

بررسی پتانسیل هیدروکربنی سازندهای ایلام، لافان و سروک در میدان نفتی نصرت واقع در جنوب شرق خلیج فارس با استفاده از داده‌های حاصل از پیرولیز راک ایول VI و کروماتوگرافی گازی (GC)

محمد صادقی^(۱*)، محمدرضا کمالی^۲، رضا قوامی ریابی^۳، بیوک قربانی^۴ و محمد کسایی نجفی^۵

۱. کارشناس ارشد مهندسی اکتشاف نفت دانشگاه صنعتی شاهرود

۲. دانشیار پژوهشگاه صنعت نفت

۳. استادیار دانشکده مهندسی معدن، نفت و ژئوفیزیک دانشگاه صنعتی شاهرود

۴. کارشناس ارشد پژوهشگاه صنعت نفت

۵. عضو هیئت علمی پژوهشگاه صنعت نفت

تاریخ دریافت: ۹۱/۷/۲۵

تاریخ پذیرش: ۹۱/۱۱/۲۵

چکیده

امروزه می‌توان گفت که بهترین ابزارها و روش‌ها جهت ارزیابی ژئوشیمیایی سنگ‌های منشاء استفاده از آنالیز پیرولیز راک ایول و کروماتوگرافی گازی می‌باشد. در این مطالعه به منظور ارزیابی ویژگی‌های ژئوشیمیایی سازندهای ایلام، لافان و سروک در چاه NH-01 واقع در میدان نفتی نصرت، آنالیزهای ژئوشیمیایی (آنالیزهای مقدماتی و تکمیلی شامل پیرولیز راک ایول، استخراج مواد آلی و تفریق بیتومن و کروماتوگرافی گازی) روی ۱۵ نمونه تهیه شده از خرده‌های حفاری^۱ صورت گرفت (۷ نمونه سازند ایلام، ۶ نمونه سازند لافان و ۲ نمونه سازند سروک). نتایج پیرولیز راک ایول نشان داد که کروژن نمونه‌ها ترکیبی از نوع II-III می‌باشد که تمایل بیشتر به کروژن نوع II (توانایی تولید نفت بیشتر) دارند. در مجموع نمونه‌های سازندهای ایلام، لافان و سروک پتانسیل هیدروکربنی فقیر تا ضعیف و درجه بلوغ پائینی را نشان می‌دهند. بر اساس نتایج حاصل از آنالیز کروماتوگرافی ستونی، تمامی نمونه‌های حاصل از سازندهای ایلام و سروک متشکل از هیدروکربن‌های پارافینیک می‌باشند، نتایج حاصل از کروماتوگرافی گازی نمونه‌های سازندهای ایلام و سروک بیانگر، بلوغ نسبتاً بالای این سازندها که در شرایط احیایی نهشته شده‌اند و محیط تشکیل آن‌ها بیشتر تحت تأثیر مواد آلی دریایی می‌باشد به گونه‌ای که می‌توان گفت منشاء مواد آلی نمونه‌ها (سنگ منشاء مولد احتمالی) از نوع دریایی با اندکی ورودی از خشکی می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: پتانسیل هیدروکربنی، پیرولیز راک ایول، سازندهای ایلام، لافان و سروک، کروماتوگرافی گازی، میدان نفتی نصرت.

مقدمه

شناسایی سنگ مادر و وضعیت آن در هر سیستمی ضروری است. درک این مطلب نه تنها مانع از انجام حفاری در نواحی فاقد

یکی از ارکان اصلی هر سیستم نفتی، سنگ منشأ است. بنابراین

* نویسنده مرتبط sadeghi1556@gmail.com

موقعیت جغرافیایی و چینه‌شناسی منطقه مورد مطالعه

میدان نفتی نصرت در ۳۵ کیلومتری جنوب شرقی جزیره سیری در خلیج فارس واقع شده و این میدان در مجاورت خط مرزی آبی خلیج فارس بین جمهوری اسلامی ایران و کشور امارات متحده عربی (میدان فاتح) مشترک است (شکل ۱).
میدان نصرت در سال ۱۹۶۶ میلادی توسط شرکت ملی نفت امارات متحده عربی (شرکت سوفیران) کشف و تولید از آن از

پتانسیل هیدروکربن می‌گردد بلکه از اتلاف سرمایه نیز جلوگیری می‌کند. در این مطالعه سعی شده است به تعبیر و تفسیر پتانسیل هیدروکربنی سازندهای ایلام، لافان^۲ و سروک^۳ در یکی از میداین مشترک نفتی ایران پردازد و برای نیل به این هدف از داده‌های به‌دست آمده از پیرولیز راک ایول، استخراج بیتومن، کروماتوگرافی ستونی و کروماتوگرافی گازی^۴ استفاده شده است.



شکل ۱. نقشه موقعیت جغرافیایی میدان نفتی نصرت (نقشه جامع میداین نفت و گاز خلیج فارس ۱۳۸۵، شرکت نفت فلات قاره ایران)

1. Ilam
2. Lafan
3. Sarvak
4. Gas Chromatography

را از ایلام جدا می‌کند و از نظر سنگ‌شناسی، سن و موقعیت چینه‌شناسی هم ارز و معادل سازند سورگه می‌باشد. این سازند معادل سازند شیلی لافان در قطر می‌باشد که در ایران در میدان بینک مشخص شده است. سطوح بالا و پائین لافان با ایلام و سروک به صورت همساز است (شکل ۲) (مطیعی، ۱۳۷۴). در چاه مورد نظر این سازند دارای لیتولوژی شیل مارنی، به ضخامت متوسط ۵۱ متر و به سن کرتاسه میانی (تورونین - سانتونین) تعیین شده است (Ghazban, 2007).

سروک: همان‌طور که در شکل (۲) نشان داده شده است، سازند سروک در منطقه مورد بررسی از سه بخش آهکی میشریف، خطایا و مادود^۱ تشکیل شده است (James and Wynd, 1965; Setu-dehnia, 1972) از آنجا که نمونه‌های گرفته شده از سازند سروک مربوط به بخش میشریف آن می‌باشد در مورد آن توضیحاتی داده می‌شود.

بخش میشریف سازند سروک: معادل فوقانی‌ترین رسوبات سازند سروک در منطقه است و از وکستون و پکستون‌های آب‌های کم عمق همراه با قطعات رودیستی مربوط به محیط‌های دریایی باز تا کم عمق تشکیل شده است (James and Wynd, 1965; Setudehnia, 1972).

سال ۱۹۶۹ توسط این کشور آغاز شد. این در حالی بود که اولین چاه اکتشافی ایران در سال ۱۳۶۰ توسط شرکت نفت فلات قاره حفاری شد و بهره برداری ایران از این میدان از سال ۱۳۶۵ با حفر ۴ حلقه چاه در لایه سروک بالائی (میشریف) آغاز شد (Ghazban, 2007).

از آنجا که هدف از این مطالعه بررسی پتانسیل هیدروکربن زایی سازندهای ایلام، لافان و سروک در میدان نفتی نصرت می‌باشد، لازم است توضیحاتی در مورد خصوصیات چینه‌شناسی این سازندها در منطقه مورد مطالعه داده شود. شکل (۲) ستون چینه‌شناسی را در منطقه مورد بررسی نشان می‌دهد، ترتیب زمانی سازندهای ایلام، لافان و سروک از جدید به قدیم عبارتند از:

الف) سازند ایلام: این سازند دارای دو رخساره‌ی عمیق و کم عمق می‌باشد. یکی رخساره پلاژیک نسبتاً عمیق که در لرستان وجود دارد و دیگری رخساره‌های کم عمق که در خوزستان و فارس گسترش دارد. (درویش‌زاده، ۱۳۸۲) (شکل ۲). در چاه مورد نظر سازند ایلام شامل ۱۴۹ متر شیل با لایه‌بندی منظم و میان لایه‌های نازک مارنی به سن کرتاسه بالایی (کنیاسین - سانتونین) تعیین شده است و همچنین مرز بالایی آن با سازند گورپی همساز است (Ghazban, 2007).

ب) سازند لافان: این سازند در ناحیه فارس ساحلی سروک

Era	System / Period		Series	Formation	
Cenozoic	Quaternary			Bakhtiari	
				Agha Jari	
	Tertiary	Neogene		Mishan	
				Guri Member	
				Gachsaran	
		Paleogene	Eocene		Asmari
					Dammam
			Paleocene		Jahrum
	Mesozoic	Cretaceous			Rus
					Radhuma
				Pabdeh	
Upper					Simsima
					Gurpi
					Shargi
Middle					Malul
					Ilam
					Laffan
					Mishrif
		Sarvak			
		Khatiyah			
Lower		Maudud			
		Kazhdumi			
		Dariyan			
		Nahr UMR			
		Shuaiba			
		Hawar			
	Gadvan				
	Fahliyan				
	Yamama				
	Sulaiy				
Unconformity					

شکل ۲. ستون چینه‌شناسی منطقه مورد بررسی که شامل سازندهای ایلام، لافان و سروک می‌باشد (Ghazban, 2007).

روش مطالعه

جهت ارزیابی بلوغ و پتانسیل هیدروکربن زائی سنگ‌های منشأ احتمالی در میدان نفتی نصرت که شامل سازندهای ایلام، لافان و سروک می‌باشد، تعداد ۱۵ نمونه خرده حفاری (۶ نمونه از سازند ایلام، ۷ نمونه از سازند لافان و ۲ نمونه از سازند سروک) که از چاه NH-01 میدان نفتی نصرت (موقعیت این چاه به دلیل قرارگیری آن در مرز مشترک ایران با امارات متحده عربی محرمانه بوده و از طرف شرکت ملی نفت ایران اجازه انتشار داده نشده است) گرفته شده است. در آزمایشگاه مورد آنالیز پیرولیز راک ایول VI قرار گرفتند. معیار انتخاب نمونه‌ها شیلی بودن آن‌ها در سر چاه بوده است زیرا تنها نمونه‌های شیلی قابلیت سنگ منشأ شدن دارند همچنین به دلیل مخارج سنگین آنالیز کروماتوگرافی گازی تنها تعداد ۲ نمونه از سازندهای ایلام و سروک برای آنالیزهای شیمیایی و تکمیلی انتخاب گردیدند (نمونه‌های سازند لافان در پیرولیز راک ایول پتانسیل خوبی را نشان ندادند و از نمونه‌های سازند لافان در آنالیز تکمیلی استفاده نشده است). روش پیرولیز راک ایول VI، که در این مطالعه به کار گرفته شده، آخرین نسل از سری محصولات راک ایول می‌باشد. بعد از انتخاب نمونه‌ها در آزمایشگاه، مقدار ۶۰ تا ۷۰ میلی گرم از هر نمونه تیمار و سپس توسط دستگاه راک ایول VI آنالیز گردیده و

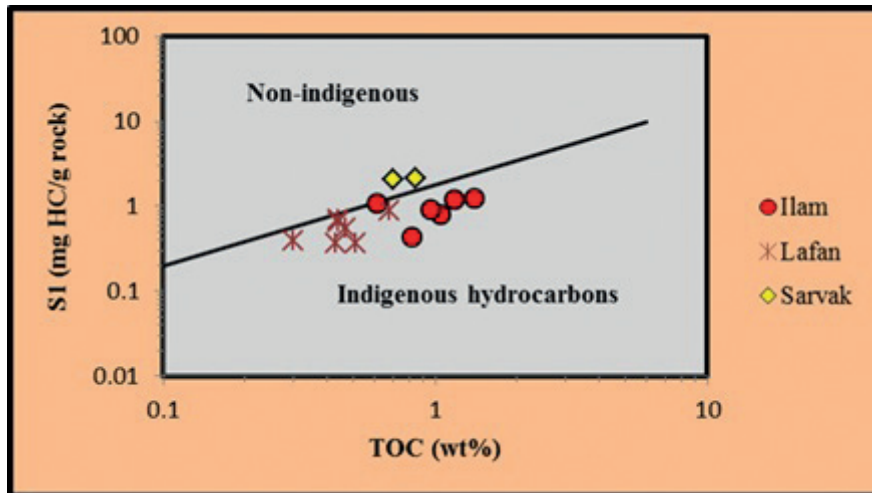
مقدار کل کربن آلی (TOC)، S_1 ، S_2 و T_{max} و پارامترهای دیگر مورد بررسی قرار گرفت (جدول ۱). آنالیز کروماتوگرافی گازی روش دیگری است که در این مطالعه به منظور ارزیابی ژئوشیمیایی از آن استفاده شده است، کروماتوگرافی گازی از تکنیک‌هایی است که در ژئوشیمی آلی برای تعیین ویژگی نفت‌ها استفاده می‌شود. این روش به طور کلی به منظور شناسایی پراکندگی هیدروکربن‌ها و نحوه حضور ترکیبات مختلف از جمله آلکان‌های نرمال، ایزوپرنوئیدهای مانند پرستان و فیتان و برخی دیگر بیومارکرها می‌باشد. از داده‌های بدست آمده از این روش، می‌توان نوع رخساره آلی، نوع کروژن، نوع محیط رسوب‌گذاری، بلوغ حرارتی و تأثیر پدیده‌های تخریب زیستی بر روی نمونه‌های مورد مطالعه را تعیین نمود. برای این منظور ابتدا آسفالتن نمونه‌ها توسط روش استاندارد آسفالتن‌گیری از طریق اضافه نمودن نرمال هگزان از نفت خام تفکیک گردید (باقری و علیزاده، ۱۳۸۶). در مرحله بعد، آنالیز کروماتوگرافی ستونی (با استفاده از روش‌های استاندارد ثبت شده) به منظور جدایش سه جزء اشباع^۲، آروماتیک^۳ و رزین^۴ روی نمونه‌ها انجام گردید. در نهایت جزء اشباع نمونه‌ها به منظور آنالیز تکمیلی وارد دستگاه کروماتوگرافی گازی گردید، لازم به ذکر است که دستگاه کروماتوگرافی گازی مورد استفاده در این مطالعه مدل CP۵-3800

جدول ۱. داده‌های بدست آمده از پیرولیز راک ایول ۶ نمونه‌های سازندهای ایلام، لافان و سروک.

NO	Formation	Litho	Depth (m)	TOC (wt. %)	T_{max}^* (°C)	S_1	S_2	PI	HI	OI
1		MISh	2927	1.05	431	0.81	2.71	0.23	258	226
2		MISh	2933.5	1.17	438	1.19	3.96	0.23	338	133
3	Ilam	Sh	2942	0.96	429	0.91	2.53	0.27	264	247
4		Sh	2951	0.82	431	0.44	1.49	0.23	182	212
5		Sh	2965	1.39	431	1.24	4	0.24	288	210
6		MI	3076	0.61	429	1.09	1.31	0.45	215	215
7		MISh	3086.5	0.68	430	0.89	1.64	0.35	241	288
8		MISh	3097.5	0.47	420	0.55	0.91	0.38	194	504
9		MISh	3105	0.44	335	0.65	1.23	0.35	280	275
10	Laffan	MISh	3112.5	0.44	355	0.71	1.45	0.33	330	266
11		MISh	3126.5	0.3	373	0.39	0.5	0.44	167	597
12		Sh	3132.5	0.51	432	0.37	0.7	0.34	137	312
13		Sh	3137	0.43	423	0.37	0.65	0.36	151	460
14	Sarvak	MISh	3144.5	0.85	421	2.13	1.61	0.57	189	271
15		MISh	3150.5	0.7	418	2.04	1.35	0.6	193	274

Litho \approx Lithology, MI \approx Marle, Sh \approx Shale, $S_1 = \text{mg Hc/g rock}$, $S_2 = \text{mg Hc/g rock}$, HI = mg HC/g TOC, OI = mg CO₂/g TOC, PI = $S_1 / (S_1 + S_2)$

1. Total Organic Carbon
2. Saturate
3. Aromatic
4. Resin
5. Chrompack



شکل ۳. منحنی تغییرات S_1 در برابر TOC نمونه‌های مورد مطالعه سازندهای ایلام، لافان و سروک (Hunt, 1996)

سروک دو نوع آغستگی و مهاجرت ترکیبات هیدروکربنی را نشان می‌دهند که می‌تواند ناشی از موارد ذیل باشد:
الف) از آنجایی که نمونه‌های مورد استفاده خرده حفاری می‌باشند لذا بیشتر نمونه‌ها تا حدودی توسط افزودنی گل حفاری و ترکیبات پلیمری آلوده شده‌اند.

ب) بیشتر نمونه‌ها آغستگی به نفت مهاجرت یافته از لایه‌های زیرین را نشان می‌دهند که سعی گردید قبل از آنالیز پیرولیزی نمونه‌ها با حلال دی کلرومتان شستشو داده شوند.

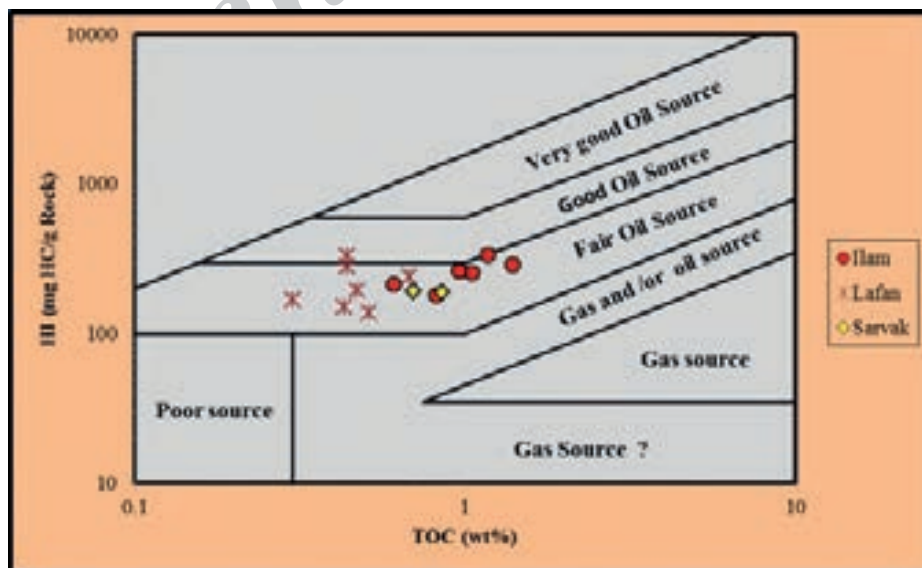
تعیین توان تولید هیدروکربن

به منظور تعیین توانایی تولید هیدروکربن از پارامتر HI در برابر TOC استفاده شده است (علیزاده و همکاران، ۱۳۸۵) و نتایج آن در شکل (۴) مشاهده می‌شود. رسم دیاگرام HI در مقابل TOC

بوده که ساخت شرکت VARIAN هلند می‌باشد، شناسایی پیک‌ها توسط آشکارگر FID^۱ انجام گرفته است. ستون موئینه‌ای^۲ به طول ۲۵ متر و با قطر داخلی ۰/۵۳ میلی متر است. گاز حامل^۳ هلیوم بوده و از هوای فشرده و گاز هیدروژن جهت شعله آشکارگر (FID) استفاده شده است.

بحث

به منظور اطمینان از عدم آلودگی نمونه‌ها از منحنی تغییرات S_1 در برابر TOC استفاده شد (شکل ۳). همان‌گونه که مشاهده می‌شود تمامی نمونه‌های برداشت شده از سازندهای ایلام و لافان، زیر خط آلودگی قرار گرفته‌اند. یا به عبارت دیگر نسبت S_1/TOC در این سازندها کمتر از ۱/۵ می‌باشد و از همین رو احتمال آغستگی یا آلودگی این نمونه‌ها بسیار پایین می‌باشد. نمونه‌های سازند



شکل ۴. دیاگرام HI در برابر TOC جهت تعیین پتانسیل هیدروکربنی سازندهای ایلام، لافان و سروک (علیزاده و همکاران، ۱۳۸۵).

1. Flame Ionization Detector
2. Capillary column
3. Carrier gas

شده (شکل ۶) قلمداد نمود و نیز نمودار تغییرات HI در برابر T_{max} (شکل ۷) استفاده نمود (Alizade et al., 2012). دیاگرام ون کروئلن تصحیح شده که برای نمونه‌های سازندهای ایلام، لافان و سروک ترسیم شده است (شکل ۶)، بیانگر آن است که نوع کروژن تمامی این سازندها تلفیقی از کروژن‌های نوع II و III می‌باشند و بیشتر حاوی کروژن نوع II می‌باشند که خود گویای این مطلب است که سازندهای ایلام، لافان و سروک در صورت رسیدن به بلوغ کافی توانایی تولید نفت بیشتری دارند (شکل ۶). یکی دیگر از دیاگرام‌ها برای تعیین نوع کروژن، استفاده از دیاگرام HI در برابر T_{max} می‌باشد (Hunt, 1996)، همان طور که در شکل (۷) نشان داده شده است کروژن تمامی نمونه‌ها ترکیبی از کروژن نوع II-III می‌باشد که نوع II آن نمود بیشتری دارد، بنابراین دیاگرام HI در برابر T_{max} نتایج دیاگرام HI در برابر OI را تأیید می‌کند. از طرف دیگر با توجه به شکل (۷) می‌توان این نکته را دریافت که:

نمونه‌های سازند ایلام وارد پنجره نفت زایی نشده اند و در اوایل پنجره نفت زایی قرار دارند یعنی این نمونه‌ها در اواخر مرحله دیاژنز و اوایل مرحله کاتازنز می‌باشند (نابالغ^۵ - بالغ). در صورتی که نمونه‌های سازندهای لافان و سروک نابالغ می‌باشند ($T_{max} < 435^{\circ}C$).

به عبارت دیگر هیچ یک از نمونه‌های سازندهای ایلام، لافان و سروک هنوز به مرحله بلوغ نرسیده‌اند که توانایی تولید نفت یا گاز داشته باشند.

برای سازندهای ایلام، لافان و سروک نشان می‌دهد که تمامی نمونه‌های سازندهای ایلام، لافان و سروک در محدوده ضعیف^۱ قرار دارند (شکل ۴).

همچنین می‌توانیم از نمودار تغییرات S_1+S_2 در برابر TOC جهت تعیین توان و پتانسیل هیدروکربن زایی سازندها استفاده کنیم (Huang et al., 2003). ترسیم این دیاگرام برای نمونه‌های مورد مطالعه نشان می‌دهد که:

پتانسیل هیدروکربنی نمونه‌های سازند ایلام در محدوده متوسط تا خوب^۲ قرار دارند.

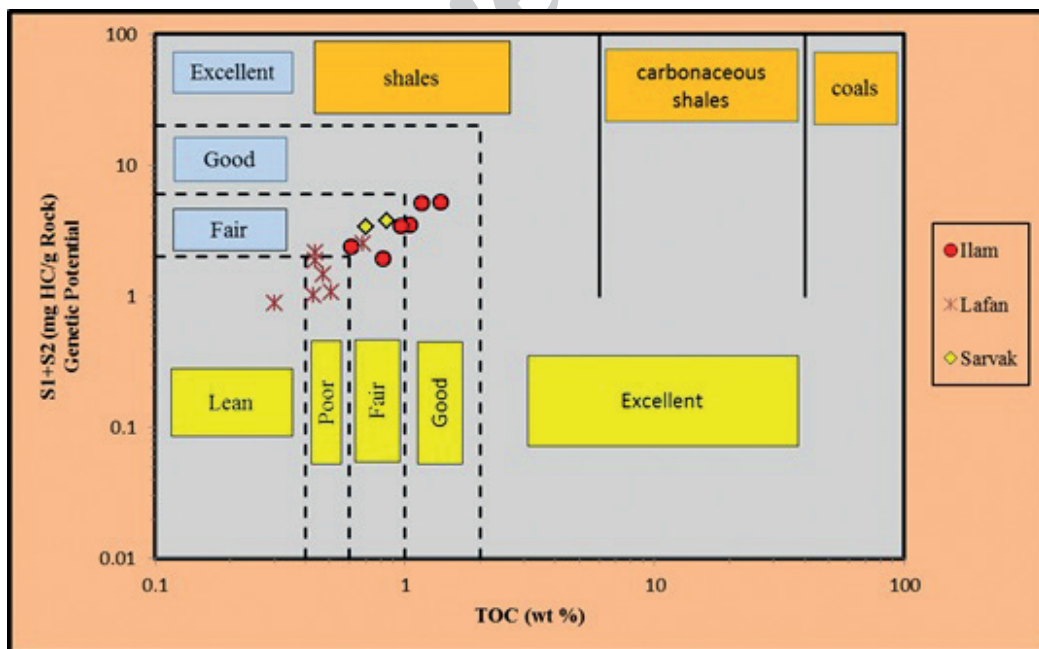
پتانسیل هیدروکربنی نمونه‌های سازند لافان در محدوده فقیر^۳ قرار دارند.

پتانسیل هیدروکربنی نمونه‌های سازند سروک در محدوده متوسط^۴ قرار دارند (شکل ۵).

از روی دیاگرام (شکل ۵) نیز می‌توان این نکته را دریافت که لیتولوژی سازندهای ایلام، لافان و سروک باید عمدتاً شیلی باشد. این در حالی است که با لیتولوژی واقعی نمونه‌های سازندهای ایلام، لافان و سروک (مارن شیلی) تطابق خیلی خوبی دارد زیرا هر دو حاوی کانی‌های رسی می‌باشند.

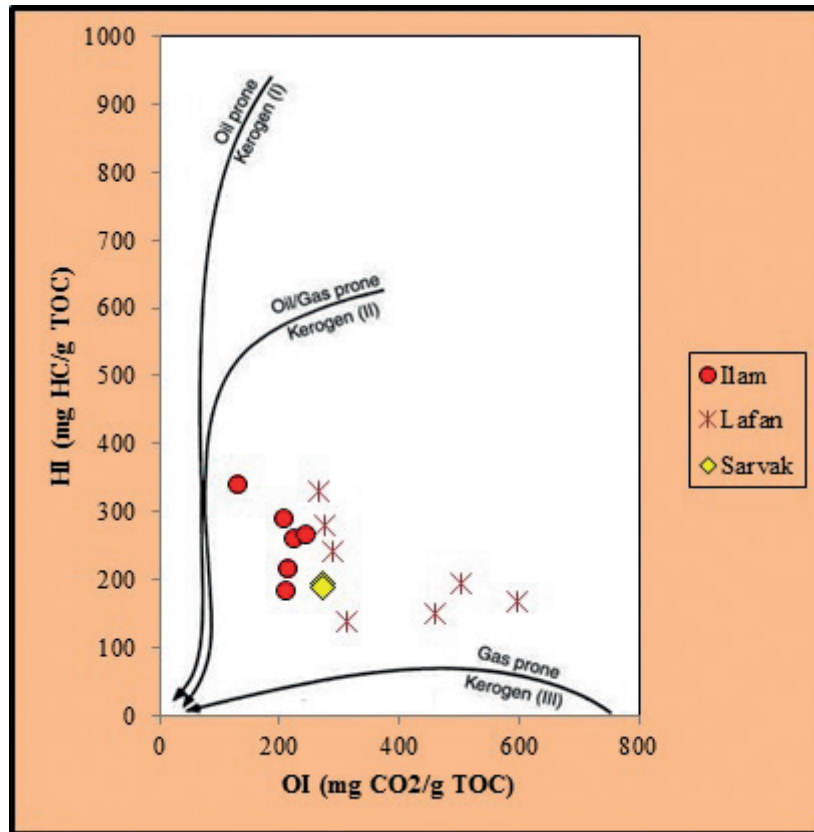
تعیین نوع کروژن

جهت پی بردن به نوع کروژن و میزان بلوغ آن می‌توان از نمودار تغییرات HI (شاخص هیدروژن) در برابر OI (شاخص اکسیژن) که به نوعی می‌شود آنرا دیاگرام ون کروئلن تصحیح

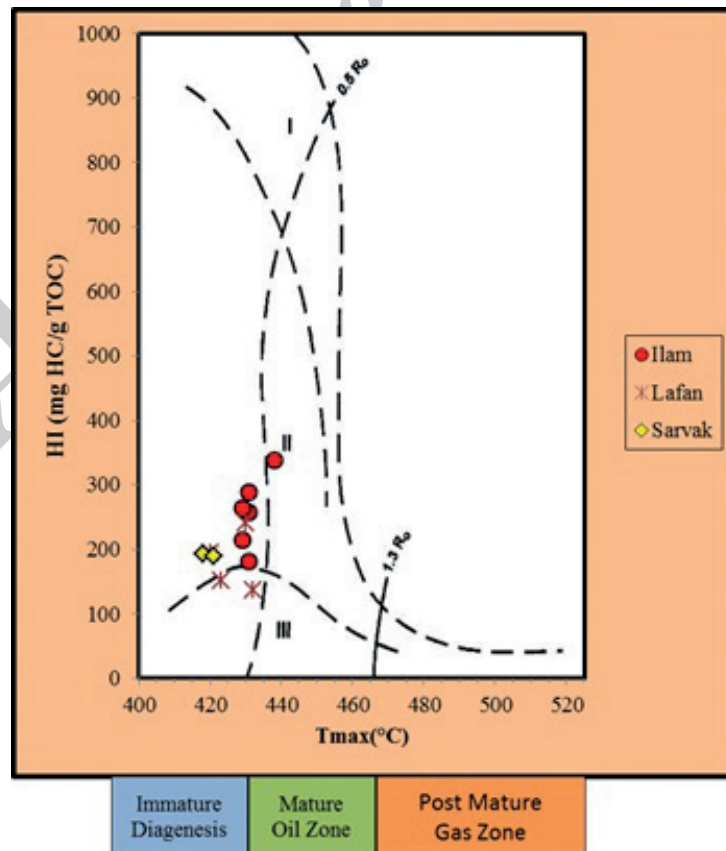


شکل ۵. نمودار تغییرات S_1+S_2 در برابر TOC به منظور ارزیابی پتانسیل ژنتیکی نمونه‌های مورد مطالعه سازندهای ایلام، لافان و سروک (Huang et al., 2003).

1. Fair oil source
2. Fair- Good
3. Poor
4. Fair
5. Immature



شکل ۶. نمودار تغییرات HI در برابر OI نمونه‌های سازندهای ایلام، لافان و سروک (Hunt, 1996).



شکل ۷. دیاگرام HI در برابر T_{max} به منظور تعیین بلوغ و نوع کروژن نمونه‌های مورد مطالعه سازندهای ایلام، لافان و سروک (Hunt, 1996).

سازند سروک: فقط دارای محدوده رخساره C می باشد که مبین محیطهایی با سرعت رسوب گذاری متوسط در شرایط احیایی می باشد (شکل ۸).

دیاگرام اسمیت در مورد سازندهای ایلام، لافان و سروک

استفاده از دیاگرام (Smith 1994)، در مورد تمامی نمونه های مورد مطالعه نشان می دهد که در تمامی نمونه های سازند های ایلام، لافان و سروک نسبت S_1/TOC بیشتر از ۰/۱ است و تمامی نمونه ها در عمقی قرار دارند (۱۰۰۰ متر به بالا) که شرایط لازم برای زایش نفت را دارا می باشند. (شکل ۹).

در نهایت با استناد به داده های حاصل از پیرولیز راک ایول VI و همچنین دیاگرام های ترسیم شده در این بخش می توان دریافت که نمونه های سازند لافان قابلیت سنگ منشاء شدن را ندارند زیرا نه تنها مقدار TOC پایین ($TOC < 0.5$) و مقدار S_2 پایینی دارند ($0 < S_2 < 2.5$) بلکه از نظر پارامتر بلوغ (T_{max}) نیز نابالغ شناسایی می گردند ($T_{max} < 435^\circ C$)، (جدول ۱). به همین دلیل از نمونه های سازند لافان برای آنالیز تکمیلی کروماتوگرافی گازی استفاده نشد.

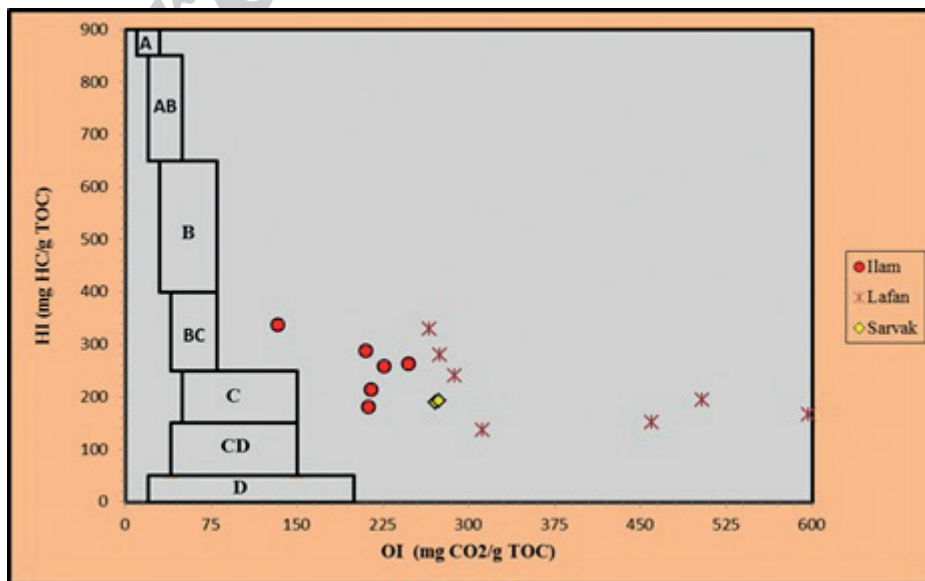
تعیین کیفیت هیدروکربنی نمونه های مورد مطالعه

نتایج مرحله آسفالتن گیری و کروماتوگرافی ستونی که به دستیابی برش های هیدروکربن های اشباع و استخراج بیومارکرهای ارزشمند منتهی می شود در شکل (۱۰) نشان داده شده اند. همان طور که در شکل (۱۰) نشان داده شده است میزان ترکیبات اشباع سازندهای ایلام و سروک به مراتب بیشتر از مابقی ترکیبات است و همچنین ترکیبات اشباع سازند ایلام از سازند سروک نیز بیشتر می باشد و این نشان می دهد که نمونه ها دارای نفت سبک می باشند که از نظر اقتصادی بسیار مناسب تولید می باشد. جهت تعیین نوع نفت های مورد مطالعه از دیاگرام مثلی

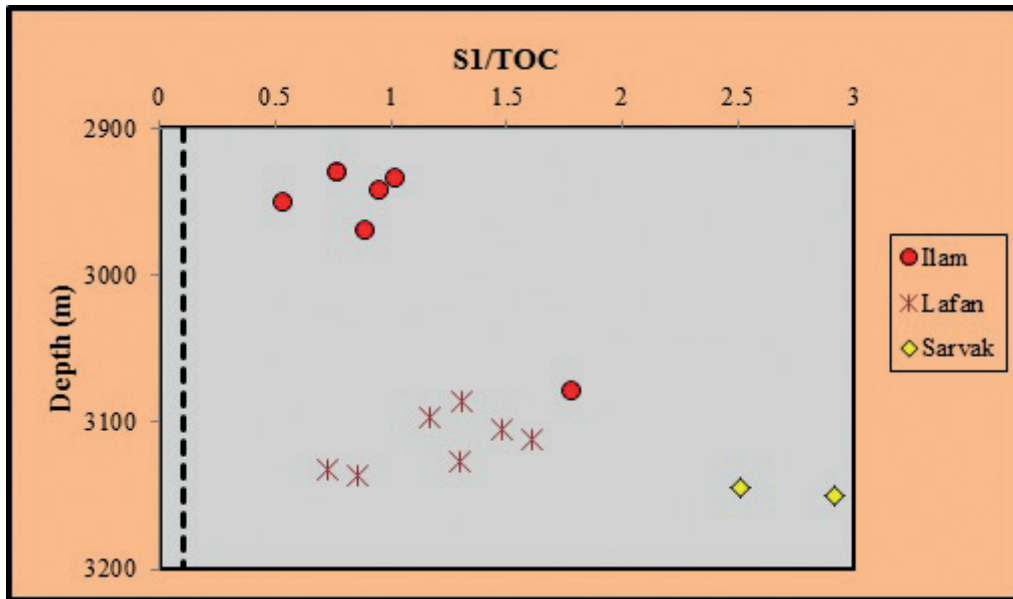
تعیین رخساره آلی سازندهای ایلام، لافان و سروک
برای تعیین رخساره آلی سازندهای ایلام، لافان و سروک از نمودار (Jones 1987) استفاده گردیده است (شکل ۸). این نمودار که بر اساس تغییرات مقادیر HI در برابر OI می باشد محدوده رخساره های آلی موجود در سازندها را مشخص می کند. هرکدام از محدوده ها در جدول اطلاعاتی (Jones 1987) ویژگی های مخصوص به خود را دارند که در ذیل آمده است:

A: محیط دریاچه ای شدیداً احیایی، AB: محیط های دریایی پیشرونده احیایی، B: محیط های دریایی یا دریاچه ای نسبتاً احیایی، BC: محیط های دارای مواد آلی دریایی و قاره ای و رسوب گذاری سریع در شرایط نسبتاً اکسیدان، C: محیط های با سرعت رسوب گذاری متوسط در شرایط احیایی، CD: محیط های عمیق در مجاورت نقاط کوهزایی، D: محیط های قاره ای شدیداً اکسیدان (Jones, 1987). بنابراین با پلات کردن نمونه های مورد مطالعه در نمودار (Jones 1987) رخساره های آلی سازندهای ایلام، لافان و سروک به صورت ذیل تعیین شدند (شکل ۸):

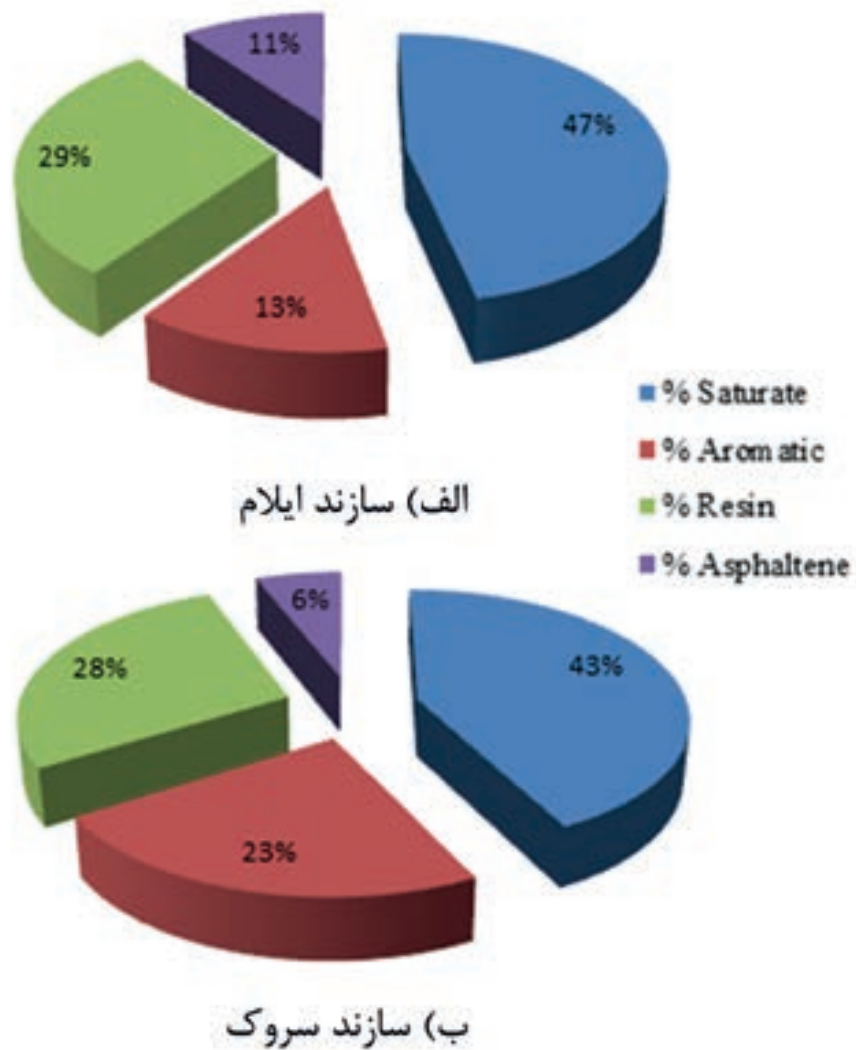
سازند ایلام: دارای محدوده رخساره ای BC-C می باشد، این محدوده ها نشان می دهد که سازند ایلام در محیط های دریایی احیایی تا کمی اکسیدان نهشته شده است، علاوه بر آن، Jones (1987)، نشان داده است که رسوبات متعلق به رخساره های BC و C نشانگر رسوبات فلات قاره و شیب قاره دوران مزوزوئیک و ترشیاری بوده که در حاشیه های قاره ای نهشته شده اند (شکل ۸). سازند لافان: دارای محدوده رخساره ای CD-C-BC می باشد، این محدوده ها شاخص محیط های دریایی تا قاره ای اکسیدان می باشند (شکل ۸). Jones (1987) نشان داده است که رسوبات متعلق به رخساره های BC و C نشانگر رسوبات فلات قاره و شیب قاره دوران مزوزوئیک و ترشیاری بوده که در حاشیه های قاره ای نهشته شده اند، در حالی که رسوبات مربوط به رخساره های CD در نواحی قاره ای رسوب گذاری نموده اند.



شکل ۸. نمودار تعیین رخساره آلی سازندهای ایلام، لافان و سروک با استفاده از نسبت تغییرات HI در برابر OI (Jones, 1987)



شکل ۹. ترسیم نمودار Smith (1994) برای نمونه‌های مورد مطالعه سازندهای ایلام، لافان و سروک (Smith, 1994).



شکل ۱۰. درصد برش‌های اشباع تفکیک شده از سازندهای ایلام و سروک در میدان نفتی نصرت.

یک پراکندگی نرمال را نشان می‌دهد. همچنین روند نرمال توزیع آلکان‌های سبک بیان کننده عدم تأثیر فرایندهای ثانویه نظیر تجزیه شدگی زیستی در حین دپازن در نمونه‌های مورد مطالعه است (Peters and Moldovan, 1993).

ب) محدوده ابتدایی کروماتوگرام‌ها تقریباً خالی از ترکیبات اشباع (تا محدوده nC_{14}) می‌باشد که خود ناشی از تبخیر شدن مواد آلی در حین عملیات جداسازی بوده و دیگر اینکه نمونه‌ها برای سال‌ها در آرشیو (انبار مغزه‌های شرکت ملی نفت) نگهداری شده بنابراین الگوی هیدروکربنی طبیعی (با فراریت اجزاء سبک) را نشان می‌دهد.

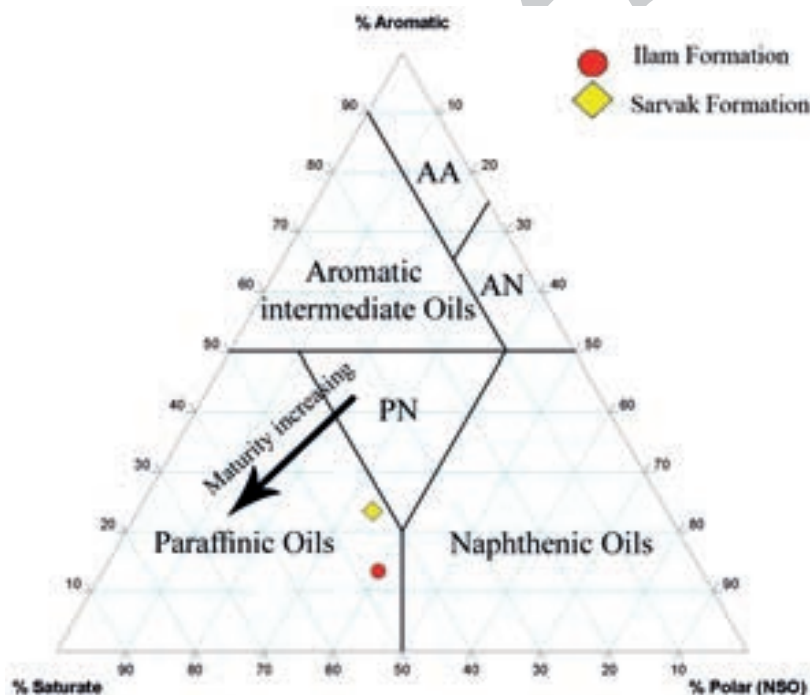
ه) با توجه طیف کروماتوگرافی گازی نمونه‌های سازندهای ایلام و سروک (شکل‌های ۱۲ و ۱۳)، در میابیم که هیدروکربن‌های سبک که شامل nC_{15} تا nC_{19} می‌باشند از فراوانی بالایی برخوردار بوده و برعکس هیدروکربن‌های سنگین که شامل کربن بالاتر از nC_{20} است، فراوانی کمتری را از خود نشان می‌دهند. که این مطلب نشان‌دهنده نفت‌های حاصل از مواد آلی دریایی با بلوغ بالا می‌باشند.

(Tissot and Welte, 1984)، که بر اساس درصد سه جزء اشباع، آروماتیک و قطبی^۱، استفاده گردید. بررسی درصد برش‌های نفتی در میدان نفتی نصرت در شکل (۱۱) نشان‌دهنده درصد بالای برش اشباع در آن‌ها می‌باشد که نشان می‌دهد نمونه‌ها عمدتاً پارافینی^۲ هستند شکل (۱۱).

آنالیز کروماتوگرافی بر روی ۲ نمونه تهیه شده از چاه NH-01 میدان نفتی نصرت انجام گرفت که یکی از نمونه‌ها مربوط به سازند ایلام و دیگری مربوط به سازند سروک است. نتایج کروماتوگرافی گازی بر روی برش‌های هیدروکربنی اشباع ۲ نمونه سنگ منشاء مورد ارزیابی در جدول ۲ نشان داده شده است. همچنین شکل‌های (۱۲ و ۱۳) کروماتوگرام‌های گازی مربوط به این ۲ نمونه را نشان می‌دهد. در ادامه کاربرد داده‌های بدست آمده از آنالیز GC را برای مطالعات سنگ منشاء و بلوغ آن‌ها مورد بررسی قرار خواهد گرفت.

با توجه به کروماتوگرام‌های گازی حاصل از نمونه‌های مورد آزمایش (شکل‌های ۱۲ و ۱۳) و مقادیر نرمال کربن آن‌ها می‌توان دریافت که:

الف) طیف کروماتوگرافی گازی نمونه‌ها (شکل‌های ۱۲ و ۱۳)



AA : Aromatic-asphaltic Oils, AN : Aromatic-naphthenic Oils, PN : Paraffinic-naphthenic Oils

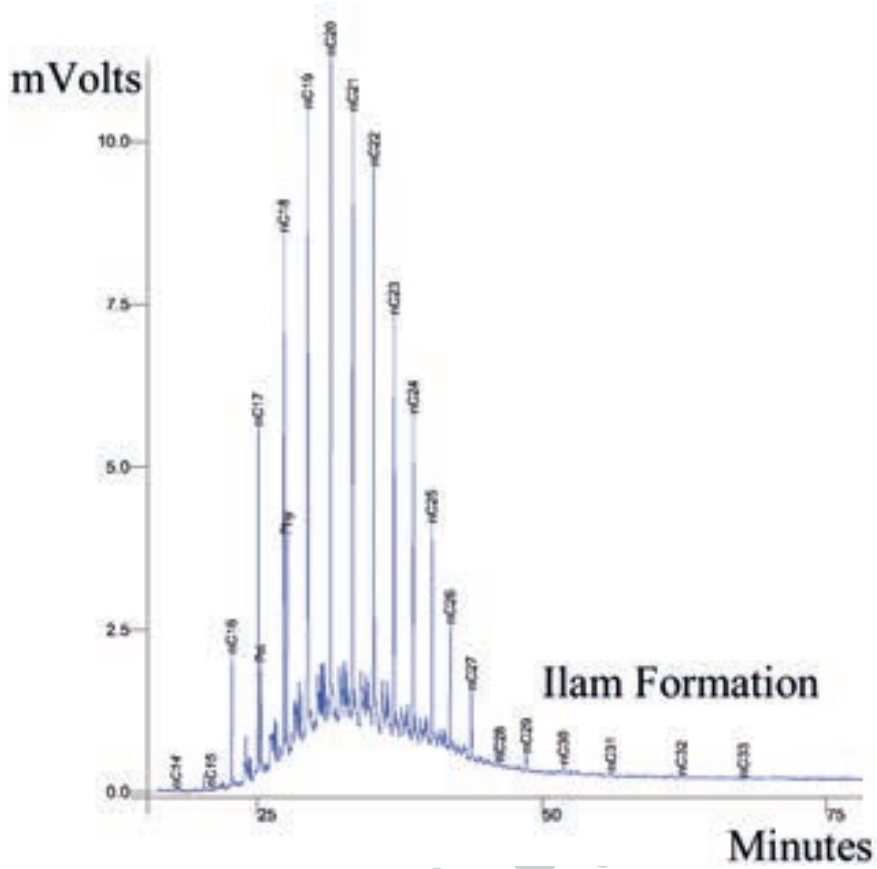
شکل ۱۱. دیاگرام مثلثی ترسیم شده جهت تعیین ترکیب شیمیایی نفت نمونه‌های مورد مطالعه (Tissot and Welte, 1984)

جدول ۲. داده‌های حاصل از آنالیز GC بر روی برش اشباع نمونه‌های بدست آمده از میدان نفتی نصرت

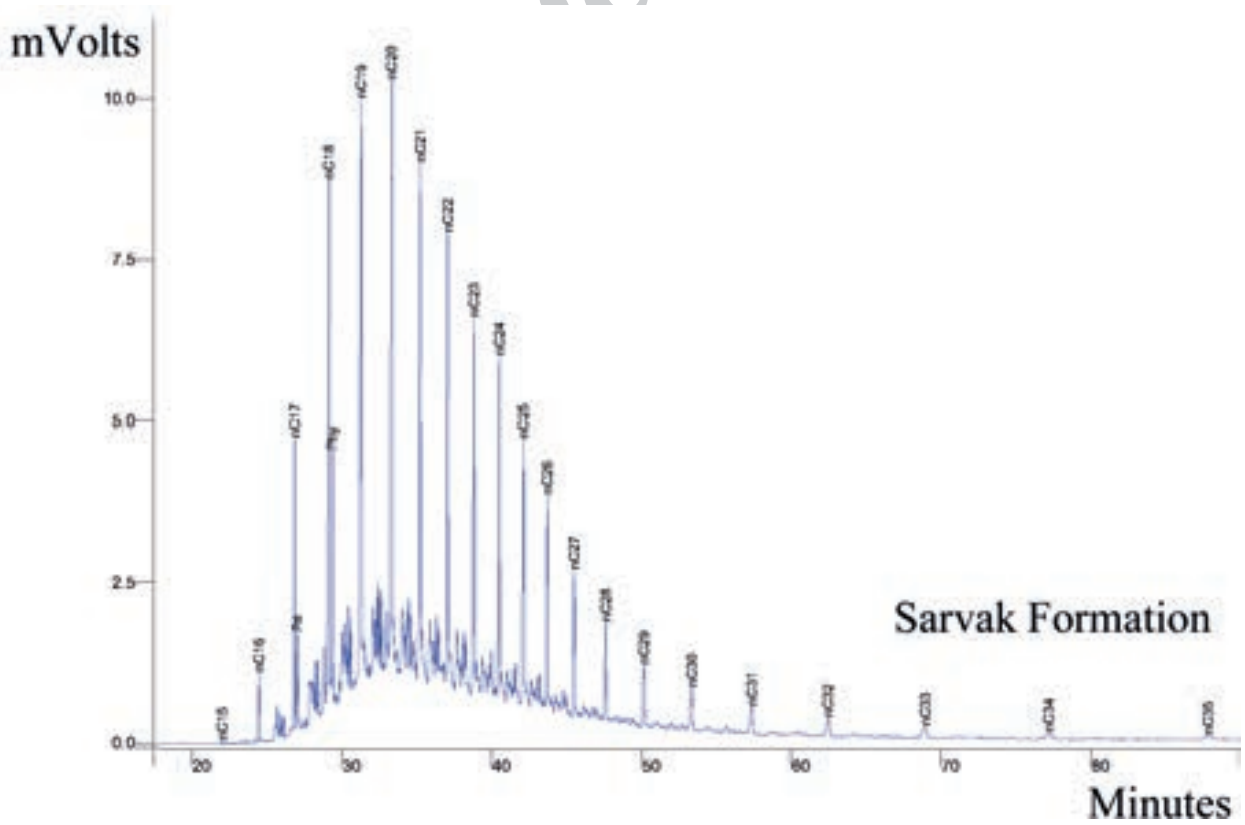
NO	Name	Pr/Ph	Pr/nC17	Ph/nC18	CPI	TARs
1	Ilam	0.45	0.46	0.58	0.99	0.12
2	Sarvak	0.38	0.49	0.49	0.97	0.29

1. Polar = NSO = Resin+ Asphaltene

2. Paraffinic oils



شکل ۱۲. کروماتوگرام حاصل از آنالیز GC برش اشباع نمونه سازند ایلام



شکل ۱۳. کروماتوگرام حاصل از آنالیز GC برش اشباع نمونه سازند سروک

ج) نسبت مواد قاره‌ای به دریایی (Terrigenous / Aquat- **ic Ratios, TARs**): بر اساس مقادیر محاسبه شده برای نسبت مواد آلی قاره‌ای به دریایی این مقدار در نمونه های مورد مطالعه دارای مقدار کمی (در حدود ۰/۱۵) می‌باشد (جدول ۲). این امر نشان‌دهنده تأثیر بیشتر مواد آلی دریایی نسبت به قاره‌ای در سنگ منشاء نفت‌های این میدان می‌باشد. شاخص TARs به صورت رابطه ۲ محاسبه می‌گردد (Hunt, 1996):

$$\text{TARs} = \frac{(nC_{27} + nC_{29} + nC_{31})}{(nC_{15} + nC_{17} + nC_{19})} \quad \text{رابطه ۲}$$

د) ترسیم تغییرات نمودار نسبت‌های **Pristane/nC₁₇** در مقابل **Phytane/nC₁₈**: با استفاده از نمودار نسبت‌های **Pr/nC₁₇** و **Ph/nC₁₈** می‌توان محیط رسوب‌گذاری سنگ منشاء نفت، میزان بلوغ حرارتی و فرایندهای ثانویه تأثیرگذار بر نفت‌ها را تعیین نمود. بر این اساس مشخص گردید که:

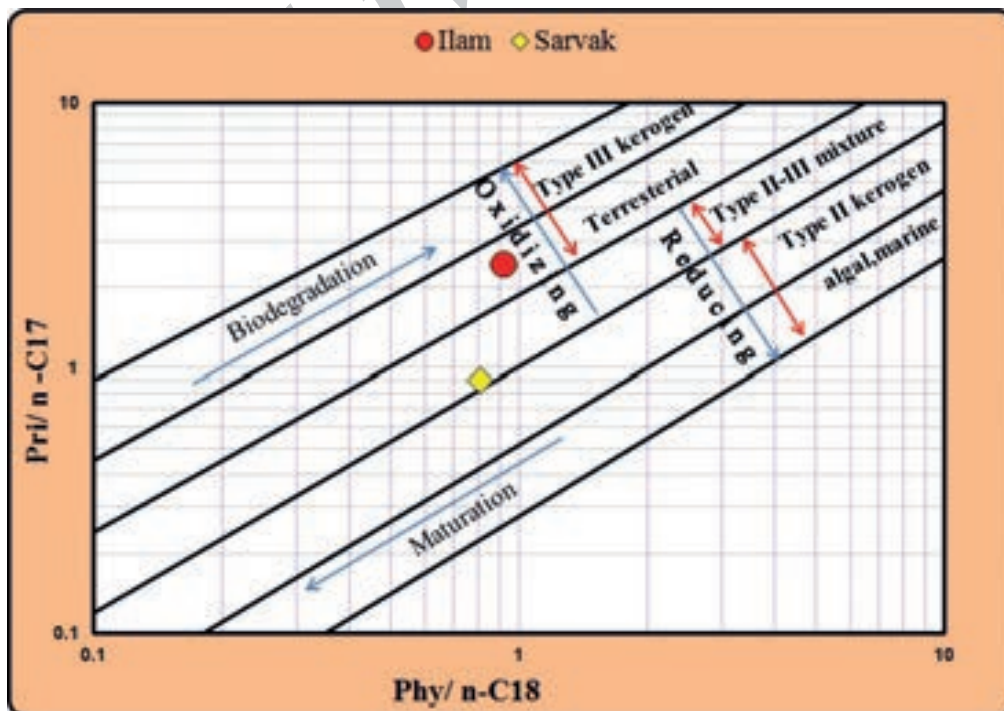
نمونه سازند ایلام بیشتر تحت شرایط اکسیدی رسوب کرده است بنابراین تجزیه‌شدگی زیستی در حین دیاژنز روی آن تأثیر گذاشته است و حاوی ترکیبی از کروژن نوع II-III می‌باشد (شکل ۱۴). نمونه سازند سروک که تحت شرایط احیایی و در محیط دریایی با ورود اندکی از مواد خشکی رسوب کرده است، بنابراین از تجزیه‌شدگی زیستی در حین دیاژنز تا حدودی حفظ شده است که این امر منجر به حفظ شدن ماده آلی در سازند سروک گردیده است، همچنین سازند سروک حاوی ترکیبی از کروژن نوع II-III می‌باشد و میزان بلوغ آن متوسط ارزیابی می‌شود (شکل ۱۴).

ارزیابی محیط رسوب‌گذاری سنگ‌های منشاء بر اساس الف) شاخص ترجیحی کربن (CPI): در سنگ‌های منشاء با بلوغ حرارتی بالا هیدروکربن‌های تولید شده دارای مقادیر CPI بین ۰,۹ تا ۱,۳ می‌باشند به همین لحاظ این پارامتر می‌تواند جهت ارزیابی بلوغ سنگ‌های منشاء نیز بکار رود (Yensepbayev et al., 2010). بدین ترتیب شاخص ارجحیت کربن مطابق رابطه ۱ محاسبه می‌گردد (Bray and Evans, 1961):

$$\text{CPI} = \frac{2 \times (C_{23} + C_{25} + C_{27} + C_{29} + C_{31} + C_{33})}{C_{22} + 2 \times [C_{24} + C_{26} + C_{28} + C_{30} + C_{32}] + C_{34}} \quad \text{رابطه ۱}$$

بر اساس مقادیر بدست آمده از آنالیز GC انجام شده نسبت CPI برای نمونه های مورد مطالعه مورد محاسبه قرار گرفت (جدول ۲) که بر این اساس نمونه‌ها با دارا بودن CPI در حدود ۱ نشان‌دهنده بلوغ نسبتاً بالای این نمونه‌ها می‌باشد. همچنین این مقدار می‌تواند نشان‌دهنده سنگ منشاء دریایی برای نمونه‌ها نیز باشد.

ب) **نسبت پرستان به فیتان (Pr/Ph):** نسبت پرستان به فیتان (Pr/Ph) محاسبه شده برای نمونه‌های مورد مطالعه نشان داد که این نسبت در تمامی نمونه‌ها کمتر از ۱ می‌باشد (جدول ۲). این امر می‌تواند نشان‌دهنده رسوب سنگ منشاء در یک محیط احیایی باشد. البته این نتیجه باید با پارامترهای دیگر نیز مقایسه شود، همچنین مقادیر نسبت پرستان به فیتان کمتر از ۲ می‌تواند نشان‌دهنده تشکیل نفت از سنگ منشأی کربناته احیایی دریایی غنی از ماده آلی باشد (Powell and Mckirdy, 1973).



شکل ۱۴. نمودار تغییرات نسبت **Pristane/nC₁₇** به **Phytane/nC₁₈** (Hunt, 1996).

و کروماتوگرافی گازی نمونه‌ها را انجام دادند تقدیر و تشکر ویژه‌ای می‌شود.

منابع

باقری، س. و علیزاده، ب.، ۱۳۸۶. ارزیابی بلوغ نفت‌های خام مخزن آسماری در میدان نفتی لالی جنوب غرب ایران. یازدهمین همایش انجمن زمین‌شناسی ایران. درویش‌زاده، ع.، ۱۳۸۲. زمین‌شناسی ایران. چاپ سوم، انتشارات امیرکبیر، تهران، ۶۴۸.

علیزاده، ب. آدابی، م. ح. و تزه، ف.، ۱۳۸۵. ارزیابی پتانسیل هیدروکربورزایی سنگهای منشأ احتمالی در میدان نفتی مارون با استفاده از دستگاه پیرولیز راک - ایول ۶. مجله علوم دانشگاه تهران ۲۶۷-۲۷۴.

مطبعی، ه.، ۱۳۷۴. زمین‌شناسی ایران، زمین‌شناسی نفت زاگرس، سازمان زمین‌شناسی کشور.

- Alizadeh, B., Sarafdokht, H., Rajabi, M. and Janbaz, M., 2012. Organic geochemistry and petrography of Kazhdumi (Albian-Cenomanian) and Pabdeh (Paleogene) potential source rocks in southern part of the Dezful Embayment, Iran. *Journal of Organic Geochemistry*, 49, 36-46.

- Bray, E.E. and Evans, E.D., 1961. Distribution of n-paraffins as a clue to recognition of source beds. *Journal of Geochimica et Cosmochimica Acta*, 22, 2-15.

- Huang, B., Xiao, X. and Zhang, M., 2003. Geochemistry, grouping and origins of crude oils in the western Pearl River Mouth Basin, Offshore South China Sea. *Journal of Organic Geochemistry*, 34, 993-1008.

- Hunt, J.M., 1996. *Petroleum Geochemistry and Geology*. Freeman and Company, New York, 2nd edition, 764.

- Ghazban, F., 2007. *Petroleum Geology of the Persian Gulf*. University of Tehran, Iran. 707.

- James, G.A. and Wynd, J.G., 1965. Stratigraphic nomenclature of Iranian Oil Consortium Agreement Area. 49, 2182-2245.

- Jones, R.W., 1987. Organic Facies. In: Brooks, J., Welte, D. (Eds.), *Advances in Petroleum Geochemistry*. Academic Press, New York, 1-90.

- Peters, K.E. and Moldowan, J.M., 1993. *The Biomarker Guide. Interpreting Molecular Fossils in Petroleum and Ancient Sediments*. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, New Jersey.

- Powell, T.G. and Mckirdy, D.M., 1973. The effect of source material, rock type and diagenesis on the n-al-

نتیجه‌گیری

با توجه به مطالعات صورت گرفته و تفاسیری که از نتایج آنالیزهای مختلف انجام شده بر روی نمونه‌های تهیه شده از چاه NH-01 موجود در سازندهای ایلام، لافان و سروک در میدان نفتی نصرت از حوضه رسوبی خلیج فارس به دست آمده، می‌توان چنین بیان کرد:

نمونه‌های سازندهای ایلام و لافان در پیرولیز راک ایول VI نشان دادند که هیچ گونه آغستگی یا آلودگی در آنها مشاهده نشده است. ولی در نمونه‌های سازند سروک نفت مهاجرت یافته یا نابرجا مشاهده شده است، نمونه‌ها از لحاظ غنای مواد آلی فقیر و از نظر درجه‌بندی سنگ منشأ احتمالی با پتانسیل هیدروکربنی فقیر ارزیابی می‌شوند. نوع کروژن تمامی این سازندها تلفیقی از کروژن‌های نوع II و III می‌باشند و بیشتر حاوی کروژن نوع II می‌باشند که بیانگر توانایی تولید نفت بیشتر این سازندها در صورت رسیدن به بلوغ کافی است. از نظر بلوغ می‌توان دریافت که نمونه‌های سازند ایلام وارد پنجره نفت زایی نشده‌اند و در اوایل پنجره نفت‌زایی قرار دارند (نابالغ - بالغ). درحالی‌که نمونه‌های سازندهای لافان و سروک نابالغ می‌باشند. از روی دیانگرام (Jones (1987)، دریافت شد که رخساره تمامی نمونه‌ها متعلق به محدوده‌های BC- C- CD می‌باشد که این محدوده‌ها شاخص محیط‌های دریایی تا قاره‌ای احیایی می‌باشند. همچنین از دیانگرام اسمیت این نتیجه گرفته می‌شود که تمامی نمونه‌ها در عمقی قرار دارند که شرایط لازم برای زایش نفت را دارا می‌باشند. نتایج بدست آمده از آنالیز کروماتوگرافی گازی سازندهای ایلام و سروک بدین صورت تعیین شد که خواص شیمیایی بیتومن حاصل از نمونه‌های سازندهای ایلام و سروک، نشان دهنده خصوصیات پارافینی می‌باشد. بلوغ نسبتاً بالای سازندهای ایلام و سروک ناشی از دارا بودن CPI در حدود ۱ می‌باشد و از آنجایی که نسبت Pr/Ph در نمونه‌ها کمتر از ۱ می‌باشد بیانگر ته نشست نمونه‌ها در شرایط احیایی است که خود منجر به حفظ شدن مواد آلی در آنها شده است. همچنین پایین بودن نسبت TARs در نمونه‌ها (۰،۱۵) نشان از تأثیر بیشتر مواد آلی دریایی نسبت به قاره‌ای در سنگ منشأ نفت‌های این میدان می‌باشد. از دیانگرام نسبت‌های Pristane/nC₁₇ برحسب Phytane/nC₁₈ می‌توان دریافت که نوع کروژن نمونه‌ها (II-III) که بیانگر آن است منشأ مواد آلی نمونه‌ها (سنگ منشأ مولد احتمالی) بیشتر از نوع دریایی با اندکی ورودی از خشکی می‌باشد.

سپاسگزاری

این مقاله تحت حمایت‌های مادی و معنوی شرکت ملی نفت ایران می‌باشد لذا جا دارد که از واحد تحقیق و پژوهش شرکت نفت فلات قاره ایران به جهت در اختیار قرار دادن داده‌های مورد نیاز کمال تشکر و قدردانی را بنماییم. همچنین از پرسنل آزمایشگاه AGH کراکوف لهستان و آزمایشگاه کروماتوگرافی گازی پژوهشگاه صنعت نفت که آنالیزهای پیرولیز راک ایول VI

kane content of sediments. *Journal of Geochemica et Cosmochimica Acta*, 35, 523-633.

- Setudehnia, A., 1972. Iran du Sud-Ouest: Lexique Strat. Internat., Centre Nat. Rech. Scientifique. Paris, III Asie, Fasc. 9b, 289-376.

- Smith, J.T., 1994. Petroleum systems logic as an exploration tool in a frontier setting. In L.B. Magoon and W.G.Dow (eds), *The Petroleum System-from Source to Trap*. AAPG Memoir 6. Tulsa: American Association of Petroleum Geologist, 25- 49.

- Tissot, B.P., and Welte, D.H., 1984. *Petroleum Formation and Occurrence*. 2nd Edition. Springer-Verlog, New York.

- Yensepbayev, A., Izart, G., Joltaev, Y., Hautevelle, M. and Elie, I., 2010. Geochemical characterization of source rocks and oils from the eastern part of the Precaspian and Pre-Uralian Basins (Kazakhstan): Palaeoenvironmental and palaeothermal interpretation. *Journal of Organic Geochemistry*, 41, 719-720.

Archive of SID