

## شناسایی و اکتشاف ذخایر و منابع هیدروکربوری با تکیه بر سیالات درگیر نفتی

نسیم حیدریان دهکردی<sup>۱\*</sup>، سعید میرزائی<sup>۲</sup>

<sup>۱</sup> عضو هیأت علمی پژوهشکده علوم پایه کاربردی، جهاددانشگاهی

<sup>۲</sup> عضو هیأت علمی پژوهشکده علوم پایه کاربردی، جهاددانشگاهی

نام نویسنده مسئول:

نسیم حیدریان دهکردی

### چکیده

استفاده از دستاوردهای علمی جدید می‌تواند موجب افزایش بازده کاری و کاهش هزینه‌ها گردد. امروزه، تمام مؤسسات پژوهشی و محققین تلاش می‌کنند تا با دستیابی به تکنولوژی‌های نوین بتوانند فعالیت‌های اقتصادی خود را هدفمند نمایند. یکی از این روش‌ها، حرارت سنجی سیالات درگیر نفتی می‌باشد. این سیالات، شواهد میکروسکوپی سیال‌های زیرسطحی گذشته و یا زمان حال می‌باشند که تحت شرایط محیطی خاص درون سنگ‌ها و کانی‌ها بدام می‌افتند. سیالات درگیر نفتی نیز معمولاً در داخل مخازن نفتی و در طول مسیر مهاجرت نفت تشکیل می‌شوند. این سیالات در زیر میکروسکوپ به واسطه رنگ مشخص می‌گردند. به کمک نتایج حاصل از مطالعه این سیالات می‌توان ترکیبات حاصل از زایش سنگ منشأ، نوع، ترکیب، حرارت و فشار سیالات اولیه، مرز آب-نفت اولیه، زمان و مسیر مهاجرت هیدروکربن و محدوده حرارتی که بلوغ در آن صورت گرفته را تعیین نمود. این روش مقرون به صرفه و زود بازده می‌باشد و استفاده از آن در اکتشاف منابع هیدروکربوری به کاهش فوق‌العاده‌ای در هزینه‌ها و زمان اجرای پروژه‌های اکتشافی منجر خواهد شد.

**کلمات کلیدی:** حرارت سنجی، سیالات درگیر نفتی، اکتشاف، افزایش بازده،

منابع هیدروکربوری

## ۱- مقدمه

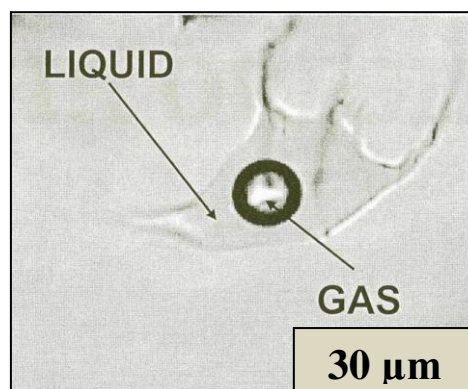
از نتایج بدست آمده می‌توان در طرح‌های آینده اکتشافی هیدروکربور به صورت کاربردی و در جهت کاهش هزینه‌های انجام طرح‌ها و ارائه راهکارهای جدید و مقرون به صرفه‌تر در زمینه اکتشاف منابع و مخازن هیدروکربور استفاده نمود.

میانبارهای سیال برای اولین بار در قرن چهارم توسط رومان کلادیان توصیف شدند. [۶] با مطالعه‌ی این میانبارها، مقاله‌ای درباره ساختمان میکروسکوپی بلورها و منشأ کانی‌ها و سنگ‌ها منتشر کرد که به عنوان نقطه عطفی در زمینه مطالعات و کاربرد میانبارهای سیال شناخته می‌شود. از آن پس، پژوهش و تحقیق در زمینه میانبارهای سیال گسترش چشم‌گیری پیدا کرد. [۱] اکتشاف کانسارها و مواد معدنی، زمین‌ساخت و اکتشاف مواد هیدروکربوری را از جمله عناوینی برشمردند که در آینده استفاده از میانبارهای سیال در آنها کاربرد وسیعی پیدا خواهد کرد. [۷] در مدت ۶ هفته، بیست هزار نمونه از ۱۸۰ چاه حفر شده را از نظر میانبارهای سیال بررسی نمود. تجزیه و تحلیل نقشه‌های داده‌ای بدست آمده، منجر به ایجاد ۳۹ راهنمای نفت و گاز در خلیج مکزیک گردید. این در حالی است که اگر قرار بود بر روی همین تعداد نمونه با استفاده از روش‌های معمول در اکتشاف نفت و گاز مطالعه مشابهی صورت گیرد، حداقل به یک سال تمام وقت نیاز بود. به‌طور کلی، در رابطه با سیالات درگیر نفتی مطالعات محدودی در کشور انجام شده است.

از جمله آنها می‌توان به مطالعات انجام شده بر روی رسوبات ژوراسیک محدوده زاگرس مرتفع و کوه منگشت اشاره نمود. این رسوبات حاوی حجم عظیمی از نفت بیرون زده می‌باشند. این مطالعه مشترک در سال ۲۰۰۲-۲۰۰۱ توسط شرکت نفت بی‌پی انگلستان و مدیریت اکتشاف نفت انجام شد. در این پژوهش سیالات درگیر نفتی نیز مورد مطالعه قرار گرفتند [۵، ۸، ۹]. [۵] نیز سیالات درگیر نفتی سازند سورمه در تاقدیس‌های خامی و فهلیمان (در فروفاتادگی دزفول جنوبی و تاقدیس منگشت زون ایذه) را بررسی نمودند. بخش مطالعات سیالات درگیر نیز توسط شرکت نفت بی‌پی انجام شد [۵]. در نهایت، وضعیت سنگ منشأ، روند مهاجرت و بدام افتادگی هیدروکربین، شرایط محیط رسوب‌گذاری و تاریخچه تحولات تکتونیکی محدوده‌ی مورد مطالعه تعیین گردید.

در این مقاله سعی بر آن است تا ضمن معرفی روش حرارت

به‌طور کلی ضمن تبلور کانی‌ها چه طبیعی و چه مصنوعی، بخشی از سیال که بلور از آن تبلور یافته، داخل بلور به دام می‌افتد، این سیالات محبوس به سیالات درگیر (میانبار سیال) معروف می‌باشند (شکل ۱). به‌عبارت دیگر، می‌توان گفت میانبارهای سیال، حفره‌هایی میکروسکوپی و انباشته از سیال‌های زیرسطحی گذشته و یا زمان حال هستند که در زمان تشکیل سنگ‌ها و کانی‌ها درون آنها بدام می‌افتند. با مطالعه این میانبارها می‌توان پارامترهای فیزیکو-شیمیایی محیط تشکیل سنگ‌ها و کانی‌ها را بازسازی نمود [۲ و ۱]. سیالات درگیر حاوی نفت معمولاً در داخل مخازن نفتی و در طول مسیر مهاجرت نفت تشکیل می‌شوند [۵ و ۴ و ۳]. این سیالات، قطرات ریز نفت‌های به دام افتاده در کانی‌ها و سیمان‌های دیاژنتیکی می‌باشند.



شکل ۱: نمای از سیال درگیر در یک کانی

این مقاله برگرفته از یک طرح با عنوان بررسی کاربرد میانبارهای سیال در تحلیل حوضه‌های رسوبی و در اکتشاف نفت و گاز و تهیه بانک اطلاعاتی می‌باشد. در این پژوهش، پس از مطالعه‌ی تحقیقات انجام شده قبلی، هدف ارائه نتایج مطالعات و اهمیت کاربرد حرارت سنجی سیالات درگیر در بخش‌های مختلف زمین‌شناسی (پترولوژی، تکتونیک، رسوب‌شناسی و سنگ‌شناسی رسوبی و زمین‌شناسی نفت)، ژئوشیمی، مخزن و مدل‌سازی سیستم‌های هیدروکربوری می‌باشد.

ارائه‌ی روش‌های نمونه‌برداری، نحوه‌ی آماده‌سازی نمونه و ابزار آلات و تکنیک‌های لازم در مطالعه سیالات درگیر نفتی، از دیگر بخش‌های این بانک اطلاعاتی می‌باشد.

### ۳- بحث

#### ۳-۱- تقسیم‌بندی سیالات درگیر

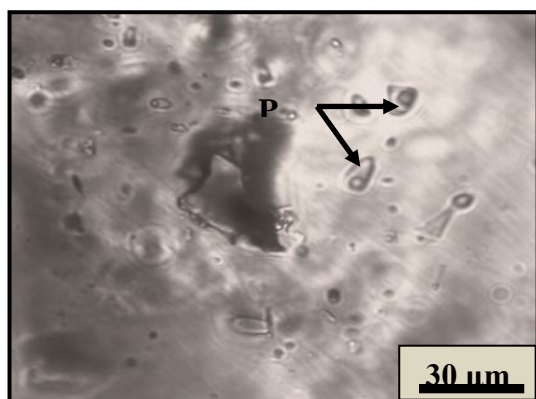
سیالات درگیر انواع مختلفی دارند، [۱] این سیالات را بر اساس منشأ و مورفولوژی به شرح ذیل تقسیم‌بندی نمودند.

#### ۳-۱-۱- طبقه‌بندی ژنتیکی (بر اساس منشأ)

این تقسیم‌بندی بیشتر جنبه کاربردی داشته و برای انتخاب میانبراهای مناسب جهت مطالعات حرارت‌سنجی بسیار مهم می‌باشد. در این طبقه‌بندی، سیالات درگیر به سه گروه اولیه (P)، ثانویه (S) و ثانویه دروغین (PS) تقسیم می‌شوند.

#### ۳-۱-۱-۱- سیالات درگیر اولیه (P)

به طور کلی، سیالات درگیری که در زمان رشد بلور بدام افتاده‌اند، اولیه نامیده می‌شوند (شکل ۲ و ۳- الف). این سیالات همزمان و درحین رشد اولیه کانی تشکیل شده و معمولاً به صورت پراکنده می‌باشند. گاهی ممکن است این میانبراهها به تبعیت از سطوح بلوری، به صورت خطی باشند [۱]. بین سیالات درگیر اولیه و رشد منطقه‌ای در یک بلور، ارتباط وجود دارد. بر اساس تغییر در میزان ادخال‌های سیال یا جامد (که معمولاً در حواشی بلورها قرار می‌گیرند) و یا از طریق تغییرات ترکیب شیمیایی (بوسیله تصاویر میکروسکوپ الکترونی، کاتدولومینسانس، تغییر در میزان رنگ نور عبوری و دیگر ارتباطات نوری قابل شناسایی می‌باشند)، رشد منطقه‌ای قابل تشخیص می‌باشد. معمولاً میانبراههای اولیه بزرگ‌تر از میانبراههای ثانویه می‌باشند. این میانبراهها به‌علت همزمانی تشکیل با رشد بلور میزبان، بهترین نمونه برای انجام مطالعات حرارت‌سنجی می‌باشند [۳ و ۴].



شکل ۲: تصویر میکروسکوپی از میانبراههای سیال اولیه

اکتشاف منابع هیدروکربوری (نفت و گاز)، روش‌ها و تجهیزات لازم جهت مطالعه این سیالات را ارائه نمود.

تردیدی نیست که در کشوری مانند ایران که از نظر ذخایر نفت و گاز دارای جایگاه ویژه‌ای در جهان می‌باشد، استفاده از این روش و تبیین اهداف و روش‌های مطالعات و بومی‌سازی، می‌تواند در امور اکتشاف و حتی استخراج منابع هیدروکربوری از نظر سرمایه و زمان، صرفه‌جویی‌های قابل ملاحظه‌ای را به دنبال داشته باشد.

همچنین از نتایج این تحقیق می‌توان در طرح‌های آینده اکتشافی هیدروکربور به صورت کاربردی و در جهت کاهش هزینه‌های انجام طرح‌ها و ارائه راهکارهای جدید و مقرون به صرفه‌تر در زمینه اکتشاف هیدروکربور استفاده نمود.

### ۲- مواد و روش‌ها

در مطالعات حرارت‌سنجی میانبراههای سیال، سیالات با اندازه بزرگتر از ۱ میکرون و تنها سیالات درگیری که در زمان رشد بلور بدام افتاده‌اند (سیالات درگیر اولیه) مورد مطالعه قرار می‌گیرند [۱۰].

سیالات درگیر نفتی در زیر میکروسکوپ به واسطه رنگ تیره قابل شناسایی می‌باشند. در بررسی میانبراههای سیال از مقاطع نازک و دو بر صیقلی استفاده می‌گردد.

ابزارها و وسایل مورد نیاز جهت مطالعه‌ی این میانبراهها عبارتند از میکروسکوپ نوری (جهت انجام مطالعات مقدماتی)، میکروسکوپ فرابنفش، میکروسکوپ فروسرخ، میکروسکوپ الکترونی روبشی، میکروسکوپ پلاریزان مجهز به عدسی با فاصله کاری طولانی، میکروسکوپ CLSM و میکروسکوپ رامان (جهت بررسی‌های دقیق‌تر). روش تجزیه‌ای مورد استفاده در بررسی سیالات درگیر نیز روش حرارت‌سنجی می‌باشد.

در ادامه، پس از سرد کردن و محاسبه شوری سیالات، عملیات گرم کردن انجام شده و دمای همگن شدن سیالات نیز تعیین می‌گردد. عمق تشکیل و بدام افتادن میانبراههای سیال نیز توسط نمودار [۱۱] تعیین می‌گردد. در مطالعات حرارت‌سنجی از نرم‌افزار تخصصی MAC Flincor جهت انجام مطالعات تکمیلی استفاده می‌شود. در نهایت، بر اساس نتایج حاصل، درصد سیالات درگیر حاوی نفت و تغییرات فازی در میانبراههای سیال (قبل و بعد از بدام افتادن) تعیین خواهد شد.

### ۳-۱-۱-۳- سیالات درگیر ثانویه دروغین (PS)

اگر ادخال‌ها قبل از رشد کامل بلور بدام افتاده باشند، آنها را سیالات درگیر ثانویه دروغین می‌نامند (شکل ۳-ب). این سیالات اغلب در برش‌های مورب بر رشد منطقه‌ای بلور و سیالات درگیر ثانویه دروغین نیز در مقابل رشد منطقه‌ای تشکیل می‌شوند.

### ۳-۱-۲- طبقه‌بندی بر اساس محتوا و فازهای موجود

بر اساس نظر [۱]، سیالات درگیر بر اساس محتوا و فازهای موجود (جامد، مایع و گاز) به ۸ گروه کلی طبقه‌بندی می‌شوند (جدول ۱). از این تعداد، ۴ گروه اصلی می‌باشند که در ادامه تشریح می‌گردند.

(۱) میانبرهای دو فازی سرشار از مایع (V+L): در این گروه یک فاز مایع آبگین غالب بوده و یک حباب کوچک گاز نیز همیشه حضور دارد. حباب گاز حدود ۴۰ تا ۵۰ درصد حجم کل را در بر می‌گیرد (شکل ۴).

(۲) میانبرهای دو فازی سرشار از گاز (V+L): در این گروه فاز گاز غالب است. بیش از ۶۰ درصد از حجم کل این میانبرها را گاز تشکیل می‌دهد (شکل ۴ و ۵).

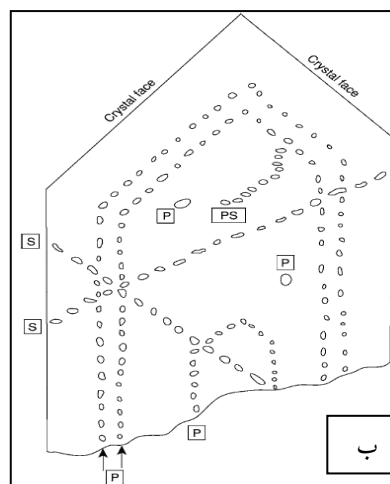
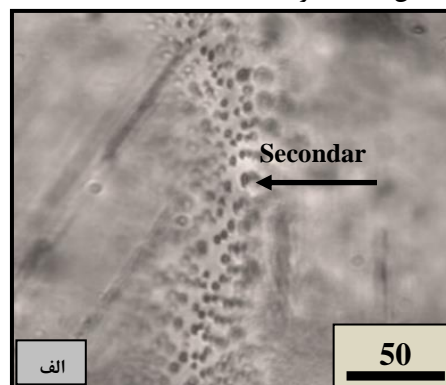
(۳) میانبرهای چند فازی حاوی فاز جامد (S+L+V): این میانبرها علاوه بر فاز مایع و گاز، حاوی یک یا چند فاز بلوری جامد نیز می‌باشند.

(۴) میانبرهای حاوی مایعات غیر قابل امتزاج (L1+L2±V): این گروه حاوی دو فاز مایع غیر قابل امتزاج آبگین (H<sub>2</sub>O) و سرشار از CO<sub>2</sub> می‌باشند. در این میانبرها یک حباب گاز غنی از CO<sub>2</sub> نیز مشاهده می‌شود. فاز مایع، همیشه فاز مایع سرشار از CO<sub>2</sub> را احاطه می‌کند. فاز مایع CO<sub>2</sub> نیز فاز گازی CO<sub>2</sub> را احاطه می‌کند.

سیالات درگیر حاوی نفت معمولاً در داخل مخازن نفتی و در طول مسیر مهاجرت نفت تشکیل می‌شوند. این سیالات، قطرات ریز نفت‌های به دام افتاده در کانی‌ها و سیمان‌های دیانژنتیکی می‌باشند. اندازه آنها معمولاً از ۱ میکرون تا چند سانتی‌متر متغیر است. بر اساس مشاهده نمونه در زیر میکروسکوپ مجهز به عدسی فلورسانسی، می‌توان ادخال‌های آبدار و نفتی را از یکدیگر متمایز کرد. ادخال‌های نفتی اغلب با رنگ آبی یا فوق بنفش قابل تشخیص می‌باشند [۱۲].

### ۳-۱-۱-۳- سیالات درگیر ثانویه (S)

بعد از رشد بلور، ممکن است در آن سطوح کششی، سطوح تغییر شکل در ماکل و ترک‌های بسیار ریز میکروسکوپی تشکیل شود. اگر ادخال‌ها بعد از رشد کامل بلور بدام افتند، آنها را ثانویه می‌نامند (شکل ۳-الف و ب).



شکل ۳: الف) سیالات درگیر ثانویه اغلب در برش‌های مورب بر رشد منطقه‌ای بلور و سیالات درگیر ثانویه دروغین نیز در مقابل مرز رشد منطقه‌ای تشکیل می‌شوند. ب) تصویری از سیالات درگیر اولیه (P)، ثانویه (S) و ثانویه دروغین (PS).

#### ۴- ویژگی‌های اصلی سیالات درگیر

امروزه، با پیشرفت در زمینه علوم کامپیوتر و عکسبرداری، مطالعه شکل و مورفولوژی سیالات درگیر متحول شده است. سیالات درگیر در کانی‌های مختلف دارای اشکال متنوعی می‌باشند. برای سهولت در مطالعه، باید شکل و فرم این سیالات را در کانی‌ها با یک شکل هندسی خاص، شبیه‌سازی نمود [۵، ۱۳، ۱۴]. به‌طور کلی، بررسی سیالات درگیر در دو مبحث عمده مطالعات پتروگرافی و حرارت سنجی خلاصه می‌شود.

#### ۴-۱- پتروگرافی

در مبحث پتروگرافی، اندازه، شکل و مورفولوژی، محتویات سیالات (نفت، گاز، آب)، منشأ و نسبت فاز مایع به بخار مورد بررسی قرار می‌گیرد. یکی از پارامترهای مهم در انتخاب میانبارها، ابعاد آنها می‌باشد. هر چقدر میانبار سیال بزرگ‌تر باشد، مطالعه آن دقیق‌تر و آسان‌تر خواهد بود. منشأ میانبارها نیز عامل مهم دیگری برای انتخاب آنها جهت مطالعه است. بدیهی است که بهترین میانبارها از نظر منشأ، میانبارهای اولیه می‌باشند. میانبارهایی که دارای فازهای درونی متعدد و مشخص باشند، جهت مطالعه اولویت داشته و میانبارهایی که دچار پدیده باریک‌شدگی و نشست شده‌اند، در مطالعات پتروگرافی فاقد ارزش می‌باشند [۱۰ و ۶].

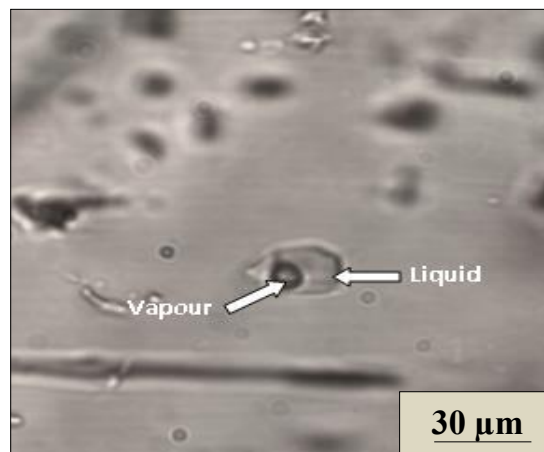
#### ۴-۲- مورفولوژی

سیالات درگیر از نظر شکل هندسی متنوع بوده و به صورت استوانه‌ای، کروی، بیضی، میله‌ای و بی‌شکل مشاهده می‌شوند [۴ و ۱]. بر اساس مطالعه‌ی این اشکال می‌توان اطلاعات با ارزشی بدست آورد. یکی از کاربردهای مطالعه شکل میانبارهای سیال، تخمین درجه پرشدگی حجمی فاز گازی به کمک تعیین درجه پرشدگی سطحی است که بر اساس آن می‌توان دمای همگن‌شدگی سیالات را پیش‌بینی نمود.

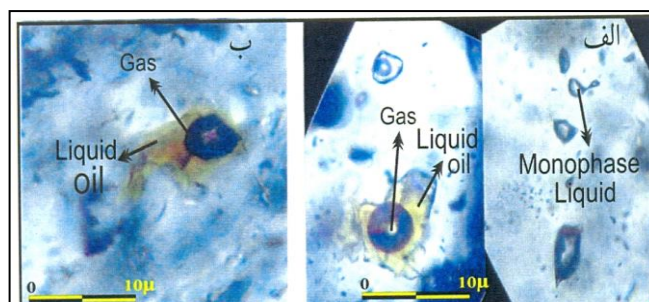
این مطالعات دارای هزینه‌چندانی نبوده و با صرف زمان اندک، قابل انجام می‌باشند. سیالات درگیر در کانی‌های مختلف دارای اشکال متنوعی می‌باشند. برای سهولت در مطالعه باید شکل سیالات درگیر موجود در کانی‌ها را با یک شکل خاص هندسی شبیه‌سازی کرد.

جدول ۱: رده بندی سیالات درگیر بر مبنای ترکیب فازهای مشاهده شده در دمای اتاق و محتویات آنها [۱]

Inclusion type	Essential phase	Typical example	Abbreviation
Monophase liquid	L=100%		L
Liquid-rich Two phases	L>50%		L+V
Vapour-rich Two phases	V=50 to 80%		V+L
Monophase vapour	V=100%		V
Multiphase solid	L=variable S<50%		S+L≠V
Multisolid	S>50% L,V variable		S+L≠V
Immiscible liquid	L <sub>1</sub> , L <sub>2</sub>		L <sub>1</sub> +L <sub>2</sub> ≠V
Glass	GL>50%	-----	GL≠V≠S



شکل ۴: تصویری از سیالات درگیر دو فاز غنی از مایع و گاز



شکل ۵: نمایی از سیالات درگیر دو فاز غنی از مایع و بخار (L+V) و مایع (L) در بلور کوارتز، فاز مایع در اینگونه سیالات درگیر معمولاً هیدروکربن است. رنگ این مایع معمولاً قهوه‌ای مایل به قرمز تا زرد است، (ب) نمونه سیال درگیر با میزبان دولومیتی.



## ۴-۳- ابعاد و اندازه

## ۵-۱- میکروسکوپ فرا بنفش

در میکروسکوپ فرا بنفش، منبع تغذیه نور اشعه UV می‌باشد. این میکروسکوپ در مقایسه با میکروسکوپ نوری معمولی قدرت تفکیک بالاتری دارد. علت آن است که اشعه ماوراء بنفش، طول موج کوتاه‌تری نسبت به نور مرئی دارد. عدسی شیئی بکار رفته در این میکروسکوپ از جنس کوارتز می‌باشد. استفاده از این میکروسکوپ روشی مطمئن جهت تشخیص مایعات هیدروکربنی از محلول‌های آبدار است. زیرا، ادخال‌های هیدروکربنی در زیر میکروسکوپ فرا بنفش بر اساس رنگ آبی و بنفش قابل تشخیص می‌باشند.

اندازه میانبرهای سیال از ۱ میکرون تا چند سانتی‌متر متغیر است. اما در مطالعات حرارت سنجی، فقط سیالات بزرگ‌تر از ۱۰ میکرون مورد بررسی قرار می‌گیرند [۱]. اطلاعات به‌دست آمده از مطالعه سیالات درگیر کوچک‌تر از ۱۰ میکرون، فاقد ارزش بوده و نمی‌توان به آنها اکتفا نمود. معمولاً میانبرهای اولیه، بزرگ‌تر از میانبرهای ثانویه بوده و به دلیل همزمانی تشکیل با رشد بلور میزبان، بهترین نمونه برای انجام مطالعات حرارت‌سنجی می‌باشند.

## ۵-۲- تجهیزات و روش‌های مورد نیاز جهت مطالعه سیالات

## درگیر نفتی

## ۵-۲- میکروسکوپ فروسرخ

یکی دیگر از تجهیزات لازم جهت مطالعه و بررسی میانبرهای سیال، استفاده از میکروسکوپ فروسرخ می‌باشد. این میکروسکوپ دارای عدسی‌ها و اجزای خاصی جهت تشخیص و تفکیک سیالات نفتی از سایر سیالات می‌باشد. در مطالعه توسط این میکروسکوپ، ادخال‌ها و سیالات نفتی، پرتوی فروسرخ را جذب کرده و با رنگ تیره قابل تشخیص می‌باشند.

به طور کلی، مطالعه سیالات درگیر نفتی در نمونه‌های سطحی، مغزه‌ها و خرده‌های حفاری قابل انجام می‌باشد. سیالات درگیر نفتی در زیر میکروسکوپ به واسطه رنگ تیره قابل شناسایی می‌باشند. در بررسی میانبرهای سیال از مقاطع نازک و دو بر صیقلی استفاده می‌شود.

ابزارها و وسایل مورد نیاز جهت مطالعه این میانبرها عبارتند از میکروسکوپ نوری (جهت انجام مطالعات مقدماتی)، میکروسکوپ فرا بنفش، میکروسکوپ فروسرخ، میکروسکوپ الکترونی روبشی، میکروسکوپ پلاریزان مجهز به عدسی با فاصله کاری طولانی، میکروسکوپ CLSM و میکروسکوپ رامان (جهت بررسی‌های دقیق‌تر). روش تجزیه‌ای مورد استفاده در بررسی سیالات درگیر نیز روش حرارت‌سنجی می‌باشد. در ادامه، پس از سرد کردن و محاسبه شوری سیالات، عملیات گرم کردن انجام شده و دمای همگن شدن سیالات نیز تعیین می‌گردد.

## ۵-۳- میکروسکوپ الکترونی روبشی

میکروسکوپ الکترونی روبشی یکی از روش‌های قدرتمند جهت آنالیز و بررسی مواد می‌باشد. این میکروسکوپ می‌تواند به شیوه‌ی بمباران الکترونی، تصاویری از اجسام به کوچکی ۱۰ نانومتر را تهیه کند.

این میکروسکوپ دارای ۶ جزء اصلی است که عبارتند از: تفنگ الکترونی، لنزهای الکترومغناطیسی، سیستم روبش، آشکار سازها، سیستم نمایش تصویر و سیستم خلأ. پرتوی مورد استفاده در این میکروسکوپ از نوع الکترونی می‌باشد. برای کار با این میکروسکوپ به محیط خلأ نیاز است. به همین دلیل پس از قرار دادن نمونه در محفظه، اتمسفر داخل ستون میکروسکوپ به کمک پمپ‌های موجود به خلأ مناسب می‌رسد. زمانی که خلأ مورد نیاز حاصل شد، پرتوی الکترونی تولید و توسط لنزهای الکترومغناطیسی باریک روی نمونه متمرکز می‌شود. به بیان دیگر، جهت بدست آوردن اطلاعات از نقاط مختلف نمونه، پرتوی الکترونی به نمونه تابش می‌گردد. در اثر برخورد پرتوی الکترونی با نمونه، سیگنال‌های مناسب تولید

عمق تشکیل و بدام افتادن میانبرهای سیال نیز توسط نمودار مربوطه تعیین می‌گردد. در مطالعات حرارت سنجی از نرم‌افزار تخصصی MAC Flincor جهت انجام مطالعات تکمیلی استفاده می‌شود. در نهایت، بر اساس نتایج حاصل، درصد سیالات درگیر حاوی نفت و تغییرات فازی در میانبرهای سیال (قبل و بعد از بدام افتادن) تعیین خواهد شد.

میکروسکوپ، لیزر پس از خروج از روزنه و عبور از عدسی شیئی در مسیر آن کوچک شده و بر سطح نمونه مورد مطالعه تابانیده می‌شود. بعد از تابش لیزر بر سطح جسم و بازگشت آن بر روی سطح جدا کننده نور، لیزر به سمت شناساگر نوری می‌رود.

شدت لیزر خروجی اولیه با شدت لیزر ورودی به شناساگر، توسط کامپیوترهای متصل به آن مورد مقایسه قرار می‌گیرد. در نهایت، به کمک فرمول‌های تعریف شده، عمق آن نقطه از میانبار سیالی که لیزر به آن تابانیده شده، مورد محاسبه قرار می‌گیرد. در نهایت، پس از تابانیدن لیزر به چندین نقطه از محل میانبار سیال مورد نظر، حجم سه بعدی آن توسط کامپیوتر مورد ارزیابی قرار گرفته و در نهایت نسبت GOR در میانبارهای سیال محاسبه می‌گردد. تصاویر بدست آمده از هر نقطه از میانبارها توسط کامپیوتر متصل به آن، به صورت سه بعدی مورد بازسازی قرار می‌گیرد.

#### ۵-۶- میکروسکوپ رامان

میکروسکوپ رامان می‌تواند محتوای گاز متان حل شده در سیال درگیر را اندازه‌گیری نماید. محتوای CO<sub>2</sub> و CH<sub>4</sub> هیدروکربورهای درگیر توسط اسپکترومتری FT-IR بر آورد می‌گردد. مطالعه ترکیب سیالات درگیر مطالعه‌ی میانبارهای توسط میکروسکوپ اسپکترومتری رامان انجام خواهد شد.

#### ۵-۷- روش حرارت سنجی

اصول حرارت‌سنجی بر اساس مشاهده دقیق و تشخیص تغییرات فازی در داخل میانبارهای سیال در طی گرم کردن یا سرد کردن آن می‌باشد. این مطالعات توسط دستگاه لینکام (شکل ۶) انجام می‌شود.

شده که توسط آشکار سازها دریافت و در نهایت به تصویر تبدیل می‌شوند. کاربرد اولیه میکروسکوپ الکترونی روبشی در مطالعات سیالات درگیر به مشاهده اندازه، شکل و توزیع زیر میکروسکوپی اذخالی‌های واقع در سطوح شکستگی محدود می‌شود.

#### ۵-۴- میکروسکوپ پلاریزان مجهز به عدسی با فاصله کاری طولانی

میانبارهای سیال به طور معمول در همه کانی‌ها وجود دارند، اما به علت یک‌سری شرایط خاص مطالعه آنها معمولاً به کانی‌های شفاف و نیمه شفاف محدود می‌شود. در مطالعه میانبارهای سیال، از یک میکروسکوپ پلاریزان مجهز به عدسی‌های با فاصله کاری طولانی، همراه با سیستم گرم کننده و سرد کننده لینکام و یک منبع نور ماوراء بنفش استفاده می‌شود. این سیستم با قابلیت اجرایی ایجاد تغییرات دمایی از ۱۹۸- تا ۶۰۰+ درجه سانتی‌گراد و تمرکز آن روی نقطه مورد نظر، این امکان را فراهم می‌سازد تا سیالات درگیر در حرارت‌های مختلف، پس از تهیه مقاطع میکروسکوپی دو بر صیقل، مورد مطالعه و بررسی قرار گیرند.

میکروسکوپ مورد نیاز جهت بررسی میانبارهای سیال شامل یک میکروسکوپ پلاریزان با مدل زایس، مجهز به صفحه با مدل LNP THMS600 (کنترل‌گر دما جهت سرمایش) و TP94 (کنترل‌گر دما جهت گرمایش) با مدل لینکام می‌باشد. بزرگنمایی مورد استفاده در این میکروسکوپ ۵۰۰، ۶۰۰، ۸۰۰ و ۱۲۵۰ برابر می‌باشد. نمونه‌های مورد استفاده توسط این میکروسکوپ، نمونه‌های دو بر صیقل می‌باشند. از قابلیت‌های این میکروسکوپ می‌توان به بررسی کانی‌ها و گوهرهای قیمتی و نیمه قیمتی طبیعی و مصنوعی و بررسی سیالات نفتی اشاره نمود.

#### ۵-۵- میکروسکوپ CLSM

این دستگاه جهت تهیه تصاویر نوری از میانبارهای سیال با شفافیت بالا مورد استفاده قرار می‌گیرد. بر این اساس، دستگاه عمق‌های مختلفی را از سیالات درگیر اندازه‌گیری کرده و به صورت مقاطع نوری از آنها عکسبرداری می‌کند. در این

### ۵-۷-۱- عملیات سرد کردن یا انجماد

انجماد (سرد کردن)، بهترین و متداول‌ترین روش برای اندازه‌گیری شوری سیالات درگیر می‌باشد. ظهور اولین مایع پس از انجماد کامل که به دمای اولین ذوب TFM معروف است، منطبق بر دمای اوتکتیک (دمای اولین نقطه ذوب یخ) می‌باشد. شوری سیالات درگیر، از طریق اندازه‌گیری نقطه ذوب آخرین بلور یخ (TM) در طی گرم کردن میانبار منجمد بدست می‌آید. ترکیب سیال به سختی قابل تعیین است، بنابراین دماهای ذوب یخ را بطور قراردادی بصورت درصد وزنی معادل NaCl بیان می‌کنند (NaCl wt%). دمای همگن شدن درجه ذوب اولیه و درجه ذوب نهایی، از مهم‌ترین پارامترهای اندازه‌گیری می‌باشند.

با استفاده از تعبیر، تفسیر و پردازش این داده‌ها توسط نرم‌افزارهای مربوطه می‌توان اطلاعات بسیار ارزشمندی در رابطه با دما، ترکیب و میزان شوری سیال اولیه بدست آورد. در یک سیکل حرارتی، ابتدا میانبارهای سیال را سرد کرده (به طوری که کامل یخ ببندد)، سپس دما را رفته رفته افزایش می‌دهیم. به دمایی که در آن اولین بلور یخ ذوب می‌گردد، نقطه اوتکتیک گفته می‌شود. ترکیب کیفی ترکیب نمک‌های سیال را می‌توان بر اساس جداول استاندارد [۱۵] تعیین نمود. در ادامه، دما را افزایش داده تا جایی که تمام یخ ذوب گردد. دمایی که در آن بلور یخ به طور کامل ذوب شود (تحت عنوان درجه ذوب نهایی TM) اندازه‌گیری شده و با توجه به دیاگرام فازي هر سیال، درصد شوری آن بر حسب درصد وزنی NaCl محاسبه می‌گردد. در ادامه، دما را افزایش داده تا زمانی که پدیده همگن شدن مشاهده گردد. اولین دمای ذوبی که در آن یخ به مایع تبدیل می‌شود (یا اولین قطره مایعی که ظاهر می‌شود)، به دمای اوتکتیک معروف است و مقدار آن با کاتیون‌های حل شده مایع ارتباط دارد. ذوب مولکول‌های یخ ادامه یافته و در نهایت آخرین بلور یخ نیز ذوب می‌گردد (دمای ذوب نهایی یخ).

### ۵-۷-۲- محاسبه شوری سیالات درگیر

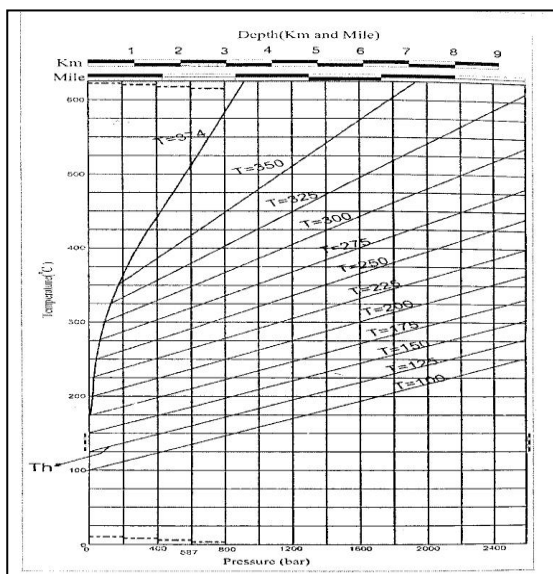
نمک‌های انحلال یافته در یک سیال، دما را تا حدی پایین می‌آورند که موجب انجماد آب اطراف آنها می‌شود،



شکل ۶: نمایی از دستگاه لینکام جهت مطالعه میانبارهای سیال

حرارت سنجی، بدون شک معمول‌ترین روش تجزیه‌ای غیرمخرب است که به‌طور گسترده‌ای مورد استفاده قرار می‌گیرد. این روش تجزیه‌ای بر مشاهده و تشخیص دقیق تغییرات فازي که در خلال گرمایش و سرمایش در میانبارها روی می‌دهد، استوار است. این تغییرات با توجه به ترکیب سیال، متفاوت می‌باشند. اساس حرارت‌سنجی، مشاهده دقیق و تشخیص تغییرات فازي میانبارها در طی گرم کردن یا سرد کردن می‌باشد. مطالعه انجماد، بهترین و متداول‌ترین روش برای اندازه‌گیری شوری میانبارهای سیال می‌باشد. این مطالعات را می‌توان بر روی میانبارهای سیال موجود در کوارتزهای دارای رشد اضافی و نیز سیمان دیاژنتیکی کلسیتی در حوضه‌های رسوبی و همچنین کانی‌های کوارتز، کلسیت، باریت و فلونوریت (که رگه‌ها و رگچه‌ها را پر کرده‌اند) انجام داد [۱۳]. برای مطالعه مهاجرت هیدروکربن از طریق بررسی میانبارهای سیال در شیل‌ها و گل‌سنگ‌ها، معمولاً دو دسته از کانی‌های کربناته (کلسیت، دولومیت و سیدریت) و سولفات‌ها (ژیپس، انیدریت و سلسیتین) که به صورت رشته‌ای بر روی دیواره شکستگی‌ها رشد می‌کنند، بررسی می‌شوند. جهت انجام مطالعات حرارت سنجی، سیالات درگیر تحت تأثیر مراحل گرمایش و سرمایش (۱۹۸- تا ۶۰۰+ درجه سانتی‌گراد) قرار می‌گیرند. در نهایت، با توجه به تغییر رفتار فازها، پارامترهای لازم اندازه‌گیری می‌شوند [۵ و ۲].





شکل ۷: تعیین عمق تشکیل سیالات درگیر با استفاده از درجه فشار و دما [۱۱].

برای بدست آوردن فشار و دمای حین تشکیل سیال درگیر، اطلاعاتی از جمله مقدار شوری، دمای ذوب آخرین بلور یخ و دمای همگن شدن نیز لازم است. با داشتن اطلاعات مربوط به شوری یا دمای ذوب آخرین بلور یخ و دمای همگن شدن، می‌توان مقادیر فشار و دمای حین تشکیل سیال درگیر را تعیین نمود. برای بدست آوردن این اطلاعات، از نرم‌افزار تخصصی MAC Flincor استفاده می‌گردد. این نرم‌افزار با تلفیق چندین روش محاسباتی مختلف، یک روش ساده محاسباتی ارائه می‌نماید که ضریب خطایی آنرا بسیار پایین می‌آورد. در این سیستم معادلات مختلفی تعبیه شده که می‌توان چندین محاسبه را از روش‌های محققین مختلف در کمترین زمان انجام داد [۱۷].

#### ۵-۹- نرم‌افزار تخصصی MAC Flincor

نرم‌افزار تخصصی MAC Flincor با ادغام چندین روش، یک روش ساده محاسباتی ارائه نموده است. در استفاده از این نرم‌افزار، برای بدست آوردن دما و فشار ابتدا باید داده‌های شوری و دمای همگن شدن حاصل از اندازه‌گیری‌های میکرومتری دسته‌بندی گردد. در این تقسیم‌بندی مؤلفه‌های زیر تعریف می‌گردند:

**Min Th:** این پارامتر، حداقل دمای همگن شدن اندازه‌گیری شده برای سیال درگیر موجود در یک مقطع می‌باشد. در یک

لذا پایین آمدن نقطه انجماد مایع برای اندازه‌گیری میزان شوری به کار می‌رود که بر حسب درصد وزنی معادل نمک طعام اندازه‌گیری می‌شود. برخی از خواص محلول‌ها به ویژه آب به جای ماهیت محلول به غلظت ذرات ماده حل شده بستگی دارند. برای محلول‌هایی که شامل ماده حل شده غیر فرار هستند، این خواص عبارتند از: کاهش فشار بخار، کاهش نقطه انجماد، افزایش نقطه جوش و فشار اسمزی. برخی املاح و ناخالصی‌ها به ویژه نمک، سبب کاهش نقطه انجماد آب می‌گردند.

مقدار درصد وزنی معادل عبارت است از مقدار نمک که موجب پایین آمدن نقطه انجماد می‌شود. این اندازه‌گیری بر این اصل استوار است که دمای آخرین قطره ذوب شده یخ، منطبق بر دمای انجماد بوده و نشان‌دهنده‌ی میزان شوری سیال است.

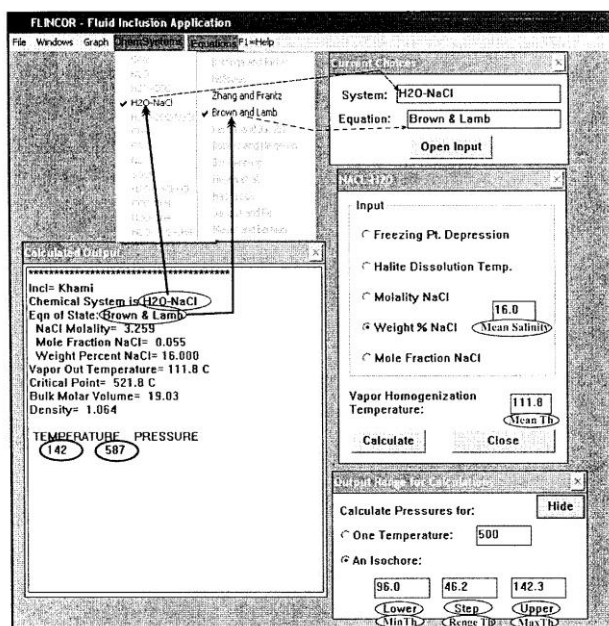
تعیین میزان شوری برای دماهای ذوب بالاتر از ۲۱- درجه سانتی‌گراد به طور مستقیم با استفاده از نمودارها و جداولی که توسط [۱۶ و ۱] ارائه شده، قابل اندازه‌گیری می‌باشد.

#### ۵-۷-۳- عملیات گرم کردن

فرایند گرم کردن به روشی گفته می‌شود که یک سیال درگیر دو فازی تا دمایی گرم شود که کلیه فازهای موجود به یک فاز اصلی مایع یا بخار تبدیل شوند. به دمایی که در طی آن این تغییر فاز به حالت اصلی خود باز می‌گردد، دمای همگن شدن می‌گویند. این دما حداقل دمای به دام افتادن سیال می‌باشد.

#### ۵-۸- تعیین عمق تشکیل یا به دام افتادن سیالات درگیر

برای بدست آوردن عمق تشکیل یا به دام افتادن سیالات درگیر، از روش و نمودار [۱۱] استفاده می‌گردد (شکل ۷). در این نمودار با داشتن مقدار فشار و دمای حین تشکیل سیال درگیر، می‌توان عمق تشکیل سیال را تعیین نمود.



شکل ۸: نمایی از محیط کار نرم‌افزار تخصصی MAC Fincor

## ۶- نتایج و کاربردهای حاصل از مطالعه سیالات درگیر

### الف- پیش بینی شرایط زمین‌شناسی سیال و کانی احاطه کننده

همانگونه که بیان شد؛ سیالات درگیری که در زمان رشد بلور بدام افتاده‌اند، اولیه نامیده می‌شوند. زمانی که یک بلور در سیالی ته نشین می‌شود، بدام افتادن سیال درگیر با سطح بلور در حال رشد یک امر عادی و قابل پیش‌بینی است. منشأ سیالات درگیر اولیه نیز از سیال محیط رشد بلور می‌باشد. بعد از رشد بلور، ممکن است سطوح کششی و ترک‌های بسیار ریز میکروسکوپی در بلورها تشکیل شوند. این ترک‌ها و سطوح ممکن است نمونه‌های کوچکی از سیال موجود را بدام اندازند که ماهیت سیال بعد از رشد بلور را ثبت می‌کند.

ادخال‌های بدام افتاده بعد از رشد کامل بلور را ثانویه و ادخال‌های بدام افتاده قبل از رشد کامل را ثانویه دروغین می‌نامند.

با بررسی در یک فاز سیال تک مؤلفه بدام افتاده، سیالات درون ادخال قبل از محصور شدن کامل باید با سیال درون منافذ در تعادل باشند. علت آن است که رشد کانی و تغییر در ترکیب سیال، نسبی و کند می‌باشد. در کل، سیالات درگیر نمی‌توانند دقیقاً شبیه توده سیال موجود در محیط باشند. سیالات درون

مقطع دو بر صیقل تهیه شده از یک نمونه ممکن است چندین سیال درگیر شناسایی شوند که هر کدام پارامترهای خاص خود را دارا می‌باشند. بنابراین، کمترین مقدار اندازه‌گیری شده جهت دمای همگن شدن در بین سیالات درگیر، دمای همگن شدن حداقل یا Min Th می‌باشد.

**Max Th:** این پارامتر، بیشترین دمای اندازه‌گیری شده می‌باشد.

**Range Th:** این پارامتر از کم کردن بیشترین اندازه‌گیری از کمترین اندازه‌گیری دمای همگن شدن سیالات درگیر بدست می‌آید.

**Mean Th:** این پارامتر از مجموع کل دماهای اندازه‌گیری شده برای دمای همگن شدن تقسیم بر تعداد اندازه‌گیری‌ها حاصل می‌شود.

**Mean Salinity:** این پارامتر از مجموع کل شوری‌های اندازه‌گیری شده تقسیم بر تعداد اندازه‌گیری‌ها تعیین می‌گردد.

مرحله بعد در قسمت Current choices باید با توجه به فازهای موجود در سیالات درگیر، سیستم مورد نظر را از قسمت Chem systems و معادله مورد نظر را از قسمت Equations انتخاب نمود.

با انتخاب گزینه Open input، صفحه‌ای باز می‌شود که در آن باید در قسمت Weight NaCl% مقدار Mean Salinity و در قسمت Vapor homogenization temperature، مقدار Mean Th را وارد نمود.

قبل از گزینه محاسبه، لازم است در قسمت Output range for calculations اطلاعات مورد نیاز تکمیل گردد.

حال با انتخاب گزینه calculate، نرم‌افزار وارد محاسبه شده و در ادامه مقادیر فشار و دما توسط نرم‌افزار محاسبه می‌گردد. در تصویر ۸، نمایی از محیط کار نرم‌افزار MAC Fincor ارائه شده است.

در سنگ مادر و رانش نفت، گاز و آب به خارج از این سنگ گردد.

ب) مهاجرت ثانویه: این مهاجرت، حرکت نفت و گاز در داخل سنگ مخزن تا جمع شدن در نفت‌گیر و رسیدن به سطح زمین می‌باشد. مهاجرت ثانویه همیشه در اولین نفتگیر خاتمه نمی‌یابد و ممکن است با پر شدن مخزن از هیدروکربن، مهاجرت نفت و گاز مازاد بر ظرفیت نفت‌گیر ادامه یابد.

در سیستم‌های نفتی، نوع و مکان سنگ‌های منشأ و محدوده‌ی حضور آنها، جایگاه لایه‌های حامل نفت و گاز و تمامی فرآیندها و محصولات مرتبط با زایش و مهاجرت در نظر گرفته می‌شوند. در نهایت، سنگ‌های مخزن و جایگاه آنها و کلیه فرآیندهای مؤثر در تشکیل و کنترل مخزن و پوش سنگ نیز مورد توجه قرار می‌گیرند [۳، ۴، ۸، ۹]. با دانستن این موضوعات می‌توان برنامه‌ریزی بسیار دقیقی را برای حفاری و حتی اکتشاف میدانی هیدروکربوری جدید ارائه و در نتیجه خطر سرمایه‌گذاری را به حداقل رساند.

پس از آنکه مخلوطی از گاز، نفت و آب در داخل نفتگیر قرار گرفت، تحت تأثیر نیروی جاذبه و در اثر اختلاف وزن مخصوص گاز، به سمت نفت‌گیر رانده شده و نفت در زیر آن قرار می‌گیرد. جدا شدن گاز، نفت و آب از یکدیگر در داخل مخزن نیز بخشی از مهاجرت ثانویه می‌باشد.

از جمله عوامل و شواهد مهاجرت نفت می‌توان به معادن نفتی خالی شده که نفت آنها استخراج و با آب یا گاز جایگزین شده است، تجمع نفت در سنگ‌های فاقد مواد آلی و سنگ‌های آذرین، یکسان بودن ترکیب نفت سنگ مخزن و نفت باقیمانده در سنگ مادر مربوطه، چشمه‌های نفتی فعال و حرکت نفت از سنگ مخزن به داخل چاه و جدا بودن نفت و گاز در مخزن و اشغال مرتفع‌ترین بخش نفتگیر توسط گاز اشاره نمود.

بنابراین، با توجه به اهمیت شرایط هیدروکربور درون مخزن و تغییرات آن در طول مهاجرت و بدام افتادگی و با توجه به این که یکی از عوامل لازم برای تجمع اقتصادی نفت و گاز، مهاجرت هیدروکربن بین سنگ منشأ و سنگ مخزن می‌باشد، لذا مطالعه و بررسی میانبارهای سیال حائز اهمیت است.

د- دستیابی به خصوصیات درجه API و ترکیب اولیه مواد هیدروکربنی با مطالعات میانبارهای سیال حتی قبل از دستیابی به مخازن اصلی نفت:

از خواص فیزیکی نفت خام که ارزش اقتصادی نفت بر مبنای آن سنجیده می‌شود، وزن مخصوص یا واحد API است. با

ادخال قبل از محصور شدن کامل با سیال منافذ در تعادل می‌باشند که این وضعیت مشخصه بدام افتادن همگن است. در یک فاز سیالی که چند مؤلفه بدام افتاده باشند، بدام افتادگی ناهمگن وجود دارد.

از جمله سیستم‌های ناهمگن که در محیط‌های دیاژنزی عمومیت دارند، می‌توان به فاز سیال آبدار همراه با یک فاز سیال هیدروکربنی، فاز سیال آبدار همراه با یک فاز گازی هیدروکربنی، فاز سیال آبدار همراه با هوا در منطقه وادوز (منطقه بالای سطح ایستایی) و فاز سیال آبدار همراه با انواع فاز گازی (ممکن است در محیط‌های دیاژنزی به ویژه در زیر سطح اساس آب، گاز خروجی باشد)، اشاره نمود.

از تغییرات قبل از بدام افتادن می‌توان به واکنش با کانی میزبان، انتشار عناصر توسط میزبان، تغییر در شکل و تغییرات بعد از بدام افتادن اشاره نمود.

ب- تعیین و پیش‌بینی شرایط حرارت و فشاری که نفت و گاز تحت آن شرایط تولید شده و مهاجرت نموده‌اند:

فشار و درجه حرارت دو عامل متغیری هستند که بر هر مخزن نفتی تأثیر گذار می‌باشند. این متغیرها، انرژی ذخیره شده‌ای برای مخزن محسوب می‌گردند. در صورتی که یکی از این دو عامل و یا هر دو تغییر کند، حجم سیال داخل مخزن نیز تغییر خواهد کرد.

ج- تعیین و پیش‌بینی شرایط هیدروکربن درون مخزن و تغییرات آن در طول مهاجرت و بدام افتادگی:

نفت و گاز چون سیال می‌باشند، در صورتی که تحت تأثیر اختلاف فشار قرار گیرند، مهاجرت کرده و تغییر محل می‌دهند. به طور کلی مهاجرت را به دو نوع اولیه و ثانویه تقسیم می‌نمایند.

الف) مهاجرت اولیه: این مهاجرت با حرکت هیدروکربن‌ها از سنگ مادر به سنگ مخزن، در اثر تراکم‌پذیری بیشتر سنگ‌های دانه ریز و رانده شدن آب سازند و نفت و گاز به خارج لایه صورت می‌پذیرد. آب همراه با ذرات هیدروکربن، به سوی سنگ‌های دانه درشت‌تر یعنی سنگ مخزن که تراکم ناپذیر است رانده می‌شود. تشکیل مولکول‌های مایع و گاز از مولکول جامد کروژن، می‌تواند سبب ازدیاد سیال‌های موجود

بصورت کامل کننده سایر روش‌های اکتشافی نفت و گاز بکار گرفته شود. از نتایج حاصل از میانبارهای سیال می‌توان در چینه‌شناسی و بازسازی تاریخچه تکوین، رسوب‌شناسی و شناخت سیستم‌های دیاژنزی و تعیین شرایط حاکم بر محیط‌های رسوبی، ژئوشیمی، بررسی مهاجرت هیدروکربور و بازسازی سیستم تکامل و مهاجرت سیالات نفتی در زمان انتقال از سنگ منشأ به مخزن استفاده نمود. با بهره‌گیری از این اطلاعات و نتایج می‌توان سیستم نفتی موجود در نواحی اکتشافی را به خوبی شناسائی و ارزیابی نمود و جهت مطالعات و عملیات بعدی با دقت بالاتری برنامه‌ریزی کرد. نتایج این مطالعات کمک اساسی در تعیین و هدف گذاری اولویت‌های اکتشافی جهت مطالعات تکمیلی می‌نماید.

#### مراجع

[1] Shepherd, T., Rankin, A.H., and Alderton, D.H.M., 1985, "A Practical Guide to fluid Inclusion Studies", Blackie, USA Chapman and Hall New York, 239 p.

[2] Roedder, E. 1984, "Fluid inclusions. Min. Soc. America". Reviews in Mineralogy. V. 12, 644 p.

[۳] رضایی، ر.، زمین‌شناسی نفت، "انتشارات فرهیختگان علمی"، ۵۵۲، ص. ۱۳۸۹.

[۴] افشار حرب، ع.، "زمین‌شناسی نفت ایران"، جزوه آموزشی، دانشکده فنی، دانشگاه تهران، ۱۳۸۰.

[۵] میرزایی ازندریانی، ا.، معانی جو، م.، محسنی ح.، رشیدی م.، "مطالعه و مقایسه سیالات درگیر نفتی سازند سورمه در تاقدیس‌های خامی و فهلیان در فروافتادگی دزفول جنوبی و تاقدیس منگشت در زون ایذه"، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه بوعلی سینا همدان، ۱۳۹۱.

[6] Sorby, H.C., 1858, "The microscopic structure of crystals, indicating the origin of minerals and rocks Geology", soc. London Q.G.14 (Pt), p.453-500.

توجه به اهمیت دستیابی به خصوصیات درجه API و ترکیب اولیه مواد هیدروکربنی در هنگام تولید هیدروکربن و قبل از دستیابی به مخازن اصلی نفت، مطالعه و بررسی میانبارهای سیال پیشنهاد می‌گردد.

م- تعیین خانواده نفتی با مقایسه و تطابق نتایج بدست آمده از ترکیب شیمیائی میانبارها در یک حوضه رسوبی و تعیین خانواده‌های نفتی متفاوت پرکننده یک مخزن

ن- تعیین پارامترهای دمائی و فشاری حوضه جهت استفاده در مدل‌سازی سیستم هیدروکربوری

و- ارائه الگوی مطالعات اکتشافی جهت تعیین مناطق با بهترین پتانسیل و کمک به کاهش هزینه‌ها و کاهش ریسک اکتشاف

ه- انجام مطالعات تکمیلی ژئوشیمی بر روی میانبارها و ارائه مدل ژئوشیمیائی

ی- ارائه و تعیین سن و محیط رسوبی سنگ منشأ سیال درگیر

#### ۷- نتیجه گیری

با توجه به نیاز روز افزون دنیا به منابع هیدروکربوری و هزینه‌های گزاف انجام عملیات اکتشاف بخصوص در مرحله حفاری چاه، متخصصان اکتشاف می‌بایست قبل از صرف هزینه‌های حفاری چاه‌ها اعم از اکتشاف یا بهره‌برداری، با بهره‌گیری از دانش سیالات درگیر، بتوانند ریسک سرمایه‌گذاری را به حداقل برسانند. حرارت سنجی این سیالات در اکتشاف هیدروکربن، علمی نوین در جهان محسوب می‌شود و از طرفی گام‌های اول را در ایران بر می‌دارد. به‌رغم قابل توجه بودن پهنه ایران زمین از نظر دارا بودن ذخایر نفت و گاز، هنوز این تکنیک در کشور به‌طور جدی به کار گرفته نشده و اهمیت کاربرد آن به خوبی در صنعت اکتشاف هیدروکربور مشخص نیست. مطالعه سیالات درگیر نفتی در نمونه‌های سطحی، مغزه‌ها و خرده‌های حفاری قابل انجام است. این روش به راحتی قادر است در مراحل اولیه و مقدماتی اکتشافات نفت و گاز، سیالات و جامدات هیدروکربنی را در مناطق مورد مطالعه ردیابی کرده و

in minerals: Methods and applications, short course", IMA, pp.231-250, 1994.

[7] Hall, D.L, 2002, "Application of Fluid Inclusions to Petroleum Exploration: Some Recent Advances and Case Studies", Amoco Tulsa Technology Center, P.O. Box 3385, Tulsa, OK, 74102-3385.

[۸] سوری، ل.، "محیط رسوبی و دیاژنز سازند فهلیان در کوه منگشت و چاه هفتکل"، رساله کارشناسی ارشد، دانشگاه تهران، ۱۳۷۷، ص، ۱۳۸۵.

[۹] اشکان، م.، "اصول مطالعات ژئوشیمی سنگ‌های منشاء هیدروکربوری"، رساله دکتری، دانشگاه نانسی فرانسه، ۳۵۵، ص، ۱۳۸۳.

[10] Roedder, E. & Bodnar, R. J., 1988, "Fluid Inclusion Studies of Hydrothermal Ore Deposits in Geochemistry of Hydrothermal Ore Deposits", 3rd ed., H. L. Barnes, ed., Wiley & Sons, Inc, New York, pp. 657-698.

[11] Kennedy, G.C., 1950, "Penumatolysis and the liquid inclusions method of geologic thermometry", Economic Geology, V.45, pp. 553-547.

[12] Burruss, R. C., "Evidence for petroleum occurrence and timing of migration: petroleum fluid inclusion, dead oil, stains, and seep", *Science for a changing world*, 34-98, 1999.

[۱۳] حیدریان دهکردی ن.، میرزائی س.، ۱۳۹۴، "بررسی کاربرد میانبارهای سیال در تحلیل حوضه‌های رسوبی و اکتشاف نفت و گاز و تهیه بانک اطلاعاتی"، طرح پژوهشکده علوم پایه کاربردی.

[۱۴] حیدریان دهکردی ن.، رساء ا. و نظام پور ه.، ۱۳۸۸، "میکروترموتری و کانی‌سازی میانبارهای سیال منطقه‌ی خونی، شمال شرق انارک"، نخستین کنفرانس ملی بررسی دستاوردهای نوین علوم زمین، دانشگاه آزاد واحد بهبهان.

[15] Bodnar R. J. & Vityk M. O. "Interpretation of Microthermometric Data for H<sub>2</sub>O-NaCl Fluid Inclusions in Minerals, Methods & Application", Pub. By Virginia Tec, Blacksburg, VA, pp. 117-130, 1994.

[16] Oxtoby, N.H. Mitchell, A. W. Gluyas, J. G. "The filling and emptying of the Ula Oilfield: fluid inclusion constraints. Geochemistry of Petroleum Reservoirs". *Geology Society. Spec. Publication*. N.86. (England, W. A. & Cubbitt J., eds.), pp. 141-157, 1995.

[17] Brown, P.E., Hagemann, S.G., "Macflincor: a computer program for fluid inclusion data reduction and manipulation. In Fluid Inclusions