

ارزیابی ژئوشیمیایی نفت‌های مخازن سروک (بالایی) و داریان میادین رسالت و رشادت خلیج فارس

محمود معماریانی^۱ و سیده‌زهرا حسینی عسگرآبادی^{۲*}

۱- پژوهشکده علوم زمین، پژوهشگاه صنعت نفت، تهران
۲- گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه بوعلی‌سینا، همدان

نویسنده مسئول: zahra.hossini61@gmail.com *

دریافت: ۹۲/۱۰/۱۰ پذیرش: ۹۴/۷/۱۸

چکیده

به‌منظور ارزیابی جامع ژئوشیمیایی و تعیین خصوصیات فیزیکی- شیمیایی نفت‌های مخازن سروک بالایی و داریان میادین نفتی رشادت و رسالت، چهار نمونه نفتی از مخازن یاد شده در میادین رشادت و رسالت مورد آنالیزهای مختلف فیزیکی- شیمیایی و ژئوشیمیایی قرار گرفت. خصوصیات فیزیکی نفت‌ها نشان داد که نفت‌های سروک و داریان در هر دو میدان مقادیر گوگرد بالایی (به‌طور میانگین برای نفت سروک ۲/۱۸ و نفت داریان ۱/۳۳) دارند و جزء نفت‌های نسبتاً ترش به حساب می‌آیند. نتایج آنالیزهای ژئوشیمیایی نشان می‌دهد که نفت‌های مخازن سروک و داریان در هر دو میدان، نوع پارافینی هستند و هم‌چنین سنگ منشأ این نفت‌ها یکسان می‌باشد. نفت‌های آنالیز شده هیچ‌گونه فرآیند دگرسانی مانند تخریب میکروبی، آب‌شویی را نشان نمی‌دهند. براساس نسبت‌های عناصر نیکل به وانادیم در نفت‌های تحت بررسی، به‌نظر می‌رسد که فرآیند مهاجرت هیدروکربن‌ها از توالی‌های رسوبی معادل سازند سورمه (ژوراسیک بالایی) به مخازن سروک و داریان صورت گرفته است.

واژه‌های کلیدی: میدان رشادت، میدان رسالت، سازند داریان، سازند سروک، ژئوشیمی آلی، خلیج فارس

مقدمه

یادآوری است که در کشورهای عربی خلیج فارس برابر مخزن سروک، داریان و سورمه را به‌ترتیب می‌شریف، شعیبا و عرب می‌نامند.

موقعیت زمین‌شناسی منطقه مورد مطالعه

میدان نفتی رشادت در ۱۰۸ کیلومتری جنوب جزیره لاوان واقع شده است این میدان تاقدیسی با میل محوری تقریباً شمالی- جنوبی است که از طرف شمال‌شرق به میدان نفتی رسالت و از طرف غرب به میدان الخلیج قطر منتهی می‌شود. میدان رسالت به صورت یک تاقدیس با روند شمال‌شرقی - جنوب‌غربی تقریباً در ۹۰ کیلومتری جنوب جزیره لاوان و ۲۵ کیلومتری شمال‌شرقی میدان رشادت واقع شده است (شکل ۱).

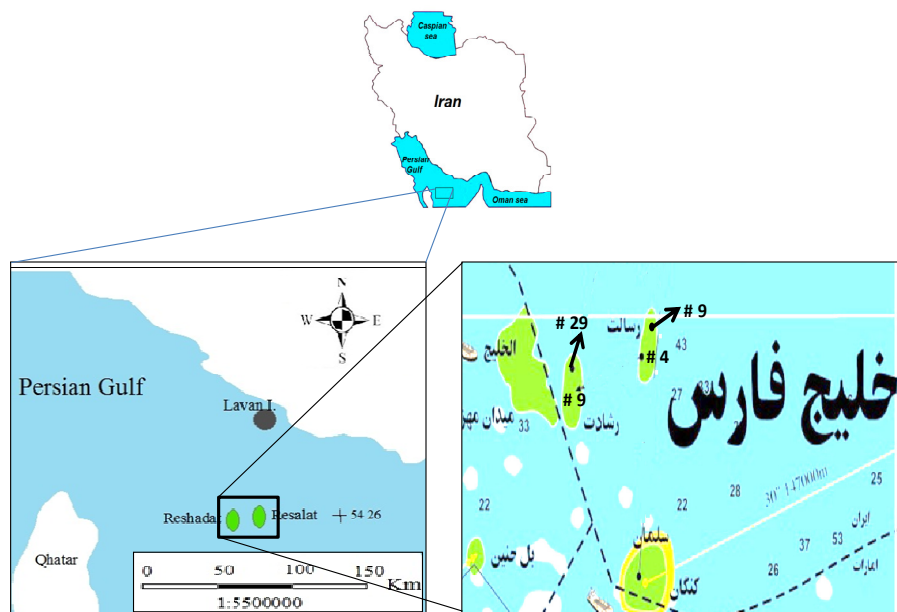
سازندهای داریان و افق‌های بالایی سازند سروک از لایه‌های مخزنی میادین رسالت و رشادت در خلیج فارس به‌شمار می‌آیند. نفت‌های تجمع‌یافته در سازند سروک اندکی سنگین‌تر از نفت‌های لایه مخزنی داریان در این دو

میدان نفتی رشادت و رسالت در بلوک R در بخش شرقی ناحیه مرکزی خلیج فارس قرار گرفته است. این بلوک متشکل از چندین میدان و ساختار زمین‌شناسی است: میدان نفتی رشادت، میدان نفتی رسالت و ساختمان‌های آلفا و بتا. این بلوک در ناحیه چهار نفتی خلیج فارس قرار گرفته است و نزدیک‌ترین خشکی به آن جزیره لاوان است. نخستین کارهای لرزه‌نگاری ایران بر روی این ناحیه در سال ۱۹۶۳، توسط شرکت وسترن ژئوفیزیکال^۱ و بعد گروه ایمینوکو در سال ۱۹۶۵ انجام و میادین رشادت و رسالت شناسایی شدند.

حفاری‌های اکتشافی در این منطقه سه مخزن اصلی تولید نفت را نشان می‌دهد که شامل سازندهای سروک بالایی (کرتاسه‌میانی)، داریان (کرتاسه‌زیرین) و سورمه بالایی (ژوراسیک‌بالایی) می‌باشند. میدان رشادت شامل مخازن سروک، داریان و سورمه است. میدان رسالت نیز شامل مخازن سروک، داریان و سورمه می‌باشد. لازم به

رشادات توسط شرکت ایمینوکو (Iminoco) مورد بررسی کلی قرار گرفت. آخرین مطالعه مخزنی داریان در میدان رشادات مربوط به شرکت ERC، در سال ۱۹۸۵ می‌باشد. در این تحقیق به خصوصیات فیزیکی- شیمیایی و ژئوشیمیایی نفت‌های موجود در دو مخزن یاد شده در میادین رشادات و رسالت پرداخته شده است.

میدان می‌باشد. با وجود اهمیت مخزن داریان میدان رشادات و این‌که بیش‌ترین حجم نفت این میدان (بیش از ۶۰٪) در این سازند وجود دارد، مطالعات کمی در مورد آن صورت گرفته است. اولین مطالعه مربوط به مطالعات اکتشافی بلوک R، است که در آن تمام زون‌های نفتی میدان



شکل ۱. موقعیت میادین رسالت و رشادات در خلیج فارس [۵]

آسفالتن‌ها گروه‌هایی با جرم مولکولی بالا و حاوی اولین گروهی هستند که از سنگ مادر و یا نمونه‌های نفت جدا می‌شوند. برای رسوب آسفالتن، حلال نرمال پنتان یا نرمال هپتان استفاده گردید. برای انجام این کار نمونه‌های نفت خام را به کمک مقدار کمی حلال کلروفرم حل و به داخل بالن آزمایش انتقال داده شد. مدت زمان لازم برای عمل رفلاکس ۲ ساعت است که پس از آن حرارت را قطع و بالن در جای تاریک، به طور ثابت و به مدت ۲۴ ساعت گذاشته شد. بعد از این مدت، محلول به کمک کاغذ صافی توزین شده صاف و کاغذ صافی، ابتدا در آون (۵۰ درجه سانتی‌گراد برای ۱ ساعت) و سپس در دسیکاتور خشک گردید. بعد از خشک شدن، کاغذ صافی را وزن و با اختلاف وزن حاصل، مقدار آسفالتن روی کاغذ صافی مشخص و درصد وزنی آن محاسبه شد. در مرحله بعد نمونه‌های نفت خام بدون آسفالتن جهت تعیین درصد گروه‌های مختلف هیدروکربنی (ترکیبات اشباع و آروماتیک) و غیرهیدروکربنی (رزین و آسفالتن)

مواد و روش‌ها

نفت‌های مورد مطالعه از چهار حلقه چاه از میادین رسالت و رشادات نمونه‌برداری شدند. نفت‌های جمع‌آوری شده از میدان رشادات از لایه سروک بالای چاه ۲۹، و سازند داریان از چاه ۹، هرکدام یک نمونه نفتی و همچنین از میدان رسالت از مخازن سروک بالای چاه ۴ و از مخزن داریان چاه ۹ نیز هر کدام یک نمونه نفتی بوده است. پس از جمع‌آوری نمونه‌ها و بسته‌بندی آن‌ها در شیشه‌های دربسته به آزمایشگاه ژئوشیمی پژوهشگاه صنعت نفت، ارسال و مورد آنالیز قرار گرفتند.

در ادامه، آنالیزهای ژئوشیمیایی، ویژگی‌های فیزیکی نفت‌ها از جمله درجه API، محتویات گوگرد، گرانروی در دماهای مختلف، نقطه ریزش، تعیین غلظت درصد عناصر نیکل و وانادیم اندازه‌گیری شد. سپس بخش اندکی از نمونه (حدود ۷۰۰ میلی‌گرم)، با استفاده از حلال نرمال هپتان مورد آسفالتن‌گیری قرار گرفت.

سانتی‌گراد، دمای نهایی آون ۲۵۰ درجه سانتی‌گراد (ایزوترمال به مدت ۲۵ دقیقه)، ازدیاد دما ۳ درجه بر دقیقه، گاز حامل هلیوم، دمای رابط ۲۰۰ درجه سانتی‌گراد.

طیف‌سنجی جرمی از نوع کوادراپل^۳، حالت یونیزاسیون EI، سیستم خلاء از نوع پمپ‌های توربو^۴، ولتاژ شتاب دهنده 3K volt، دمای منبع ۱۸۰ درجه سانتی‌گراد، جریان فیلامان 2.1Amp، محدوده کاری جرم مولکولی ۳۰ تا ۵۰۰ Scanning rate: 1 sec/decade می‌باشد.

بحث

نتایج حاصل از آنالیزهای اولیه در مورد خصوصیات فیزیکی-شیمیایی نمونه‌های نفت خام در جدول ۱، آورده شده است. همان‌طور که در جدول ۱، دیده می‌شود، براساس درجه API، نفت‌های تجمع‌یافته در مخزن سروک بالایی در هر دو میدان تا اندازه‌ای سنگین‌تر از نفت مخزن داریان می‌باشد.

این ویژگی به درستی با دمای نقطه ریزش هم‌خوانی دارد. یعنی نقطه ریزش نفت‌های سبک‌تر در درجات پایین و نفت‌های سنگین‌تر در دماهای بالاتر دیده می‌شود. نفت‌های لایه سروک بالایی هر دو میدان نقطه ریزشی در محدوده ۱۲- تا ۱۵- درجه و نفت‌های داریان بین ۲۱- تا ۲۶- درجه سانتی‌گراد را نشان می‌دهند. این خصوصیات نفت‌ها با دامنه تغییرات گرانی آن‌ها (با افزایش دما به آهستگی کاهش می‌یابند) در دماهای مختلف نیز هم‌خوانی خوبی را نشان می‌دهد (شکل ۲). نفت سازند داریان میدان رشادت در هر سه دمای آزمایش کم‌ترین گرانی را نشان می‌دهد. در دو دمای ۱۰ و ۴۰ درجه سانتی‌گراد بیش‌ترین گرانی مربوط به نمونه مخزن سروک بالایی در میدان رشادت است، درحالی‌که، در دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد بیش‌ترین گرانی را سروک بالایی میدان رسالت نشان می‌دهد.

نفت‌های موجود در لایه سروک بالایی در هر دو میدان رشادت و رسالت با داشتن درجه API کم‌تر (سنگین‌تر)، دارای مقادیر گوگرد بیش‌تری نیز هستند. در مقابل، نفت‌های مخزن داریان با نفت سبک‌تر تا اندازه‌ای محتویات گوگرد کم‌تری دارند. نمودار درجه API

نفت‌ها، از روش کروماتوگرافی ستونی کمک گرفته شد. در این روش، ستون‌های استوانه‌ای شیشه‌ای محتوی پودر سیلیکا-ژل و آلومینا به کار گرفته شد. با اضافه کردن مقدار ۲۰۰ میلی‌گرم از نمونه نفت خام بدون آسفالتن به ابتدای ستون و سپس با شست‌وشوی محتویات ستون (معمولاً به مدت ۷۲ ساعت به صورت ممتد) برش‌های مورد نظر جمع‌آوری گردید. جهت تشخیص جدایش از نور ماوراء بنفش استفاده شد.

جهت شست‌وشوی هر یک برش‌های اشباع، آروماتیک و رزین، به ترتیب از حلال‌های نرمال هگزان، بنزن و الکل اتانول (به میزان ۱۰۰ تا ۱۵۰ سانتی‌مترمکعب از هر کدام) استفاده شد. در نهایت برش‌های به‌دست آمده SARA (که در آن S، ترکیبات اشباع، A، آروماتیک، R، رزین و A، آسفالت است) از نمونه‌های نفت خام تعیین درصد گردید.

برای مطالعات ژئوشیمیایی برش اشباع هر نمونه، از روش کروماتوگرافی گازی استفاده شد و طیف‌های حاصل به همراه پارامترهای موردنظر به‌دست آمد. در مرحله نهایی، جداسازی بیومارکرها و شناسایی آن‌ها از برش اشباع حاصل از نمونه‌های نفت خام، با روش کروماتوگرافی گازی و طیف‌سنجی جرمی انجام شد و طیف‌های خانواده استران‌ها و هوپان‌ها و محاسبه پارامترهای مختلف به دست آمد.

۱ - کروماتوگرافی گازی

دستگاه کروماتوگراف گازی از نوع کرومپک^۱ مدل Cp-9000، نوع ستون Cp-sil-5 به طول ۱۰ متر قطر داخلی ۰/۲۵ میلی‌متر، دمای اولیه آون ۶۰ درجه سانتی‌گراد، دمای نهایی ستون ۲۶۰ درجه سانتی‌گراد، افزایش دما ۴ درجه بر دقیقه، ایزوترمال در دمای ۲۶۰ درجه برای مدت ۲۰ دقیقه، گاز حامل هلیوم، مقدار نمونه تزریق شده ۰/۵ - ۰/۲ میکرولیتر و نوع آشکارگر از نوع شعله یونی^۲.

۲ - کروماتوگرافی گازی - طیف‌سنجی جرمی

کروماتوگراف گازی از نوع Varian مدل ۳۴۰۰ نوع ستون DB-5 به طول ۳۵ متر، دمای اولیه ستون ۵۰ درجه

3. Quarapole with INCOS system
4. Turbo molecular pumps

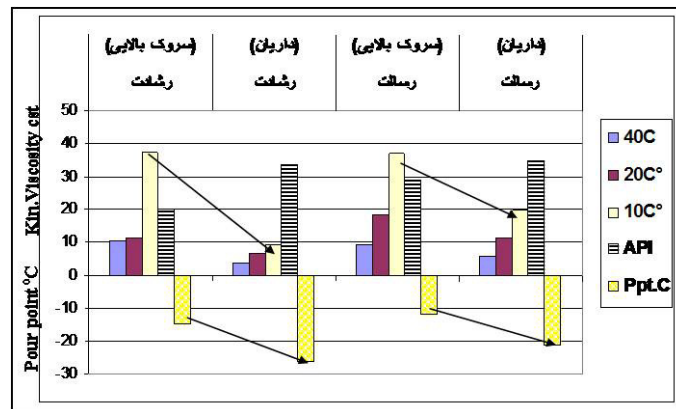
1. Chrompack gas chromatograph
2. Flame Ionization Detector

از سنگ‌منشا (هایی) زایش یافته‌اند که در محیط عمیق دریایی رسوب کرده‌اند [۱۸] در چنین شرایطی معمولاً نفت‌ها ترش می‌گردند و ترکیبات گوگرددار مانند تیول‌ها، مرکپتان‌ها، بنزوتیوفن‌ها و الماس‌واره‌های با گوگرد، با غلظت‌های فراوان در نفت‌ها دیده می‌شوند [۲]. گاهی این پدیده به مینرالوژی سنگ مخزن نیز بستگی دارد [۶]. از طرف دیگر، فرآیندهایی مانند تخریب میکروبی احیاء باکتریایی بر روی مواد هیدروکربنی نیز در ترش شدن نفت در مخازن موثر هستند [۳ و ۸].

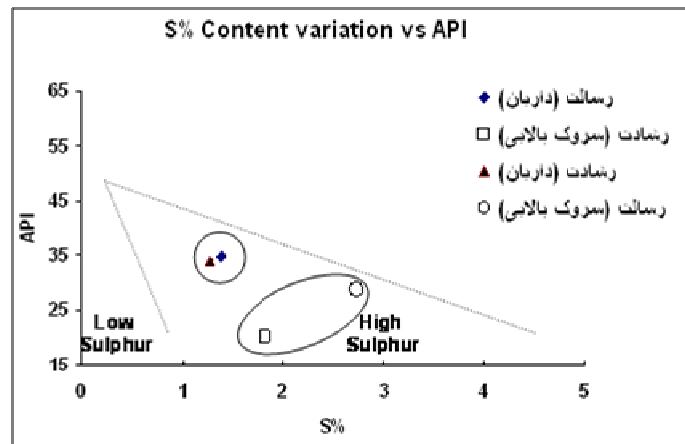
نفت‌های مورد مطالعه در مقابل محتویات ترکیبات گوگردی نشان می‌دهند (شکل ۳)، که در مجموع هر دو میدان و هر دو مخزن دارای نفت‌های ترش می‌باشند. از طرف دیگر، شباهت‌های بین نفت‌های افق‌های سروک بالایی در هر دو میدان و همچنین قرابت نزدیک خصوصیات فیزیکی نفت‌های مخازن داریان در میدان دلیلی بر وجود یک سنگ منشا هیدروکربنی در ناحیه مورد مطالعه است. تفاوت در مقادیر گوگرد این نفت‌ها می‌تواند دلایل زیادی داشته باشد، از جمله این‌که، نفت‌ها

جدول ۱. خصوصیات فیزیکی نفت‌های مخازن سروک بالایی و داریان در میادین رشادت و رسالت

نام میدان / شماره چاه	نام لایه مخزنی	API	Pour Point C°	Kin. Viscosity (cst)			S. Wt%	()	
				10C°	20C°	40C°		V ppm	Ni ppm
رشادت #۲۹	سروک بالایی	20.11	-15	37.56	11.27	10.62	1.63	75	32.5
رشادت #۹	داریان	33.76	-26	9.24	6.45	3.84	1.28	25	20
رسالت #۴	سروک بالایی	28.84	-12	36.86	18.35	8.95	2.73	25	17.5
رسالت #۹	داریان	34.69	-21	19.88	11.35	5.77	1.39	55	23.7



شکل ۲. مقایسه درجه API و دامنه تغییرات گرانی آن‌ها به همراه نقاط ریزش نفت‌های میادین تحت مطالعه



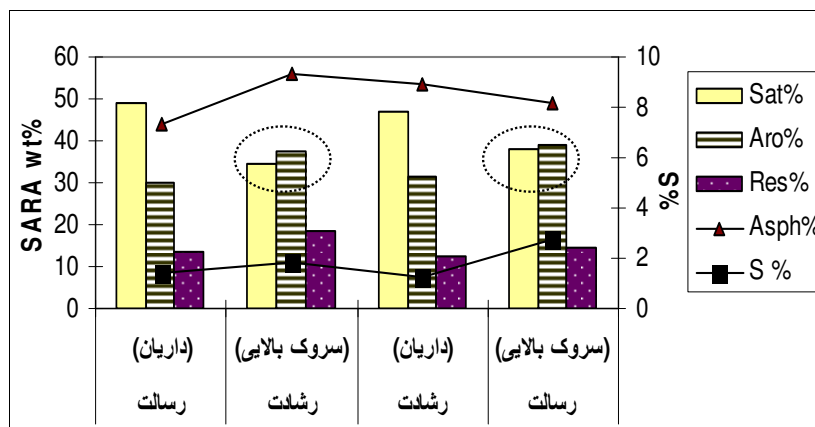
شکل ۳. نمودار تغییرات درصد گوگرد در برابر API Gravity، به منظور تعیین کیفیت نفت‌ها

سروک بالایی در هر دو میدان مشابه با نفت‌های سازند داریان در دو میدان مورد مطالعه است (شکل ۴). غلظت ترکیبات رزینی سازند سروک بالایی در هر دو میدان مشابه با سازند داریان می‌باشد. از طرف دیگر، محتویات نفت‌های میدان رشادت در هر دو مخزن اندکی مقادیر آسفالتن بیش‌تری نسبت به میدان رسالت دارند. مقایسه اجزا SARA و مقادیر گوگرد در دو میدان نشان می‌دهد که خصوصیات فیزیکی نفت‌های تجمع یافته در دو لایه مخزنی مشابه یک‌دیگر است. به عبارت دیگر، نفت‌های مخازن داریان در هر دو میدان و نفت‌های موجود در سروک بالایی از سنگ‌های مولد یکسانی زایش یافته‌اند.

تفکیک نفت‌های مورد مطالعه به اجزا و برش‌های مختلف هیدروکربنی و غیرهیدروکربنی نشان داد (جدول ۲)، که نفت‌های تجمع یافته در هر دو میدان در لایه مخزنی سروک بالایی دارای درصدهای بیش‌تری از برش ترکیبات آروماتیکی می‌باشند (بین محدوده ۳۷ تا ۴۰ درصد وزنی)، و همچنین مقادیر گوگرد آن‌ها نیز بالاست در حالی‌که، نفت‌های سازند داریان در میادین رشادت و رسالت حدود ۳۰ تا ۳۲ درصد ترکیبات آروماتیکی دارند غلظت ترکیبات گوگردی در آن‌ها در مقایسه با نفت‌های سروک اندکی کم‌تر است. در یک مقایسه کلی بر روی اجزاء SARA این نمونه نفت‌ها مشخص می‌شود که خصوصیات فیزیکی نفت‌های

جدول ۲. اجزاء و درصد برش‌های مختلف هیدروکربنی و غیرهیدروکربنی نفت‌های مورد مطالعه

میدان	لایه مخزنی	Sat%	Aro%	Res%	Asph%	S %
رشادت#۲۹	(سروک بالایی)	33.30	37.50	18.50	9.34	1.63
رشادت#۹	(داریان)	46	31.90	11.50	8.95	1.28
رسالت#۴	(سروک بالایی)	36	37	14	10.81	2.73
رسالت#۹	(داریان)	49.20	30.00	13.50	5.33	1.39

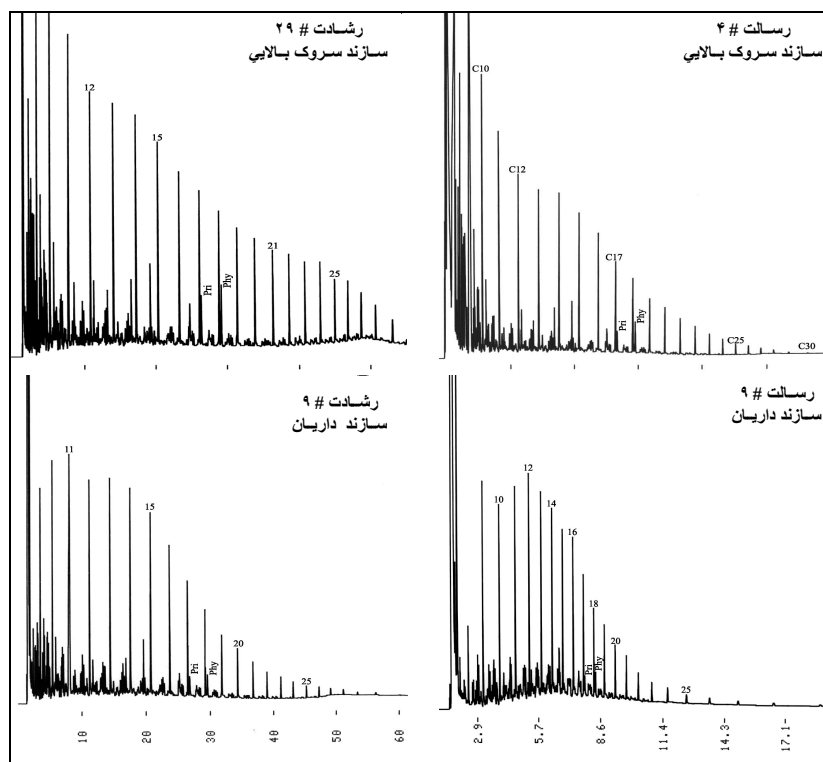


شکل ۴. مقایسه اجزا SARA نفت‌های مورد مطالعه در مقابل مقادیر گوگرد

شباهت‌های زیادی با یک‌دیگر دارند. بیش‌ترین آلکان‌های نرمال موجود در کروماتوگرام‌های هر دو میدان و هر دو مخزن تا C_{30} را نشان می‌دهند. حداکثر غلظت ترکیبات آلکان‌های نرمال کم کربن برای نفت سروک بالایی در محدوده ۷ تا ۹ کربنی دیده می‌شود در حالی‌که، این توزیع در مورد نفت داریان در هر دو میدان به آلکان‌های نرمال ۱۰ تا ۱۲ کربنی جابه‌جا می‌گردد. علی‌رغم این‌که، نفت‌های سروک بالایی دارای آلکان‌های سبک با غلظت بیش‌تری هستند، ولی در مجموع درجه API آن‌ها نسبت به نفت‌های داریان در هر دو میدان پایین‌تر است.

مقایسه کروماتوگرام‌های به‌دست آمده از آنالیز روی برش اشباع نفت این دو میدان به وسیله تکنیک کروماتوگرافی گازی (شکل ۵) نشان می‌دهد که، روند کاهش آلکان‌های نرمال با افزایش تعداد کربن به صورت طبیعی بوده و حاکی از زایش نفت‌های نرمال از سنگ منشاء (هایی) کاملاً بالغ می‌باشند.

فرآیندهایی که می‌توانند توزیع نرمال ترکیبات اشباع را در نفت‌های خام تحت‌تاثیر قرار دهند، دیده نمی‌شود. الگو و توزیع برش ترکیبات اشباع نفت سروک بالایی در دو میدان و همچنین نفت سازند داریان در دو میدان



شکل ۵. کروماتوگرام‌های حاصل از آنالیز کروماتوگرافی گازی، بر روی برش اشباع نمونه‌های نفت خام سروک بالایی و داریان رشادت و رسالت

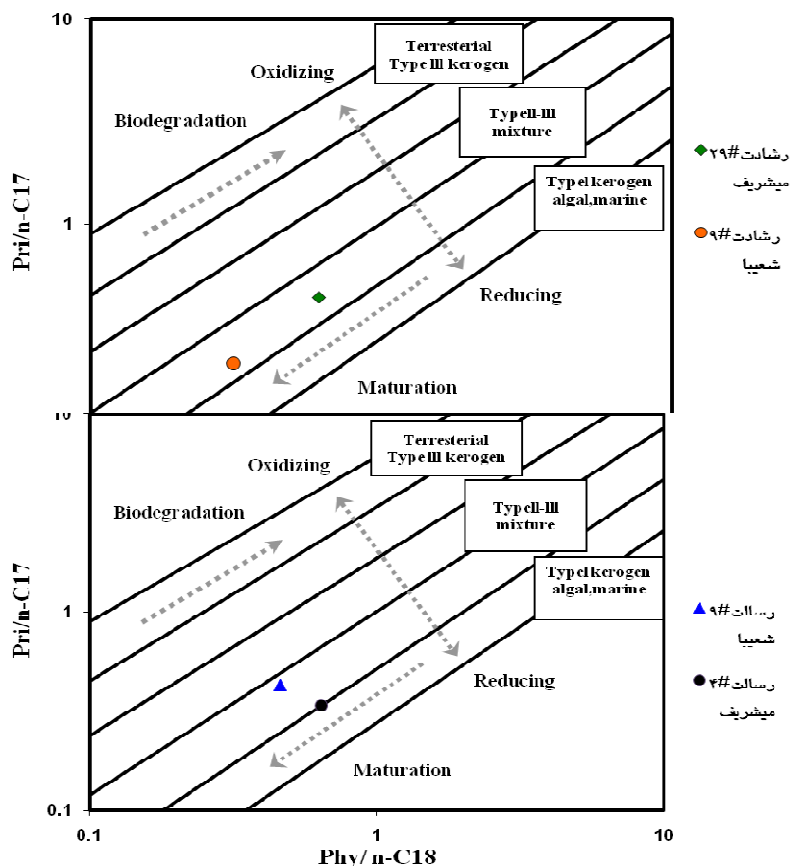
دوست)، اگر این نسبت بین ۰/۶-۱ باشد، نشان‌دهنده محیط رسوبی احيایی و اگر بین ۱-۳ باشد، بیان‌گر محیط رسوبی اکسیدی و اگر بیش از ۳ باشد، نشان‌دهنده مواد آلی اکسید شده خشکی است [۱۶]. در نفت‌هایی که به‌طور متوسط دچار تجزیه زیستی شده‌اند و سنگ منشاهای نابالغ مقدار فیتان و پرستان به‌ترتیب فراوان‌تر از n-C₁₇ و n-C₁₈ است [۹]. براساس نسبت‌های Pri/Phy نفت‌های داریان و سروک در هر دو میدان بلوغ نسبتا بالایی را نشان می‌دهند. وجود ایزوپرنوئیدهای فیتان و پرستان با غلظت‌های کم‌تر از آلکان‌های مجاورشان (شکل ۵)، نشان از عدم رخداد هر گونه فرآیندهای دگرسانی بر روی این نفت‌ها است (شکل ۶). مواد آلی سنگ‌های مادر مولد این نفت‌ها دریایی بوده که در محیط دریایی و شرایط نسبتا احيایی رسوب کرده‌اند.

از کروماتوگرام‌های حاصل نسبت‌های Pri/n-C₁₇, Pri/Phy و Phy/n-C₁₈ محاسبه گردید که نتایج آن در جدول ۳، دیده می‌شود. هیدروکربن‌های اشباع شده پرستان و فیتان از ایزوپرنوئیدهای غیرحلقوی مهم در نفت و سنگ‌منشا می‌باشند.

فیتان از احيای فیتول (الکل ۲۰ کربنی) از زنجیره جانبی کلروفیل در محیط‌های احيایی به‌وجود می‌آید. پرستان از اکسید شدن فیتول در محیط‌های اکسیدی از طریق اسید فیتانیک به‌وجود می‌آید [۱۷]. نسبت پرستان به فیتان از پارامترهای مهم در ارزیابی نفت‌ها و بیتومن می‌باشد که برای تشخیص شرایط حاکم در محیط رسوبی مواد آلی به‌کار می‌رود [۱۶]. در صورتی که این نسبت کم‌تر از ۰/۶ باشد، نشان‌گر محیط رسوبی شور در شرایط احيایی (به‌دلیل فراوانی فیتان ناشی از باکتری‌های نمک

جدول ۳. نتایج پارامترهای محاسبه شده از کروماتوگرام‌های برش اشباع نمونه‌ها

Sample	Formation	Pri/Phy	Pri/C17	Phy/C18
رشادت # ۲۹	سروک بالایی	0.86	0.44	0.61
رشادت # ۹	داریان	0.90	0.21	0.31
رسالت # ۴	سروک بالایی	0.69	0.34	0.64
رسالت # ۹	داریان	0.6	0.43	0.46

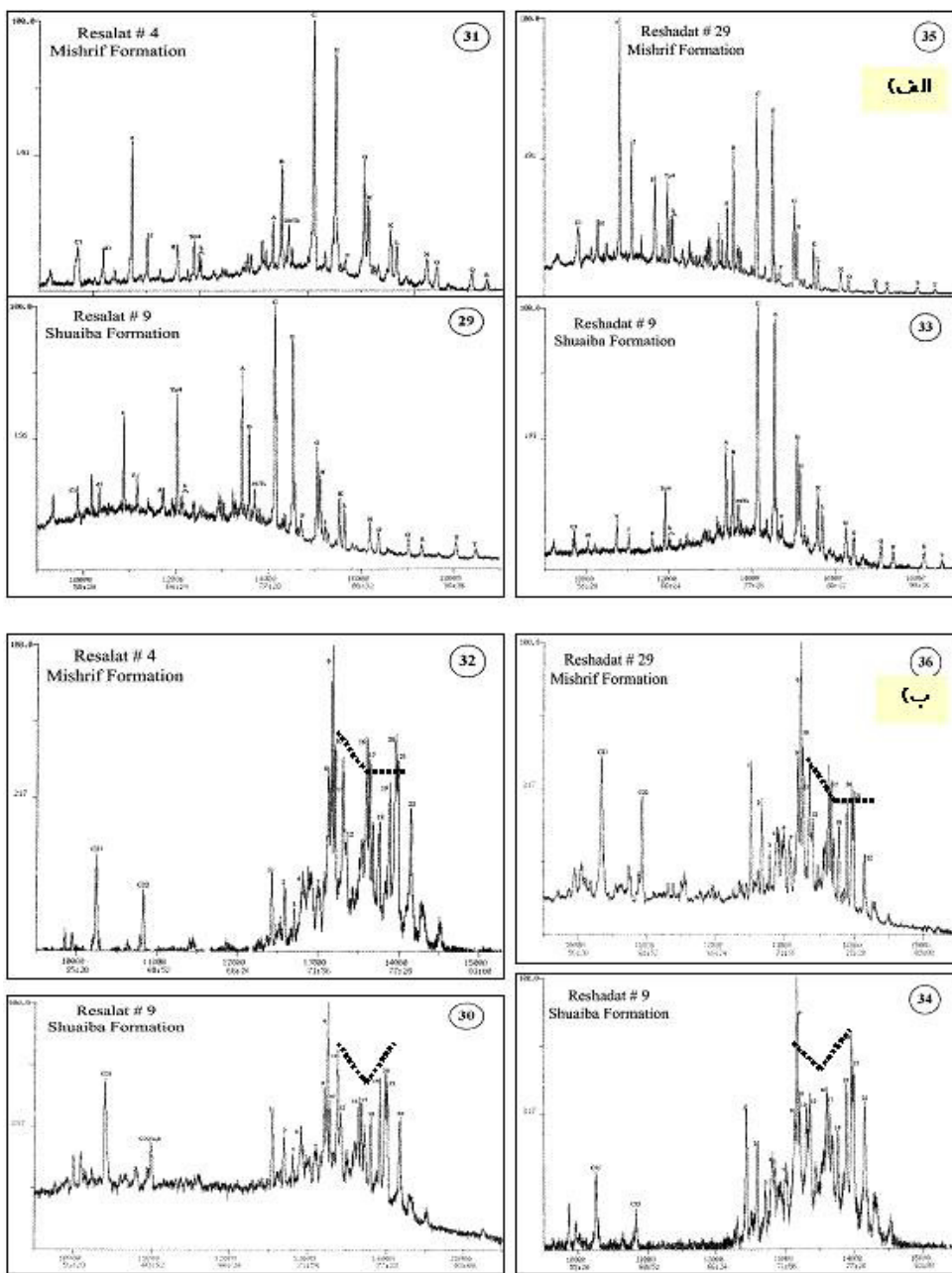


شکل ۶. نمودار تغییرات $Pri/n-C_{17}$ در مقابل $Phy/n-C_{18}$ ، نفت‌های مخازن داریان و سروک میداین رسالت و رشادت

اولیه است که بدون تغییر پس از گذشت میلیون‌ها سال در رسوبات و نفت باقی می‌ماند [۱۲]. شباهت الگوی توزیع بیومارکهای هوپان: مانند اپیمرهای مختلف تری‌سیکلیک ترپان، نسبت‌های هوپان ۲۷ کربنی از نوع T_m و T_s ، و همچنین غلظت استران ۲۷ تا ۲۹ کربنی، برای نفت‌های داریان و سروک بالایی در هر دو میدان و همچنین برای نفت‌های سروک بالایی شباهت‌های زیادی با هم داشته و ظاهر طیف‌ها نشان می‌دهد که نفت‌های این مخازن در هر دو میدان مشابه یک‌دیگر می‌باشند. به عبارت دیگر، نفت‌های مخازن سروک و داریان در هر دو میدان رسالت و رشادت از یک خانواده هیدروکربنی می‌باشند. نسبت‌های مختلفی از استرانوگرام‌ها و هوپانوگرام‌ها جهت ارزیابی‌های ژئوشیمیایی نفت‌های مورد نظر محاسبه شد که نتایج آن‌ها در جدول ۴، آورده شده است.

در ادامه، آنالیزهای تفصیلی بر روی نفت جهت شناسایی و ارزیابی خصوصیات ژئوشیمیایی با استفاده از تکنیک کروماتوگرافی گازی-طیف‌سنجی جرمی بر روی برش اشباع انجام گرفت که طیف‌های به دست آمده در شکل ۷، نشان داده شده است. برای تعیین اثر انگشت و بیومارکهای استران‌ها از نسبت جرم به بار ۲۱۷ و برای هوپان‌ها ۱۹۱ کمک گرفته شد. در این روش یک دستگاه کروماتوگراف به دستگاه طیف‌سنج جرمی وصل می‌شود. از دستگاه کروماتوگراف به منظور تفکیک نمودن ترکیبات هیدروکربورهای اشباع قبل از این که وارد طیف‌سنج جرمی شود استفاده می‌شود. در دستگاه طیف‌سنج جرمی ترکیبات مذکور از طریق بمباران الکترونی شکسته شده و یون‌های شکسته شده کوچک و ناگهانی را به وجود می‌آورد. جرم یون‌های

مولکولی و شکسته شده مذکور متفاوت خواهد بود که عمدتاً +۱ است [۱۴]. اهمیت ویژه روش کروماتوگراف گازی-طیف‌سنجی جرمی در مطالعه بیومارکر است. بیومارکرها در واقع اسکلت‌های کربن یا آثار مولکولی ماده



شکل ۷. نتایج حاصل از آنالیز نمونه‌های برش اشباع نفت‌های خام به‌وسیله روش کروماتوگرافی گازی و طیف‌سنجی جرمی. الف) طیف‌های هویان و ب) طیف‌های استران

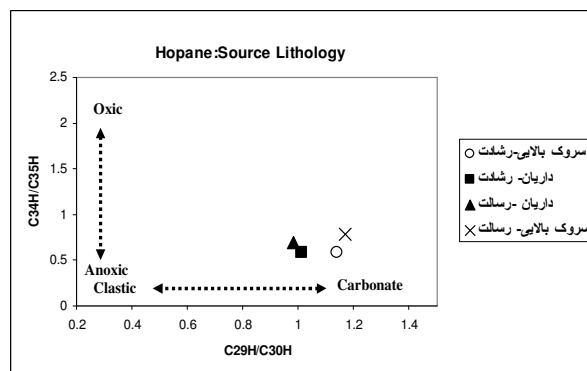
جدول ۴. پارامترهای محاسبه شده از آنالیز کروماتوگرافی گازی - طیف‌سنجی جرمی (GC-MS) برای بیومارکرهای استران‌ها و هویان‌های حاصل از برش اشباع نمونه‌های نفت خام مورد مطالعه

مشخصات میدان و چاه	نام مغزنی	GC-MS Summary						
		Steranes				Hopane		
		% C27	% C28	% C29	C29S/S+R	C34/C35	C29/C30	Ts/Ts+Tm
رشادت #۲۹	میشریف	37.87	33.55	28.57	0.63	1.30	1.0 6	0.33
رشادت #۹	شعبیا	30.9	27.69	41.39	0.47	1.40	1.05	0.52
رسالت #۹	شعبیا	29.7	31.02	39.27	0.55	1.20	1.14	0.3 1
رسالت #۴	میشریف	34.77	34.77	30.46	0.46	1.6 8	1.16	0.47

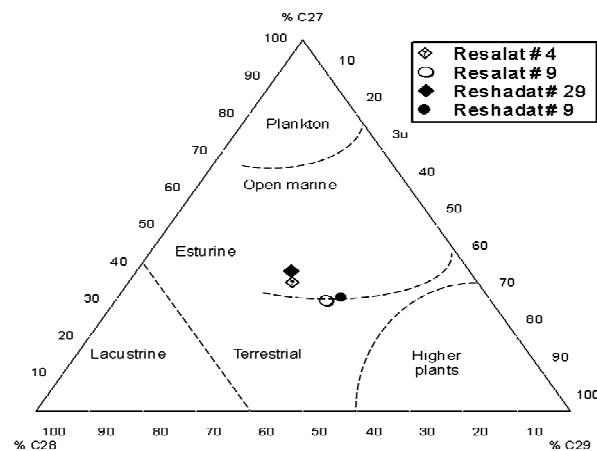
منشاء استفاده می‌شود. زیرا که فراوانی نسبی $C_{29} : C_{28}$: C_{27} مرتبط با محیط تشکیل آن‌هاست به این ترتیب که، فراوانی C_{29} به‌خاطر منشا گرفتن از گیاهان عالی خشکی، فراوانی C_{28} بیان‌گر منشا دریاچه‌ای و C_{27} بیان‌گر منشا از دریای باز می‌باشد [۷]. در این مطالعه برای شناسائی منشا مواد آلی مولد نفت‌های میادین رسالت و رشادت از ترسیم نمودار مثلثی [۱] بر اساس مقادیر درصدی استران‌های C_{27} ، C_{28} ، C_{29} (جدول ۴) استفاده گردید. در واقع کاربرد اصلی این نمودار تشخیص و تفکیک خانواده‌های نفتی مربوط به سنگ‌های منشا مختلف و یا رخساره‌های آلی متفاوت مربوط به یک سنگ منشا می‌باشد [۱۰]. طبق نمودار مثلثی مذکور (شکل ۹)، محدوده قرارگیری نمونه‌های مورد مطالعه، دریای باز با ورود اندکی مواد آلی قاره‌ای را نشان می‌دهند. تفکیک این نمونه در شکل ۱۱ بر پایه توزیع آن‌ها نشان می‌دهد که یک خانواده نفتی از سنگ‌های مادر مشابه نفت‌های مخازن سروک و داریان را تغذیه نموده‌اند.

برای تعیین محیط رسوبی و لیتولوژی سنگ‌های مادر مولد احتمالی این نفت از نسبت هوموئوپان C_{29}/C_{30} Hopane به C_{34}/C_{35} Homohopane استفاده گردید [۱۵]. ترسیم نمودار مقادیر بیومارکرهای فوق در برابر یک‌دیگر (شکل ۸)، حاکی از وجود لیتولوژی کربناته برای سنگ‌های مادر احتمالی می‌باشد. از طرف دیگر، همان‌طور که بر روی شکل ۸ مشاهده می‌شود شرایط محیط رسوب‌گذاری، غالباً احیایی بوده است. هر چند شرایط محیط رسوبی و لیتولوژی سنگ‌های مادر مولد نفت‌های مخازن داریان و سروک بالایی مشابه هستند، اما اندک تفاوت‌هایی نیز از لحاظ خصوصیات ژئوشیمیایی در آن‌ها دیده می‌شود، که حاکی از شرایط مخزنی متفاوت و نیز شرایط نگهداری متفاوت نمونه‌ها در آزمایشگاه می‌باشد.

برای شناسائی منشا مواد آلی مولد نفت‌ها از مقادیر بیومارکری استران‌های کلستان (C_{27})، ارگوستان (C_{28}) و استیگمستان (C_{29}) به‌عنوان پارامترهای شاخص سنگ



شکل ۸. نسبت هویان‌ها C_{29}/C_{30} مقابل هویان‌های توسعه‌یافته C_{34}/C_{35} برای تعیین محیط و شرایط رسوبی سنگ‌های مولد نفت‌های داریان و سروک بالایی میادین رسالت و رشادت

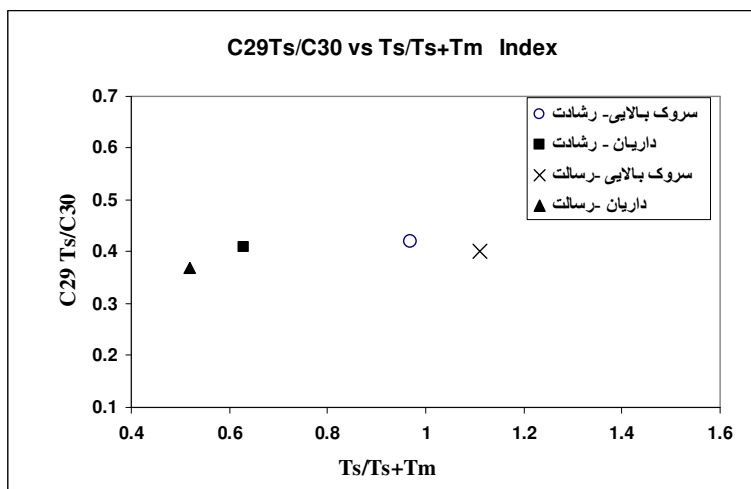


شکل ۹. نمودار مثلثی رسم شده به منظور شناسایی محیط رسوب‌گذاری سنگ‌های منشاء مولد نفت‌های میادین رسالت و رشادت

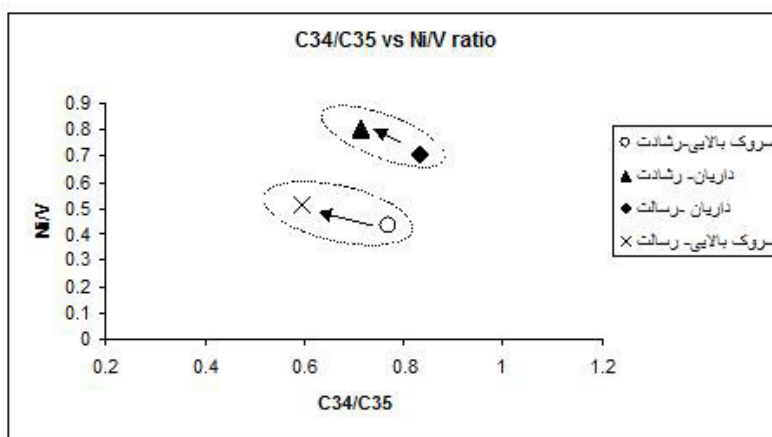
استفاده از الگوی توزیع مقادیر عناصر نیکل و وانادیم و نسبت نیکل به وانادیم در مقابل هوپان‌های C_{34}/C_{35} ، [۴ و ۱۳] (شکل ۱۱) نفت‌های مورد مطالعه بیان‌گر این است که نفت‌های مخازن داریان و سروک بالایی در دو میدان از یک خانواده نفتی می‌باشند. به‌گونه‌ای که نفت‌های سروک بالایی و نفت‌های داریان از سنگ منشایی با محیط رسوبی احیایی تولید شده‌اند. افزایش نسبت نیکل به وانادیم در مخازن داریان و سروک در میدان رسالت به طرف میدان رشادت می‌تواند نشان‌دهنده مسیر مهاجرت هیدروکربن‌ها باشد. به‌نظر می‌رسد نفت‌های مورد مطالعه از سنگ‌های منشا به سن ژوراسیک (معادل سازند سورمه‌بالایی) که در حوضه جنوبی خلیج فارس گسترش دارند، تغذیه شده باشند.

برای تشخیص و تمایز مواد آلی از سنگ‌های مولد، این دو نفت از یک‌دیگر از رسم مقادیر $(C_{29}Ts)$: 17α diahopane در مقابل C_{30} Hopane استفاده گردید. ترکیب $C_{29}Ts$ به عقیده [۱۱] از سنگ‌های مادر با کانی‌های رسی زیاد مشتق شده‌اند که در محیط‌های رسوبی نیمه‌احیایی رسوب کرده‌اند [۱۱] (شکل ۱۰). مقادیر این ترکیب نسبت به C_{30} هوپان در دو نفت نزدیک به هم هستند، و نیز نسبت‌های $Ts/Ts+Tm$ نفت دو مخزن با اندکی تفاوت مشابه یک‌دیگر می‌باشد.

نفت‌های تجمع‌یافته در مخزن داریان در هر دو میدان نسبت به نفت‌های سروک (براساس درجه API)، نسبتاً سبک‌تر می‌باشند (شکل ۳). این تفاوت می‌تواند به علت قرارگیری سازند داریان در اعماق پایین‌تر نسبت به سازند سروک باشد.



شکل ۱۰. نسبت‌های $C_{29}Ts/C_{30}$ در مقابل $Ts/Ts+Tm$ برای تشخیص خصوصیات متفاوت مواد آلی از سنگ‌های منشاء مختلف



شکل ۱۱. مقایسه نفت‌های داریان و سروک در میدان مورد مطالعه بر پایه پارامترهای ژئوشیمیایی، نسبت عنصر نیکل به وانادیم در مقابل هوپان‌های C_{34}/C_{35}

correlation for the kurdistan oil fields, northern iraq. *Geosciences Arabian*. 13-32.

- [10] Peters, K.E., Fowler, M.G (2005) Application of petroleum geochemistry to exploration and reservoir management. *Organic Geochemistry*. 5-36.
- [11] Peter, K.E. and Moldowan, J.M (1993) The biomarker guide: interpreting molecular fossils in the petroleum and ancient sediments. Prentice Hall Press. 363.
- [12] Peters, K. E., and J. M. Moldowan (1993) The Biomarker Guide, Interpreting molecular fossils in petroleum and ancient sediments, Prentice Hall, 363 p. Moldowan, J. M., K. E. Peters, R. M. K. Carlson, M. Schoell, and M. A. Abu-Ali, 1994, Diverse applications of petroleum biomarker maturity parameters: *Arabian J. for Science and Engineering*, v. 19, p. 273-298.
- [13] Sainbayar, J., Monkhoobor, D., and Avid, B (2012) Determination of trace elements in the tamsagbulag and tagaan els crude oils and their distillation fractions using by icp-oes. *Advances In Chemical Engineering And Science*. 2, 113-117.
- [14] Seifert, W. K., and J. M. Moldowan (1986) Use of biological markers in petroleum exploration, in R. B. Johns, ed., *Methods in Geochemistry and Geophysics*, v. 24, p. 261-290.
- [15] Subroto, E.A., Alexander, R. and Kagi, R.I (1991) 30 norhopanes: their occurrence in sediments and crude oils. *Chemical Geology*. 179-192.
- [16] Sun, T., Wang, C., Li, Y., Wang, L., and He, J (2013) Geochemical investigation of lacustrine oil shale in the Lunpola basin (Tibet): implications for paleoenvironment and paleoclimate. *Oil Shale*. 30, 101-116.
- [17] Tissot, B.P., Walte, D.H (1984) *Petroleum formation and occurrence* (2nd ed). Berlin Springer-Verlag. 509-523.
- [18] Wang, L., Yang, C., Cai, C., Worden, R.H., and Bottrell, S.H (2003) Thermochemical sulfate reduction and the generation of hydrogen sulfide and thiols (mercaptans) in triassic carbonate reservoirs from the sichuan basin, china. *Chemical Geology*. 39-57.

نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج به‌دست آمده از پارامترهای مرتبط با خصوصیات فیزیکی نفت‌ها، هیدروکربن‌های تجمع یافته در سازندهای داریان و سروک در میادین رسالت و رشادت دارای خواص فیزیکی مشابهی می‌باشند. مقادیر گوگرد موجود در این نفت‌ها آن‌ها را جزء نفت‌های نسبتاً ترش نشان می‌دهد. سنگ مولد این نفت‌ها یکسان بوده و یک نوع سیستم هیدروکربنی در ناحیه مورد مطالعه فعال می‌باشد. اجزا ترکیبات برش اشباع نمونه‌های نفت مورد مطالعه نشانه‌ای از رخداد فرآیند تخریب میکروبی و آب‌شویی را نشان نمی‌دهند. شاخص بیومارکر اولتنان در نفت‌های مورد بررسی حاکی از تغذیه این مخازن از سنگ منشا به سن مزوزوئیک است.

منابع

- [1] Abrakasa, S., and Muhammad, A.B (2011) Organic geochemical assessment of the source, depositional environment and migration trend of the oils in the Nembe Creek E1.0 and the Kolo Creek E2.0 reservoirs. *Applied Science Research*. 3, 342-349.
- [2] Albrecht, P., Hanin, S., Adam, P., Kowalewski, I., Carpentier, B., and Huc, A.Y (2003) Alkylated 2-thiaadamantanes: molecular markers for thermochemical sulfate reduction. *Chemical Geology*. 39-57.
- [3] Al-Sawaf, F.D.S (1977) Sulfate reduction and sulphur deposition in the lower fars formation, northern iraq. *Economic Geology*. 601-608.
- [4] Barwise, A.J.G., Amer, J., and Connan, G (1993) The origin of the lacq superieur heavy oil accumulation and of the giant lacq inferieur gas field (aquitaine basin, sw france). *Applied Petroleum Geochemistry*. 465-488.
- [5] Case concerning oil platforms (1993) International Court Of Justice. Islamic Republic Of Iran Press. 1, 158 PP.
- [6] Cross, P.C., Worden, R.H., and Smalley, M.M (2004) The influ-ences of rock fabric and mineralogy upon thermochemical sulfate reduction: khuff formation, abu-dhabi. *Sedimentary Research*. 1210-1221.
- [7] Miles, J.A (1989) *Illustrated glossary of petroleum geochemistry*. Clarendon Press. 137.
- [8] Miller, J.D.A., and Rose. A.H (1981) Microbial biodeterioration of oils. *Economic Microbiology*. 1970-1981.
- [9] Mohialdeen, I.M.J., Hakimi, M.H., and Al-Beyati, F.M (2013) Biomarker characteristics of certain crude oils and the oil-source rock

Geochemical evaluation of oils in the Sarvak and Dariyan reservoirs in Resalat and Reshadat oil fields in the Persian Gulf

M. Memariani¹ and S.Z. Hossini^{2*}

1- Geosciences Division, Research Institute of Petroleum Industry (RIPI), Tehran

2- Dept. of Geology, Faculty of Sciences, Bu-Ali Sina University, Hamedan

* zahra.hossini61@gmail.com

Received: 2013/12/30 Accepted: 2015/10/9

Abstract

In order to determine the physico-chemical characteristics of oils from upper Sarvak and Dariyan formations, 4 oil samples collected from Reshadat and Resalat oilfields were analyzed. Physical properties of oils (e.g. the API gravity), indicates that Dariyan oil in both Resalat and Reshadat oilfield is similar to (with low pour points and high sulfur contents) the oils from Sarvak reservoir. Based on geochemical results, Dariyan and Sarvak oils exhibits paraffinic oil characteristics; and probably originated from a common source rock. No oil alteration like biodegradation and leaching has been recognized in these reservoirs. According to the concentration of Ni and V and Ni/V ratios, in studied oils, it seems the migration of hydrocarbon to these reservoirs taken place from Jurassic strata (Upper Surmaeh Formation).

Keywords: Reshadat oil field, Resalat oil field, Dariyan formation, Sarvak formation, Organic geochemistry, Persian Gulf