp. 77-92, 2008.
- [4]. Khavari Kh. "Fluorescence micro-spectrometry of synthetic and natural hydrocarbon fluid inclusion: crude oil chemistry, density and application to petroleum migration", Org Geochem, Vol. 29(5-7), pp. 1075-1089, 1998.
- [5]. Li R., and Parnell J. "Biological processes associated with impact events, in situ microanalysis of petroleum fluid inclusion by time of flight –secondary Ion mass spectrometry as an indicator of evolving oil chemistry: a pilot study in the bohai basin", China, Journal of Geochemical Exploration, Vol. 78-9, pp. 377-384, 2003.
- [6]. Feely M. and Paraneil J. "Fluid inclusion studies of well samples from the hydrocarbon prospective porcupine basin, offshore Ireland", Journal of Geochemical Exploration, Vol. 78-9, p 55-59, 2003.
- [7]. Haid T., Quirt T., Fayek M., Blamey N., and Chu H. "Petrography, fluid inclusion analysis, and geochronology of the End uranium deposit, Kiggavik, Nunavut, Canada", Mineralium Deposita, Vol. pp. 1-22, 2016.
- [8]. Guscott S. C. and Burly S. D., "A systematic Approach to reconstructing paleofluid evolution from fluid inclusions in authigenic quartz overgrowths", in Parnell, J., and Others, eds., Conference Proceedings, Geofluids, Vol. 93, pp. 323-328, 1993.
- [9]. Liu L., Jeremy P., Richards S., DuFrane A. and Rebagliat M., "Geochemistry, geochronology, and fluid inclusion study of the late Cretaceous Newton epithermal gold deposit, British Columbia", Canadian Journal of Earth Sciences, Vol. 53(1): pp. 10-33, 10.1139/cjes-2015-0068, 2016.
- [10]. Rodder E., "The origion of fluid Inclusion geomstones in photoatlas of inclusion in gemstones", in: E. Gubelin and J. Koirula, eds., Abc Edition Zurich, Vol. 62-87, 1986.
- [11]-Barker C., and Goldstien R., "Fluid inclusion technique for determining maximum temperature and its comparison to the vitrinite reflectance geothermometer," Geology, Vol. 18, pp.1003-1006, 1990.
- [12]. Bodnar R. J., "Revised equation and table of salinities for determining freezing point depression of H₂O- NaCl solutions", Geochemica Cosmochemica Acta, Vol. 57, pp.683-684, 1992.
- [13]. Campione C., Malaspina N., and Frezzotti M. L., "Threshold size for fluid inclusion decrepitation", Journal of Geophysical Research Vol. 120, Issue 11, pp. 7396-7402, DOI: 10.1002/2015JB012086, 2015.