

مطالعه ژئوشیمیایی سنگ‌های منشأ نفت در میدان نفتی آغاچاری براساس داده‌های راک ایول

نرگس عدالتی‌منش، کارشناس ارشد ژئوشیمی، دانشگاه تبریز

علی کدخدائی، استادیار گروه زمین‌شناسی نفت، دانشگاه تبریز*

بهرام علیزاده، دانشیار گروه زمین‌شناسی نفت، دانشگاه شهید چمران اهواز

محمدحسین حیدری فرد، کارشناس ارشد، شرکت ملی مناطق نفت خیز جنوب

بهزاد خانی، کارشناس ارشد زمین‌شناسی نفت، دانشگاه شهید چمران اهواز

چکیده

در این مطالعه ۴۰ خردده حاصل از حفاری سازندهای پابده، گورپی، کژدمی و گدوان میدان نفتی آغاچاری مورد آنالیز راک‌ایول قرار گرفته است. به منظور شناسایی شرایط محیط رسوب‌گذاری سازندهای مورد مطالعه، به‌عنوان تقسیم شده‌اند که زون‌های A (سازند کژدمی-۱۸۷) و C- (سازند کژدمی-۱۴۰) بیانگر شرایط احيایی تر همراه با حضور مواد آلی دریایی و زون‌های D (سازند گدوان-۱۴۰) و B (سازند گدوان-۱۸۷) بیانگر شرایط اکسیدی تر همراه با ورود مواد آلی قاره‌ای به حوضه است. براساس آنالیز راک ایول سازندهای پابده، گورپی، پابده و کژدمی از پتانسیل هیدروکربن‌زایی متغیری برخوردار هستند. نمودار HI در مقابل OI نشان داد که نوع کروژن در این سازندها مخلوطی از II و III می‌باشد. میزان اثر ماتریکس سازندهای پابده، گورپی، کژدمی و گدوان، از طریق ترسیم نمودار S₂ در برابر TOC و تعیین معادله خط رگرسیون آنها مورد محاسبه قرار گرفت. نتایج نشان می‌دهد که مقدار قابل توجه S₂ جذب شده توسط ماتریکس در سازند پابده (mg rock HC/gr ۶۷۹-۹۸/۴ در چاه‌های ۱۱۳ و ۱۲۱) و گورپی (mg HC/gr rock ۳۳/۴ در چاه ۱۱۳) می‌باشد که به علت بلوغ حرارتی کم (T_{max} < ۴۳۰) و نسبت پایین گاز به نفت این سازندهاست. در سازند گدوان چاه ۱۸۷ مقدار S₂ جذب شده توسط ماتریکس (mg HC/gr ۱۳/۰ rock) می‌باشد که دارای بلوغ حرارتی نسبتاً بالایی می‌باشد. کمترین تأثیر ماتریکس مربوط به سازندهای کژدمی و گدوان می‌باشد، زیرا اکثر نمونه‌ها بالغ بوده، به مرحله نفت‌زایی رسیده‌اند و GORP بالایی را نشان می‌دهند. مقدار کربن آلی فعال در سازندهای پابده ۱/۶۴- ۰/۲۷ (بر سنگ منشأ ضعیف تا خوب)، سازند گورپی ۰/۶۴- ۰/۱۴ (سنگ منشأ ضعیف تا متوسط)، کژدمی ۲/۲۷- ۱/۸۵ (سنگ منشأ خوب تا غنی) و سازند گدوان ۰/۵۱- ۰/۳۰ درصد وزنی (سنگ منشأ ضعیف تا متوسط) دلالت دارند. مقدار پارامتر GORP برای سازندهای مورد مطالعه (۰-۱) نشانگر محدوده متغیر پتانسیل نفت‌زایی و گاززایی آنها می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: ارزیابی ژئوشیمیایی، آنالیز راک ایول، اثر ماتریکس، تعیین نسبت گاز-نفت، دی‌گرام S₂ در مقابل TOC، میدان نفتی آغاچاری.

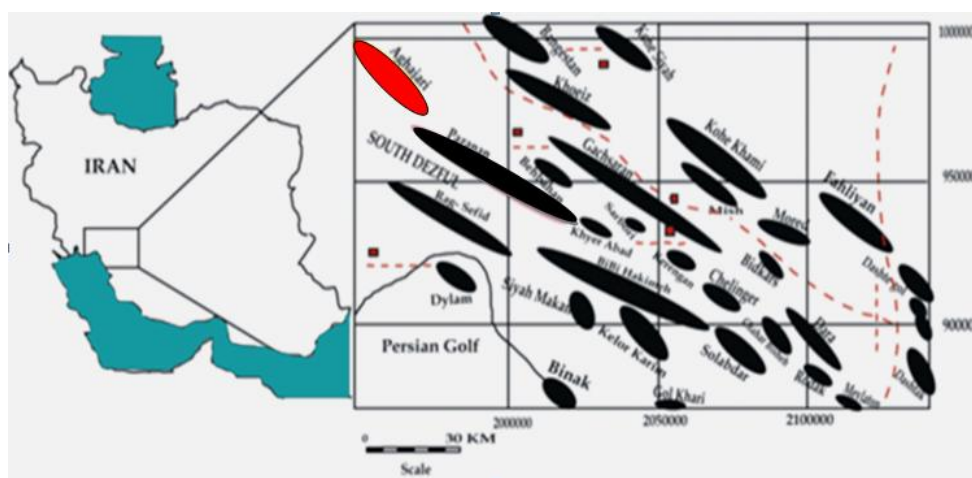
مقدمه

نفت‌زا (TOC_{oil}) و گاززا (TOC_{gas}) به کار بردند. این روش می‌تواند در جاهایی که داده‌های PY-GC و میکروسکوپی کروژن کم هستند، به محققان در تعیین درصد ماده آلی نفت‌زا و گاززا کمک می‌کند، زیرا به علت سهولت روش راکایول نسبت به آنالیز PY-GC و مطالعات پتروگرافی کروژن بیشتر داده‌های ژئوشیمیایی، داده‌های راکایول هستند (Dahl et al. 2004).

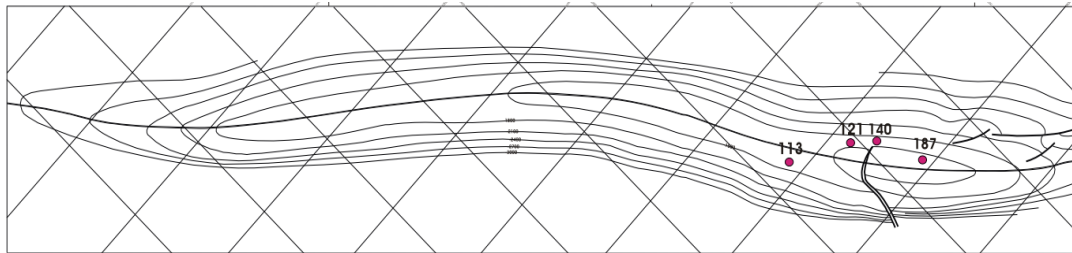
زمین‌شناسی و جایگاه ساختاری منطقه مورد مطالعه

میدان آغاچاری یکی از مشهورترین میدان‌های نفتی خاورمیانه است که در سال ۱۳۱۵ توسط شرکت سابق نفت انگلیس و ایران کشف گردید. این میدان در ۱۲۰ کیلومتری جنوب شرقی شهر اهواز، در ناحیه فروافتادگی دزفول، مرز بین دزفول شمالی و جنوبی و در نزدیکی میدان کرنج، رامشیر، پازنان و مارون واقع شده است (شکل ۱). طول این میدان ۵۶ کیلومتر و عرض آن ۶ کیلومتر می‌باشد. میدان آغاچاری یک چین Plunge Double نامتقارن می‌باشد (مطیعی ۱۳۷۴). سازند کژدمی سنگ منشأ اصلی در فروافتادگی دزفول و میدان آغاچاری است (Versfelt 2001; Bordenave 2002). موقعیت چاه‌های مورد مطالعه در میدان نفتی آغاچاری در (شکل ۲) نشان داده شده است.

یکی از مهم‌ترین ابزارهای مورد استفاده در مطالعات ژئوشیمیایی، دستگاه راکایول می‌باشد که در مقیاسی بسیار وسیع برای اکتشاف نفت و گاز در حوضه‌های رسوبی سراسر جهان مورد استفاده قرار می‌گیرد (Behar et al. 2001). در این مطالعه از نمودار S_2 در مقابل TOC برای تعیین نوع ماده آلی تعیین کمی تأثیر ماتریکس، مقدار کربن آلی فعال و خشتی و نیز نسبت کربن آلی نفت‌زا و گاززا در سازندهای پابده، گوری، کژدمی و گدوان به عنوان سنگ منشأهای احتمالی در میدان نفتی آغاچاری استفاده شده است. مقدار پیک S_2 با تصحیح اثر ماتریکس می‌تواند به عنوان نفتی که سنگ منشأ قادر است در حال حاضر تولید نماید، (پتانسیل نفتی) در نظر گرفته شود. لانگ‌فورد و بلانک والرون در سال ۱۹۹۰ از نمودار S_2 (هیدروکربن‌های تولید شده توسط پیرولیز) در مقابل کل کربن آلی برای تعیین تأثیر ماتریکس و نوع ماده آلی استفاده نمودند. برای دستیابی به مقدار کربن آلی نفت‌زا و گاززا از ضرایبی استفاده می‌شود که از آنالیزهای پیرولیز - کروماتوگرافی گازی (PY-GC) و مطالعات میکروسکوپی کروژن به دست می‌آید (Mukhopadhyay et al. 1992). دال و همکاران در سال ۲۰۰۴، نمودار TOC در مقابل S_2 را برای تعیین تأثیر ماتریکس بر جذب هیدروکربن، مقدار کربن آلی فعال (TOC_{live}) و خشتی (TOC_{inert}) و تعیین مقدار کربن آلی



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی میدان نفتی آغاچاری (با تغییر اقتباس از زینل‌زاده و همکاران ۱۳۸۹).



شکل ۲- نقشه زیرسطحی (Underground contour map) رأس سازند آسماری میدان آغاچاری همراه باموقعیت چاه‌های مورد مطالعه.

روش مطالعه

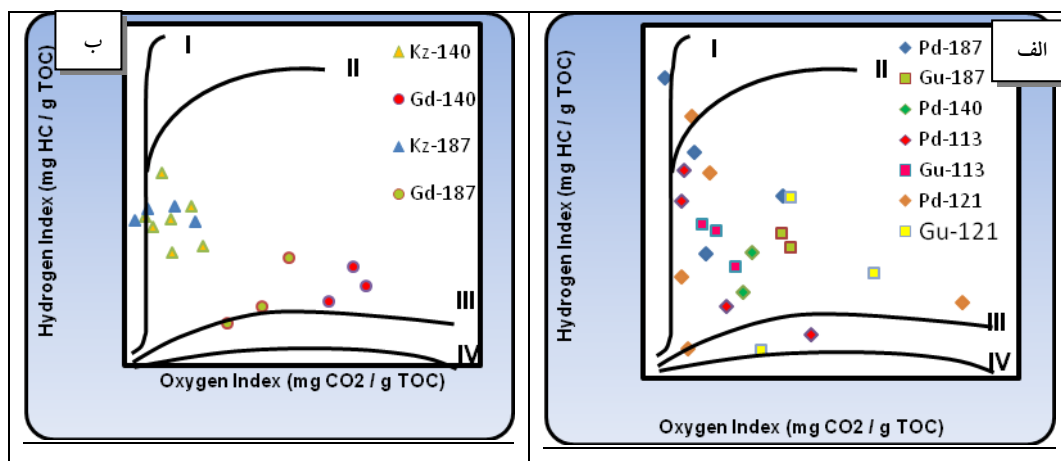
۴۰ نمونه خردده حفاری از سازندهای پابده، گورپی، کژدمی و گدوان از میدان آغاچاری مورد آنالیز راک‌ایول قرار گرفته است. استفاده از دستگاه پیرولیز راک‌ایول می‌تواند پتانسیل هیدروکربورزائی را در مناطق مختلف یک میدان نفتی مورد ارزیابی قرار دهد و ریسک حفاری را کاهش یابد (Espitalie et al. 1984; 1985). داده‌های راک ایول مورد استفاده در این مطالعه در (جدول ۲) نمایش داده شده‌اند.

بحث و بررسی

در این بخش نوع ماده آلی، میزان تأثیر ماتریکس، مقدار کربن آلی خثی و فعال و نسبت گاز - نفت در سازندهای مطالعه شده با داده‌های S_2 و TOC مورد بررسی قرار گرفته است.

تعیین نوع ماده آلی

یکی از روش‌های تعیین نوع ماده آلی استفاده از نمودار HI در مقابل OI است. مطالعات نشان می‌دهد که شاخص هیدروژن (HI) تقریباً با نسبت اتمی H/C و شاخص اکسیژن (OI) با نسبت اتمی O/C در نمودار ون‌کرولن قابل انطباق است (Hunt 1996). (شکل ۳ الف) مبین این نکته است که نوع کروژن در سازندهای پابده و گورپی غالباً از نوع II می‌باشد؛ همان‌طور که در (شکل ۳ ب) مشخص است نمونه‌های حاصل از سازندهای کژدمی و گدوان به دو گروه کاملاً مجزا تقسیم می‌شوند که نمونه‌های سازند کژدمی کروژن نوع II و نمونه‌های سازند گدوان کروژن نوع III را نشان می‌دهند.

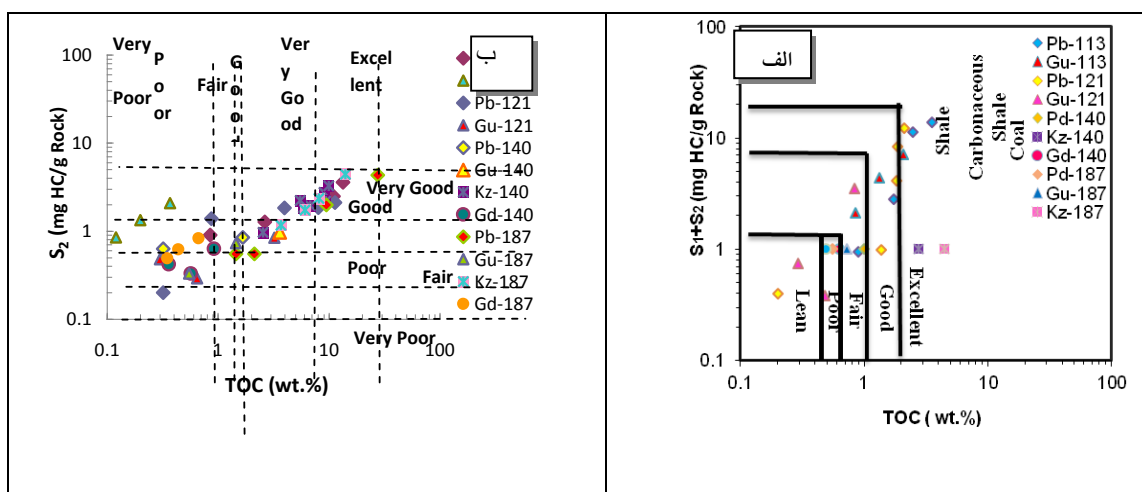


شکل ۳- تعیین نوع ماده آلی با استفاده از نمودار HI در مقابل OI در سازندهای پابده، گورپی (الف) کژدمی و گدوان (ب)

ارزیابی کمیت، یا پتانسیل تولید

برای ارزیابی مقدار ماده آلی از نمودار S_2 در مقابل TOC و S_1+S_2 در مقابل TOC استفاده شده است. نمودار S_2 در مقابل TOC نشان می‌دهد که اکثر نمونه‌های سازند کژدمی در تمامی جاه‌های مورد مطالعه با داشتن مقادیر بالای هر دو پارامتر فوق دارای پتانسیل هیدروکربنی «عالی» می‌باشند. نمونه‌های سازند گدوان با داشتن مقادیر پایین هر دو پارامتر فوق از لحاظ

پتانسیل هیدروکربنی در محدوده فقیر تا متوسط قرار دارند. پتانسیل هیدروکربنی نمونه‌های سازند گورپی با داشتن مقادیر متفاوتی از TOC و S_1+S_2 از فقیر تا خوب متغیر است. نمونه‌های سازند پابده دارای مقادیر بسیار گسترده‌ای از میزان TOC و S_1+S_2 می‌باشد که نشان دهنده توان هیدروکربنی ضعیف تا عالی می‌باشند (شکل ۴).

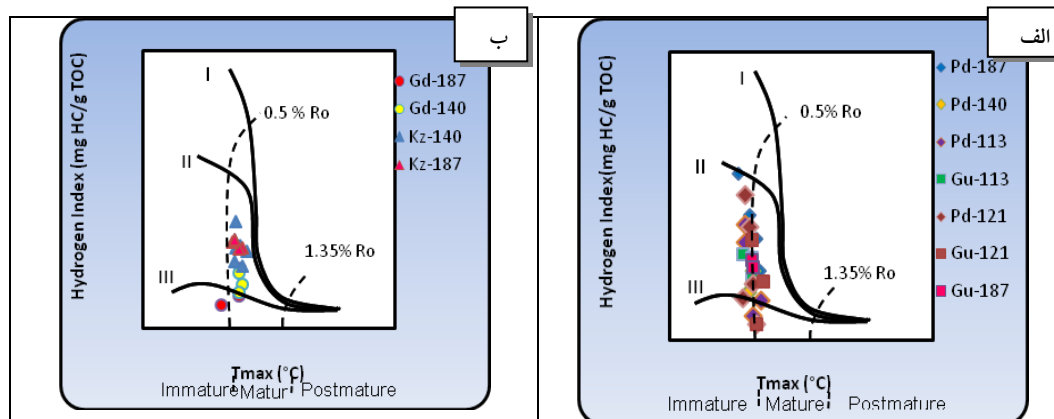


شکل ۴- نمودارهای S_1+S_2 در مقابل TOC و S_2 در مقابل TOC برای ارزیابی مقدار ماده آلی در سازندهای مورد مطالعه (اقتباس از Huang et al. 2033).

تعیین بلوغ سازندهای مورد مطالعه

برای تعیین بلوغ سازندهای مطالعه شده در میدان نفتی آغاچاری از نمودارهای HI در مقابل T_{max} استفاده شده است. نمودار HI در مقابل T_{max} (شکل ۵الف) برای سازندهای پابده

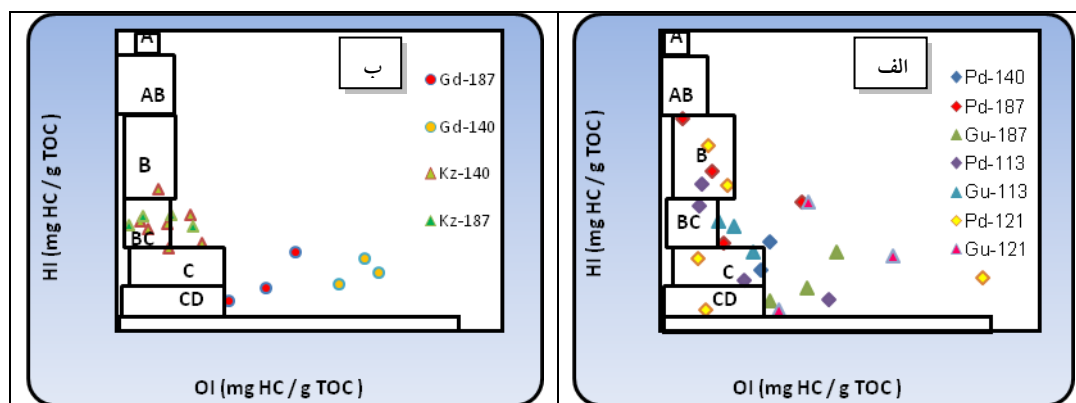
و گورپی نشان می‌دهد که اکثر نمونه‌ها نابالغ بوده و در ابتدای پنجره نفتی قرار دارند. در سازندهای کژدمی و گدوان (شکل ۵ب) نمونه‌ها بالغ بوده و وارد پنجره نفتی شده‌اند و از نظر هیدروکربن‌زایی در وضعیت مطلوبی قرار دارند.



شکل ۵- نمودار HI در مقابل T_{max} برای تعیین سطح بلوغ سازندها (اقتباس از Hunt 1996).

نهشته شدن این سازند می‌باشد. نمودار جونز برای سازند کژدمی (شکل ۶ب) نشان‌دهنده محیط‌های دارای مواد آلی دریایی و قاره‌ای و رسوب‌گذاری سریع در شرایط نسبتاً اکسیدان است. نمونه‌های سازند گدوان تغییرات قابل توجهی در مقدار HI نشان نمی‌دهند، اما با کاهش محسوس مقدار OI، بیانگر شرایط کاهش اکسیژن در محیط و نشان‌دهنده شرایط احیایی می‌باشد. از (شکل ۶) می‌توان چنین استنتاج نمود که سازندهای گدوان و گورپی در شرایط محیطی یکسانی نهشته شده‌اند.

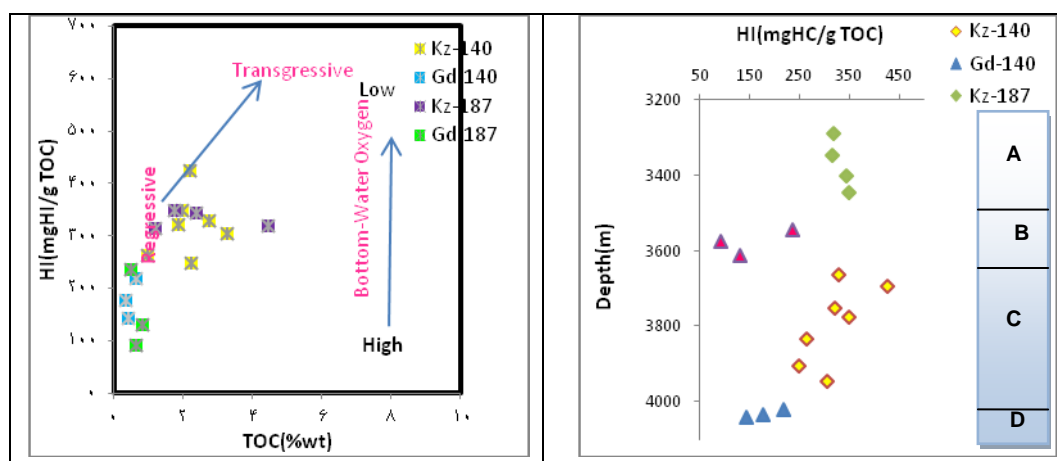
جهت تعیین رخساره‌های آلی در سازندهای پابده و گورپی و نیز سازندهای کژدمی و گدوان نمودار جونز ترسیم شده است (شکل ۶). همان‌گونه که مشاهده می‌شود سازندهای پابده و گورپی نشان‌دهنده رخساره آلی از نوع B، BC و C است (شکل ۶الف). طبق نظر جونز (۱۹۸۷)، این نوع رخساره آلی در ارتباط با محیط‌های دریایی نیمه‌احیایی تا احیایی است که حاوی مواد آلی وارد شده از سمت خشکی نیز می‌باشد. نمونه‌های سازند پابده پراکندگی بیشتری را نشان می‌دهند که بیانگر تغییر شرایط محیط رسوب‌گذاری در هنگام



شکل ۶- نمودار تعیین رخساره آلی با استفاده از نسبت تغییرات HI در برابر OI (اقتباس از Jones 1987).

دارند. زون‌های A و C بیانگر شرایط احیایی تر همراه با حضور مواد آلی دریایی و زون B و D بیانگر شرایط اکسیدی تر همراه با ورود مواد آلی قاره‌ای به حوضه است. در نهایت، بررسی محیط رسوبی سازندهای مورد مطالعه (شکل ۷ب)، شرایط متغیر محیطی را از نظر میزان اکسیژن موجود در محیط ته‌نشست و وضعیت تراز آب دریا (پسروی و پیشروی) آشکار می‌نماید.

نمودار HI در برابر TOC به منظور شناسایی شرایط محیط رسوب‌گذاری سازندهای کژدمی و گدوان در میدان نفتی آغاچاری به چهار زون A، B، C، و D (شکل ۷الف) تقسیم شده است. در ابتدا یک پیشروی (zone A) و پس از آن پسروی (zone B)، دوباره پیشروی (zone C) و بعد از آن دوباره پسروی صورت گرفته است. این نمودار نشان می‌دهد که پس از پسروی شرایط دوباره به حالت اولیه بازگشته است، زیرا داده‌های Dzone کاملاً در محدوده داده‌های Bzone قرار



شکل ۷- نمودار تغییرات HI در برابر عمق در سازندهای کژدمی و گدوان (شکل الف) و نمودار تغییرات مقدار ماده آلی (TOC) در برابر شاخص هیدروژن (HI) در سازندهای کژدمی و گدوان به منظور شناسایی شرایط محیط رسوب‌گذاری (شکل ب) (اقتباس از Dean et al. 1986).

حضور هیدروژن کافی برای ترکیب با کربن و تولید هیدروکربن است. با افزایش تجزیه ماده آلی در بلوغ حرارتی بالا مقدار کربن خنثی افزایش می‌یابد که این مسأله می‌تواند ناشی از واکنش‌های آروماتیکی شدن و چگالش و یا حاصل کراکینگ ثانوی ترکیبات نفتی غنی از کربن به گاز باشد (Jarvie et al. 2007). کاتز (1988) و اسپیتاله (1985) اثبات نمودند که ماتریکس سنگ مقداری از هیدروکربن آزاد شده در طی پیرولیز را جذب می‌نماید. رس، عامل اصلی این جذب است و انتظار می‌رود که در یک مقدار یکسان ماده آلی، ماتریکس کربناته هیدروکربن بیشتری را در مقایسه با ماتریکس آرژیلی تولید نماید. اثر ماتریکس به صورت عرض از مبدأ مثبت روی نمودار S_2 در مقابل TOC نشان داده می‌شود. البته از تقاطع محور S_2 نیز می‌توان موقعیت مقدار هیدروکربن جذب شده ($S_{2(adsorbed)}$) را نشان داد (Langford and Valleron 1990). طبق معادله (۱) می‌توان این مقدار را به مقدار کربن آلی جذب شده توسط ماتریکس ($TOC_{(adsorbed)}$) تبدیل نمود و در تصحیح TOC به دست آمده از آنالیز بکار برد (Dahl 2004).

$$TOC_{(adsorbed)} = S_{2(adsorbed)} * \alpha \quad (1) \text{ معادله}$$

$$TOC = aS_2 + b \quad (2) \text{ معادله}$$

$$a = TOC/S_2 = 100/HI \quad (3) \text{ معادله}$$

تعیین کمی مقدار هیدروکربن جذب شده در اثر ماتریکس

با استفاده از نمودار S_2 vs TOC

ماتریکس معدنی اثر قابل توجهی بر میزان فاکتورهای حاصل از آنالیز راک ایول دارد، بدین ترتیب که با جذب مقادیری از ماده آلی، موجب کاهش TOC و S_2 قرائت شده می‌گردد که این مسأله باعث می‌شود پتانسیل هیدروکربن‌زایی سنگ منشأ کمتر از مقدار واقعی تفسیر شود. تأثیر ماتریکس می‌تواند S_2 حاصل از پیرولیز را کاهش دهد و در نتیجه کاهش اندیس هیدروژن باعث کاهش کیفیت سنگ منشأ شود (Peters 1986; Katz et al. 1983). نمودار S_2 در مقابل TOC برای تعیین کمی تأثیر ماتریکس در جذب هیدروکربن و تخمین مقادیر کربن آلی خنثی و فعال موثر است (Dahl 2004). در حالت ایده‌آل نمودار S_2 در مقابل TOC خط رگرسیون باید از مبدأ عبور کند، اما در عمل خط رگرسیون در نمودار S_2 در مقابل TOC دارای عرض از مبدأ مثبت روی محور TOC می‌باشد. این جابه‌جایی مبدأ، حاصل تأثیر کربن آلی خنثی (Conford 1994) و تأثیر ماتریکس (Langford and Valleron 1990) طی پیرولیز می‌باشد. محل تقاطع خط رگرسیون با محور TOC در واقع نشان دهنده مقدار کربن آلی است که اصطلاحاً کربن خنثی، کربن مرده یا کربن آلی باقیمانده نامیده می‌شود و ناشی از عدم

نتایج محاسبات فوق در جدول (۲) ارائه شده است. میانگین کربن آلی فعال در سازند پابده در چاه‌های مطالعاتی در میدان نفتی آغاچاری در محدوده ۰/۲۷-۱/۶۴، در سازند گورپی حدود ۰/۴۶-۰/۱۴، در سازند کژدمی ۲/۲۷-۱/۸۵ و در سازند گدوان ۰/۵۱-۰/۳۰ درصد وزنی می‌باشد؛ همان‌طور که در جدول ۱ نشان داده شده است براساس تقسیم‌بندی آوور (۱۹۸۰) سازندهای فوق دارای توان هیدروکربورزایی ضعیف تا خیلی خوب می‌باشند.

زیرا شاخص هیدروژن به صورت $TOC_{HI=100S_2}$ / تعریف شده است (Dahl et al. 2004).

α فاکتور استوکیومتری است که تیسوت و ولته در سال ۱۹۸۴ با استفاده از آنالیزهای عنصری، مقدار میانگین این فاکتور را ۰/۰۸۴ مشخص نموده‌اند (Dahl 2004).

تعیین مقدار کربن آلی فعال (TOC_{live}) و خنثی (TOC_{inert})

مقدار کربن آلی فعال از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$TOC_{live} = TOC_{observe} - TOC_{inert} \quad (۴ \text{ معادله})$$

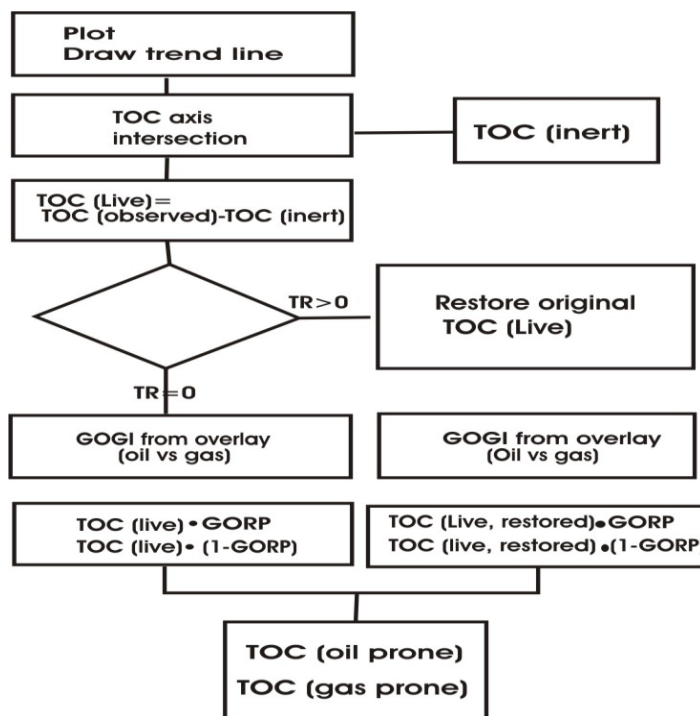
جدول ۱- تقسیم‌بندی سنگ‌های منشأ هیدروکربنی براساس محتوی کل کربن آلی (Ower 1980)

میزان کل کربن آلی (TOC) (درصد وزنی)	۰/۵ >	۰/۵-۱	۱-۲	۲-۱۰
میزان غنی‌شدگی (توان تولید هیدروکربن)	ضعیف	متوسط	خوب	غنی

پختگی ماده آلی و در نتیجه با میزان انعکاس ویتزینایت رابطه دارد (Heidarifard 2011). نمودارهای TOC در مقابل S_2 با نسبت‌های معین نفت به گاز، تهیه و روی نمودار TOC در مقابل S_2 سازندهای مربوطه طوری قرار داده می‌شود که مبدأ آن در محل برخورد خط رگرسیون با محور $y(b)$ قرار گیرد. سپس درصد جزء نفت‌زا (m) و گاززا (n) قرائت و $GORP$ با استفاده از معادله (۶) تعیین می‌شود (Dahl et al. 2004). طرح شماتیک یاز نحوه تعیین کربن آلی نفت‌زا و گاززا در (شکل ۸) نشان داده شده است.

تعیین کمی مقدار هیدروکربن جذب شده در اثر ماتریکس

با استفاده از نمودار TOC در مقابل S_2 می‌توان درصد ماده آلی نفت‌زا و گاززا را تعیین نمود. برای تعیین مقدار کربن آلی نفت‌زا و گاززا، باید فاکتور $GORP$ تعیین شود. برای به دست آوردن این نسبت از پارامتر TR استفاده می‌شود، علاوه بر این باید TOC به مقدار اولیه خود (پیش از دگرسانی) بازگردانده شود. در محدوده انعکاس ویتزینایت ۰/۶ تا ۱/۳ به ترتیب ماده آلی تبدیل به نفت و گاز می‌شود لذا نسبت تبدیل ماده آلی به نفت که به $ratio$ Transformation (TR) معروف است با میزان



شکل ۸- طرح شماتیکی از نحوه تعیین کربن آلی نفت‌زاو گاززا (B, Dalh 2004)

$$TOC_{gas} = TOC_{live, restored} \cdot GORP \quad (\text{معادله ۸})$$

مقدار پارامتر GORP برای سازندهای مورد مطالعه (۰-۱) نشانگر محدوده متغیر پتانسیل نفت‌زایی و گاززایی آنهاست. مقدار پارامتر GORP برای سازند پابده حدود ۰/۲۲ می‌باشد که مبین پتانسیل نفت‌زایی نسبتاً بیشتری به پتانسیل گاززایی دارد و کروژن از نوع II و غنی از ماده آلی می‌باشد. مقدار این پارامتر برای سازند گورپی حدود ۰-۰/۸۵ که نشان دهنده پتانسیل گاززایی بیشتر این سازند می‌باشد و کروژن از نوع III و فقیر از ماده آلی است. مقدار پارامتر GORP برای سازند کژدمی در محدوده ۰/۶-۰/۵۵ و برای سازند گدوان حدود ۱-۰/۸۳ می‌باشد که مبین پتانسیل گاززایی بیشتر این سازندها می‌باشد (شکل ۱۰)

$$S_2 (lost) = S_2 (restore) - S_2 (observed) \quad (\text{معادله ۵})$$

$$S_2 (restore) = S_2 (observed) / (1-TR) \quad (\text{معادله ۶})$$

$$TOC (lost) = S_2 (lost) * \alpha \quad (\text{معادله ۷})$$

$$TOC_{restore} = TOC_{observed} + [S_2_{observed} \cdot TR / (1-TR)] \cdot \alpha$$

$$HI_{(live, restored)} = 100 * S_2 (restore) / TOC (restored) - TOC (inert) \quad (\text{معادله ۹})$$

(معادله ۱۰) میانگین HI نمونه‌های نابالغ / میانگین

نمونه‌های بالغ - میانگین HI نمونه‌های نابالغ = TR

$$GORP = n / (n+m) \quad (\text{معادله ۱۱})$$

مؤلفه‌های تولید کننده نفت و گاز TOC، به ترتیب

TOC_{oil} و TOC_{gas} نامیده شده و به صورت زیر محاسبه

می‌شوند: (Dahl et al. 2004)

$$TOC_{oil} = TOC_{live, restore} (1-GORP) \quad (\text{معادله ۷})$$

جدول ۲- داده‌های راک ایول مورد استفاده در این مطالعه

Well no	Formation	Depth (m)	S ₁ (mgHC/g rock)	S ₂ (mgHC/g rock)	TOC (%wt)	Tmax (°C)	HI(mgHC/gr ock)	OI(mgHC/g rock)
Aj-113	Pabdeh	1968	0.13	0.85	0.9	431	94	178
Aj-113	Pabdeh	2011	0.18	2.65	1.72	436	154	88
Aj-113	Pabdeh	2086	0.54	13.41	3.57	426	376	41
Aj-113	Pabdeh	2141	0.33	10.96	2.48	426	442	44
Aj-113	Gurpi	2170	0.37	6.82	2.08	425	328	62
Aj-113	Gurpi	2217	0.13	2.02	0.85	430	238	98
Aj-113	Gurpi	2268	0.2	4.17	1.33	430	314	77
Aj-121	Pabdeh	2072	0.08	0.32	0.2	425	160	340
Aj-121	Pabdeh	2093	0.12	0.87	1.38	433	63	48
Aj-121	Pabdeh	2196	0.27	8.04	1.85	429	435	71
Aj-121	Pabdeh	2246	0.45	11.73	2.11	426	556	51
Aj-121	Pabdeh	2287	0.14	3.98	1.83	431	217	40
Aj-121	Gurpi	2330	0.08	0.3	0.48	433	62	125
Aj-121	Gurpi	2368	0.09	0.65	0.29	437	224	245
Aj-121	Gurpi	2456	0.26	3.23	0.84	430	385	156
Aj-140	Pabdeh	2098	0.24	1.15	0.63	428	183	106
Aj-140	Pabdeh	2344	0.4	1.68	0.63	431	267	116
Aj-140	Kazhdumi	3664	0.62	9.01	2.74	442	329	24
Aj-140	Kazhdumi	3694	0.8	9.35	2.2	439	425	42
Aj-140	Kazhdumi	3752	0.83	5.91	1.84	439	321	52
Aj-140	Kazhdumi	3776	0.45	6.81	1.95	438	349	76
Aj-140	Kazhdumi	3834	0.78	2.55	0.97	438	263	88
Aj-140	Kazhdumi	3904	0.29	5.51	2.22	443	248	53
Aj-140	Kazhdumi	3948	1.04	9.93	3.26	446	305	32
Aj-140	Gadvan	4020	1.07	0.61	0.28	441	218	257
Aj-140	Gadvan	4036	0.09	0.44	0.25	443	176	272
Aj-140	Gadvan	4042	0.05	0.47	0.33	441	142	230
Aj-187	Pabdeh	1726	0.12	1.45	0.55	435	264	67
Aj-187	Pabdeh	1840	0.91	27.54	4.33	422	636	23
Aj-187	Pabdeh	1880	0.33	9.5	1.98	429	480	54
Aj-187	Pabdeh	1935	0.18	2.13	0.55	433	387	149
Aj-187	Gurpi	1984	0.08	1.32	0.43	430	307	147
Aj-187	Gurpi	2002	0.14	1.36	0.49	431	278	157
Aj-187	Kazhdumi	3290	0.85	14.09	4.43	443	318	79
Aj-187	Kazhdumi	3346	0.48	3.68	1.17	441	315	12
Aj-187	Kazhdumi	3400	0.76	8.13	2.36	437	344	26
Aj-187	Kazhdumi	3446	0.55	6.08	1.74	438	349	56
Aj-187	Gadvan	3545	0.16	1.92	0.39	442	236	185
Aj-187	Gadvan	3576	0.09	0.35	0.38	430	92	116
Aj-187	Gadvan	3614	0.67	0.73	0.56	441	130	155

درصد ماده آلی نفتزا و گاززا در سازندهای پابده، گورپی، کژدمی و گدوان در جدول ۴ نمایش داده شده است. نتایج حاصل از ترسیم خط رگرسیون S₂ در مقابل TOC در سازندهای پابده، گورپی، کژدمی و گدوان در چاه‌های مطالعاتی در میدان نفتی آغاچاری در شکل ۹ ارائه شده است.

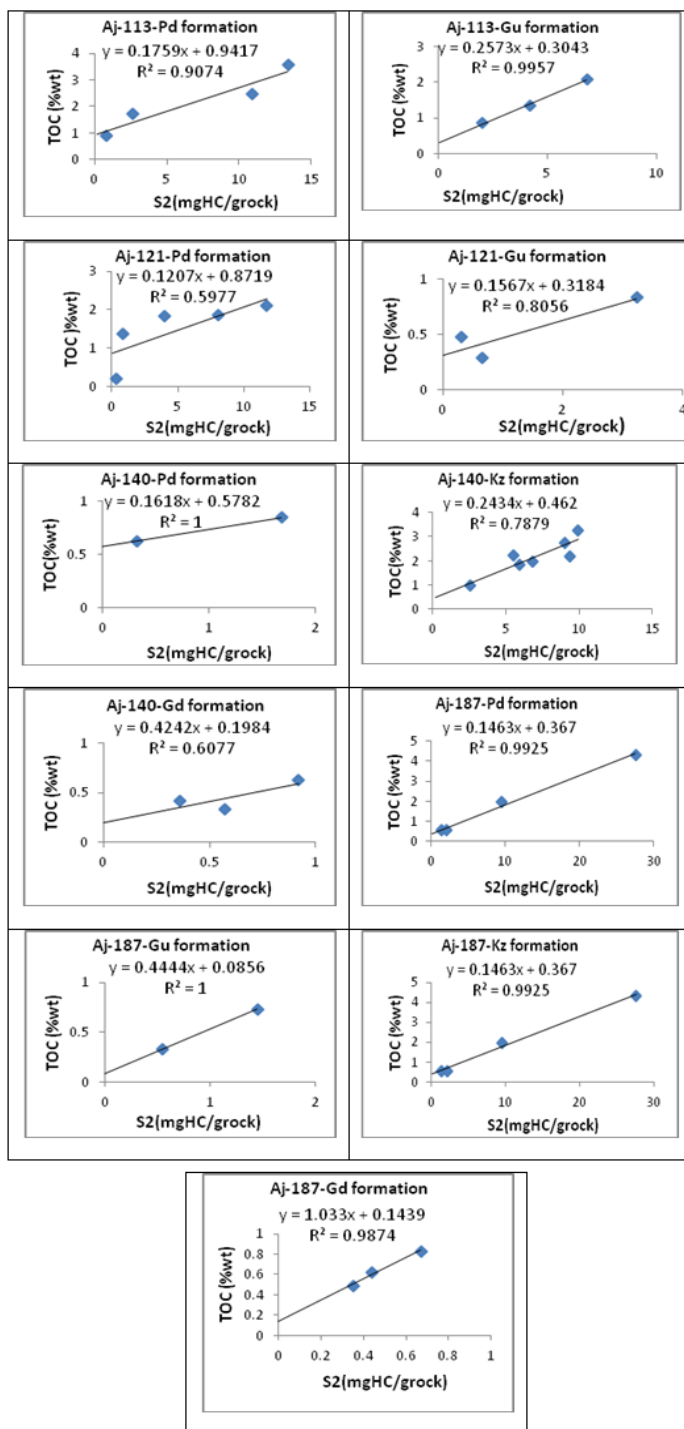
در ادامه اثر ماتریکس در جذب هیدروکربن تولید شده، نسبت کربن آلی نفتزا و گاززا با استفاده از داده‌های S₂ و TOC به دست آمده از پیرولیز راک‌ایول تعیین شده است. نتایج حاصل از ترسیم خط رگرسیون در نمودار TOC در مقابل S₂ در جدول ۳ آورده شده است. نتایج حاصل از تعیین

جدول ۳- نتایج حاصل از ترسیم خط رگرسیون در نمودار TOC در مقابل S₂ در میدان نفتی آغاچاری (در این جدول HI بر حسب mg HC/gr TOC، TOC بر حسب Wt.% و S₂ بر حسب mg HC/gr rock است).

چاه	سازند	HI mean	HI live	S ₂ observed	S ₂ adsorb	TOC observed	TOC Adsorb	TOC inert	TOC live
Aj-113	پابده	266.5	322.2	5.35	6.96	2.16	0.44	1.66	0.5
Aj-121	پابده	286.2	415	7.22	4.98	1.47	0.6	1.2	0.27
Aj-140	پابده	225	776.08	1	3.57	0.74	0.29	0.28	0.46
Aj-187	پابده	441.7	152.4	10.1	2.5	1.85	0.21	0.15	1.64
Aj-121	گورپی	223.6	520.5	2.03	1.39	0.53	0.17	0.39	0.14
Aj-113	گورپی	293.3	97.5	1.18	4.33	1.42	0.09	1.21	0.21
Aj-187	گورپی	292.5	41.3	1	0.19	0.53	0.01	0.07	0.46
Aj-140	کژدمی	320	378.9	7.01	1.89	2.16	0.15	0.31	1.85
Aj-187	کژدمی	331.5	11.03	7.99	2.5	2.42	0.21	0.15	2.27
Aj-140	گدوان	178.6	203.3	0.61	0.46	0.46	0.03	0.16	0.3
Aj-187	گدوان	152.6	94.1	0.48	0.13	0.64	0.01	0.13	0.51

جدول ۴- تعیین درصد ماده آلی نفت‌زا و گاززا در سازندهای پابده، گورپی، کژدمی و گدوان در میدان نفتی آغاچاری

چاه	سازند	S ₂ observed	S ₂ restored	S ₂ Lost	TOC Lost	TOC Restored	GORP	TR	TOC 2	TOC 3	S ₂ Oil	S ₂ Gas
Aj-113	پابده	5.35	8.92	13.64	0.56	2.72	0.22	0.49	2.12	0.59	6.96	1.96
Aj-121	پابده	7.22	26.2	21.2	1.78	3.25	0	0.81	3.25	0	26.2	0
Aj-140	پابده	1	1.81	0.81	0.06	0.8	0	0.45	0.8	0	1.81	0
Aj-187	پابده	10.1	19.05	8.95	0.75	2.6	0	0.47	2.6	0	19.05	0
Aj-121	گورپی	2.03	1.4	0.01	0.0008	0.53	0	0.008	0.53	0	1.4	0
Aj-113	گورپی	1.18	5.28	0.95	0.07	1.49	0.5	0.18	0.74	0.74	2.48	2.8
Aj-187	گورپی	1	1.09	0.9	0.07	0.537	0.85	0.09	0.07	0.45	0.17	0.92
Aj-140	کژدمی	7.01	7.78	0.77	0.06	2.19	0.55	0.05	0.98	1.20	3.49	4.29
Aj-187	کژدمی	7.99	8.41	0.42	0.03	2.45	0.6	0.05	0.96	1.44	3.36	5.04
Aj-140	گدوان	0.61	1.24	0.63	0.05	0.51	0.83	0.51	0.008	0.04	0.22	1.02
Aj-187	گدوان	0.48	1.09	0.61	0.05	0.69	1	0.66	0	0.69	0	1.09



شکل ۹- نتایج حاصل از ترسیم خط رگرسیون در سازندهای پابده، گورپی، کزدمی و گدوان

به ترتیب بیشترین و کمترین مقدار آن (به ترتیب mgHC/g rock و ۰/۱۹۸۸-۰/۱۴۳۹ HC/gr rock -۰/۹۴۱۷mg

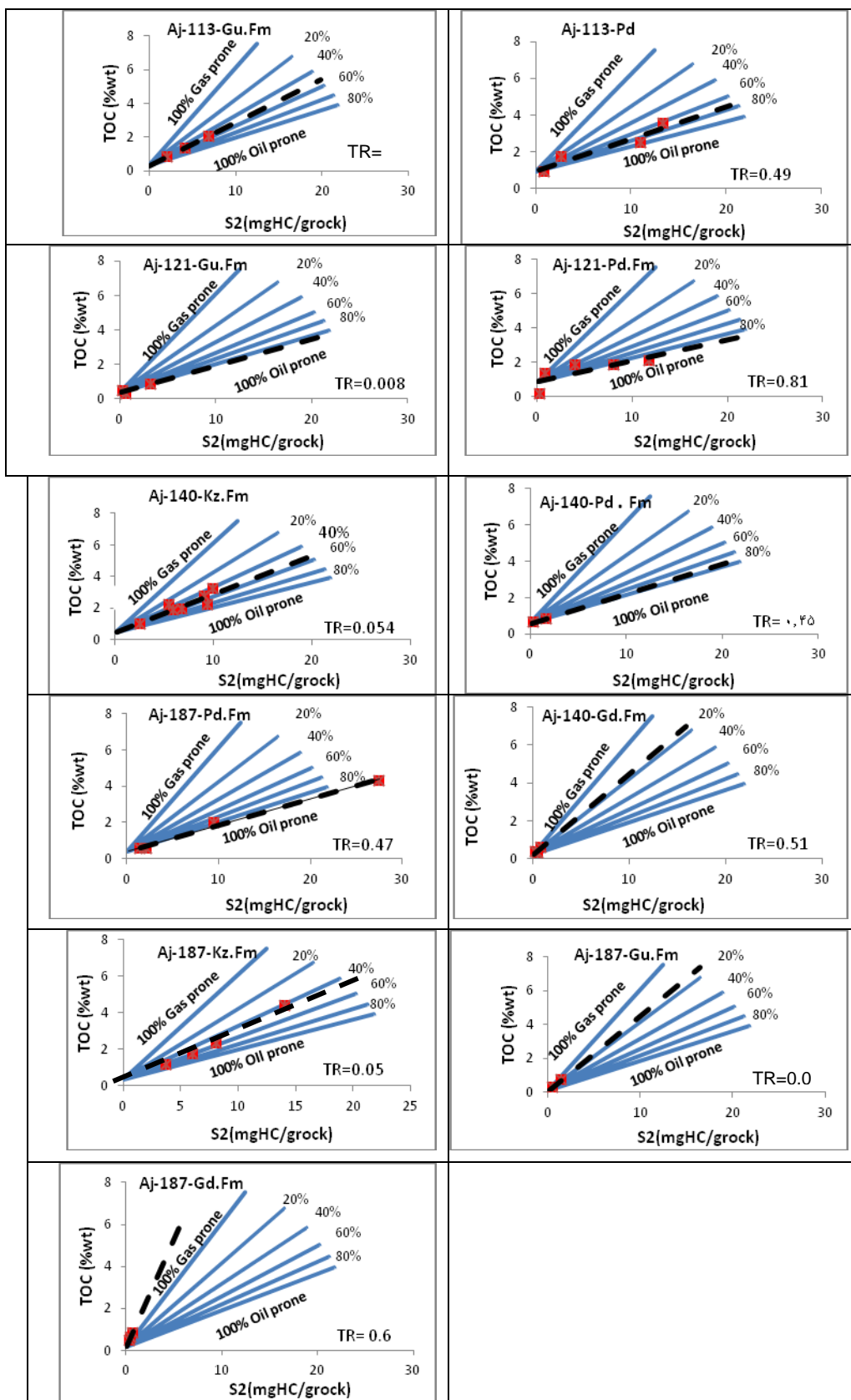
قطع شدگی محور منفی $(S_2)x$ در این منحنی‌ها، توسط خط رگرسیون در سازندهای پابده، گورپی، کزدمی و گدوان

۰/۳۶۷۰)، نشان‌دهنده تأثیر قابل توجه ماتریکس است. تأثیر ماتریکس در جذب TOC در این میدان تا حدی است که مقدار کربن آلی جذب شده در سازند پابده چاه شماره ۱۱۳ تقریباً به یک درصد وزنی نیز می‌رسد. علی‌رغم اینکه رس‌ها مهم‌ترین عامل جذب هستند (Yalcin et al. 2006)، غالب سنگ منشأهای حوضه رسوبی زاگرس، عمدتاً دارای ماتریکس کربناته هستند (حسینی و همکاران ۱۳۸۵)، از سوی دیگر مقدار جذب هیدروکربن توسط کلسیت و ژپس در مقایسه با اسمکتیت و ایلیت کمتر است (Hunt 1996). فجرک و همکاران (۱۳۸۶) بیان کرده‌اند که بلوغ کم و نسبت پایین گاز-نفت (GORP, Gas-Oil Ratio Potential) باعث می‌شود نمونه در طول پیرولیز هیدروکربورهای سنگین تولید نموده و با توجه به اینکه ماتریکس معدنی نیز هیدروکربورهای سنگین تولید شده در طول پیرولیز را جذب می‌کند، تأثیر آن افزایش می‌یابد. بنابراین علت افزایش میزان جذب ماتریکس در سازند پابده چاه شماره ۱۱۳ این میدان، می‌تواند بلوغ حرارتی پایین ($T_{max} \sim 429^{\circ}C, TR \sim 0.49$) و نسبت پایین گازنفت (0.22) باشد.

نتیجه‌گیری

نوع کروژن در سازندهای مورد مطالعه مخلوطی از نوع II و III، غالباً از نوع II می‌باشد. نمودار TOC در مقابل S_2 روش مناسبی برای تفسیر داده‌های راک‌ایول است که در تعیین کمی اثر ماتریکس سنگ در جذب هیدروکربن‌ها و مقدار کربن آلی خنثی و فعال بسیار موثر است. میانگین کربن آلی فعال آنها نشان می‌دهد که از لحاظ پتانسیل هیدروکربورزایی در محدوده ضعیف تا خیلی خوب قرار می‌گیرند. به منظور شناسایی شرایط محیط رسوب‌گذاری سازندهای مورد مطالعه،

زون‌های A (سازند کژدمی-۱۸۷) و C (سازند کژدمی-۱۴۰) بیانگر شرایط احیایی تر همراه با حضور مواد آلی دریایی و زون‌های D (سازند گدوان-۱۴۰) و B (سازند گدوان-۱۸۷) بیانگر شرایط اکسیدی تر همراه با ورود مواد آلی قاره‌ای به حوضه است. مقدار پارامتر GORP برای سازندهای مورد مطالعه (۰-۱) نشانگر محدوده متغیر پتانسیل نفت‌زایی و گاززایی آنهاست. مقدار پارامتر GORP برای سازند پابده حدود ۰/۲۲ می‌باشد که مبین پتانسیل نفت‌زایی نسبتاً بیشتری به پتانسیل گاززایی دارد و کروژن از نوع II و غنی از ماده آلی می‌باشد. مقدار این پارامتر برای سازند گورپی حدود ۰/۸۵-۰ می‌باشد. نشان دهنده پتانسیل گاززایی بیشتر این سازند می‌باشد. مقدار پارامتر GORP برای سازند کژدمی در محدوده ۰/۶-۰/۵۵ و برای سازند گدوان حدود ۱-۰/۸۳ می‌باشد. بیشترین میزان تأثیر ماتریکس سازندهای یادشده در جذب TOC، در این میدان به سازند پابده اختصاص دارد زیرا نمونه‌های مربوط به این سازند نابالغ بوده و متعاقباً وارد پنجره نفت‌زایی نشده‌اند. عامل دیگری که باعث تشدید اثر ماتریکس می‌شود نسبت پایین GORP می‌باشد ($GORP = 0.22$)، احتمالاً نمونه‌ها در طول پیرولیز، هیدروکربن سنگین تولید نموده و میزان ماده آلی کمتری داشته‌اند بنابراین تأثیر ماتریکس در سازند پابده بیشتر می‌باشد. کمترین تأثیر ماتریکس در میدان نفتی آجاجاری مربوط به سازندهای کژدمی و گدوان می‌باشد، زیرا اکثر نمونه‌ها بالغ بوده و به مرحله نفت‌زایی رسیده‌اند و GORP بالایی را نشان می‌دهند. می‌توان استنباط نمود که احتمالاً نمونه‌های مورد مطالعه سبک بوده و میزان ماده آلی بیشتری داشته‌اند.



شکل ۱۰- نمودارهای ترسیم شده جهت تعیین GOR در سازندهای پابده، گورپی، کژدمی و گدوان

پیشنهادات

قضاوت کردن درباره ویژگی‌های ژئوشیمیایی سنگ‌های منشأ نظیر بلوغ حرارتی، نوع ماده آلی و محیط رسوبی به تنهایی با استفاده از داده‌های راک ایول کافی نیست و تنها یک دیدگاه کلی در اختیار مطالعه کننده قرار می‌دهد و مستلزم انجام مطالعات رسوب‌شناسی و آنالیزهای تکمیلی ژئوشیمیایی می‌باشد که می‌تواند برای مطالعات آتی راهگشا باشد.

تشکر و قدردانی

بدین وسیله از شرکت ملی مناطق نفت‌خیز جنوب به ویژه اداره زمین‌شناسی بنیانی، جهت فراهم نمودن نمونه‌ها و تأمین بودجه مورد نیاز و همچنین مرکز پژوهش زمین‌شیمی و زمین‌شناسی نفت دانشگاه شهید چمران اهواز به منظور استفاده از امکانات آزمایشگاهی جهت آنالیز نمونه‌ها تشکر و قدردانی به عمل می‌آید.

منابع

- زینل زاده، ا.، م. معین‌پور، م. شایسته، م. ح. و حیدری فرد، ۱۳۸۹، مدل سازی دو بعدی سیستم هیدروکربوری میادین نفتی گچساران و بی‌بی حکیمه: مجله پژوهش‌های چینه‌نگاری و رسوب‌شناسی، ش(۴۱)، ص ۱۱۳.
- مطیعی، ه.، ۱۳۷۴، زمین‌شناسی نفت زاگرس: سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، ۵۸۹ ص.
- Behar, F., V., Beaumont, and B., Pentea do, 2001. Rock-Eval 6 Technology: Performances and Developments, Oil & Gas Science and Technology-Rev. IFB, v. 56, p.111-134.
- Bordenave, M.L., 2002, The Middle Cretaceous to Early Miocene petroleum system in the Zagros domain of Iran, and its prospect evaluation: AAPG Annual Meeting, Houston, Texas, March, 10-13.
- Cornford, C., 1994, The Mandal-Ekofisk Petroleum System in the Central Graben of the North Sea. In: Magoon, L.B., Dow, W.G. (Eds.), From Source to Trap. AAPG Memoir 60, Tulsa, p. 537-571.
- Dahl, B., J. Bojesen-Koefoed, A. Holm, H. Justawn, E. Rasmussen, and E. Thomsen, 2004, A new approach to interpreting Rock-Eval S2 and TOC data for kerogen quality assessment: Organic Geochemistry, v. 35, p. 1461-1477.
- Dean, W.E., M. A. Arthur, and G.E. Claypool, 1986. Depletion of ^{13}C in Cretaceous marine organic matter: Source, diagenetic, or environmental signal: Marine Geology, v.70, p. 119-154.
- Espitalie, J., F. Marquis, and I. Barsony, 1984, Geochemical logging. In: Voorhees, K.J. (Ed.), analytical Pyrolysis: Butterworths, Boston, p. 276-304.
- Espitalie, J., G. Deroo and F. Marquis, 1985, La pyrolyse Rock-Eval: applications: Revue de l'Institut Francais du Petrole, v. 40, p. 563-579 and p. 755-784.
- Heidarifard, M., 2011, Calculation of initial using oil generation modeling in Dezful Embayment, Zagros, Iran. The 2nd South Asia Geoscience Conference and Exhibition, GEOIndia 2011, 12-14th Jan, 2011, GearterNodia, New Dehli, India.
- Huang, B., X. Xiao, M. Zhang, 2003, Geochemistry, grouping and origins of crude oils in the western Pearl River Mouth Basin, Offshore South China Sea: J. of Organic Geochemistry, v. 34, p. 993-1008
- Hunt, J. M., 1996, Petroleum geochemistry and geology, 2nd edition. W. H. Freeman and Company. 743 p.
- Jarvie, D. M., R. J. Hill, T. E. Ruble, and R. M., Pollastro, 2007, Unconventional shale-gas systems: the Mississippian Barnett Shale of north-central Texas as one model for thermogenic shale-gas assessment: American Association of Petroleum Geologists Bulletin, v. 91, p. 475-499.
- Jones, R. W., 1987, Organic Facies. In: J. Brooks and D. Welte (Eds.) Advances in Petroleum Geochemistry: Vol. 2. Academic Press. London. P 1-90.
- Katz, B. J., Pfeiffer, R. N. and Schunk, D. J. 1988, Interpretation of discontinuous vitrinite reflectance profiles: AAPG Bulletin, v. 72, p. 926-931.
- Katz, B.J. and L.W. Elrod, 1983, Organic Geochemistry of DSDP Site 467, Offshore California, Middle Miocene to Lower Pliocene Strata: Geochimica et Cosmochimica Acta, v. 47. p. 389-396.
- Langford, F. F. and Valleron, M. B. 1990, Interpreting Rock-Eval pyrolysis data using graphs of pyrolyzable hydrocarbons vs total organic carbon: AAPG Bulletin, v. 74, p. 799-804.

-
- Versfelt, P.L., 2001, Major hydrocarbon potential in Iran, in *Petroleum Provinces of the Twenty First Century: AAPG Memoir*, v. 74, p. 417-427.
- Tissot, B.P. and D.H. Welte, 1984, *Petroleum Formation and Occurrence*. 2nd Edition. Springer-Verlag, New York.
- Mukhopadhyay, P. K. 1992, Maturation of organic matter as revealed by microscopic methods: applications and limitations of vitrinite reflectance, continuous spectral and pulsed laser fluorescence spectroscopy. In: K. H. Wolf and G. V. Chilingarian (Eds.), *Diagenesis III, Developments in sedimentology*, v. 47. p. 435-510.

