



## تعیین خواص فیزیکوشیمیایی و API مخزن آسماری میدان اهواز با استفاده از مطالعه میان بارهای نفتی

علیرضا زراسوندی<sup>۱\*</sup>، عباس مراونه<sup>۲</sup> و محمد حسین حیدری فرد<sup>۴</sup>

۱- گروه زمین شناسی، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران

۲- پژوهشکده میداین و تجهیزات نفت و گاز دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران

۳- گروه زمین شناسی نفت و حوضه های رسوبی، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران

۴- اداره ژئوشیمی، شرکت ملی مناطق نفت خیز جنوب، اهواز، ایران

[zarasvandi@yahoo.com](mailto:zarasvandi@yahoo.com)

### چکیده:

میان بارهای سیال، شواهد با ارزشی از دمای تشکیل کانیها، فشار حاکم بر محیط تشکیل آنها، چگالی سیال سازنده کانیها و نیز ترکیب شیمیایی سیالات کانه سنگ ساز ارائه می دهند. می توان از این اطلاعات برای تفسیر تاریخچه دمایی، بلوغ، تعیین محیط دیاژنزی، زمان سیمان شدگی، مهاجرت نفت نسبت به تاریخ دفن شدگی استفاده کرد. در این پژوهش به منظور بررسی خواص فیزیکوشیمیایی و تعیین API مخزن آسماری میدان اهواز از مغزه های حفاری ۷ چاه این مخزن استفاده گردید. این نمونه ها مورد مطالعات میکروسکوپی، میکروتومتری، تعیین API و نیز طیفسنجی رامان قرار گرفتند. نتایج حاصل از این مطالعه نشان می دهد که براساس مطالعات پتروگرافی تنوع میانبارها (اولیه، ثانویه و ثانویه کاذب) و همچنین ترکیبات متفاوت حاصل از طیفسنجی رامان نشان دهنده فعالیت فازهای مختلف شارژ شدن مخزن آسماری می باشد. براساس داده های حاصل از مطالعات ریزدماسنجی خواص فیزیکوشیمیایی مخزن از جمله دمای آخرین ذوب یخ، دمای همگن شدگی و شوری مخزن بدست آمد. براساس خواص فیزیکوشیمیایی مخزن آسماری دو محدوده دمایی نشان می دهد که می توان نتیجه گرفت این مخزن در طی دو مرحله شارژ شدن در دو دوره زمانی متفاوت را داشته است. همچنین براساس ترکیب فازهای موجود در میانبارها (دو فازی، سه فازی دارای نفت، و...) مشخص شده می توان مسیر شارژ شدن مخزن را نیز پیش بینی کرد.

**کلمات کلیدی:** میانبارهای نفتی، خواص فیزیکوشیمیایی، API، مخزن آسماری، میدان اهواز.



## ۱- مقدمه

در سنگ‌های رسوبی متبلور دارای سیمان‌شدگی، شکستگی‌ها و رگه‌ها مسیر اصلی حرکت سیال را تعیین می‌کنند. شواهد مهاجرت سیال از راه این شکستگی‌ها با حضور سیال (نفت، شوراب، گاز) به دام‌افتاده در کانی‌های پرکننده رگه‌ها تعیین می‌گردد. علاوه بر این، برخی از رگه‌ها یا شکستگی‌ها می‌توانند دارای بیتومن جامد یا سایر فازهای آلی نیز باشند که می‌توانند مراحل قدیمی مهاجرت هیدروکربن را نشان دهند. هنگامی که چنین شواهدی در تکامل زمین‌شناسی و زمین‌ساخت یک حوضه رسوبی مشاهده شود، می‌توان از آن‌ها برای تعیین زمان مهاجرت نفت و گاز و نیز شناسایی انواع سنگ منشأ بالقوه استفاده نمود (Levresse et al., 2019).

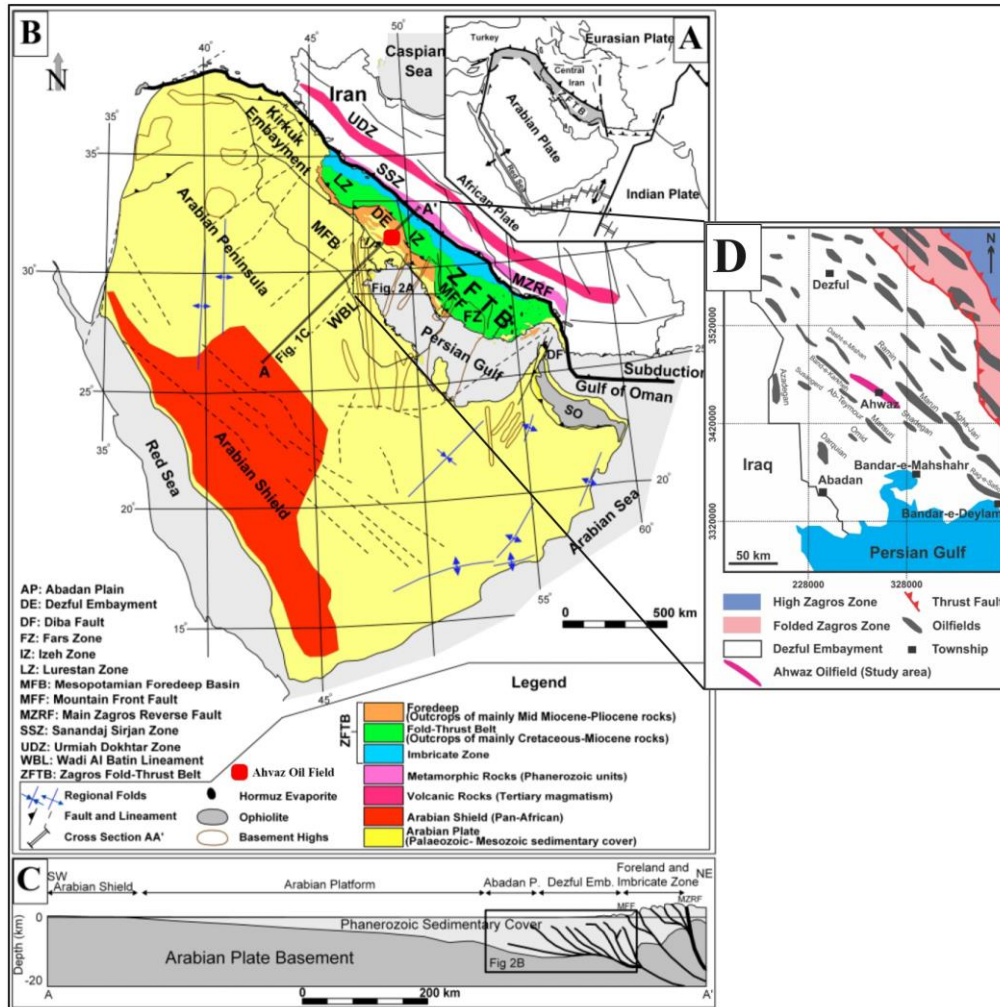
از میان‌بارهای نفتی برای تعیین زمان و محیط فیزیکوشیمیایی وقایع زمین‌شناختی مانند سیمان‌شدگی، مهاجرت نفت و تفکیک‌پذیری در مخازن بالقوه استفاده می‌گردد. تفسیر داده‌های میان‌بارهای سیال وابسته به دانستن منشأ میان‌بار و احتمال باقی ماندن آن در محیط تدفینی می‌باشد (McLimans, 1987). به طور کلی چهار نوع داده را می‌توان از راه تجزیه و مدل‌سازی میان‌بارهای نفتی به دست آورد: ۱- بافت که اطلاعات غیر مستقیمی را از جنبه‌های زمانی ارائه می‌دهد، ۲- ترکیب شیمیایی سیال، ۳- ویژگی‌های فیزیکی سیال و ۴- فشار و دمای به دام‌افتادگی (Munz, 2001).

در این پژوهش مخزن آسماری میدان اهواز مورد مطالعه میان‌بارهای نفتی قرار گرفته است. میدان اهواز در قسمت جنوب تا جنوب غربی ناحیه فروافتادگی دزفول شمالی قرار داشته و جزو میدادین میدادین عظیم محسوب می‌شود. سازند آسماری بعلت گسترش وسیع خود و بعنوان مخزن نفتی، یکی از مهمترین واحدهای لیتواستراتیگرافی از جنوب غرب ایران (فروافتادگی دزفول، لرستان و فارس) تا شمال عراق به شمار می‌رود. سازند آسماری در میدان نفتی اهواز به ابعاد  $67 \times 6$  کیلومتر می‌باشد.

## ۲- موقعیت جغرافیایی و زمین‌شناسی میدان مورد مطالعه

حوضه زاگرس، شامل کمربند چین‌خورده - رانده زاگرس، حوضه‌های بین‌النهرین و خلیج فارس است (Hooper et al., 1994). کمربند زاگرس از شمال غرب تا جنوب شرق ایران تا بالای تنگه هرمز گسترش یافته است. این کمربند کوهزاد نتیجه برخورد بین صفحه عربی و ایران است (Berberian and King, 1981; Takin, 1972). از دیدگاه زمین‌شناسی ساختمانی، حوضه زاگرس توسط گسل عمان در جنوب شرق، گسل آناطولی در شمال غرب، گسل اصلی زاگرس در شمال شرق و سپر عربی در جنوب غرب محدود می‌شود (Bahroudi, 2003; Falcon, 1974) (شکل ۱).

ابر میدان نفتی اهواز دارای عرض و طول جغرافیایی به ترتیب  $30^{\circ} 30'$  و  $48^{\circ} 30'$  می‌باشد. این میدان در جنوب غرب فروافتادگی دزفول قرار گرفته است. سازند آجاجاری و آبرفت‌های عهد حاضر رخنمون‌های سطحی این میدان را تشکیل می‌دهند. میدان اهواز از شمال توسط میدادین رامین و سردرآباد، از شرق توسط میدان مارون، از غرب توسط میدان بندکرخه و از جنوب توسط میدادین سوسنگرد، آب تیمور و منصوری محدود شده است. سازند آسماری با سن الیگوسن-میوسن، در میدان نفتی اهواز شامل ماسه سنگ، آهک، آهک ماسه‌ای، آهک دولومیتی و مارن می‌باشد که قسمت‌های عمده‌ای از آن تحت عنوان بخش ماسه سنگی اهواز نامگذاری شده است.



شکل ۱- موقعیت کمربند چین خورده - رانده زاگرس (ZFTB) در حاشیه شمال شرقی صفحه عربستان (A)، به همراه نقشه زمین ساختی صفحه عربستان و تقسیمات ساختاری اصلی سیستم کوهزایی زاگرس (B)، و مقطع عرضی ساده شده (C) در سپر عربی، پلتفرم عربی و کمربند چین خورده - رانده زاگرس در امتداد خط A-A' و (D) موقعیت میدان اهواز نسبت به میداین مجاور (AbdollahieFard et al., 2006).

### ۳- روش مطالعه

در این پژوهش از مغزهای حفاری مخزن آسماری ۷ چاه از میدان اهواز (AZ) استفاده گردید. پس بررسی خصوصیات ظاهری نمونه‌ها، تعداد ۱۹ مقطع دوبرصیقل با ضخامت ۲۰۰ تا ۳۰۰ میکرومتر آماده گردید. پس از آماده‌سازی اولیه، نمونه‌ها جهت انجام مطالعات سیالات درگیر، اندازه گیری شاخص API و طیف‌سنجی رامان به آزمایشگاه سیالات درگیر دانشگاه Montanuniversitat شهر لئوبن در کشور اتریش ارسال شدند. در این آزمایشگاه به منظور انجام آنالیز میکروترموتری در ابتدا کلیه نمونه‌ها به مدت ۲۴ ساعت در استون قرار داده شدند. در ادامه پس از جداسازی نمونه‌های دوبر صیقل از لام، به منظور حذف کامل آلودگی‌های سطحی، نمونه‌ها به مدت پنج دقیقه در دستگاه اولتراسونیک در آب مقطر قرار گرفتند. در نهایت مطالعات پتروگرافی اولیه به منظور بررسی اولیه وجود و یا عدم رخداد سیالات درگیر بر روی نمونه‌های مورد مطالعه صورت پذیرفت.



پس از بررسی اولیه رخدادهای سیالات درگیر در نمونه‌های مورد مطالعه، صرف نظر از اندازه سیالات درگیر، تعداد ۵۴ میانبار سیال جهت مطالعات میکروترموتری انتخاب شدند. کلیه داده‌های میکروترموتری با استفاده از عملیات سرمایش و گرمایش بر روی سیالات درگیر با استفاده از استیج مدل Linkam THMSG 600 قرار گرفته بر روی میکروسکپ Olympus صورت پذیرفت. طی عملیات گرمایش، بیشینه حرارتی ۳۰۰ درجه سانتیگراد و طی عملیات سرمایش نمونه‌های سیالات درگیر تا ۱۲۰- درجه سانتیگراد سرد شدند. پیش از شروع عملیات اندازه‌گیری، کالیبراسیون استیج با استفاده از نمونه‌های سیالات درگیر استاندارد سنتز شده بررسی گردید. دقت دماهای اندازه‌گیری شده  $\pm 1$  درجه سانتیگراد در حین گرمایش و  $\pm 0.5$  برای سرمایش می‌باشد. شایان ذکر است پارامترهای اندازه‌گیری شده طی عملیات میکروترموتری شامل دمای همگن شدگی (Th)، دمای ذوب آخرین بلور یخ (Tmice) و در برخی موارد محدود، دمای ذوب هالیت می‌باشد. به منظور محاسبه شوری سیالات درگیر بر اساس دمای ذوب آخرین بلور یخ (Tmice) و دمای ذوب هالیت از نرم افزار Flincor بر مبنای معادلات (Brown, 1989) در سیستم H2O-NaCl استفاده گردید. علاوه بر این صحت شوری‌های محاسبه شده توسط نرم افزار Package FLUIDS نیز بررسی گردید. علاوه بر این به منظور تعیین میزان انعکاس UV در سیالات درگیر مورد مطالعه، از منبع نور UV مدل U-RFL-T قرار گرفته بر روی میکروسکپ Olympus استفاده شد. این آنالیز در دمای اتاق و پیش از شروع عملیات سرمایش نمونه‌ها، بر روی سیالات درگیر مورد مطالعه صورت پذیرفت. به منظور ثبت تصاویر UV سیالات درگیر از فلیترهای ۱/۲ و ۲ استفاده شد، ضمن اینکه تنظیم وضوح تصاویر به صورت خودکار توسط نرم افزار اندازه‌گیری سیالات درگیر Linkam انجام شد.

پس از انجام عملیات میکروترموتری بر روی سیالات درگیر، نمونه‌های انتخابی به منظور انجام آنالیز لیزر اسپکتروسکوپی رامان برای تعیین دقیق فازهای مایع و بخار سیالات درگیر انتخاب گردیدند. لازم به ذکر است آنالیزهای لیزراسپکتروسکوپی رامان بر روی نمونه‌های آنالیز شده میکروترموتری صورت پذیرفت. کلیه اندازه‌گیری‌ها با استفاده از دستگاه اسپکترومتر رامان مدل LABRAM (ISA Jobin Yvon) موجود در آزمایشگاه سیالات درگیر دانشگاه Montanuniversitat صورت پذیرفت. این دستگاه مجهز به لیزر پلاریزه فرکانس مضاعف Nd-YAG می‌باشد. همچنین طول موج برانگیخته‌گی برابر با ۵۳۲/۶ می‌باشد. در خلال آنالیز به منظور تعیین سیالات درگیر از لنز چشمی LMPlanFI 100\_/0.80 n.a. استفاده شد. همچنین به منظور وضوح بیشتر در طیف‌های رامان، برای هر اندازه‌گیری، چهار محدوده طول موج شامل ۱۰۰۰، ۲۰۰۰، ۳۰۰۰ و ۴۰۰۰ انتخاب گردید.

## ۴- بحث و نتایج

### ۴-۱- مطالعات پتروگرافی

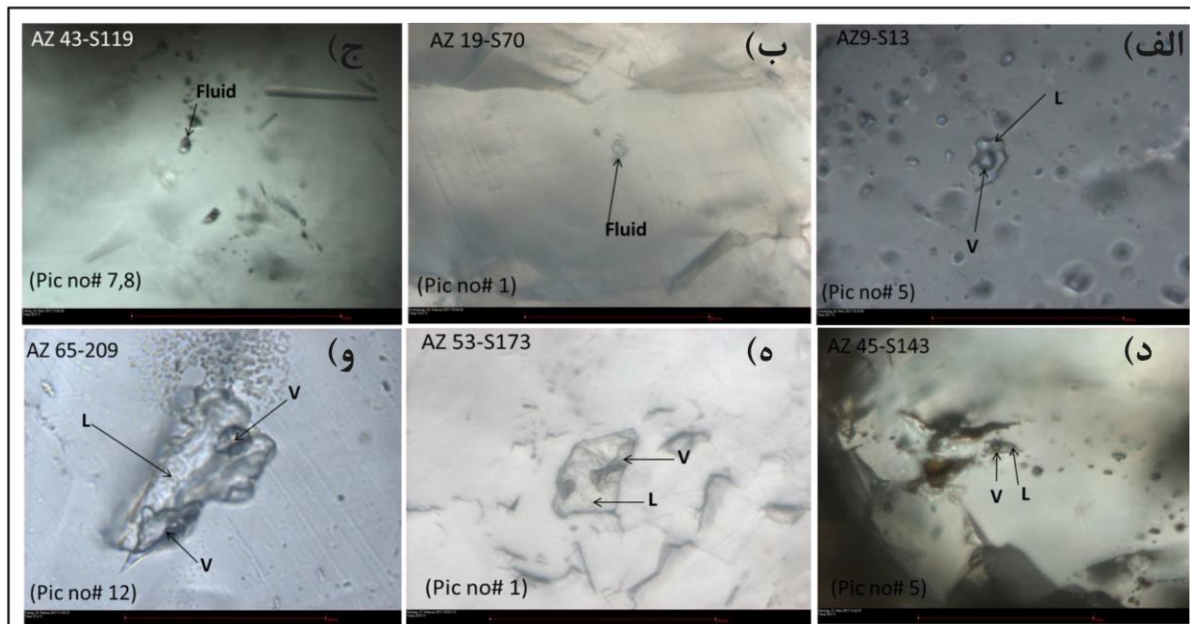
میان‌بارهای نفتی با استفاده از روش‌های پتروگرافی مطالعه می‌شوند تا ارتباط آن‌ها با کانی‌های میزبان و چگونگی پراکنش آن‌ها مشخص شود. توصیف پتروگرافی معمولاً با استفاده از تجزیه سامانمند ریزدماسنجی برای تعیین فازهای انتقالی دنبال می‌شوند (Goldstein, 2001; Munz, 2001). با بررسی پتروگرافی می‌توان ویژگی‌های فیزیکی میان‌بارهای سیال مانند شکل، اندازه، رنگ، ارتباط زایشی و ترکیب فازی آن‌ها را با کانی‌های دربرگیرنده مشخص کرد. گام اول در مطالعه میان‌بار سیال بررسی وجود یا نبود میان‌بارهای نفتی در مقاطع دوبرصیقل است. در صورت وجود این میان‌بارها، موقعیت آن‌ها به شکل همزاد<sup>۱</sup> برای تعیین زمان نسبی مشخص شود (Volk and George, 2019).

تمامی نمونه‌ها مورد مطالعه پتروگرافی قرار گرفتند که از نظر انواع میان‌بارهای همانگونه که برخی از نمونه‌ها در شکل ۲ نمایش داده شده است، تک فازی گازی، تک فازی مایع، میانبار دو فازی غنی از مایع (نفت)، می‌باشد. در این نمونه‌ها (ج و د شکل

<sup>۱</sup>. Paragenetic



۴) مواد هیدروکربنی به صورت پراکنده و پرکننده شکستگی‌ها قابل مشاهده می‌باشد. از نظر پیدایش نیز در انواع مختلف و متنوع به صورت اولیه و ثانویه کاذب دیده می‌شود (شکل ۲).



شکل ۲- مجموعه از تصاویر میانبارهای سیال زیر نور میکروسکوپ از چاه‌های مختلف میدان اهواز.

## ۴-۲- مطالعات ریزدماسنجی

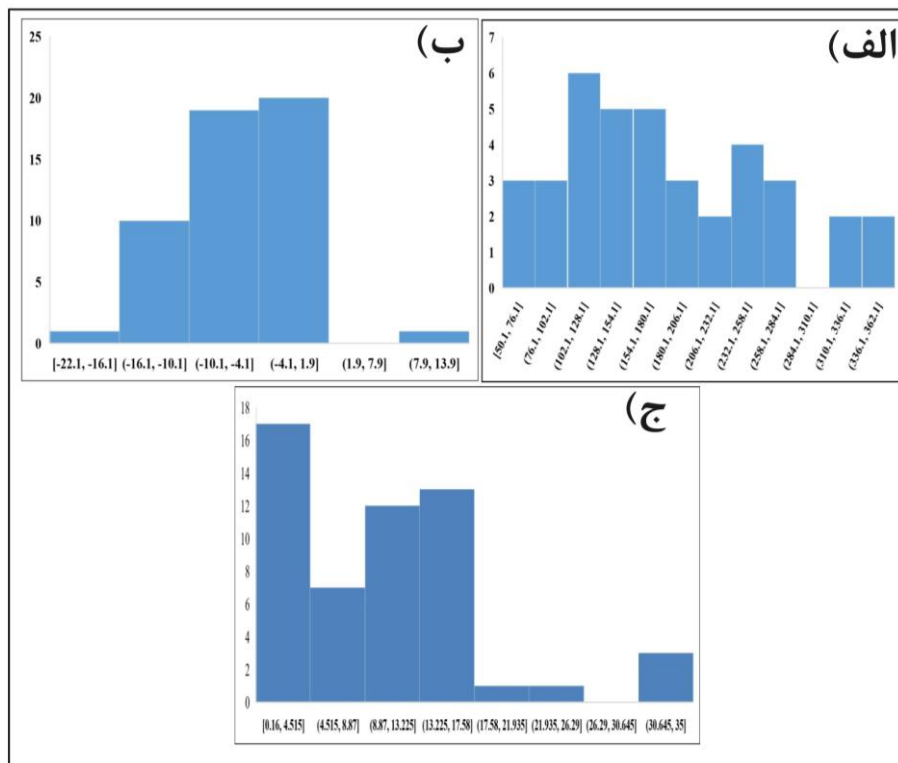
میان‌بارهای سیال ممکن است در دماهای مختلفی به دام افتاده باشند. ریزدماسنجی عبارت است از مطالعه‌ی غیرمخرب مقطع مورد نظر برای تعیین دما، میزان شوری، وزن مخصوص (چگالی) و ترکیب سیالاتی که کانی میزبان از آن‌ها ساخته شده است. در اینجا اندازه‌گیری توسط آزمایش‌های گرمایش و گرمایش اجرای می‌پذیرد. مطالعات گرمایش برای به دست آوردن درجه‌ی شوری سیال استفاده می‌شود. در این آزمایش، میان‌بارهای سیال تا دماهای زیر صفر درجه سانتیگراد سرد و منجمد می‌شوند. پس از انجماد سیال، با یک روند آهسته و یکنواخت، دما افزایش داده می‌شود تا یخ شروع به ذوب شدن کند. ذوب یخ معمولاً از حاشیه‌ها شروع می‌شود. دمایی که در آن، آخرین بلور یخ ذوب می‌شود، دمای ذوب نهایی یخ<sup>۲</sup> یا  $T_m(\text{Ice})$  نامیده می‌شود که این دما نشان دهنده‌ی شوری سیال است و میزان شوری با استفاده از فرمول یا نمودارهای استاندارد به دست می‌آید. در آزمایش گرمایش، دمای همگن‌شدگی میان‌بارهای سیال به دست می‌آید که به عنوان کمینه دمای به دام افتادن میان‌بار سیال یا تشکیل بلور میزبان در نظر گرفته می‌شود. طی فرایند گرمایش میان‌بارهای سیال، فازهای مختلف تشکیل دهنده‌ی آن، برحسب میزان نسبت فاز بخار به مایع، به یکی از این دو فاز همگن می‌شوند (Shepherd et al., 1985). دماهای همگن‌شدگی نشان دهنده‌ی دمای سیال رخداد سیمان‌شدگی نیست و فقط کمینه‌ی دماهای به دام افتادگی را نشان می‌دهد. برای تخمین محدوده‌ی شرایط به دام افتادن سیال اولیه طی سیمان‌شدگی، درک فشار و دمای هر مرحله از به دام افتادگی لازم است. از فشار لیتوستاتیک برای تخمین بیشینه دمای به دام افتادگی و از فشار هیدروستاتیک برای کمینه فشار سیال، میتوان استفاده کرد (Karim et al., 2012).

2. Temperature of Final Melting of Ice ( $T_{fm}$ )



در ریزدماسنجی میان بارهای سیال، مؤلفه‌های فشار، دما، حجم، شوری و دیگر اطلاعات مورد نیاز در مورد میان بارهای سیال قابل بررسی می‌باشند. با استفاده از این روش جزئیات بیشتری در مورد میان بارهای سیال به دست می‌آید. میان بارهای سیال به عنوان سیالات بازماندی بسته و ایزوله اطلاعات ارزشمندی در مورد تاریخچه‌ی فشار-حجم-دما ارائه می‌دهند.

همانگونه در جدول ۱ آورده شده است میکروترمومتری بر روی ۵۴ عدد سیال درگیر انجام گرفت. دمای همگن سازی میان بارهای سیال بین ۵۰ تا ۳۶۲ درجه ی سانتی گراد می‌باشد (شکل ۳ الف). نمونه‌های مخزن آسماری دمای ذوب آخرین بلور یخ بین ۲۲- تا ۱۳/۹ نشان می‌دهند (شکل ۳ ب). درجه شوری ۰/۱۶ تا ۳۵ درصد وزنی معادل نمک طعام محاسبه شده است (شکل ۳ ج).



شکل ۳- B) هیستوگرام دمای همگن شدگی در میان بارهای سیال، ب) هیستوگرام دمای ذوب آخرین بلور یخ و ج) هیستوگرام فراوانی شوری در سیالات درگیر.

#### ۴-۳- بررسی API

رنگ‌های فلورسانس میان بارهای نفتی مرتبط با چگالی نفت می‌باشد. به طور کلی ثابت شده است که میان بارهای نفتی با میزان API بالا، معمولاً فلورسانس آبی را در انتهای طیف مرئی نشان می‌دهند. اما در مقابل میان بارهای نفتی دارای API پایین تر، دارای فلورسانس قرمز رنگ می‌باشند. این رابطه براساس ویژگی فلورسانس نفت‌های خام می‌باشد که به طور گسترده مطالعه می‌شود (Volk and George, 2019). ارتباط بین رنگ فلورسانس و توزیع نفت در میان بارها می‌تواند با استفاده از اطلاعات شیمیایی این میان بارها بررسی شود. داده‌های شیمیایی میان بارهای نفتی منفرد را می‌توان با استفاده از میکروسپکتومتری فلورسانس مادون قرمز تجزیه پذیری - طیف سنجی جرمی و برانگیختگی - تشعشع میکروسپکتومتری به دست آورد. میکروپیرولیز



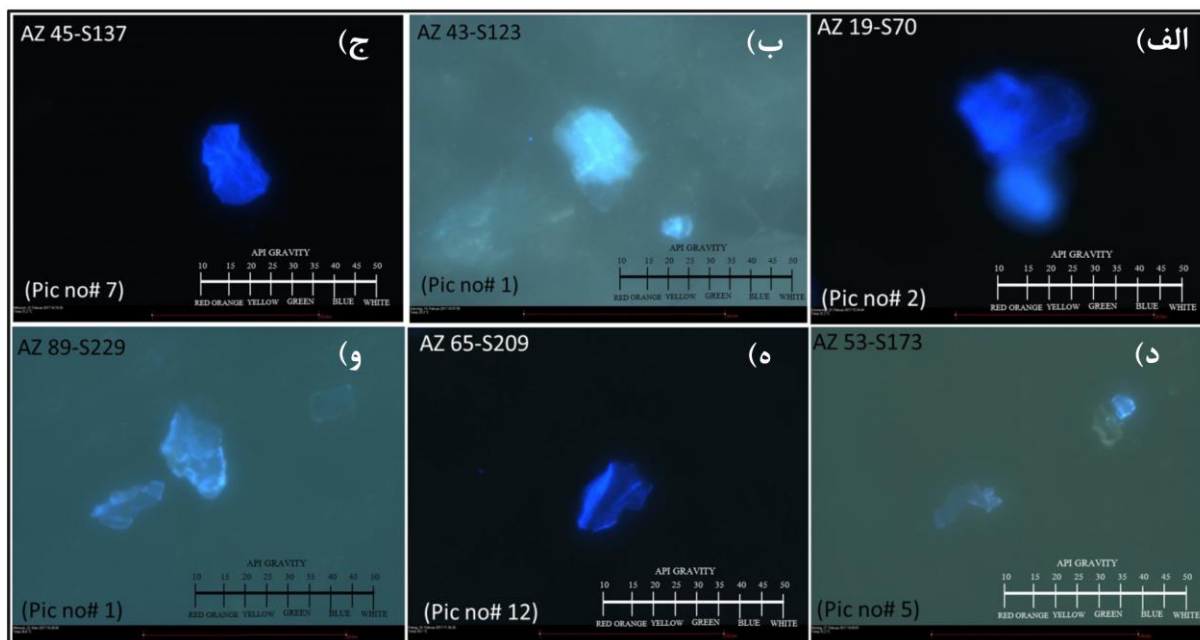
لیزری کرمانوگرافی گازی - طیفسنجی جرمی<sup>۳</sup> امکان به دست آوردن داده‌های خاص مولکولی را بر روی میان‌بارهای نفتی منفرد فراهم می‌آورد، اما این روش تاکنون تنها به تجزیه‌ی گروه‌هایی از میان‌بارهای نفتی حساس بوده است (George et al., 2001). طیفسنجی فلورسانس برای شناسایی میان‌بارهای نفتی و تعیین بلوغ نفت به دام‌افتاده استفاده می‌شود. همچنین طول عمر فلورسانس در ارتباط با گرانش API نفت به دام‌افتاده است (McLimans, 1987). بسیاری از مطالعات مخزنی با استفاده از میان‌بارهای نفتی و زمین‌شیمی نفت خام نشان‌دهنده‌ی بلوغ پایین میان‌بارهای نفتی در مقایسه با نفت موجود در مخزن می‌باشند. بنابراین این احتمال دارد که غالب میان‌بارهای نفتی در فازهای اولیه تغذیه مخزن به دام‌افتاده باشند. این زمان انتخابی برای به تله افتادن نفت در طول شارژ اولیه به وسیله‌ی توسعه‌ی میان‌بارهای نفتی کنترل می‌شود. توسعه میان‌بارهای نفتی به نوبه خود به عواملی نظیر زمان سیمان شدگی دیاژنتیکی، ایجاد شکستگی‌ها و پر شدن آن‌ها در طول دیاژنز بستگی دارد. در مخازن نفتی سیلیسی - آواری که معمولاً در طول زمان پر شدن مخزن، انعطاف‌پذیرتر باقی می‌مانند، فرآیندهای دیاژنتیکی میان‌بارهای نفتی هم‌زمان با هم اجرای می‌گیرد.

این نکته نیز قابل توجه است که درجه‌ی API رابطه‌ای عکس با چگالی دارد. معمولاً نفت‌های سبک دارای درجه‌ی API بالا (تا حدود ۴۰) و تقریباً معادل با وزن مخصوص ۸۳۰ گرم بر سانتی‌متر مکعب هستند. نفت‌های سنگین دارای درجه‌ی API کمتر از ۲۵ است که معادل با وزن مخصوص ۹۱۰ می‌باشند. به طور کلی نفت‌های دارای API بیشتر از ۳۰ درجه به عنوان نفت سبک، میزان API ۲۰ تا ۳۰ درجه تحت عنوان نفت متوسط و نفت‌های دارای API کمتر از ۲۰ درجه به عنوان نفت سنگین در نظر گرفته می‌شوند. با کیفیت‌ترین نفت‌ها، دارای API در حدود ۳۷ درجه می‌باشند (El-Hoshoudy and Desouky, 2019). نفت‌های پارافینیک ( $>40^{\circ}\text{API}$ ) دارای فلورسانس آبی ( $\lambda_{\text{max}} < 485 \text{ nm}$ ) هستند، در حالی که نفت‌های نفتیک ( $>35^{\circ}\text{API}$ ) دارای فلورسانس زرد یا نارنجی ( $\lambda_{\text{max}} > 500 \text{ nm}$ ) می‌باشند (George et al., 2001).

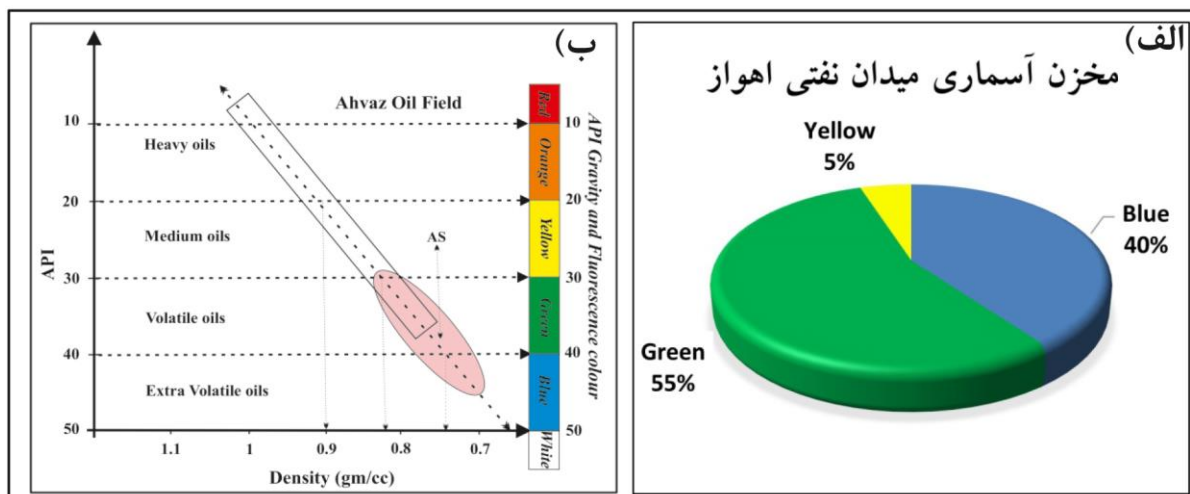
در نمونه‌های انتخاب شده از مخزن آسماری میدان اهواز، ۵۴ میان‌بار سیال شناسایی گردید. این میان‌بارهای سیال در زیر پرتو فرابنفش از خود طیف فلورسانسی به صورت زیر ساطع کردند (شکل ۴). همچنان که در شکل (۵-الف) مشاهده می‌گردد، فراوانی رنگی بازتابشی مربوط به رنگ سبز با مقدار ۵۵٪ است که در محدوده ۳۰-۴۰ درجه API قرار دارد و مقدار ۴۰٪ متعلق به رنگ آبی می‌باشد که نشان دهنده محدوده درجه API ۴۰-۵۰ می‌باشد و تنها ۵٪ از این رنگ‌ها متعلق به رنگ زرد است که نشان دهنده درجه API در محدوده ۲۰-۳۰ است.

بنابراین با توجه به شکل ۵-ب در نمونه‌های مخزن آسماری رنگ سبز با فراوانی ۵۵٪ دارای چگالی ۰/۸۲ تا ۰/۷۴ گرم بر سانتی‌متر مکعب می‌باشد که به طور کلی نشان‌دهنده نفت با چگالی سبک است. همچنین در رده دوم این نمونه‌ها فراوانی رنگی بازتابی فلورسانس، رنگ آبی با فراوانی ۴۰٪ دارای چگالی کمتر از ۰/۷۴ گرم بر سانتی‌متر مکعب، یک نفت فوق‌العاده سبک محسوب می‌گردد. در نهایت کمترین فراوانی رنگی بازتابی نمونه‌های مخزن آسماری به رنگ زرد با ۵٪ دارای چگالی ۰/۸۲ تا ۰/۰۹ گرم بر سانتی‌متر مکعب، یک نفت با چگالی متوسط محسوب می‌شود.





شکل ۴) تصاویر میانبارهای سیال زیر پرتو فلورسانس (الف) نمونه AZ-19-S70، (ب) نمونه AZ-43-S123، (ج) نمونه نمونه AZ-45-S137، (د) نمونه AZ-53-S173، (ه) نمونه AZ-65-S209، (و) نمونه AZ-89-S229.



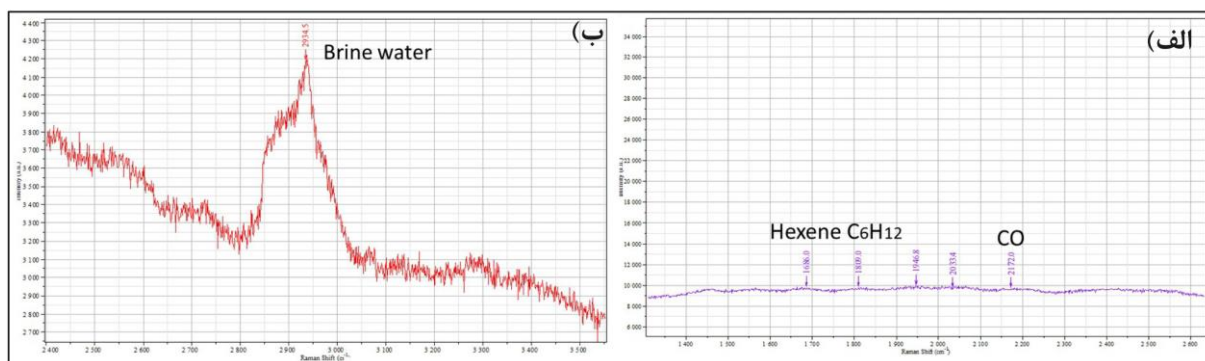
شکل ۵) نمودار حاصل از فراوانی رنگی بازتابی پرتو فلورسانس در میانبارهای نفتی در مخزن آسماری میدان اهواز (ب) نمودار حاصل از تلفیق داده‌های رنگ فلورسانس و درجه API نفت (با تغییرات رضایی و تستا، ۱۹۹۰)، جهت تعیین چگالی نفت در میانبارهای نفتی مخزن آسماری میدان اهواز.

#### ۴-۴- طیف‌سنجی رامان

همانطور که پیشتر گفته شد، میان‌بارهای سیال از نظر حجمی بسیار کوچک هستند (قطر  $< 50 \mu\text{m}$ ). در این حجم محدود و کوچک، فشار و دما متغیرهای وابسته به یکدیگر هستند که هر دو با معادله‌ی حالت سیال محصور مرتبط می‌شوند و به صورت



یک ارتباط نسبتاً خطی در فضای P-T خود را نشان می‌دهند. بنابراین برای مطالعات کاربردی، توصیف ترکیب و چگالی سیال ضروری است. این دو ویژگی معمولاً با روش‌های پتروگرافی و ریزدماسنجی به دست می‌آیند. در این میان طیف‌سنجی رامان یک روش غیر مخرب است که ترکیبات مایع، گازی، فلزهای جامد و انواع محلول در میان‌بار نفتی را به صورت دقیق تعیین می‌نماید. یکی از مزیت‌های این روش توصیف ساختاری و شیمیایی نمونه‌های میان‌بارهای کوچک با قطر  $1\mu\text{m}$  است که توسط روش‌های پتروگرافی معمولی، ریزدماسنجی و سایر روش‌های طیف‌سنجی (مثلاً مادون قرمز) مطالعه آن‌ها امکان پذیر نیست. انتخاب طول موج لیزر بر عمل کرد طیف‌سنج مؤثر می‌باشد. همچنین ویژگی‌های هر یک از لیزرها متفاوت است و بنابراین یک لیزر خاص برای تجزیه تمام میان‌بارهای نفتی مناسب نیست. به طور کلی قدرت نوری پرتو لیزر و راندمان آشکارسازهای رامان CCD با کاهش طول موج افزایش می‌یابند. همچنین با کاهش طول موج لیزر، صحت فلورسانس و خطر گرم شدن نمونه نیز افزایش می‌یابد (Frezza et al., 2012). در نمونه‌هایی که مورد آنالیز طیف‌سنجی رامان قرار گرفتند نشان‌دهنده ترکیبات هیدروکربنی در میان‌بارها می‌باشند (شکل ۶).



شکل ۶ تصاویر مربوط به نمونه ۱۳۳ چاه AZ-43 (الف محدوده ۱۳۰۰ تا ۲۶۰۰ و ب) ۱۴۰۰ تا ۳۶۰۰.

## ۵- نتیجه‌گیری

براساس مطالعات پتروگرافی انجام شده بر ۱۹ نمونه (بیش از ۵۴ میان‌بار سیال) با توجه به تنوع آنها (اولیه، ثانویه) نشان‌دهنده و تایید کننده ترکیبات متفاوت فعالیت فازهای مختلف شارژ شدن مخزن آسماری می‌باشد. براساس داده‌های حاصل از مطالعات ریزدماسنجی خواص فیزیکوشیمیایی مخزن از جمله دمای آخرین ذوب یخ، دمای همگن‌شدگی و شوری مخزن مشخص گردید. براساس خواص فیزیکوشیمیایی مخزن آسماری دو محدوده دمایی نشان می‌دهد که می‌توان نتیجه گرفت این مخزن در طی دو مرحله شارژ شدن در دو دوره زمانی متفاوت را داشته است. از دلایل تایید کننده این نتیجه‌گیری می‌توان به دو منشأ بودن نفت این مخزن اشاره کرد. همچنین براساس ترکیب فازهای موجود در میان‌بارها (دو فازی، سه فازی دارای نفت، و...) مشخص شده می‌توان مسیر شارژ شدن مخزن را نیز پیش‌بینی کرد. براساس نتایج حاصله، مطالعه میان‌بارهای نفتی می‌تواند بلوغ، مسیر مهاجرت و شارژ هیدروکربنی را مشخص نماید که نقش تعیین‌کننده‌ای در کاهش ریسک، زمان و هزینه برنامه‌های اکتشافی و توسعه‌ای داشته باشند، گردد.

## تشکر و قدردانی

نویسندگان مقاله بر خود لازم می‌دانند که از مساعدت‌های بی‌دریغ معاونت پژوهشی دانشگاه شهید چمران اهواز و همچنین شرکت ملی مناطق نفت‌خیز جنوب کمال تشکر و قدردانی را به عمل آورند.



## منابع

- AbdollahieFard, I., Braathen, A., Mokhtari, M., and Alavi, S. A., 2006, Interaction of the Zagros Fold–Thrust Belt and the Arabian-type, deep-seated folds in the Abadan Plain and the Dezful Embayment, SW Iran: *Petroleum Geoscience*, v. 12, no. 4, pp. 347-362.
- Akbari et al., 2007, Study of microfacies, sedimentary environment, stratigraphic and biostratigraphic sequence of the Bangestan reservoir in the Binak Oilfield. Report No. P-6187, Deputy Director - Expansion Geology, Basic Geology Department.
- Bahroudi, A., 2003, The effect of mechanical characteristics of basal decollement and basement structures on deformation of the Zagros basin: Uppsala University Library.
- Berberian, M., and King, G., 1981, Towards a paleogeography and tectonic evolution of Iran: Reply: *Canadian Journal of Earth Sciences*, v. 18, no. 11, pp. 1764-1766.
- Frezzotti, M.L., Tecce, F., National, I., Casagli, A., 2012. Raman spectroscopy for fluid inclusion analysis. *J. Geochemical Explor.* 112, 1–20. <https://doi.org/10.1016/j.gexplo.2011.09.009>.
- George, S.C., Ruble, T.E., Dutkiewicz, A., Eadington, P.J., 2001. Assessing the maturity of oil trapped in fluid inclusions using molecular geochemistry data and visually-determined fluorescence colours. *Appl. Geochemistry* 16, 451–473. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0883-2927\(00\)00051-2](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0883-2927(00)00051-2)
- Goldstein, R.H., 2001. Fluid inclusions in sedimentary and diagenetic systems. *Lithos* 55, 159–193. [https://doi.org/10.1016/S0024-4937\(00\)00044-X](https://doi.org/10.1016/S0024-4937(00)00044-X)
- Hooper, R., Baron, I., Agah, S., Hatcher, R., and Al-Husseini, M., 1994, The Cenomanian to recent development of the Southern Tethyan Margin in Iran: *Middle East Petroleum Geosciences GEO*, v. 2, pp. 505-516.
- Karim, A., Hanley, J.J., Pe-Piper, G., Piper, D.J.W., 2012. Paleohydrogeological and thermal events recorded by fluid inclusions and stable isotopes of diagenetic minerals in Lower Cretaceous sandstones, offshore Nova Scotia, Canada. *Am. Assoc. Pet. Geol. Bull.* 96, 1147–1169. <https://doi.org/10.1306/11021110158>
- McLimans, R.K., 1987. The application of fluid inclusions to migration of oil and diagenesis in petroleum reservoirs. *Appl. Geochemistry* 2, 585–603. [https://doi.org/10.1016/0883-2927\(87\)90011-4](https://doi.org/10.1016/0883-2927(87)90011-4)
- Motiei, H., 1993, *Stratigraphy of the Persian Gulf*, 590 p.
- Munz, I.A., 2001. Petroleum inclusions in sedimentary basins: Systematics, analytical methods and applications. *Lithos* 55, 195–212. [https://doi.org/10.1016/S0024-4937\(00\)00045-1](https://doi.org/10.1016/S0024-4937(00)00045-1)
- Ping, H., Chen, H., George, S.C., Li, C., Hu, S., 2019. Relationship between the fluorescence color of oil inclusions and thermal maturity in the Dongying Depression, Bohai Bay Basin, China: Part 1. Fluorescence evolution of oil in the context of hydrous pyrolysis experiments with increasing maturity. *Mar. Pet. Geol.* 100, 1–19. <https://doi.org/10.1016/j.marpetgeo.2018.10.053>
- Shepherd, T.J., Rankin, A.H., Alderton, D.H.M., 1985. *A Practical Guide to fluid Inclusion Studies*. Blackie, USA Chapman and Hall, New York.
- Takin, M., 1972, Iranian geology and continental drift in the Middle East: *Nature*, v. 235, no. 5334, p. 147-150.
- Van den Kerkhof, A.M., Sosa, G.M., 2012. Fluid inclusions - Petrography and genetic interpretation of fluid inclusions. Application of cathodoluminescence techniques. *Fluid inclusions - Petrogr. Genet. Interpret. fluid inclusions. Appl. cathodoluminescence Tech.* 230026, 57.
- Volk, H., George, S.C., 2019. Using petroleum inclusions to trace petroleum systems – A review. *Org. Geochem.* 129, 99–123. <https://doi.org/10.1016/j.orggeochem.2019.01.012>
- Wen, S., Liu, J., Deng, J., 2020. Classification of fluid inclusions. *Fluid Incl. Eff. Flotat. Sulfide Miner.* 17–25. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-819845-2.00002-8>
- Zarasvandi, A., Rezaei, M., Raith, J.G., Asadi, S., Lentz, D., 2019a. Hydrothermal fluid evolution in collisional Miocene porphyry copper deposits in Iran: Insights into factors controlling metal fertility. *Ore Geol. Rev.* 105, 183-200. <https://doi.org/10.1016/j.oregeorev.2018.12.027>
- Zarasvandi, A., Rezaei, M., Raith, J.G., Lentz, D., Azimzadeh, A.M., Pourkaseb, H., 2015. Geochemistry and Fluid characteristics of the Dalli porphyry Cu-Au Deposit, Central Iran. *J. Asian Earth Sci.* 111, 175–191. <https://doi.org/10.1016/j.jseaes.2015.07.029>
- Zarasvandi, A., Sameti, Mona, Fereydouni, Z., Rezaei, M., Bagheri, H., 2019b. Determine the Source of Mineralizing Fluid in Gol-e-Zard Zn-Pb Deposit, Aligudarz using Geochemical Studies and Fluid Inclusion. *Iranian J. of Geology.* 13, 50, 57-74.