



مقایسه‌ی پتانسیل سنگ‌های منشأ کژدومی و پابده در میدان نفتی مارون با استفاده از نمودار استاندارد ژئوشیمیایی کل کربن آلی به هیدروکربن‌های پیرولیزی (S_2 vs. TOC)

محمّد مهدی فجرک^۱، بهرام علیزاده^۱، هرمز قلاوند^۲، فرید تژه^۳

(۱) گروه زمین‌شناسی، دانشگاه شهید چمران اهواز Mahdifajrak@yahoo.com

(۲) رئیس اداره‌ی زمین‌شناسی بنیانی شرکت ملی مناطق نفت خیز جنوب

(۳) اداره‌ی اکتشافات شرکت ملی نفت ایران

چکیده

در این مطالعه سازنده‌ای کژدومی و پابده در میدان نفتی مارون مورد بررسی قرار گرفته‌اند. روش نمودار کل کربن آلی به هیدروکربن‌های پیرولیزی یکی از مناسب‌ترین روش‌های مورد استفاده در تفسیر داده‌های حاصل از پیرولیز می‌باشد. با استفاده از این روش خصوصیات ژئوشیمیایی سازنده‌های مذکور مورد بررسی قرار گرفته و پس از آن با یکدیگر مقایسه شده‌اند. کروژن سازند کژدومی از نوع II و سازند پابده تلفیقی از کروژن II-III تعیین گردید. این دیاگرام نشان می‌دهد که سازند کژدومی در مقایسه با سازند پابده دارای پتانسیل هیدروکربن‌زایی بیشتری است. میزان کربن آلی مرده سازند کژدومی ۰/۹۳ درصد وزنی و پابده ۰/۵ درصد وزنی به دست آمد. تعیین میزان جذب هیدروکربن توسط ماتریکس سنگ با استفاده از این روش نشان داد که میزان جذب در نمونه‌های حاصل از سازند کژدومی بیشتر از سازند پابده می‌باشد. این امر مبین آن است که ماتریکس سنگ‌ها در سازند کژدومی در مقایسه با سازند پابده دارای کانی‌های رسی بیشتری است و سازند کژدومی نسبت به سازند پابده در میدان مارون از کیفیت مناسب‌تری برای سنگ منشأ برخوردار است.

واژه‌های کلیدی: پابده، راک ایول، ژئوشیمی آلی، سنگ منشأ، کژدومی، میدان مارون

Potential comparison of Kazhdomi and Pabdeh source rocks in Marun oilfield, by S_2 vs. TOC standard geochemical diagram

M. M. Fajrak¹, B. Alizadeh¹, H. Ghalavand² & F. Tezheh³

1) Department of Geology, Shahid Chamran University, Ahvaz, I. R. Iran

2) Head of Fundamental Geology, NISOC

3) Exploration Management NIOC

Abstract

In this paper the Kazhdomi and Pabdeh Formations in Marun oilfield were studied. The S_2 vs. TOC diagram is one of the best methods used for interpretation of data's obtained by pyrolysis. With the use

of this method geochemical properties of these two formations were evaluated, interpreted and then compared with each other. Type of kerogen for Kazhdumi Formation was determined as type II while for Pabdeh Formation the kerogen type is mixed II-III. This diagram shows that Kazhdumi Formation in compare to Pabdeh Formation has more hydrocarbon potential. The amount of dead carbon determined for the Kazhdumi Formation is about 0.93 Wt. % while for Pabdeh Formation it was estimated as 0.5 Wt. %. Absorption of hydrocarbon to rock matrix were also determined using this diagram. It show's that the amount of absorption in Kazhdumi Formation is more than that of Pabdeh Formation. This is mostly due to the presence of argillaceous matrix of the Kazhdumi Formation. This study shows that Kazhdumi Formation in compare to Pabdeh has a better quality for being a candidate as a source rock in Marun oilfield.

Key words: Pabdeh, rock Eval, organic geochemistry, source rock, Kazhdumi, Marun oilfield



تصویر ۱- موقعیت میدان مارون در فروافتادگی دزفول

۳۲۰ حلقه چاه در این میدان حفاری گردیده که از این تعداد ۱۷ حلقه در مخزن بنگستان، شش حلقه در مخزن خامی و مابقی در مخزن آسماری تکمیل شده است (شایسته ۱۳۸۱).

نمونه‌های خرده سنگ حفاری مربوط به سازندهای پابده و کژدمی در این میدان مورد مطالعه قرار گرفتند. سازند پابده با سن پالئوسن ائوسن، شامل مارن، شیل‌های آهکی و سنگ آهک‌های رسی می‌باشد (آقناباتی ۱۳۸۳). سازند کژدمی با سن آلیین، شامل شیل قیری خاکستری تیره و گاه سیاه‌رنگ، و دارای لایه‌هایی از سنگ آهک رسی تیره رنگ و مارن است. این سازند، سنگ منشاء بسیار مهمی در حوضه‌ی رسوبی زاگرس است

۱- مقدمه

در این مطالعه از دستگاه راک ایول ۶ که به عنوان آخرین نسل از راک ایول در سال ۱۹۹۶ به وسیله‌ی کمپانی (Vinci Technology) ارائه گردید، استفاده شد. این مطالعه اساساً ارتباط بین پارامترهای هیدروکربن‌های پیرولیزی (S₂)، مقدار کل کربن آلی (TOC: Total Organic Carbon) و شاخص هیدروژن (HI: Hydrogen Index) حاصل از پیرولیز راک ایول نمونه‌های مربوط به سازندهای کژدمی و پابده در میدان نفتی مارون را بررسی می‌کند. پارامتراس دو (S₂)، معرف هیدروکربن‌هایی است که در طی پیرولیز تولید می‌گردند و بر حسب (mg HC/g rock) بیان می‌شوند. پارامتر مقدار کل کربن آلی، نشان دهنده‌ی مقدار کل کربن آلی موجود در سنگ است که بر حسب درصد وزنی (wt.%) محاسبه می‌گردد. مطالعه‌ی حاضر سعی بر مقایسه‌ی دو سازند فوق که از سنگ‌های منشاء احتمالی خوب در فروافتادگی دزفول می‌باشند با استفاده از نمودار کل کربن آلی به هیدروکربن‌های پیرولیزی (S₂ vs. TOC) دارد. این نمودار برای اولکین بار توسط لنگفورد و بلانک والرون (Langford & Blanc-Valleron 1990) ارائه گردید.

۲- زمین‌شناسی منطقه

میدان مارون در شمال شرقی شهر اهواز، هم‌جوار با میداین کوپال از شمال و آغاچاری از شرق قرار دارد (تصویر ۱). این میدان با روند شمال غربی - جنوب شرقی در قسمت غربی تا مرکزی و روند شمال شرقی - جنوب غربی در قسمت انتهایی شرقی امتداد یافته و دارای ۶۵ کیلومتر طول و به طور متوسط ۷ کیلومتر عرض می‌باشد. تاکنون

جدول ۱- داده‌های حاصل از پیرولیز راک ایول ۶ بر روی نمونه‌های خرده حفاری سازندهای کژدمی و پابده در میدان نفتی مارون

سازند	شماره‌ی چاه	عمق (متر)	Tmax	S2	TOC	HI	OI		
گژدمی	۲۲۲	۴۳۰۰	۴۳۷	۶/۰۹	۲/۰۹	۲۹۲	۲۴		
		۴۳۵۶	۴۴۱	۱۹/۴۳	۶/۱۵	۳۱۶	۱۳		
		۴۴۰۴	۴۴۰	۷/۸۱	۳/۴۶	۲۲۶	۲۹		
		۴۴۴۸	۴۳۵	۹/۹۳	۴/۱	۲۴۲	۲۲		
		۴۴۷۰	۴۴۰	۲۰/۳۷	۶/۰۴	۳۳۷	۱۶		
		۴۴۹۲	۴۴۰	۱۲/۰۶	۴/۹۳	۲۴۵	۲۰		
		۴۵۵۲	۴۴۲	۱۳/۰۸	۴/۴۲	۲۹۶	۱۹		
		۴۳۶۰	۴۴۴	۶/۸۹	۲/۳۶	۲۹۲	۳۰		
		۴۳۶۲	۴۴۴	۷/۶۶	۲/۳۷	۲۹۸	۲۱		
		۴۳۶۴	۴۴۳	۸/۴۱	۲/۷۸	۳۰۲	۴۷		
		۴۴۱۸	۴۴۴	۲۲/۶۳	۷/۷۱	۲۹۳	۲۱		
		۴۴۳۸	۴۴۱	۲۴/۳۴	۶/۶	۳۹۹	۳۲		
		۴۴۲	۴۴۲	۱۷/۷۷	۵/۵	۳۲۳	۳۴		
		۴۴۵۲	۴۴۲	۱۸/۷	۵/۸۸	۳۱۸	۳۷		
		۴۴۵۶	۴۴۲	۱۸/۵	۵/۸۸	۳۳۲	۳۴		
۱۲۳	۱۲۳	۴۴۶۰	۴۴۲	۱۹/۲۳	۶/۱۲	۳۱۵	۳۱		
		۴۴۶	۴۴۶	۱۸/۱۴	۶/۳۴	۲۸۶	۲۹		
		۴۴۷۲	۴۴۱	۱۷/۳۷	۶/۰۹	۲۸۵	۳۰		
		۴۴۸۸	۴۴۲	۱۷/۹۴	۶/۱۸	۲۹۰	۲۷		
		۴۴۹۴	۴۴۶	۱۸/۱	۶/۲۷	۴۲۴	۴۳		
		۴۵۰۸	۴۴۲	۲۳/۲۱	۴/۸۹	۴۷۴	۳۷		
		۴۵۲۶	۴۳۴	۱۰/۸۳	۲/۷۷	۳۹۱	۴۷		
		۴۵۳۲	۴۴۱	۱۷/۴۹	۴/۳۷	۴۰۳	۳۵		
		۴۵۴۶	۴۴۴	۲۰/۴۳	۵/۸	۳۵۲	۳۳		
		۴۵۶۶	۴۴۲	۲۷/۲۲	۷/۷۸	۳۵۰	۳۰		
		پابده	۲۲۲	۲۸۳۰	۴۲۶	۱۸/۵۳	۴/۷۶	۳۸۹	۲۸
				۲۹۰۰	۴۳۲	۱۹/۹۶	۶/۳۴	۳۱۵	۱۸
				۲۸۴۵	۴۳۴	۱۳/۲۸	۳/۷۴	۳۵۵	۳۰
			۲۱۸	۲۸۸۷	۴۳۰	۱۳/۳۲	۴/۱	۳۷۳	۳۶
				۲۹۲۷	۴۳۰	۱۳/۱۲	۳/۲۲	۴۰۷	۳۲
۲۸۹۶	۴۱۹			۲۷/۱۵	۵/۴	۵۰۳	۴۸		
۱۲۳	۲۹۱۸		۴۲۳	۲۲/۳۴	۴/۶۱	۴۸۵	۴۵		
	۳۰۵۷		۴۱۸	۲۶/۷۲	۵/۱۴	۵۲۰	۴۴		
	۳۱۰۰		۴۳۱	۱۷/۶۱	۴/۲۸	۴۱۲	۲۹		
۲۲۴	۳۱۰۲۸		۴۲۸	۱۳/۱۴	۴	۳۲۸	۲۵		
	۳۲۴۰		۴۳۰	۰/۴۹	۰/۵۷	۸۶	۲۰۰		
	۳۶۷۷		۴۲۸	۰/۹۵	۰/۸۷	۱۱۲	۳۰۴		
۷۱	۳۷۲۰		۴۳۴	۳/۳۵	۱/۶۶	۲۰۲	۱۴۵		
	۳۷۲۴		۴۳۲	۳/۲۴	۱/۶	۲۰۲	۱۵۰		
	۳۷۵۶		۴۳۶	۱/۳۱	۰/۷۶	۱۷۲	۱۲۲		

(مطبیعی ۱۳۷۲). مهمترین میدان‌های نفتی در فروفاندگی دزفول مانند اهواز، مارون، گچساران و بی‌بی‌حکیمه در ناحیه‌ای واقع هستند که سازند کژدمی دارای حداکثر ضخامت و غنی از مواد آلی است. (Bordenave & Burwood 1990)

۳- روش کار

به منظور مطالعه‌ی دو سازند پابده و کژدمی تعداد ۲۵ نمونه خرده‌سنگ حفاری مربوط به سازند کژدمی از دو چاه ۱۲۳ و ۲۲۲ و ۱۵ نمونه خرده‌سنگ حفاری مربوط به سازند پابده از نه چاه ۲۲۲، ۱۲۳، ۲۱۸، ۴۵، ۴۳، ۸۰، ۷۱، ۲۲۵ و ۲۲۴ در میدان مارون تهیه گردیدند.

به منظور مطالعه‌ی سنگ‌های منشاء از دستگاه پیرولیز راک ایول ۶ که توانایی تولید اطلاعات مربوط به کمیّت، کیفیت، بلوغ و نوع ماده‌ی آلی در یک سنگ رسوبی را دارا می‌باشد، استفاده گردید.

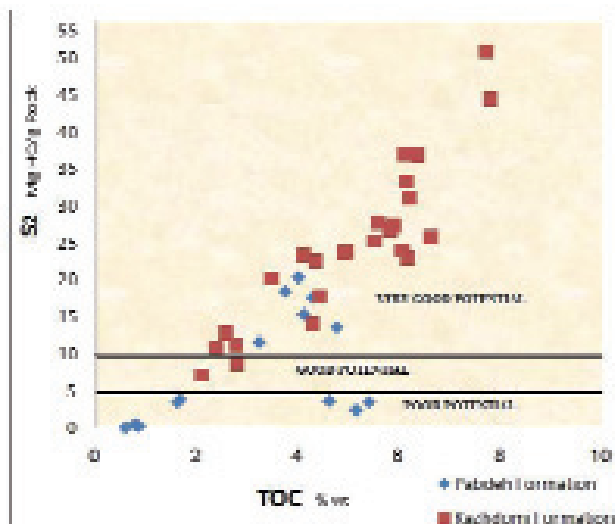
پس از تیمار نمونه‌های انتخاب شده از دو سازند کژدمی و پابده و پودر نمودن آنها مقدار ۶۰-۷۰ میلی‌گرم (مقدار استاندارد) از آنها با استفاده از دستگاه راک ایول ۶ مورد آنالیز قرار گرفت (علیزاده ۱۳۸۴).

پارامترهای حاصل از این آنالیز عبارتند از پارامتر اس یک (S₁) که معرف هیدروکربن‌های آزاد موجود در سنگ است. پارامتر اس دو (S₂) شاخص هیدروکربن‌هایی است که در طی پیرولیز و در دمای بین ۶۵۰-۳۰۰ درجه‌ی سانتیگراد آزاد می‌شوند و پارامتر اس سه (S₃) معرف ترکیبات اکسیژن‌داری است که تا دمای ۳۹۰ درجه‌ی سانتیگراد تجزیه شده‌اند.

شاخص اکسیژن (OI: Oxygen Index)، شاخص هیدروژن به همراه (Tmax) و میزان مقدار کل کربن آلی، از پارامترهای مهم دیگری هستند که توسط این دستگاه ارائه می‌شوند. (Beharet al. 2001) برخی از مهمترین پارامترهای حاصل از آنالیز راک ایول که در این مطالعه مورد استفاده قرار گرفته‌اند در جدول ۱ نشان داده شده‌اند.

۴- بحث

نمودار هیدروکربن‌های پیرولیزی در برابر مقدار کل کربن آلی، ابزاری بسیار مناسب برای استفاده از داده‌های حاصل از پیرولیز راک ایول به منظور ارزیابی ویژگی‌های ماده‌ی آلی درون یک واحد رسوبی می‌باشد که برای اولین بار در میدان نفتی مارون به شکل حاضر مورد استفاده قرار گرفت. اطلاعاتی که می‌توان با استفاده از



تصویر ۲- پلات نمونه‌های مورد مطالعه بر روی نمودار کل کربن آلی به هیدروکربن‌های پیرولیزی به منظور تعیین پتانسیل هیدروکربنی نمونه‌های کژدمی و پابده

قابلیت تولید ۸۰ درصد وزنی هیدروکربن طی پیرولیز را دارا می‌باشد که این مقدار برابر با میزان $HI=800 \text{ mg HC/g}$ مقدار کل کربن آلی می‌باشد. کروژن نوع II در حدود ۵۰-۶۰ درصد وزنی (معادل ۶۰۰- $HI=500$) و کروژن نوع III حداکثر ۳۰-۱۵ درصد وزنی ($HI=300-150$) هیدروکربن تولید می‌نمایند. براساس نظریات لنگفورد و بلانک والرون (Langford & Blanc-Valleron 1990) خط منقطع در تصویر ۳ که به عنوان مرز تفکیک‌کننده‌ی بین کروژن نوع I و II می‌باشد در محدوده‌ی $HI=700$ و خط دیگر با $HI=200$ به عنوان مرز جدا کننده‌ی کروژن نوع II و III عمل می‌نماید. طبق نمودار رسم شده برای داده‌های سازنده‌های کژدمی و پابده نمونه‌های سازنده کژدمی در محدوده‌ی کروژن نوع II و سازنده پابده در محدوده‌ای بین کروژن نوع II و III قرار می‌گیرند (تصویر ۳).

تغییرات موجود در نوع کروژن سازنده پابده می‌تواند متأثر از شرایط متغیر محیطی در زمان رسوب گذاری این سازنده باشد، به نحوی که در زمان پسروری دریا ماده‌ی آلی با کیفیت پایین و تحت شرایط نامناسب حفظ شدگی، تولید کروژن نوع III نموده است. همچنین زمانی که پیشروی دریا رخ داده است شرایط از نظر تجمع و حفظ شدگی ماده مناسب گشته و کروژن نوع II تولید شده است.

این روش به دست آورد عبارتند از:

- تعیین پتانسیل هیدروکربنی (Petroleum potential).
- تعیین نوع کروژن (Type of kerogen).
- تعیین اثر کانی‌های ماتریکس (The mineral matrix effect).
- تعیین کربن آلی مرده یا خنثی (Inert organic carbon).
- تصحیح میزان شاخص هیدروژن (The hydrogen index correction) به منظور تعیین خصوصیات ذکر شده برای سنگ‌های منشاء پابده و کژدمی در میدان مارون از نمودار ذکر شده استفاده گردید. هر کدام از این خصوصیات به تفکیک مورد بحث قرار می‌گیرند.

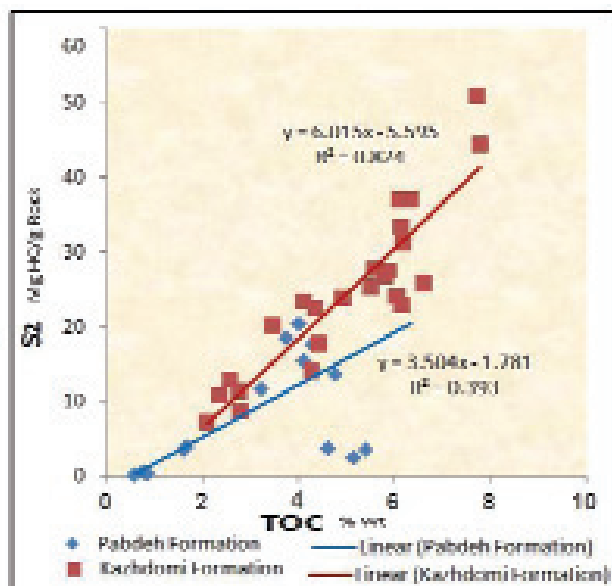
۴-۱- تعیین پتانسیل هیدروکربنی

یکی از کاربردهای نمودار هیدروکربن‌های پیرولیزی در برابر مقدار کل کربن آلی، تعیین پتانسیل نفتی واحدهای رسوبی است. طبق عقیده‌ی پیترز (Peters 1986) نمونه‌هایی که در محدوده‌ی بالای میزان S_2 بیشتر از 5 mg HC/g Rock قرار دارند دارای پتانسیل خوب و نمونه‌های با S_2 10 mg HC/g Rock و بیشتر دارای پتانسیل خیلی خوب تا عالی می‌باشند. با پلات نمودن داده‌های سازنده‌های کژدمی و پابده بر روی این نمودار مشخص گردید که پتانسیل هیدروکربنی سازنده کژدمی در محدوده‌ی بسیار خوب قرار می‌گیرد، درحالی‌که سازنده پابده دارای پتانسیلی ضعیف تا خوب می‌باشد (تصویر ۲). این امر می‌تواند به این دلیل باشد که طی تجمع مواد آلی در این دو سازنده شرایط حفظ شدگی در سازنده کژدمی به مراتب بهتر از سازنده پابده بوده است و یا اینکه نوع ماده‌ی آلی تجمع یافته در سازنده کژدمی دارای کیفیت بهتری نسبت به سازنده پابده است.

۴-۲- تعیین نوع کروژن

از دیگر کاربردهای نمودار کل کربن آلی به هیدروکربن‌های پیرولیزی تعیین نوع کروژن موجود در نمونه‌ها می‌باشد. کروژن با توجه به نمودار ون کرولن به سه دسته تقسیم شده است. (Tissot & Welte 1984) اسپیتالیه و همکاران (Espitalie et al. 1985) با استفاده از نسبت‌های شاخص هیدروژن در برابر شاخص اکسیژن نموداری همانند نمودار ون کرولن رسم نمودند. طبق این نمودار کروژن نوع I

کژدمی به دلیل شرایط لیتولوژیک دارای رس بیشتری نسبت به سازند پابده می‌باشد که این عامل منجر به جذب میزان بیشتری هیدروکربن در زمان پیرولیز می‌گردد. جذب در کانی‌های رسی به مراتب بیشتر از کانی‌های کربناته می‌باشد (حسینی و همکاران ۱۳۸۵).



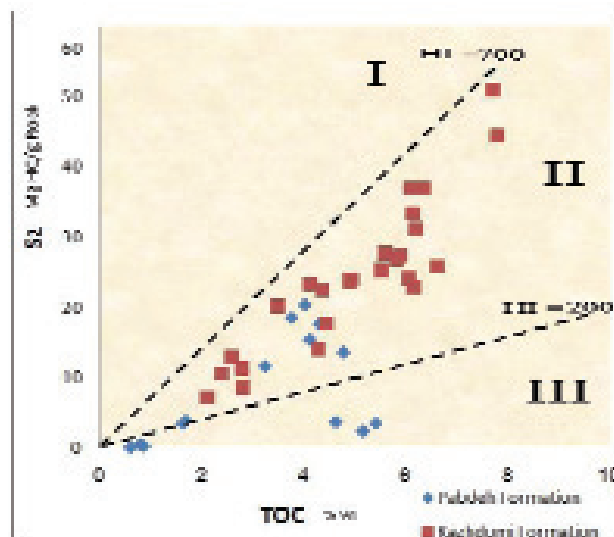
تصویر ۴- نمودار رسم شده برای محاسبه‌ی میزان جذب هیدروکربنی سنگ منشاء‌های کژدمی و پابده

جدول ۲- معادل خطوط رگرسیون سازندهای پابده و کژدمی و پارامترهای حاصل از آن

سازند	تعداد نمونه‌ی n	معادله S2 vs. TOC	R2	محل بر محور خورد با X
کژدمی	۲۵	$Y = 6.015x - 5.595$	۰٫۸۲۴	۰٫۹۳۰
پابده	۱۵	$Y = 3.504x - 1.781$	۰٫۳۹۳	۰٫۵۰۸

۴-۴- تعیین کربن آلی مرده

یکی از مهمترین کاربردهای نمودار کل کربن آلی به هیدروکربن‌های پیرولیزی، تعیین میزان کربن آلی مرده (Inert Organic Matter) می‌باشد. کربن مرده جزئی از کربن کروژن موجود در نمونه‌ی سنگی بوده که در پیرولیز راک ایول به همراه کربن آلی تحت عنوان مقدار کل کربن آلی محاسبه می‌گردد. این کربن در واقع هیچ نقشی در میزان پتانسیل هیدروکربن‌زایی ندارد و با محاسبه‌ی آن مقدار دقیق کربن آلی که توانایی تولید هیدروکربن را دارد، به دست می‌آید (Dahl et al. 2004). یکی از عوامل انحراف



تصویر ۳- پلات نمونه‌های مورد مطالعه بر روی نمودار کل کربن آلی به هیدروکربن‌های پیرولیزی برای تعیین نوع کروژن موجود در سازندهای کژدمی و پابده

۴-۳- تعیین میزان جذب هیدروکربن

از دیگر کاربردهای نمودار کل کربن آلی به هیدروکربن‌های پیرولیزی تعیین میزان جذب هیدروکربن توسط کانی‌های موجود در ماتریکس سنگ می‌باشد. در مواردی که جذب هیدروکربنی وجود ندارد خطوط رگرسیون در این دیاگرام، می‌بایست از نقطه‌ی مبدا عبور کنند، ولی، این خط عموماً در دیاگرام مذکور محور X را در جهت مثبت آن قطع می‌کند. این جابه‌جایی ممکن است در نتیجه‌ی حضور کربن آلی مرده و یا اثر جذب ماتریکس در حین پیرولیز باشد. کانی‌های موجود در ماتریکس سنگ مقداری از هیدروکربن‌های آزاد شده‌ی حین پیرولیز را جذب می‌کنند و کانی‌های رسی اصلی‌ترین عامل جذب مواد آلی می‌باشند. (Katz & Elrod 1983, Katz & Espitalie et al. 1984, 1985). اثر ماتریکس توسط قطع شدگی در جهت مثبت محور X مشخص می‌شود و موقعیت این تقاطع، معیاری برای مقدار جذب هیدروکربن توسط ماتریکس سنگ است (تصویر ۴). نتایج حاصل از این نمودار و خطوط رگرسیون رسم شده برای هر سازند در جدول ۲ نشان داده شده است. خطوط رگرسیون رسم شده برای هر دو سازند، محور X را در قسمت مثبت نمودار قطع می‌کنند که این امر نشانگر جذب هیدروکربن توسط ماتریکس سنگ منشاء در این نمونه‌ها است و مقدار آن به‌طور میانگین در سازند کژدمی برابر با ۰/۹۳ و برای سازند پابده در حدود ۰/۵ می‌باشد (تصویر ۴). سازند

جدول ۳- معادله‌ی خطوط رگرسیون، مقادیر کربن آلی مرده و پارامترهای حاصل از آن برای نمونه‌های سازنده‌های کژدمی و پابده

سازند	تعداد نمونه‌ی n	معادله S2 vs. TOC	کربن مرده	R2	محل بر محور خورد با X
کژدمی	۲۵	$Y = 0.137x + 1.642$	1/642	۰/۸۲۴	-۱۱/۹۸۵
پابند	۱۵	$Y = 0.112x + 2.263$	0/02/205	۰/۳۹۳	-۲۰/۲۰۵

۴-۵- تصمصیح میزان شاخص هیدروژن

طبق معادله‌ی ذکر شده در قسمت قبل میزان شاخص هیدروژن تصمصیح شده از رابطه‌ی $HI(live) = 100(S2 / TOC(live))$ به دست می‌آید. این میزان برای دو سازند کژدمی و پابده محاسبه و در جدول ۴ ذکر گردید. بخش‌هایی که حاوی کربن آلی مرده می‌باشند، دارای شاخص هیدروژن ظاهری بوده که نسبت به شاخص هیدروژن واقعی (HI_{Live}) ، کمتر است. میزان شاخص هیدروژن تصمصیح شده میانگین برای ۲۵ نمونه‌ی سازند کژدمی ۶۰۰ و برای سازند پابده ۳۵۰ محاسبه گردید، که نسبت به میانگین شاخص هیدروژن به دست آمده از پیرولیز راک ایول هر دو سازند بیشتر می‌باشد.

جدول ۴- میزان HI تصمصیح شده‌ی میانگین و HI میانگین حاصل از پیرولیز راک ایول

سازند	تعداد نمونه‌ی	میانگین شاخص هیدروژن حاصل از پیرولیز	شاخص هیدروژن تصمصیح شده
کژدمی	۲۵	۳۲۳	۶۰۰
پابند	۱۵	۳۲۴	۳۵۰

۵- نتیجه‌گیری

نمودار کل کربن آلی به هیدروکربن‌های پیرولیزی، یکی از بهترین و جدیدترین روش‌ها برای ارزیابی کمی و کیفی سنگ‌های حاوی مواد آلی می‌باشد. در این مطالعه با استفاده از این دیاگرام نوع کروژن، میزان پتانسیل هیدروکربنی سنگ‌های منشاء، کربن آلی مرده، مقدار جذب هیدروکربنی سنگ منشاء و تصمصیح شاخص هیدروژن بر روی نمونه‌های خرده سنگ حفاری به دست آمده از دو سازند کژدمی و پابده در میدان نفتی مارون تعیین گردید. با توجه به نتایج به دست آمده مشخص گردید که نمونه‌های سازند کژدمی از نظر پتانسیل هیدروکربنی کیفیت بیشتری نسبت به سازند پابده دارا می‌باشند. نوع

خط رگرسیون از مبدأ مختصات وجود ماده‌ی آلی مرده یا خنثی در رسوبات می‌باشد که در حین پیرولیز، تجزیه می‌گردد و می‌توان با استفاده از این نمودار آن را شناسایی نمود.

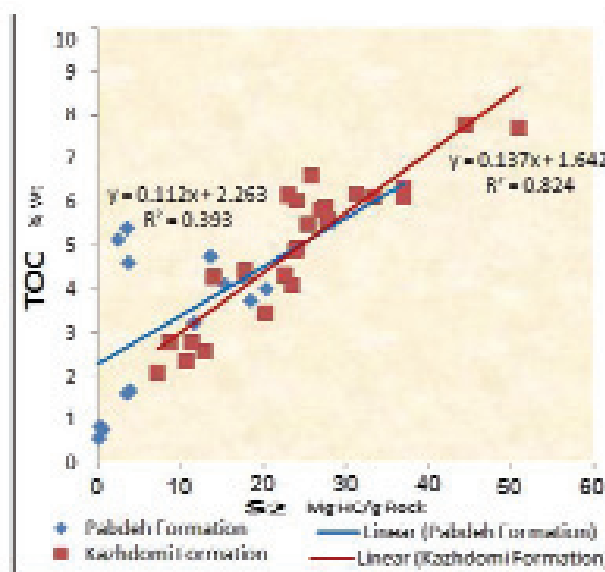
به این منظور نمونه‌های دو سازند کژدمی و پابده بر روی این نمودار پلات شد و معادله‌ی خط رگرسیون آنها محاسبه گردید. محل تقاطع این خط با محور عمودی (TOC) برای هر سازند نشانگر کربن مرده‌ی موجود در آنها می‌باشد (تصویر ۵) (جدول ۳).

در جدول ۳ معادلات رگرسیون مربوط به نمونه‌های سازنده‌های مورد مطالعه و تمامی پارامترهای دیگر حاصل از این معادلات، محاسبه و ذکر شد. بخش‌هایی از نمونه‌های سنگ منشاء که حاوی کربن آلی مرده می‌باشند، دارای شاخص هیدروژن ظاهری بوده که نسبت به شاخص هیدروژن واقعی (HI_{Live}) ، کمتر است و در حقیقت در تولید هیدروکربن نقشی ندارند.

طبق مطالعات صورت گرفته توسط دال و همکاران (Dahl et al., 2004) خط رگرسیون برای اکثر داده‌های پلات شده بر روی نمودار در برابر مقدار کل کربن آلی (در اینجا پارامتر هیدروکربن‌های پیرولیزی محور x و پارامتر مقدار کل کربن آلی محور y را تشکیل می‌دهند)، دارای معادله‌ی کلی زیر می‌باشد که در آن b میزان کربن آلی مرده و a شیب خط رگرسیون می‌باشد. (Dahl et al., 2004)

$$TOC = aS2 + b \quad a = TOC/S2 = 100HI, \quad Y = ax + b$$

$$TOC(live) = TOC(observable) - TOC(Inert)$$



تصویر ۵- محاسبه‌ی مقدار کربن مرده (inert carbon) در دو سازند پابده و کژدمی و رسم خطوط رگرسیون مربوط به نمونه‌های این دو سازند

مطیعی، ه.، ۱۳۷۲، زمین‌شناسی ایران چینه‌شناسی زاگرس، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور: ۲۴۷-۲۵۱.

Behar, F., Beaumont, V. & Pentea do, B., 2001, "Rock-Eval 6 technology: Performances and developments", *Oil & Gas Sci. Technol. Rev., IFB, Vol. 56: 111-134.*

Bordenave, M. L. & Burwood, R. 1990, "Source rock distribution and maturation in the Zagros orogenic belt: provenance of the Asmari and Bangestan reservoir oil accumulations", *Organic Geochemistry, Vol. 16: 369-387.*

Dahl, B., Bojesen-Koefoed, J., Holm, A., Justwan, H., Rasmussen, E. & Thomsen, E., 2004, "A new approach to interpreting Rock-Eval S2 and TOC data for kerogen quality assessment", *Organic Geochemistry, Vol. 35 (11-12): 1461-1477.*

Espitalie, J., Deroo, G. & Marquis, F., 1985, "La pyrolyse Rock-Eval et ses applications", *Rev. Inst. Franc. du Pétr., Part I, 40, pp. 563-578, Part II, 40, pp. 755-784, Part III, 41, pp. 73-89.*

Katz, B. J. & Elrod, L. W., 1983, "Organic geochemistry of Deep Sea Drilling site 467, offshore California, middle Miocene to lower Pliocene", *Geochim. Cosmochim. Acta, Vol. 47: 389-396.*

Katz, B. J. 1984, "Source quality and richness of Deep Sea Drilling site 535 sediments, southeastern gulf of Mexico", In: R. I. Buffler et al., (Eds.), *Initial Reports of the Deep Sea Drilling Project, Vol. 77: 445-450.*

Langford, F. F. & Blanc-Valleron, M. M., 1990, "Interpreting Rock-Eval pyrolysis data using graphs of pyrolyzable hydrocarbons vs. total organic carbon", *AAPG. Bull., Vol. 47 (6): 799-840.*

Peters, K. E., 1986, "Guidelines for evaluating petroleum source rock using programmed pyrolysis", *AAPG. Bull. 70: 318-329.*

Tissot, B. P., & Welte, D. H., 1984, "Petroleum Formation and occurrence", 2nd Ed., *Springer-Verlag, Berlin: xxi, 699p.*

کروژن موجود در این دو سازند نیز برای کژدمی کروژن نوع II و برای سازند پابده در محدوده‌ی کروژن نوع II/II تشخیص داده شد. همچنین مقدار کربن آلی مرده برای سازند کژدمی برابر ۱/۶۴۲ درصد و برای سازند پابده ۲/۲۶۳ درصد وزنی تعیین گردید. همچنین هر دو سازند دارای میزان جذب هیدروکربن توسط ماتریکس سنگ می‌باشند که برای سازند کژدمی این مقدار برابر با ۰/۹۳ و برای سازند پابده مقدار آن ۰/۵ می‌باشد، جذب بیشتر در سازند کژدمی به دلیل کانی‌های رسی بیشتر در این سازند است. میزان شاخص هیدروژن تصحیح شده نیز به طور میانگین برای سازند کژدمی ۶۰۰ و برای پابده برابر با ۳۵۰ محاسبه گردید که نسبت به میانگین شاخص هیدروژن به دست آمده از پیرولیز راک ایول بیشتر می‌باشد. در اینجا تأثیر کربن آلی مرده کاملاً محسوس می‌باشد.

۶- تشکر و قدرانی

در انتها جای دارد که از زحمات آقای سید حسین حسینی در آزمایشگاه نفت دانشگاه شهید چمران اهواز کمال تشکر را داشته و همچنین از عزیزانمان در اداره‌ی زمین‌شناسی گسترشی و اداره‌ی زمین‌شناسی بنیانی شرکت ملی مناطق نفت خیز جنوب که با در اختیار قرار دادن نمونه‌ها و اطلاعات مربوطه ما را در انجام این تحقیق یاری نمودند سپاسگزاری نمائیم.

مراجع

آقاباتی، ع.، ۱۳۸۳، زمین‌شناسی ایران، انتشارات سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، ۵۸۶ ص.

حسینی، ح.، علیزاده، ب. و قلاوند، ه.، ۱۳۸۵، تعیین میزان جذب هیدروکربن توسط ماتریکس سنگ منشاء در سازند سرگلو، میدان نفتی مسجدسلیمان بیست و پنجمین همایش سازمان زمین‌شناسی کشور.

شایسته، م.، ۱۳۸۱، بررسی علل آلودگی نفت آسماری به وسیله‌ی هیدروژن سولفور در بخشی از میدان مارون، گزارش شماره‌ی پ ۵۲۰۷، اداره‌ی کل زمین‌شناسی گسترشی شرکت ملی مناطق نفت خیز جنوب، ۵۲ ص.

علیزاده، ب.، ۱۳۸۴، بررسی ژئوشیمیایی علل آلودگی مخزن آسماری میدان نفتی مارون به هیدروژن سولفور، شرکت ملی مناطق نفت خیز جنوب، ۲۵۸ ص.