

حفظ شدن ، تجزیه & تخریب نفت در مخازن

تسمت پایانی

Preservation
Degradation
And
Destruction
Of
The Trapped

Oil

ترجمه: محمد کسایی نجفی
واحدپرو هس ژئوشیمی پژوهشگاه صنعت نفت

جدید که حاوی سیالی با درجه "API" بالا است تشکیل شود. برخلاف این سیال، درجه "API" نفت باقی مانده در مخزن اولیه پایین است ولی براساس مطالعات ترکیب مولکولی درجه بلوغ آن مشابه نفت مخزن جدید با درجه "API" بالا است. براین اساس، تفاوت‌های قابل توجه در ترکیب شیمیایی و ویژگی‌های فیزیکی خاص هر دو نوع نفت ثبت می‌گردند.

مثالی از پدیده «جدایش - مهاجرت» در ناحیه "Lagrange" در حوضه "Aquitaine" یافت شده که در آن یک حوزه نفتی وجود دارد و سنگ مخزن کرتاسه بالایی آن حاوی نفت سبک (API=45) است، در حالی که نفت سنگین پسمانده نفت اولیه در یک مخزن عمیق‌تر دیگر (در باریمین در کرتاسه پایینی) در حوزه مجاور پیداشده است. سیال‌های هیدروکربوری مهاجرت‌کننده به طرف بالا در یک نفتگیر کم عمق انباشته شده‌اند که نتیجه آن به وجود آمدن یک توده نفتی با کیفیت بالاست.

اگر در بالای یک توده نفتی نشسته نفتگیر کم عمق‌تری وجود نداشته باشد، در رسوبات بالای توده نفتی نشانه‌های نفتی ظاهر خواهند شد. نمونه‌ای از نشسته شدید از سنگ پوشش یک توده نفتی عمیق در ناحیه "Emeraude" در فلات قاره کنگو در آفریقا مشاهده شده است. نشانه‌های نفتی در رسوبات خیلی بالاتر از توده نفتی یافت شده‌اند. مطالعات انجام شده نشان داده است که درجه تجزیه آلی در این نشانه‌های نفتی از پایین به بالا به سمت کف دریا افزایش می‌یابد. مقادیر زیادی حباب گاز در کف دریا در بالای حوزه نفتی "Emeraude" ثبت شده است.

به وجود آمده ارتباط داده شده است. گاهی این شرایط به رخدادهای تکنویکی که موجب جابه‌جایی در طول یک گسل اصلی (که نفت را به تله می‌اندازد) می‌گردند، ارتباط دارد. در این حالت پدیده جدایش - مهاجرت (Dysmigration)

ممکن است رخ دهد که در آن از دست رفتن هیدروکربور در دو مرحله صورت می‌گیرد (که توسط "Silverman, 1965" مطرح شده و عنوان جدایش - مهاجرت "Dysmigration" به آن اطلاق شده است). در

مرحله اول، بر اثر گسل یافتگی فشار آزاد می‌شود. آزاد شدن فشار موجب تبدیل یک سیستم سیال تک‌فاز به سیستم دوفازی می‌گردد و خود موجب به وجود آمدن پوشش گازی بر روی نفت می‌شود. در مرحله دوم، این گاز همراه با نفت سبک از سراسر گسل نشسته و به نفتگیرهای کم عمق مهاجرت می‌کند. در آنجا کاهش فشار یا دما موجب فعال شدن پدیده "Retrograde Condensation" می‌گردد. در این حالت ممکن است یک مخزن

جدایش - مهاجرت (Dysmigration)

برخی از تغییرات را که در ترکیب نفت‌های انباشته شده به وجود می‌آید می‌توان به میزان کارآمد بودن سنگ پوشش نسبت داد. یک سنگ پوشش خوب، نفت را در مقابل تغییراتی که ممکن است در اثر نشسته هیدروکربور در ترکیب آن به وجود آید، محافظت می‌کند. در اغلب مخازن مقداری از هیدروکربور نشسته می‌نماید. این نشسته به شرایط زمین‌شناسی که نفتگیر در آن

جدایش آسفالتن (Deasphalting)

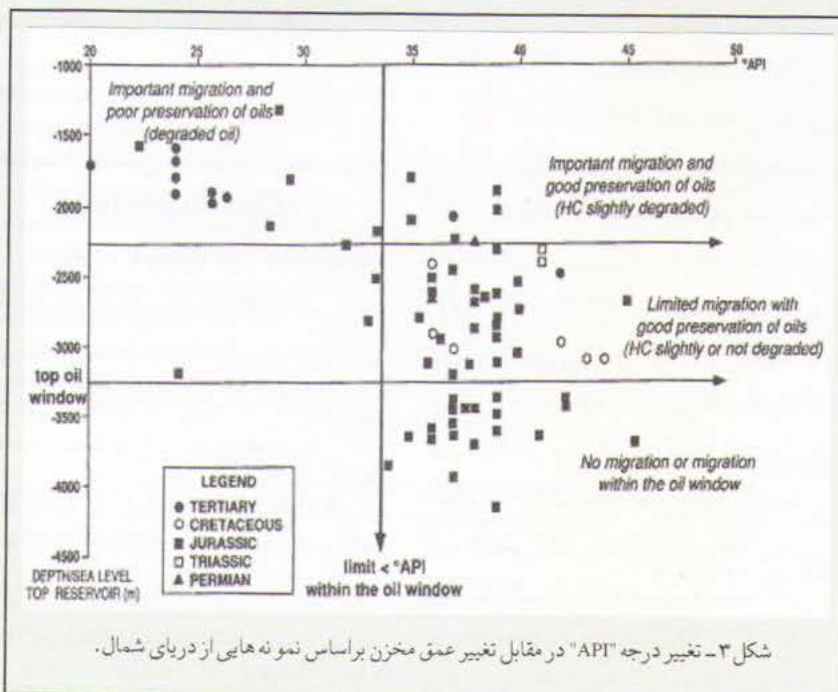
نفت‌ها و میعانات گازی در نفتگیرها معمولاً با گاز همراه هستند. این گاز از بلوغ حرارتی سنگ مادر و از فرایندهای تحولی ثانویه نفت مخزن نشأت می‌گیرد. مقدار گاز به پارامترهای زیادی مانند نوع کروژن، هیدروکربور در دسترس (نفت یا گاز) در زمان تشکیل مخزن، فشار مخزن، دمای مخزن، کارآمدی نفتگیر و فرایندهای تحولی بستگی دارد.

ورود گاز به یک توده نفتی موجود ممکن است به ایجاد تغییرات شیمیایی منجر شود، زیرا جریان هیدروکربورهای گازی موجب کاهش میانگین وزن مولکولی مخطوط هیدروکربوری انباشته شده می‌گردد. بنابراین، مانند آنچه یک شیمیست آلی در آزمایشگاه با وصل کردن جریان آلکان‌های نرمال به نفت آسفالتن رسوب می‌دهد، در حوزه نفتی نیز هنگامی که گاز به طرف بالای ستون نفت حرکت می‌کند این کار به طور طبیعی صورت می‌گیرد. این جدایش طبیعی آسفالت ممکن است بر اثر تزریق گاز، مهاجرت ثانویه، یا بر اثر شکسته شدن مولکول‌های نفت در داخل مخزن فعال شود (به Evans et al., 1971 و Bailey et al., 1974 و Rogers et al., 1974 مراجعه شود). بنابراین، این فرایند از طرفی به تشکیل نفت سبک منجر و از طرفی دیگر به یک پسمانده جامد حاوی آسفالتن تبدیل می‌شود (به Speight, 1984 و Speight et al., 1958 مراجعه شود). فرایند جدایش آسفالتن اندیشه "Dahl and Speers, 1986" برای توضیح وجود لایه‌های قیری در حوزه نفتی "Oseberg" در بخش نروژی دریای شمال بوده است.

تشخیص تجزیه دیرینه نفت (Paleodegradation)

حفظ شدن، تجزیه و تخریب نفت معمولاً بر اساس مشاهدات وضعیت زمان حاضر بررسی می‌شوند. اما در مطالعه یک سیستم نفتی لازم است که بررسی‌کننده توده‌های نفتی را در زمان تشکیل آنها توصیف کند. هرگاه با یک نفت تجزیه شده سطح الارضی یا تحت الارضی روبه‌رو می‌شویم بایستی این سؤال را پرسیم که این فرایند تجزیه در چه زمانی آغاز شده و کدام فرایند تجزیه‌کننده در زمان گذشته به وقوع پیوسته است؟ در شکل ۱ تاکید شده است که غالب فرایندهای تجزیه‌کننده به تشکیل نفت سنگین و فوق سنگین تاحد پیتومن جامد منتهی می‌شوند. بنابراین، تفکیک این فرایندها با یکدیگر مشکل می‌باشد، زیرا این فرایندها با یکدیگر مرتبط و ادامه دار بوده و یکی پس از دیگری به وقوع می‌پیوندند. در اغلب حالت‌ها بررسی پارامترهای کلی نفت تجزیه شده در نهایت به تعبیر و تفسیرهای

متناقضی منتهی می‌شود. به عنوان نمونه، همواره تصور بر این بوده است که ضریب تطابق تغییرات افزایشی "API" در مقابل افزایش عمق مثبت است به این دلیل که نفت انباشته شده سبک تر می‌شود (یعنی میانگین اندازه مولکول‌های هیدروکربور با افزایش بلوغ کمتر می‌شود)، ولی پدیده‌های دیگری نیز به ویژه در اعماق کم ممکن است دخالت داشته باشند. به طور مثال هنگامی که نفت مسافت‌های زیادی را از سنگ مادر به طرف بالای شیب طی کند ممکن است سنگین تر شود، زیرا نفت قبل از انباشته شدن مولکول‌های سبک خود را از دست می‌دهد. به علاوه فرایندهای ثانویه تجزیه‌کننده ممکن است بر روی نفت داخل مخزن عمل کنند و درجه "API" آن را کاهش دهند. تاثیرات انواع پدیده‌های مختلف بر روی "API" در شکل ۳ به تصویر کشیده شده، در این شکل تکامل "API" نفت‌های دریای شمال به صورت تابعی از عمق نشان داده شده است. در این شکل



علی‌رغم این که یک روند کلی مشاهده می‌شود، (درجه "API" نفت‌ها با افزایش عمق افزایش می‌یابد) تطابق کاملی به دست نیامده است. دلیل این عدم تطابق کامل فعال شدن فرایندهای دیگر است و مسأله به سادگی سبک شدن هیدروکربور به دلیل افزایش دما نیست.

برای درک بهتر تجزیه نفت بایستی از یک روش چندجانبه علمی استفاده کرد (به Blanc et al., 1982 و Oustau, 1987 مراجعه شود). در این روش از ابزارهایی مانند ژئوشیمی مولکولی و ایزوتوپی استفاده می‌شود. از این دوروش یک سری اطلاعات تکمیلی به دست می‌آید که از این اطلاعات امکان تجزیه و تحلیل بهتری در مقایسه با روش خواص کلی نفت فراهم می‌شود. به عنوان مثال ارزیابی تجزیه آلی نفت با استفاده از خواص کلی نفت به تنهایی غیرممکن است، زیرا یک نفت سنگین ممکن است بر اثر عوامل یا پدیده‌های مختلفی شامل نوع کروژن، میزان بلوغ حرارتی، آب شویی، تجزیه جاذبه‌ای فرایند جدایش مهاجرت تشکیل شود. اما برخلاف روش خواص کلی نفت، به سبب این که نشانه‌های زیستی به مصرف باکتری حساس هستند، از مطالعه آنها اشاره‌های کلیدی نه فقط در مورد وقوع یا عدم وقوع تجزیه آلی، بلکه در مورد وسعت تاثیر این فرایندهای تحولی نشانه‌هایی به دست می‌آید. بر این اساس یک طبقه‌بندی برای نفت‌های تجزیه شده بر اساس وسعت تجزیه شد

نشان در سطح‌های آغازین (Incipient)، جزئی (Minor)، پیشرفته (Moderate)، وسیع (Extensive) و شدید (Severe?or?Extreme) پیشنهاد شده است (بسه Goodwin et al., 1983- Seifert and Moldowan, 1979 Moldowan and Peters 1991- Connan, 1984 - Volkman et al., 1983- Cassani and Eglinton, 1991 و مراجعه شود).

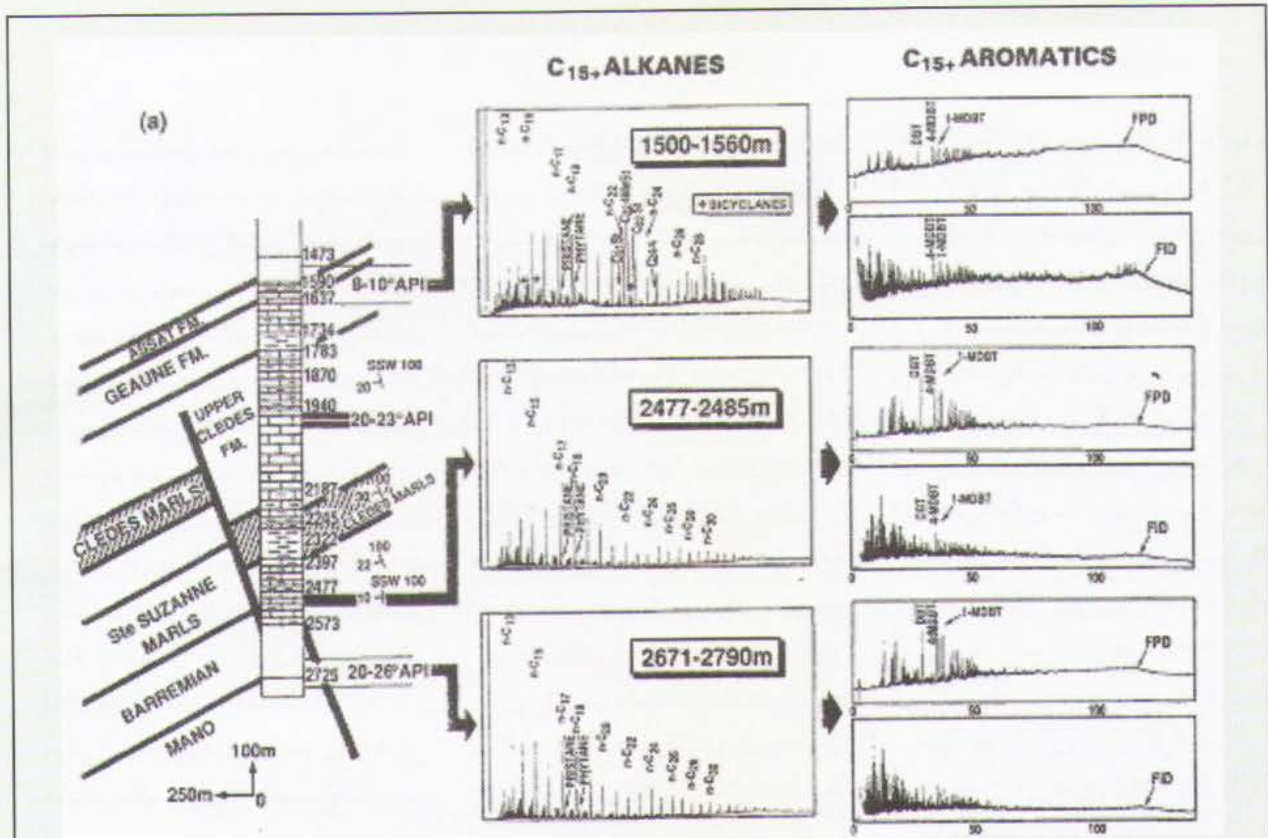
ضابطه‌ای که برای تعیین این سطوح تجزیه آلی به کار رفته بر اساس وجود یا عدم طبقه‌های خاصی از ترکیبات پایه‌گذاری شده است. علاوه بر این، در حالی که تشخیص سطح تجزیه آلی «شدید» به دلیل تحول شدید آروماتیک‌ها و آلکان‌ها به نسبت آسان، تشخیص سطح تجزیه آلی «آغازین» همراه با تردید است. تجزیه آلی آغازین را می‌توان به عنوان تجزیه حلقه‌های آلکیلی نرمال دارای ساختار (آلکان‌های نرمال، آلکان‌های ایزو و آتی ایزو، الکیل بنزن‌ها و بنزن‌های متیل‌آلکیل) تعریف نمود. در چنین حالتی ممکن است این نوع تجزیه با عدم بلوغ اشتباه گرفته شود، زیرا برخی از آلکان‌های نرمال ممکن است همچنان باقی بمانند. تشخیص تجزیه آغازین به توانایی ژئوشیمیست در یافتن اطلاعات ویژه است. این اطلاعات موثر که در کروماتوگرام گازی بخش‌های اشباع و آروماتیک پنهان است باید در بخش منوآروماتیک جداسازی شده بسیار واضح باشد.

از چنین روشی برای تشخیص تجزیه آلی آغازین در حوزه نفتی "Pecorade" در حوضه "Aquitaine" در

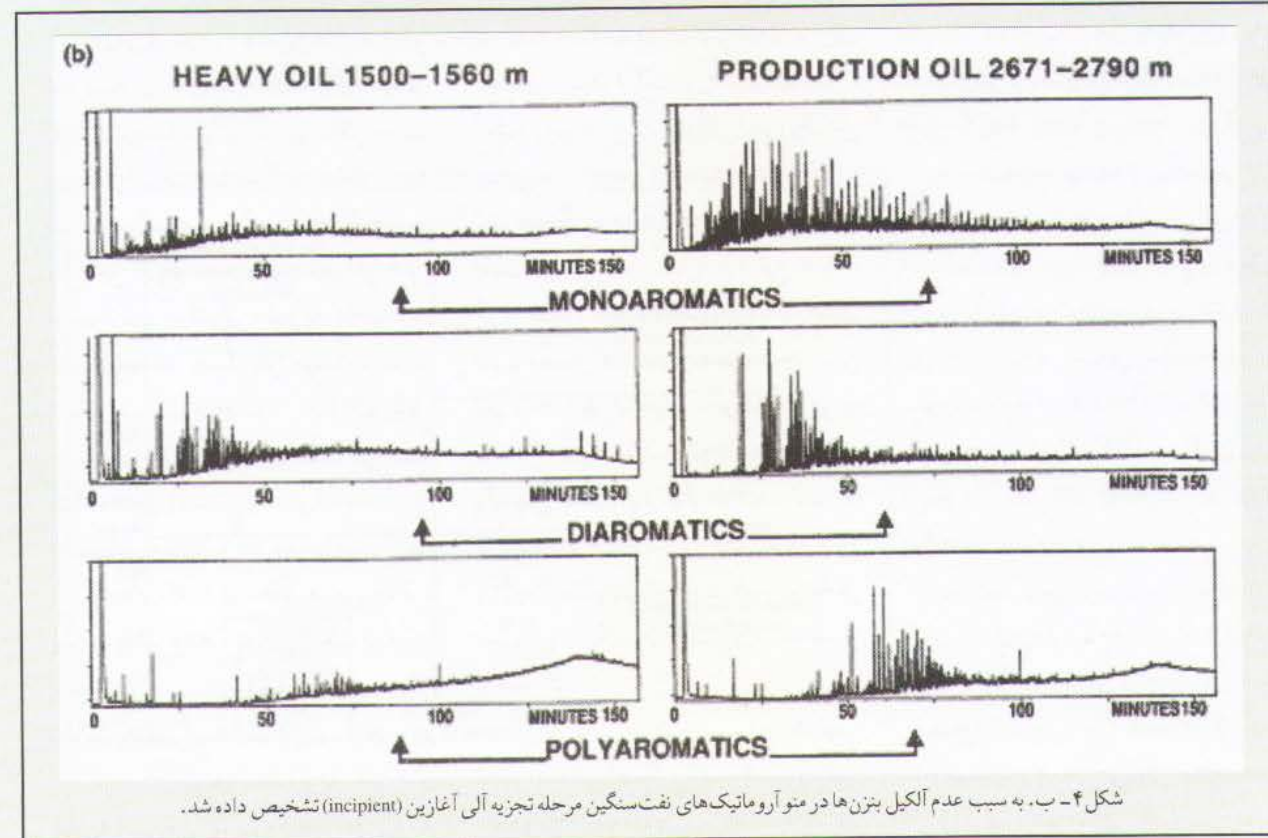
جنوب فرانسه به کار رفته است. نفت سنگینی که (دارای درجه "API" پایین) از مخزن آبینی حوزه "Pecorade" برداشت شده از نظر آلکان‌ها و آروماتیک‌ها یک نفت نرمال است، زیرا آلکان‌های نرمال هنوز در آن موجودند و آروماتیک‌ها هنوز نفتالین و بنزو و دی‌بنزو تیوفن هستند (شکل ۴-الف). از مقایسه بخش منوآروماتیکی نفت نرمال (دارای درجه "API" متوسط) با نفت سنگین برداشت شده از چاه "Pecorade" توانسته‌ایم در مورد وسعت تجزیه به نتیجه قطعی برسیم (شکل ۴-ب). در نفت نرمال از حوزه "Pecorade" الکیل بنزن‌ها به خوبی قابل تشخیص اند ولی در نفت سنگین به طور کامل حذف شده بودند. در این نفت عدم الکیل بنزن‌های دارای ساختارهای سریع تجزیه، دلیل بر نفت سنگین بودن یک سیال پسمانده است که از حمله باکتریایی حاصل شده است (بسه 1993, Blanc and Connan مراجعه شود).

نشانه‌های زیستی خاصی نیز در برابر فعالیت‌های باکتریایی مقاوم هستند و بنابراین برای برآورد سطح تجزیه آلی کمک زیادی می‌کنند. در این زمینه می‌توان گاماسران، نورئوهوپان $18\alpha(H), 21\beta(H)-30$ و نوروهوپان $17\alpha(H), 21\beta(H)-25$ را مثال زد (بسه 1992b, Blanc and Connan مراجعه شود).

برای بررسی نفت‌های نشت شده در سوریه از روش گاماسران استفاده شده است. در یک سری از نمونه‌های سطح الارضی با استفاده از نسبت گاماسران به هویان می‌توان سطح تجزیه آلی را برآورد کرد، زیرا گاماسران نسبت



شکل ۴- الف. کروماتوگرام‌های گازی الف- الکان‌های C_{15+} ، آروماتیک‌های C_{15+} و ب- منو، دی و پلی آروماتیک‌های بزرگ‌تر از C_{15+} از نفت‌های سنگین و معمولی از چاه شماره ۲۶ حوزه "Pecorade" (حوضه "Aquitaine" در جنوب فرانسه). برای آنالیز آروماتیک‌های C_{15+} از آشکارساز دوگانه (FID برای کربن و FPD برای سولفور استفاده شده است، در قسمت ب به عدم الکیل بنزن‌ها در منو آروماتیک‌های نفت سنگین مرحله تجزیه آلی آغازین (incipient) تشخیص داده شد.

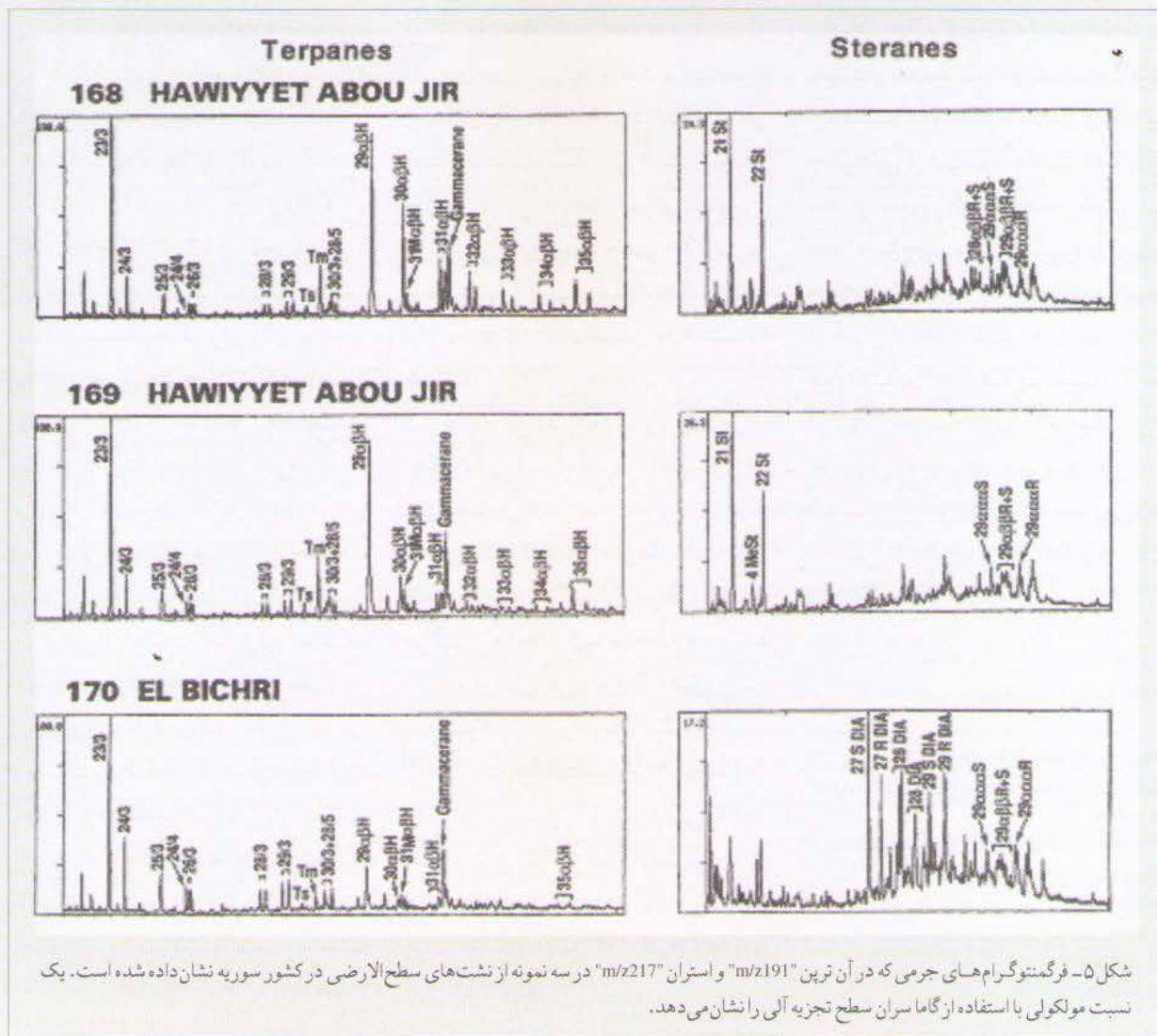


شکل ۴- ب. به سبب عدم الکیل بنزن‌ها در منو آروماتیک‌های نفت سنگین مرحله تجزیه آلی آغازین (incipient) تشخیص داده شد.

کلیدی برای شناسایی تجزیه آلی دیرینه در نفت‌هایی که در ظاهر در آنها تجزیه باکتریایی صورت نگرفته به کار می‌برند (به Philip, 1983- Volkman et al., 1983 و Blanc and Connan, 1992b مراجعه شود). بنابراین، ۲۵-نور هوپان‌ها برای ژئوشیمیست‌ها ابزاری را برای تطابق نفت-سنگ‌مادر و حتی برای تجزیه آلی دیرینه فراهم می‌کنند. شاخص‌های تجزیه آلی به ۲۵-نور هوپان‌ها محدود نگردیده و ترکیبات دیگری از نشانه‌های زیستی نیز بایستی در نظر گرفته شوند. برای مثال می‌توان از سکوهوپان‌ها و هگزا هیدرو بنزو هوپان‌ها به عنوان شاخص‌هایی برای تجزیه آلی دیرینه استفاده کرد.

به ۲۵-نور هوپان‌ها (که معمولاً به آنها دی‌متیل هوپان گفته می‌شود و به سادگی بر روی فرگمتوگرام جرمی m/z 177 مشاهده می‌شوند) بایستی توجه خاصی کرد، زیرا به طور ویژه‌ای برای مطالعات تجزیه آلی سودمند هستند. برای نخستین بار در سال ۱۹۷۷ توسط "Reed" در یک ماسه سنگ هوازه آغشته به نفت در ایالت یوتای آمریکا شناسایی گردید. بعد از آن وجود آنها در نفت به عنوان نشانی از تجزیه آلی شدید در نظر گرفته شد (برای مثال می‌توان به Seifert and Moldowan, 1979 مراجعه کرد). گرچه در مورد منشأ آنها هنوز بحث‌هایی وجود دارد، ولی امروزه ژئوشیمیست‌ها از آنها به عنوان نشانه‌هایی

به هوپان در برابر تجزیه آلی مقاوم‌تر است (Blanc and Connan, 1992b مراجعه شود). این نسبت به سادگی از فرگمتوگرام جرمی m/z 191 قابل محاسبه است. این مثال که در شکل ۵ نشان داده شده است یک سکانس تجزیه آلی را مانند ذیل نشان می‌دهد: نمونه ۱۷۰ < نمونه ۱۶۹ < نتیجه به دلیل غلبه دیاستران‌ها بر دیگر استران‌ها در نمونه ۱۷۰ به اثبات رسیده است (فرگمتوگرام جرمی m/z 217 در شکل ۵). عقیده بر این است که در حقیقت دیاستران‌ها نسبت به استران‌های عادی در مقابل باکتری‌ها مقاوم‌ترند (برای مثال به Seifert et al., 1984 مراجعه شود).



شماره ۲۲ - خرداد ۱۳۸۴

نتیجه

از میان تمامی عواملی که ترکیب نفت را تحت تاثیر قرار می دهند، فرایندهای ثانویه ای که بعد از انباشته شدن نفت به وقوع می پیوندند از همه مهمترند. زیرا این فرایندها می توانند تغییرات قابل توجهی را هم در ترکیب و هم در کیفیت نفت به وجود آورند. دستیابی به دانش، شرایط و مکانیزم های فرایندهای تجزیه برای اکتشاف لازم است، نه فقط به دلایل اقتصادی بلکه برای پیشرفت روش های موجود و ابداع روش های علمی چند جانبه. برای بررسی تفصیلی الگوی مولکولی مواد آلی طبیعی (گازی، مایع و جامد) پتانسیل های زیادی موجود است. پژوهش هایی که تا به امروز انجام شده نشان می دهند که اطلاعات مربوط به اکتشاف و بهره برداری نفت در بخش هایی از نفت نهفته است که امروزه به صورت روزمره مطالعه نمی شوند. این بخش ها معمولاً ترکیبات قطبی و ماکرومولکول ها را شامل می شوند. در حال حاضر شیمی مولکولی ابزار سودمندی است که با استفاده از آن می توان تجزیه آغازین را شناسایی کرد، جدایش جاذبه ای و پیرویتومون را از آسفالتن رسوب یافته تشخیص داد، در حالی که آنالیزهای کلی جاری از دقت کافی برخوردار نیستند. □

منابع :

Magoon, L.B. and W.G. Dow, eds., 1994, The Petroleum System- from source to trap: AAPG Memoir 60.
Preservation, Degradation, and Destruction of Trapped Oil
Philippe Blanc
Jacques Connan
Elf Aquitaine
Pau Cedex, France

مراجعه شود).

همان طور که قبلاً ذکر شد، از این روش برای شناسایی بخش های زغال، کروژن یا آسفالتن به نحو موفقیت آمیزی استفاده شده است. اطلاعات به دست آمده از مولکول های رها شده مکمل اطلاعات حاصل از اجزای مولکولی «آزاد» هستند. برخلاف اجزای آزاد، به نظر می رسد که بخش های «پیوند یافته» اصلاً و (یا واحد کمتری) تحت تاثیر فرایندهای تحول ثانویه، مهاجرت و بلوغ حرارتی قرار نمی گیرند. بنابراین، از نشانه های زیستی پیوند یافته یا زیرمجموعه های ماکرومولکولی (Blanc and Albrecht, 1991) می توان برای بررسی تطابق نفت و یا بلوغ حرارتی استفاده کرد. اینها ممکن است نسبت به ترکیبات قابل جابه جایی "mobile" برای توصیف و تشخیص ژئوپلیمرهای خاصی در سطح مولکولی بهتر عمل کنند (به Blanc et al., 1991 مراجعه شود).

نهایتاً این نوع آنالیز برای درک چگونگی قرار گرفتن اکسیژن در نمونه های تجزیه شده بر روی سطح زمین مفید است. حتی نگهداری انتخابی طبقه خاصی از مولکول ها را می توان مشخص کرد. همان طور که اخیراً در تری ترین های گیاهان عالی در نفت خام سولفوردار مشاهده شده است (به Adam, 1991 مراجعه شود). بنابراین، تعبیر و تفسیرهایی که فقط بر اساس نشانه های زیستی آزاد و قطبی انجام می شوند ناقص و یا خطا دار می باشند (به Kohnen et al., 1991 مراجعه شود).

با تحت بررسی قرار دادن ماکرومولکول ها (ژئوپلیمرها) مانند رزین و آسفالتن و یافتن نشانه های زیستی تحول نیافته در آنها می توان تطابق نفت با نفت را در نفت هایی که سطح گسترده ای از تجزیه آلی مرحله آغازین تا مرحله شدید را از خود نشان می دهند، ارزیابی کرد. این ژئوپلیمرها در حقیقت می توانند به عنوان محافظی برای ساختارهای دارای پیوند کووالانسی که از فرایندهای ثانویه مانند تجزیه آلی حاصل می شوند، عمل کنند. بیشتر به نظر می رسد که این نشانه های زیستی تحول نیافته بر اثر تجزیه پیرولیزی (assani and Eglinton, 1986; Jones et al., 1987- C و Connan, 1993) یا تجزیه شیمیایی (Blanc and Alberchi, 1990 و Chappel et al., 1980 و Trifilieff et al., 1992) آزاد می شوند.

به نظر می رسد که برای کاربرد روش سیستماتیک تری برای بررسی مولکول های موجود در ژئوپلیمرها ویتومون های جامد (Curiale, 1986) در آینده پتانسیل زیادی وجود دارد. از این نوع آنالیزها اطلاعات سودمندی به دست می آید که می توان با استفاده از آنها (به عنوان مثال) پیرویتومون حاصل از شکست حرارتی گسترده مولکول های نفت را از آسفالتن رسوب یافته (که بر اثر آسفالتن زدایی طبیعی توسط گاز در حال مهاجرت تشکیل می شود) تشخیص داد. به نظر می رسد که فرایند تجزیه انتخابی برای بررسی این مشکل رمز اصلی است (به Rullkotter and Michaelis, 1990