



ارزیابی پتانسیل تولید هیدروکربن و مقایسه ژئوشیمیایی سازندهای کژدمی و پابده در میدان نفتی گچساران

دکتر بهرام علیزاده^۱، دانشگاه شهید چمران اهواز
فرید تژه^۲، مدیریت اکتشاف شرکت ملی نفت ایران

عبدالقیاض عزیزی^۱، دانشجوی کارشناسی ارشد زمین شناسی نفت، دانشگاه شهید چمران اهواز
سید حسین حسینی^۲، دانشگاه شهید چمران اهواز
خیرالله نورایی نژاد^۳، دانشجوی کارشناسی ارشد زمین شناسی نفت، دانشگاه شهید چمران اهواز

چکیده

در این مطالعه، سازندهای کژدمی و پابده در میدان نفتی گچساران مورد ارزیابی ژئوشیمیایی قرار گرفته‌اند. ترسیم داده‌های حاصل از پیرولیز راک ایوال ۶، نشان دهنده این است که این سازندها با مقادیر بالای TOC^۱ و T_{max}، دارای پتانسیل هیدروکربن‌زایی بالا می‌باشند. رسم دیاگرام اندیس هیدروژن در مقابل T_{max} نیز برای نمونه‌های مورد مطالعه نشان داد که سازندهای یاد شده کروژن نوع II دارند. هم‌چنین ترسیم نمودار تغییرات S₁+S₂ در برابر TOC نیز بیانگر این است که سازندهای کژدمی و پابده غالباً دارای پتانسیل هیدروکربن‌زایی خوب و عالی هستند. میزان S₁/TOC بالای ۰/۱ در نمودار اسمیت، نشان از توانایی بالای نفت‌زایی و عمق مناسب نمونه‌ها دارد. هم‌چنین ترسیم پارامتر S₁ در مقابل TOC برای نمونه‌ها، عدم آلودگی آن‌ها را به نفت خام و مواد روغنی (در حین حفاری) تأیید می‌نماید. در نهایت می‌توان نتیجه گرفت که نمونه‌های کژدمی و پابده در این میدان دارای پتانسیل تولید هیدروکربن^۲ بالا می‌باشند.

میدان نفتی گچساران، کژدمی، پابده، راک ایوال ۶، کروژن، پتانسیل تولید هیدروکربن

واژه‌های کلیدی

مقدمه

عبارت است از: تعیین مقدار، نوع و بلوغ حرارتی ماده آلی، مشخص کرد [۳،۴]. شاخص بلوغ حرارتی ماده آلی (T_{max})، تحت تأثیر عمق تدفین، شیب زمین گرمایی و نیز نوع کروژن بوده و برای مقادیر بزرگ‌تر از ۰/۲ درصد TOC معتبر می‌باشد [۵]. در این مطالعه برای آنالیز خرده‌های حاصل از حفاری سنگ منشأهای احتمالی میدان نفتی گچساران، از دستگاه یاد شده استفاده گردیده و سعی شده است که با استفاده از نتایج آن، به ارزیابی و مقایسه ژئوشیمیایی سازندهای کژدمی و پابده پرداخته شود تا در نهایت بتوان تشخیص داد که احتمال سنگ منشأ بودن کدام سازند در این میدان بیش تر است.

۱. موقعیت جغرافیایی و مشخصات کلی میدان نفتی گچساران

میدان نفتی گچساران تقریباً در ۲۲۰ کیلومتری جنوب شرقی اهواز و ۶۵ کیلومتری شمال خلیج فارس و در یک گروه پیوسته از سازندهای کربناتی بنگستان و آسماری که دارای شکستگی‌های فراوان می‌باشند، قرار دارد (شکل ۱). این میدان نفتی یک چین تاقدیسی بزرگ است که بر اساس آخرین منحنی بسته نقشه منحنی‌های هم‌تراز زیرزمینی آن، تقریباً ۶۸ کیلومتر طول و بین ۵

امروزه ژئوشیمی نفت به عنوان یک علم بنیادی برای بهبود بازده اکتشاف و تولید به کار گرفته می‌شود. در سال‌های اخیر با استفاده از تئوری‌ها و روش‌های مختلف ژئوشیمیایی، بسیاری از مسایل مربوط به سنگ منشأ، مهاجرت و تجمع نفت مورد مطالعه قرار گرفته است [۱]. به‌طور عام در صنایع نفتی این نکته پذیرفته شده است که روش‌های ژئوشیمی به شکل قابل توجه، شانس موفقیت در اکتشافات نفتی را افزایش می‌دهند [۲]. یکی از شروط اساسی تشکیل و تجمع هیدروکربن در یک مخزن زیرزمینی، وجود سنگ منشأ با وسعت و ضخامت کافی و نیز پختگی لازم است. هم‌چنین یکی از مهم‌ترین ابزار مورد استفاده در مطالعات ژئوشیمیایی، دستگاه راک ایوال می‌باشد که در مقیاسی بسیار وسیع برای اکتشاف نفت و گاز در حوضه‌های رسوبی سراسر جهان مورد استفاده قرار گرفته است [۳]. دستگاه راک ایوال ۶ که برای تعیین خصوصیات یک سنگ منشأ احتمالی به کار می‌رود، در سال ۱۹۹۶ توسط شرکت Vinci Technology شناخته شد و در سال ۱۹۹۸ به وسیله Lafargue و همکارانش به‌طور کامل معرفی گردید. در این دستگاه از یک برنامه افزایش دما در محیط بدون اکسیژن استفاده می‌شود. این دستگاه پارامترهای ارزشمندی از خصوصیات سنگ منشأ شامل، هیدروکربن‌های آزاد موجود در نمونه (پیک S₁)، هیدروکربن‌های ناشی از شکست حرارتی کروژن (پیک S₂)، شاخص حرارتی ماده آلی (T_{max})، مقدار کل ماده آلی (TOC)، شاخص هیدروژن^۳ (HI)، شاخص اکسیژن^۴ (OI)، شاخص تولید^۵ (PI) و درصد کربن‌کانی^۶ (MinC) را ارائه می‌دهد. به کمک این پارامترها می‌توان سه مرحله اصلی ارزیابی سنگ منشأ را که

¹ Azizi.fayaz@gmail.com

⁷ Total Organic Carbon

² Bahramalizadeh@gmail.com

⁸ Hydrocarbon generation potential

³ Hosseini@scu.ac.ir

⁹ Hydrogen Index

⁴ Ftezheh@niocexp.ir

¹⁰ Oxygen Index

⁵ Kh.nuraei@gmail.com

¹¹ Production Index

⁶ Rock Eval6 Pyrolysis

¹² Mineral Carbon



۴. T_{max} : دمایی است که در آن، پیک S_2 به بیشینه خود می‌رسد. این دما پارامتری مهم برای ارزیابی بلوغ حرارتی نمونه‌های سنگ منشأ نیز می‌باشد.

۵. شاخص هیدروژن (HI): عبارتست از نسبت S_2/TOC .

۶. شاخص تولید (PI): حاصل نسبت $S_1/(S_1+S_2)$ می‌باشد و بیانگر میزان زایش هیدروکربن است.

۳. بحث و بررسی

در این تحقیق برای اطمینان از عدم آغشتگی نمونه‌ها به مواد هیدروکربنی از نمودار S_1/TOC استفاده شد؛ چرا که آلودگی نمونه‌ها به مواد نفتی بر نتایج پیرولیز دستگاه راک ایوال تأثیر بدی گذاشته و موجب تفسیر نادرست داده‌های به دست آمده می‌گردد. در این نمودار، مقادیر بالای S_1 در برابر مقادیر پایین TOC نشان‌دهنده آغشتگی نمونه‌ها به مواد نفتی نابرجا^{۱۵} است. در نمونه‌های غیرآلوده، حداکثر این میزان (S_1/TOC) ، ۱/۵ می‌باشد که در حقیقت همان شیب خط مرزی در نمودار است.

۱ | تعدادی از مهم‌ترین پارامترهای حاصل از پیرولیز توسط دستگاه راک ایوال ۶

Well	Formation	Depth(m)	S1	S2	Tmax	TOC
GS#55	PABDEH	۲۰۲۸	۱/۷	۳/۹۱	۴۲۶	۰/۹۶
GS#55	PABDEH	۲۰۴۴	۱/۴۹	۳/۵۴	۴۲۷	۱
GS#55	PABDEH	۲۰۵۱	۱/۴۴	۶/۸۱	۴۲۵	۱/۸۲
GS#55	PABDEH	۲۰۶۵	۱/۸۱	۱۲/۹۴	۴۲۷	۳/۴۳
GS#55	PABDEH	۲۰۷۴	۱/۲	۶/۷۵	۴۲۷	۱/۸۸
GS#55	PABDEH	۲۰۸۶	۱/۲۷	۱۰/۳۴	۴۴۰	۲/۶۹
GS#55	PABDEH	۲۰۹۵	۱/۴۱	۷/۱۶	۴۲۸	۱/۹۹
GS#55	PABDEH	۲۰۹۵/۵	۱/۶۳	۷/۹۱	۴۴۰	۲/۱
GS#55	KAZHDOMI	۳۲۷۸	۰/۰۵	۱/۵۳	۴۴۱	۰/۷۵
GS#55	KAZHDOMI	۳۲۹۵	۰/۵۲	۲/۵	۴۴۱	۱/۰۹
GS#55	KAZHDOMI	۳۳۵۴	۱/۲۹	۷/۷۷	۴۴۳	۲/۸۴
GS#55	KAZHDOMI	۳۴۰۰	۱/۱۱	۲/۷۹	۴۴۳	۱/۳
GS#55	KAZHDOMI	۳۴۱۱	۰/۹۳	۲/۵۲	۴۴۳	۱/۲۸
GS#55	KAZHDOMI	۳۴۲۴	۲	۳/۸۲	۴۴۴	۱/۲۷
GS#55	KAZHDOMI	۳۴۴۰	۰/۷۳	۳/۱۸	۴۴۳	۱/۲۲
GS#55	KAZHDOMI	۳۴۲۷	۰/۸۴	۱/۴۴	۴۴۴	۱/۱۹
GS#55	KAZHDOMI	۳۴۴۹	۰/۷۸	۲/۳۹	۴۴۲	۱/۰۲
GS#55	KAZHDOMI	۳۴۵۹	۱/۴۶	۲/۹۲	۴۴۳	۱/۳۴
GS#55	KAZHDOMI	۳۴۷۳	۰/۷۸	۲/۲۱	۴۳۹	۱/۰۴
GS#55	KAZHDOMI	۳۴۸۳	۰/۵۹	۲/۶	۴۴۲	۱/۲۴
GS#55	KAZHDOMI	۳۴۹۷/۵	۱/۰۵	۳/۰۱	۴۴۳	۱/۳۹
GS#55	KAZHDOMI	۳۴۹۸	۱/۱۶	۳/۰۷	۴۴۴	۱/۳۲
GS#55	KAZHDOMI	۳۵۰۶	۰/۵۷	۲/۴۴	۴۴۲	۱/۰۱
GS#55	KAZHDOMI	۳۵۳۱	۱/۸۵	۳/۰۵	۴۴۲	۱/۲۶
GS#55	KAZHDOMI	۳۵۳۷	۱	۲/۸	۴۴۵	۱/۳۲

¹³ Resin

¹⁴ Asphaltene

¹⁵ Nonindigenous hydrocarbon

تا ۹ کیلومتر عرض دارد. اساساً تولید این میدان از سازند آسماری است. در سال ۱۹۲۴، حفاری دو چاه ۲ و ۱ در ساختمان گچساران به صورت هم‌زمان شروع شد. این دو چاه در فارس پایینی و به ترتیب در اعماق ۱۰۵۵ و ۱۳۴۳ متری، بدون نفوذ به سنگ آهک آسماری تکمیل شدند [۶].

تاقدیس نامتقارن گچساران با محور شمال غرب- جنوب شرق، یکی از بزرگ‌ترین ساختمان‌های جنوب غرب ایران است. درباره ابعاد این تاقدیس باید یادآور شد که عرض آن در منتهی‌الیه شمال غربی (ساختمان لیشر) حتی به ۱۲ کیلومتر نیز می‌رسد [۷].

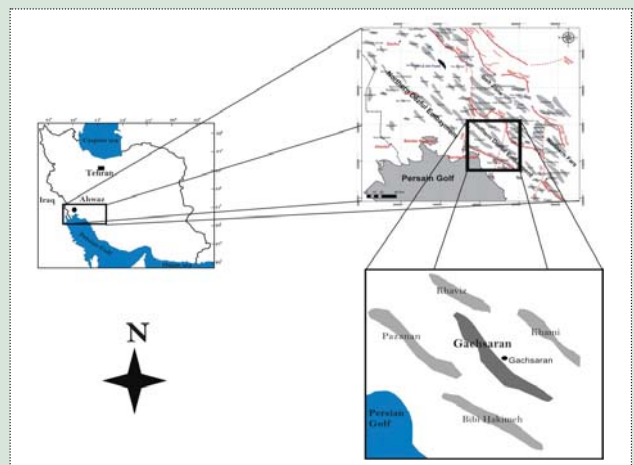
۲. روش تحقیق

در مطالعه حاضر در مجموع، ۲۵ نمونه خرده حفاری مربوط به چاه ۵۵ میدان نفتی گچساران مورد آنالیز پیرولیز راک ایوال قرار گرفتند. این نمونه‌ها مربوط به سازندهای کژدمی و پابده بوده و به عنوان سنگ منشأهای احتمالی ارزیابی شدند. بدین منظور مقدار ۵۰ تا ۷۰ میلی‌گرم از هر نمونه، آماده شده و نمونه‌ها توسط دستگاه پیرولیز راک ایوال ۶ آنالیز شدند. بدین ترتیب مقدار کل کربن آلی (TOC)، نوع کروژن، میزان بلوغ نمونه‌ها و پارامترهای دیگر هر نمونه بررسی گردید. در جدول ۱ اطلاعات حاصل از پیرولیز این نمونه‌ها آورده شده است. از پارامترهای مهم محاسبه شده توسط این دستگاه که در این مطالعه نیز مورد استفاده قرار گرفته است، می‌توان به موارد ذیل اشاره کرد [۳]:

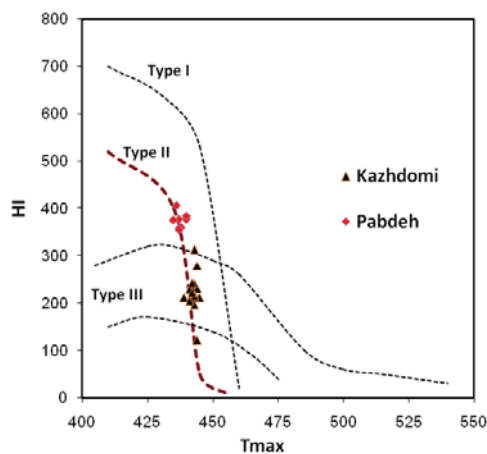
۱. S_1 : نمایانگر مقدار هیدروکربن آزاد است که در دمای $300^\circ C$ تبخیر شده و با واحد میلی‌گرم هیدروکربن در هر گرم سنگ (mg HC/g Rock) بیان می‌شود.

۲. S_2 : نمایانگر مقدار هیدروکربن و ترکیبات اکسیژن‌داری است که بین دمای $300^\circ C$ تا $650^\circ C$ در اثر شکست حرارتی کروژن و ترکیبات سنگین‌تر مانند رزین‌ها^{۱۳} و آسفالتن‌ها^{۱۴} آزاد می‌شوند. پیک S_2 در واقع همان پتانسیل موجود در نمونه سنگ است که با واحد میلی‌گرم هیدروکربن در هر گرم سنگ (mg HC/g Rock) تعریف می‌شود.

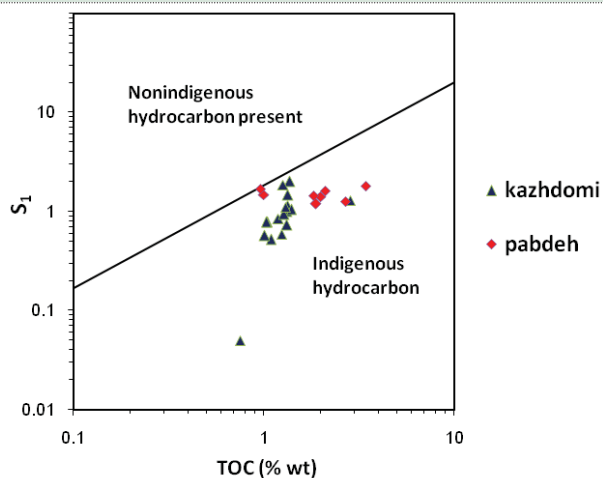
۳. S_3 : بیانگر ترکیبات اکسیژن‌داری که در دمای $400^\circ C$ درجه سانتیگراد تجزیه شده و گاز CO_2 آزاد می‌کنند. پیک S_3 با واحد میلی‌گرم CO_2 در هر گرم سنگ (mg CO_2 /g Rock) بیان می‌شود.



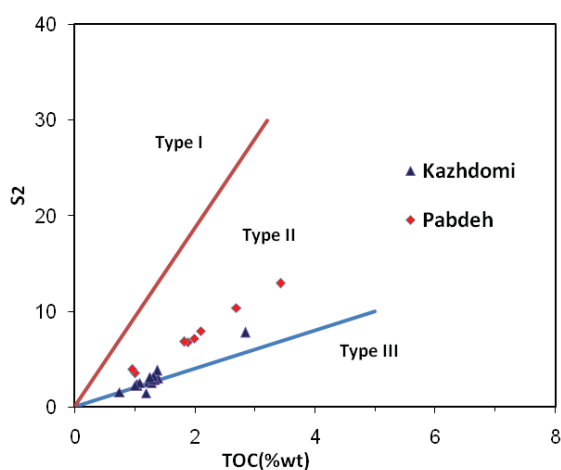
شکل ۱ | موقعیت جغرافیایی میدان گچساران (با تغییرات از نقشه‌های متعلق به شرکت ملی نفت ایران)



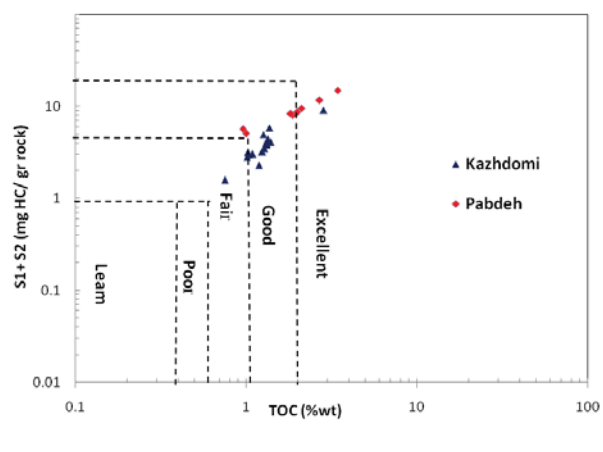
شکل ۴ | نمودار تغییرات شاخص هیدروژن (HI) در برابر T_{max}



شکل ۲ | نمودار تغییرات S_1 در برابر TOC [۸]



شکل ۵ | نمودار تغییرات S_2 در برابر TOC



شکل ۳ | نمودار تغییرات (S_1+S_2) در برابر TOC [۹]

کروژن توانایی تولید نفت را دارا هستند. نتایج یاد شده را می‌توان از ترسیم نمودار تغییرات S_2 در برابر TOC نیز به روشنی مشاهده کرد (شکل ۵). به منظور ورود به پنجره نفتی و تعیین میزان بلوغ نمونه‌ها، نمودار شاخص تولید (PI) در مقابل T_{max} رسم گردید (شکل ۶). تمام نمونه‌های مربوط به هر دو سازند در زون اصلی تولید نفت قرار گرفتند، به‌ویژه در نمونه‌های مربوط به سازند کژدمی، بلوغ نمونه‌ها و ورود به پنجره نفتی^{۱۷} بیش‌تر مشاهده گردید.

در سال ۱۹۹۴، اسمیت^{۱۸} نمودار S_1/TOC را در برابر عمق معرفی کرد (شکل ۷). کاربرد این نمودار، تعیین عمقی است که در آن تراوش نفت از یک سنگ منشأ آغاز می‌شود. همان‌طور که انتظار می‌رود با افزایش عمق، مقدار S_1 زیاد می‌شود. این روند تا هنگامی که زایش نفت آغاز گردد، ادامه می‌یابد.

بنابراین نمونه‌های بالای این خط، دچار آلودگی نفتی شده‌اند و هیدروکربن نابرجا دارند [۸]. نمودار تغییرات S_1 در برابر TOC، عدم آلودگی هیدروکربنی نمونه‌های مورد بررسی را نشان می‌دهد (شکل ۲)؛ بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که هیدروکربن موجود در نمونه‌ها از نوع برج‌آلود^{۱۶} بوده و قابل تفسیر می‌باشد.

برای تعیین توان و پتانسیل هیدروکربن‌زایی سازندهای مورد مطالعه از نمودار تغییرات S_1+S_2 در برابر TOC استفاده شد [۹]. این نمودار (شکل ۳) نشان می‌دهد که سازندهای کژدمی و پابده با داشتن مقادیر بالای S_1 ، S_2 و TOC، برای تولید هیدروکربن، خوب تا عالی هستند. با توجه به این دیگرام و چگونگی توزیع نمونه‌ها در آن، می‌توان با احتمال زیاد، سازند کژدمی و پابده را سنگ منشأهای میدان نفتی گچساران معرفی کرد.

برای پی‌بردن به نوع کروژن موجود در سازندها از نمودار تغییرات HI در برابر T_{max} استفاده شده است (شکل ۴). موقعیت نمونه‌ها بر روی این نمودار نشان می‌دهد که در سازند کژدمی و پابده، تیپ کروژن‌ها بین نوع II تا III متغیر است؛ البته نوع II غالب می‌باشد. از این‌رو این سازندها از لحاظ نوع

¹⁶ Indigenous hydrocarbon

¹⁷ Oil Window

¹⁸ Smith



نتیجه‌گیری

۱- در این مطالعه نمونه‌های مربوط به سنگ منشأهای احتمالی میدان نفتی گچساران که شامل سازندهای کژدمی و پایده می‌باشند، با استفاده از دستگاه راک‌ایوال ۶ پیرولیز شدند.

۲- در ابتدای کار برای حصول اطمینان از عدم آلودگی نمونه‌ها به مواد نفتی از نمودار S_1 در مقابل TOC استفاده شد و مشاهده گردید که تمامی نمونه‌ها هیدروکربن برجا دارند و دچار آلودگی نفتی نشده‌اند.

۳- نتایج پیرولیز نشان داد که سازندهای کژدمی و پایده وارد پنجره نفتی شده‌اند و به بلوغ کافی رسیده‌اند که البته بلوغ سازند کژدمی بیش از پایده است.

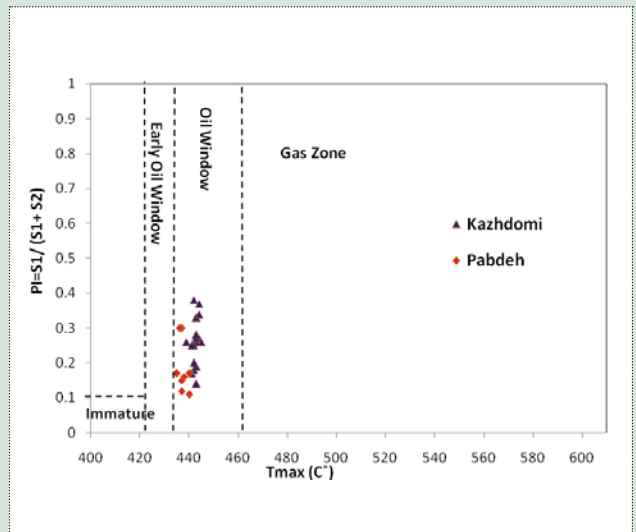
۴- نمودار اسمیت نشان داد که نمونه‌های هر دو سازند به عمق لازم برای تولید نفت رسیده‌اند و در این میان، نمونه‌های مربوط به سازند کژدمی بیش‌ترین عمق را دارا بودند؛ در نتیجه برای تولید نفت به بیش‌ترین بلوغ رسیده‌اند.

۵- نمودارهای S_2 در برابر TOC و هم‌چنین شاخص هیدروژن (HI) در برابر T_{max} نشان دادند که کروژن هر دو سازند ترکیبی از نوع II و III است و در هر دو سازند کروژن نوع II غالب می‌باشد.

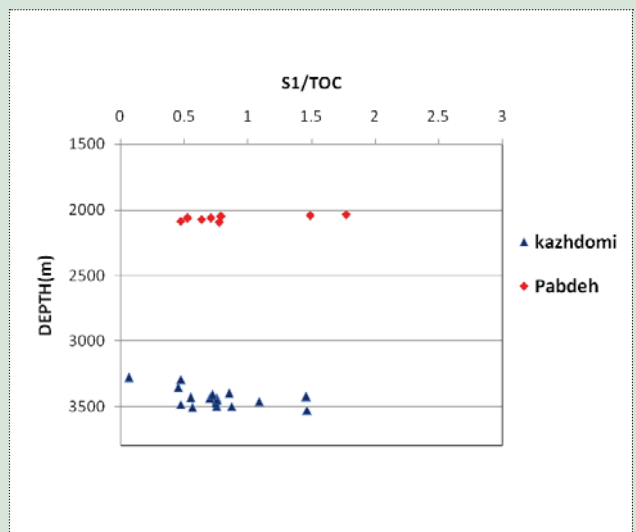
۶- در نهایت با توجه به موارد گفته شده می‌توان نتیجه گرفت که در این میدان، احتمال سنگ منشأ بودن هر دو سازند وجود دارد و با توجه به این‌که پتانسیل تولید هیدروکربن سازند کژدمی بالاتر است، حایز اهمیت بیش‌تری می‌باشد.

منابع

- [1] Peters, K.E., Fowler, M.G. (2002). Application of petroleum geochemistry to exploration and reservoir management. Organic Geochemistry, v. 33, pp. 5-36.
- [2] Bordenave, M.L. (1993). Applied Petroleum Geochemistry. Paris: Editions technip, 524p.
- [3] Behar, F., Beaumont, V., Pentea do, B. (2001) Rock-Eval 6 Technology: Performances and Developments. Oil & Gas Science and Technology-Rev. IFB, v. 56, pp.111-134.
- [4] Ibrahimbas, A.; and Riediger, C., (2004), "Hydrocarbon Source Rock Potential as Determined By Rock-Eval 6/TOC Pyrolysis, Northeast British Columbia and Northwest Alberta", Resource Development and Geoscience Branch, Summary of Activities 2004.
- [5] English, J.M.; Fowler, M.; Johnston, S.T.; Mihalyuk M.G.; and Wight, K.L., (2004), "Thermal Maturity in the Central Whitehorse Trough, Northwest British Columbia," Resource Development and Geoscience Branch, Summary of Activities 2004.
- [6] شبان، ع. (۱۳۸۲)، تحلیل شکستگی‌های تحت‌الارضی و تأثیر آن بر مهاجرت سیال در مخزن آسماری میدان نفتی گچساران، پایان‌نامه کارشناسی ارشد رشته زمین‌شناسی گرایش تکتونیک، دانشگاه شهید بهشتی.
- [7] شیرزاده، م. (۱۳۶۷)، مطالعه مقدماتی مخزن بنگستان میدان نفتی گچساران، گزارش شماره: پ-۴۱۰۸، اداره زمین‌شناسی گسترشی، شرکت ملی مناطق نفت‌خیز جنوب، اهواز.
- [8] Hunt, J.M. (1996). Petroleum Geochemistry and Geology. 2nd Edition. W.H. Freeman and Company, New York. 743 p.
- [9] Hao, F., Zou, H., Gong, Z., Deng, Y. (2007). Petroleum migration and accumulation in the Bozhong sub-basin, Bohai Bay basin, China: Significance of preferential petroleum migration pathways (PPMP) for the formation of large Oil-Fields in lacustrine fault basins. Marine and Petroleum Geology. Vol. 24, p.1-13.



شکل ۶ | نمودار شاخص تولید (PI) در برابر T_{max}



شکل ۷ | نمودار S_1/TOC در برابر عمق نمونه‌ها

اسمیت نشان داد، هنگامی‌که تراوش نفت از سنگ منشأ آغاز می‌شود، باید نسبت S_1/TOC بین ۰/۱ تا ۰/۲ باشد. به عبارت دیگر نسبت کم‌تر از ۰/۱ نشان دهنده این است که سنگ در هر مرحله از بلوغ هم که باشد، نمی‌تواند نفت تولید کرده باشد، هر چند که گاز تولید کرده باشد [۸]. استفاده از این نمودار برای نمونه‌های مورد مطالعه نشان داد که تقریباً در تمامی نمونه‌ها نسبت S_1/TOC بیش‌تر از ۰/۱ است و همه آن‌ها در عمقی قرار دارند که شرایط لازم برای زایش نفت را دارا می‌باشند. با بررسی وضعیت بلوغ نمونه‌ها می‌توان به این نکته پی برد که در چه مرحله‌ای از زایش نفت قرار دارند (شکل ۶). هم‌چنین مشاهده گردید که نمونه‌های مربوط به سازند کژدمی بیش‌ترین عمق را در بین نمونه‌ها دارا هستند و این امر دلیل محکمی برای مشاهده بیش‌ترین بلوغ در سازند کژدمی نسبت به سازند پایده است (شکل ۶).