

ارزیابی پتانسیل تولید هیدروکربن سنگ منشأ پابده در میدان نفتی رامین واقع در فروافتادگی دزفول، جنوب غرب ایران

سعیده سنماری^{۱*}، محمد جهانی^۲ و آمنه کریمی^۳

۱- گروه مهندسی معدن، دانشگاه بین‌المللی امام خمینی (ره)، قزوین

۲- گروه زمین‌شناسی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد دماوند، تهران

۳- گروه شیمی، دانشگاه آزاد اسلامی اهواز، اهواز

* نویسنده مسئول: senemari2004@yahoo.com

دریافت: ۹۵/۱۱/۱۰ پذیرش: ۹۶/۴/۱۹

چکیده

سازند پابده یکی از مهم‌ترین سنگ‌های منشأ در حوضه رسوبی زاگرس است که به وسیله روش‌های ژئوشیمیایی بررسی شده است. هدف از این مطالعه بررسی کیفیت مواد آلی و ارزیابی تکامل حرارتی سازند پابده در چاه شماره ۴ میدان نفتی رامین واقع در ناحیه فروافتادگی دزفول، جنوب غرب ایران است. بر اساس دیاگرام شاخص هیدروژن (HI) در مقابل بلوغ حرارتی و پختگی، محتوای کروژن این سازند از نوع II ارزیابی شده است. اکثر نمونه‌های سازند پابده دارای T_{max} بیش تر از ۴۳۵ درجه سانتی‌گراد بوده که نشان‌دهنده آن است که شیل‌های این سازند از لحاظ حرارتی به پختگی لازم جهت ورود به مرحله تولید نفت رسیده است. دامنه‌ی اندیس هیدروژن (HI) از 150 تا 350 $mgHC/gTOC$ و دامنه S_1+S_2 از $11/98$ تا $31/06$ $mgHC/grock$ (بطور میانگین $21/05$) و پیشنهاد می‌شود که شیل دارای پتانسیل تولید نفت است. در واقع، مقدار کربن آلی (TOC) نمونه‌های شیل چاه شماره ۴ رامین، از 1.82 تا 3.5% ، نشانه‌ای از یک سنگ منشا بسیار خوب است. بنابراین، بررسی تغییرات پارامتر S_1+S_2 و مقدار ماده آلی نشان می‌دهد که سازند پابده در این چاه به عنوان سنگ منشأ، توان تولید هیدروکربن بسیار خوبی را داراست. همچنین با بررسی بلوغ حرارتی مشخص شد که این سازند به پختگی کافی برای تولید هیدروکربور رسیده و وارد پنجره نفت‌زایی شده است.

واژه‌های کلیدی: پابده، شیل، فروافتادگی دزفول، کروژن، ماده آلی

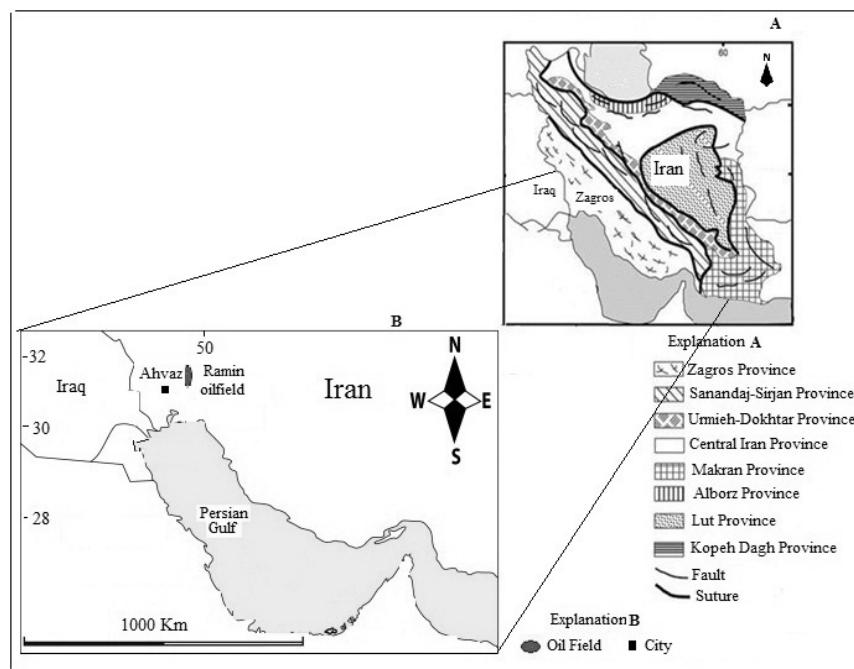
۱- مقدمه

اطلاعات ژئوشیمی آلی، تقریباً از هر چند چاه فقط یکی از آن‌ها به نتیجه دلخواه می‌رسد، می‌توان با توجه به این اطلاعات از اتلاف سرمایه عظیم جلوگیری نمود. در ایران تاکنون فقط بعضی از مخازن تاکدیسی و هیدروکربوری مورد عملیات اکتشاف و بهره‌برداری قرار گرفته‌اند، اما اگر اکتشاف با روش ژئوشیمیایی آلی همراه باشد، مابقی مخازن هیدروکربوری که به صورت ساختمانی نیستند را می‌توان مورد بهره‌برداری قرار داد. به منظور دستیابی به اطلاعات ژئوشیمیایی از روش پیرولیز راک - اول ۶ استفاده شد. این روش به علت بالا بودن دقت آنالیز از بهترین روش‌ها جهت ارزیابی سنگ منشأ به شمار می‌آید و در مقیاس وسیعی در حوضه‌های رسوبی جهان مورد استفاده قرار می‌گیرد [۲]. پیرولیز مواد آلی، روشی حرارتی است که برای تشخیص کیفیت و بلوغ حرارتی سنگ‌های منشأ استفاده می‌شود [۳]. با استفاده از این روش می‌توان پتانسیل هیدروکربورزایی را در سازندهای

حوضه رسوبی زاگرس یکی از نفت‌خیزترین مناطق جهان است که بالغ بر ده درصد کل مخازن نفت جهان در آن واقع شده است (شکل ۱). سازند پابده با درصد بالای کربن آلی یکی از مهم‌ترین سنگ‌های منشأ در حوضه رسوبی زاگرس به شمار می‌رود که واجد پتانسیل نفتی بسیار خوب بوده و از نظر درجه بلوغ یا پختگی به مرحله تولید نفت (پنجره نفتی) رسیده است [۱]. امروزه تعیین واحدهای سنگ منشا جهت تفسیر خصوصیات حوضه‌های رسوبی در شرکت نفت متداول است. ژئوشیمی آلی در اکتشاف نفت و گاز نقش تعیین کننده‌ای را ایفا می‌کند و اکثر شرکت‌های نفتی، در اکتشاف نفت و گاز برای کسب اطلاعات ژئوشیمی از نمودارهای شیمیایی استفاده می‌کنند. با توجه به این که در اغلب عملیات‌های اکتشافی نفت و گاز بدون داشتن

در مرحله کاتارز و متارز محسوب می‌شود [۵]. استفاده از روش پیرولیز، تکنیکی مناسب برای تشخیص سریع سنگ‌های منشأ مولد هیدروکربن از سنگ‌های غیر منشأ است و به علت نیاز نداشتن به صرف زمان زیاد و از طرفی ساده و ارزان بودن، روشی مناسب برای ارزیابی ابتدایی سنگ‌های منشأ محسوب می‌گردد [۶ و ۴].

مختلف یک میدان نفتی مورد ارزیابی قرار داد و ریسک حفاری را به کمترین مقدار ممکن رساند [۷]. در واقع پیرولیز روشی حرارتی است که حرارت دادن ماده آلی در غیاب اکسیژن برای تولید و آزاد شدن هیدروکربن از مواد آلی و تعیین پتانسیل هیدروکربن باقی‌مانده در درجه حرارت‌های بالا و در مدت زمان کوتاه انجام می‌گیرد. به عبارتی دیگر این روش نوعی بازسازی تولید هیدروکربن



شکل ۱. نقشه ایران و مناطق زمین‌شناسی آن، (اقتباس با کمی تغییرات از حیدری و همکاران، ۲۰۰۳) [۸]. B: موقعیت منطقه مورد مطالعه و میدان نفتی رامین در شمال شرق اهواز، ایران

رسم شد [۷، ۱۰]. جهت اطمینان از عدم آغستگی نمونه‌ها به مواد هیدروکربنی، از نمودار PI یا شاخص تولید و نمودار S_1 به S_2 نیز استفاده شد.

۳- نتایج و بحث

مقدار کل کربن آلی در نمونه‌های به دست آمده از این سازند، دارای حداقل ۱/۸۲ درصد در نمونه $PDD24$ و حداکثر ۳/۵ درصد در نمونه $PDD28$ بود. میانگین نمونه‌های مطالعه شده ۲/۷۴ درصد و بر طبق جدول شماره یک این سازند دارای توان تولید هیدروکربن در حد بسیار خوب بوده و از اینرو این سازند به عنوان سنگ منشأ خوب محسوب می‌شود [۱۱] (شکل ۲).

از نظر میزان پختگی، حداکثر درجه حرارت آن، حداقل $428^{\circ}C$ در نمونه $PDD30$ و حداکثر $448^{\circ}C$ در نمونه

۲- مواد و روش تحقیق

در انجام این مطالعه از نمونه‌های متعلق به مغزه‌های حفاری شده از سازند پابده مقدار ۵۰ تا ۷۰ میلی‌گرم از هر نمونه که مربوط به اعماق ۴۱۳۰ تا ۴۲۸۰ متر از چاه شماره ۴ رامین واقع در فرفرافتادگی دزفول می‌باشد استفاده گردید. از بین نمونه‌های متعلق به این چاه، تعداد ۷ نمونه بصورت انتخابی توسط دستگاه پیرولیز راک-اول ۶ مورد آنالیز قرار گرفت و پارامترهای کمی و کیفی آن نظیر مقدار کل کربن آلی، نوع کروژن، میزان مقدار ماده آلی و بلوغ حرارتی تعیین شد. تعیین نوع کروژن و نوع ماده آلی، میزان مقدار ماده آلی و بلوغ حرارتی و پختگی آن از عوامل مهم در ارزیابی سنگ منشأ بودند. برای تعیین نوع کروژن موجود در سازند پابده نمودار T_{max} نسبت به HI با استفاده از مقادیر متغیرهای T_{max} و HI

است. بنابراین می‌توان گفت که این سازند به پختگی آلی به دست آمد. نوع هیدروکربن تولیدی از این سازند در صورت تولید، گاز و نفت است خواهد بود (جدول ۲) (شکل ۶).

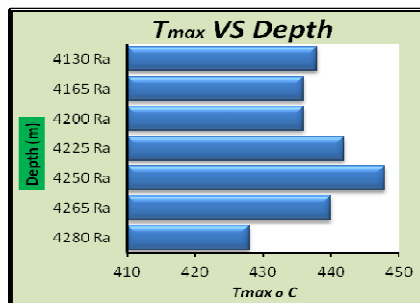
بر اساس پتانسیل زایشی (S_1+S_2) که حداقل آن ۱۱/۹۸ میلی‌گرم هیدروکربن بر گرم سنگ در نمونه $PDD24$ و حداکثر ۳۱/۰۶ میلی‌گرم هیدروکربن بر گرم سنگ در نمونه $PDD28$ و به طور میانگین ۲۱/۴۸ میلی‌گرم هیدروکربن بر گرم سنگ است و بر طبق جدول (۱) توان تولید هیدروکربن در حد خیلی خوب ارزیابی می‌گردد. شاخص تولید PI دارای حداقل ۰/۵۳ در نمونه $PDD30$ و حداکثر ۰/۸۱ در نمونه $PDD26$ و به طور میانگین ۰/۷۳ است و بنابراین، به نظر می‌رسد که این سازند آلودگی نفتی دارد [۹] (شکل‌های ۷ و ۹) (جدول ۴). با توجه به جداول ۱ و ۳ توان تولید هیدروکربور در این سازند بسیار خوب و نوع کروژن با توجه به شکل ۸ از نوع II است. همچنین با توجه به نمودار TOC در برابر HI سازند پایده از نظر توان هیدروکربورزایی در خوب تا عالی ارزیابی می‌گردد (شکل ۱۰).

$PDD28$ و به طور میانگین ۴۳۸/۳ درجه سانتی‌گراد کافی برای تولید هیدروکربور رسیده و وارد پنجره نفت‌زایی شده است [۱۲] (شکل ۳).

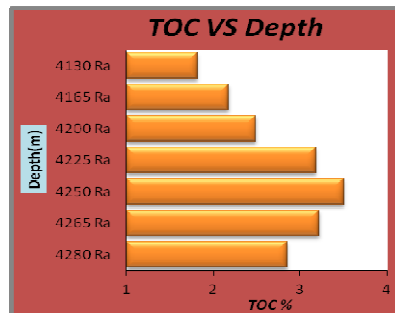
مقدار هیدروکربور آزاد (S_1) موجود، دارای حداقل $9/48 \text{ mgHC/gRock}$ در نمونه $PDD24$ و حداکثر $24/68 \text{ mgHC/gRock}$ در نمونه $PDD28$ می‌باشد و به طور میانگین ۱۵/۸۳ میلی‌گرم هیدروکربن بر گرم سنگ اندازه آن می‌باشد. از این رو بر طبق جدول شماره یک، این سازند می‌تواند سنگ منشأ بسیار خوبی محسوب شود (شکل ۴).

مقدار هیدروکربن باقی‌مانده یا S_2 ، حداقل $2/5 \text{ mgHC/gRock}$ در نمونه $PDD24$ و حداکثر $10/5 \text{ mgHC/gRock}$ در نمونه $PDD30$ می‌باشد و به طور میانگین $5/65 \text{ mgHC/gRock}$ است. بر این اساس و بر طبق جدول شماره یک توان تولید هیدروکربن برای آن در حد خوب ارزیابی می‌گردد (شکل ۵).

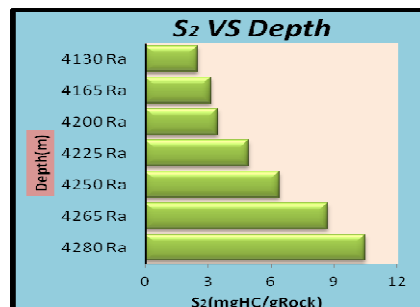
هم‌چنین حداقل مقدار ضریب هیدروژن (HI) در سازند پایده، حداقل 137 mgHC/gTOC در نمونه $PDD24$ و حداکثر 369 mgHC/gTOC در نمونه $PDD30$ است و میانگین آن $200/3$ میلی‌گرم هیدروکربن بر گرم کربن



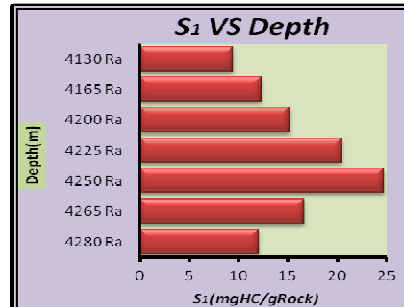
شکل ۳. نمودار T_{max} در برابر عمق سازند پایده، چاه شماره ۴ رامین



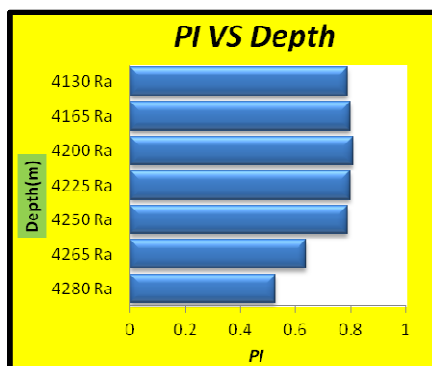
شکل ۲. نمودار درصد TOC در برابر عمق سازند پایده، چاه شماره ۴ رامین



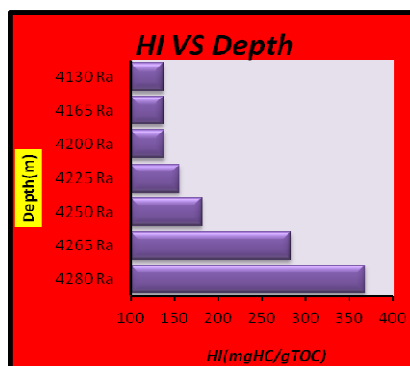
شکل ۵. نمودار S_2 در برابر عمق سازند پایده، چاه شماره ۴ رامین



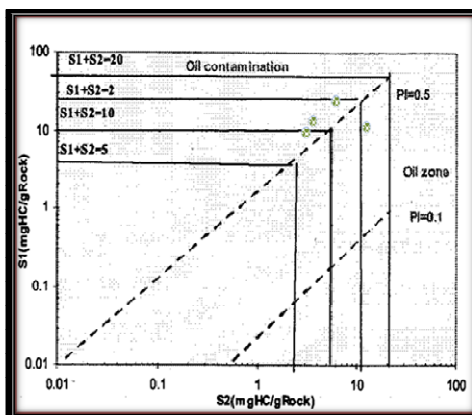
شکل ۴. نمودار S_1 در برابر عمق سازند پایده، چاه شماره ۴ رامین



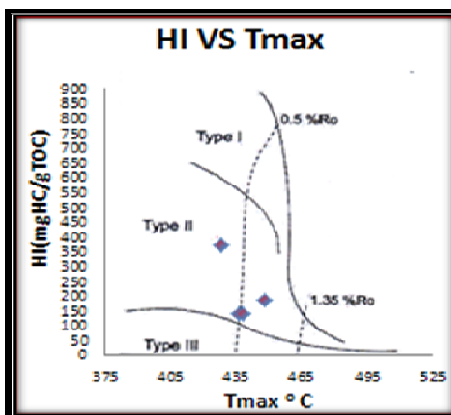
شکل ۷. نمودار PI در برابر عمق، سازند پابده، چاه شماره ۴ رامین



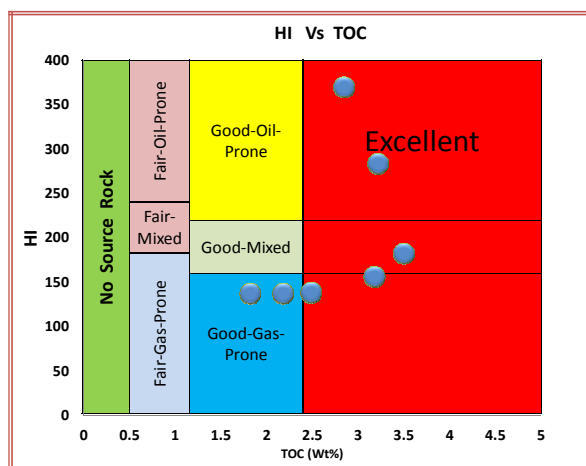
شکل ۶. نمودار HI در برابر عمق، سازند پابده، چاه شماره ۴ رامین



شکل ۹. نمودار S_2 در برابر S_1 سازند پابده، چاه شماره ۴ رامین



شکل ۸. نمودار T_{max} در برابر HI سازند پابده، چاه شماره ۴ رامین



شکل ۱۰: نمودار TOC در برابر HI جهت ارزیابی پتانسیل سازند پابده، چاه شماره ۴ رامین

جدول ۱. اندیس هیدروژن، تعیین کننده کیفیت هیدروکربنی سنگ منشأ [۱۱]

Type Hydrocarbon	HI (mgHC/gTOC)
Gas	0 - 150
Gas & Oil	150 - 300
Oil	300 <

جدول ۲. تعدادی از پارامترهای ژئوشیمیایی جهت تعیین کمیت و کیفیت هیدروکربن‌ها و طبقه‌بندی سنگ‌های مادر [۱۱]

Quality	TOC WT%	S ₁ (mgHC/gRock)	S ₂ (mgHC/gRock)	S ₁ + S ₂ (mgHC/gRock)
Poor	0.5 >	0 - 0.5	0 - 2.5	0 - 3
Fair	0.5 - 1	0.5 - 1	2.5 - 5	3 - 6
Good	1 - 2	1 - 2	5 - 10	6 - 12
Very good	2 <	2 <	10 <	12 <

جدول ۳. پارامترهای ژئوشیمیایی که پتانسیل هیدروکربورزایی سنگ منشأ را نشان می‌دهد.

Formation	Depth (m)	Sample NO	TOC %	S ₁ (mgHC/gRock)	S ₂ (mgHC/gRock)	S ₁ +S ₂	Quality	
Pabdeh	4130	PDD 24	1.82	9.48	2.5	11.98	Good	
	4165	PDD 25	2.18	12.32	3.12	15.44		
	4200	PDD 26	2.49	15.15	3.46	18.61	Very good	
	4225	PDD 27	3.18	20.46	4.92	25.38		
	4250	PDD 28	3.5	24.68	6.38	31.06		
	4265	PDD 29	3.22	16.68	8.68	25.36		
	4280	PDD 30	2.85	12.05	10.51	22.56		
	Maximum:			3.5	24.68	10.51		31.06
	Minimum:			1.82	9.48	2.5	11.98	Very good
	Mean :			2.74	15.83	5.65	21.48	

جدول ۴. پارامترهای حاصل از پیرولیز راک اول جهت تعیین ظرفیت تولید و کیفیت هیدروکربن نمونه‌های سازند مورد مطالعه

Formation	Depth (m)	Sample NO	HI(mgHC/gTOC)	PI	T _{max}	
Pabdeh	4130	PDD 24	137	0.79	438	
	4165	PDD 25	137	0.80	436	
	4200	PDD 26	138	0.81	436	
	4225	PDD 27	156	0.80	442	
	4250	PDD 28	182	0.79	448	
	4265	PDD 29	283	0.64	440	
	4280	PDD 30	369	0.53	428	
	Maximum :			369	0.81	448
	Minimum :			137	0.53	428
	Mean :			200.3	0.73	438.3

۴- نتیجه‌گیری

در این پژوهش از نتایج حاصل از پیرولیز راک اول جهت ارزیابی سازند پابده استفاده شد. نتایج به دست آمده از این روش مربوط به اعماق ۴۱۳۰ متر تا ۴۲۸۰ متر به ضخامت ۱۵۰ متر از عمق مورد مطالعه در چاه شماره ۴ رامین در فروافتادگی دزفول می‌باشد که بیانگر آن است که این سازند از نظر پتانسیل تولید هیدروکربن در حد خوب می‌باشد. نتایج حاصله از T_{max} در چاه مورد مطالعه نشان می‌دهد که اکثر نمونه‌های سازند پابده در چاه شماره ۴ رامین دارای T_{max} بیش‌تر از ۴۳۵ درجه سانتی‌گراد بوده که نشان‌دهنده آن است که مواد آلی نمونه‌های این سازند در این چاه به پختگی لازم جهت ورود به مرحله تولید نفت رسیده است. نمونه‌های سازند پابده در چاه ۴ رامین از نظر مقدار کربن آلی (TOC) غنی بوده و در حد بسیار خوبی می‌باشد. هم‌چنین اشکال S_1 و S_2 و نمودار S_1 در برابر S_2 چاه مورد مطالعه در ناحیه فروافتادگی دزفول نشان می‌دهد، این سازند دارای پتانسیل نفتی بسیار خوب است. با توجه به بالا بودن PI و نسبت بالا و بزرگ‌تر بودن S_1 به S_2 آلودگی نمونه‌ها مشخص می‌گردد. از نظر ضریب هیدروژن (HI)، تقریباً تمام نمونه‌ها دارای پتانسیل هیدروکربوری متوسط ($HI = 150 - 350 \text{ mgHC/gTOC}$) بوده که این دامنه تغییرات نشان‌دهنده آن است که نمونه‌ها به طور سیستماتیک از افزایش حرارتی که در اثر عمق حاصل می‌شود تبعیت نکرده‌اند. با توجه به نتایج حاصله از روش راک اول می‌توان نمودار نسبت HI به T_{max} را رسم کرد، این نمودار نشان می‌دهد که تمام نمونه‌ها، دارای منشأ مواد آلی دریایی و کروژن نوع دوم ($Type II$) هستند.

منابع

- [۱] اشکان، م (۱۳۸۳) اصول مطالعات ژئوشیمیایی سنگ‌های منشأ هیدروکربوری و نفت‌ها با نگرش ویژه به حوضه رسوبی زاگرس. انتشارات شرکت ملی نفت ایران.
- [۲] جهانی، م (۱۳۹۱) مقایسه نتایج مطالعات ژئوشیمیایی در سازندهای گورپی و پابده در مناطق بندرعباس و فروافتادگی دزفول. پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد دانشگاه آزاد اسلامی دماوند، ۱۵۰ص.
- [۳] رضایی، م.ر (۱۳۹۲) زمین‌شناسی نفت. انتشارات علوی، ۵۵۲ص.
- [۴] کمالی، م.ر، قربانی، ب (۱۳۸۵) ژئوشیمی آلی از فیتوپلانکتون تا تولید نفت. انتشارات آراین زمین، ۳۲۴ص.
- [5] Barker, C (1974) *Pyrolysis techniques for source rock evaluation*. AAPG Bullrtin, 58:2349-2361.
- [6] Behar, F., Beaumont, V., and Pentea, do B (2001) *Rock-Eval 6 Tecnology: Performances and Developments*. Oil & Gas Science and Tecnology-Rev. IFB, 56:111-134.
- [7] Espitalie, J., Madec, M., Tissot, B., Menning, J.J., and Leplate, P (1977) *Source rock characterization method for petroleum exploration*. In proceeding of the 9th annual offshore technology conference, Houston, Texas, 3: 439-448.
- [8] Heidary E., Hassanzadeh J., Wade W.J. & Ghazi A.M (2003) *Permian-Triassic boundary interval in the Abadeh section of Iran with implications for mass extinction, part 1, sedimentology*. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, 193: 405-423.
- [9] Hunt, J.M (1995) *Petroleum geochemistry and geology*, 2th ed., New York: W.H. Freeman Company.
- [10] Page, M.M. and Kuhnel, C (1980) *Rock Eval Pyrolysis as source rock using programmed pyrolysis*, AAPG Bulletin, 64, 762.
- [11] Peters, K.E (1986) *Guidelines for evaluating petroleum source rock using programmed pyrolysis*, AAPG Bulletin, 70: 318-329.
- [12] Tissot, B. and Espitalie, J (1975) *Thermal evolution of organic materials in sediments; application of a mathematical simulation; petroleum potential of sedimentary basins and reconstructing the thermal history of sediments*, Revue de l' Institut Francais du Petrole et Annales des Combustibles Liquides, 30(5): 743-777.

Evaluation of hydrocarbon generative potential of Pabdeh source rock in Ramin Oilfield, Dezful Embayment, SW Iran

S. Senemari,^{1*} M. Jahani² and A. Karimi³

1- Dept., of Mining Engineering, Imam Khomeini International University, Qazvin

2- Dept., of Geology, Islamic Azad University, Damavand Branch, Tehran

3- Dept., of Chemistry, Ahvaz Islamic Azad University, Ahvaz

**senemari2004@yahoo.com*

Recieved: 2017/1/29 Accepted: 2017/7/10

Abstract

The one of the most important petroleum source rocks in the Zagros basin is the Pabdeh Formation that has been investigated by geochemical techniques. The aim of this study was to assess the quality of organic matter, evaluate thermal evolution and highlight Pabdeh Formation potential as a source rock of Ramin oilfield located in Dezful Embayment. Based on HI versus T_{max} and HI versus OI diagrams were used in classifying the organic matter in the formation indicating the presence of Type II kerogen. Most samples of the Pabdeh formation have T_{max} values more than 435°C indicate that the shale of formation is thermally mature with respect to petroleum generation. Hydrogen Index (HI) values range from 150 to 350 mgHC/g TOC and $S_1 + S_2$ yields values ranging from 11.98 to 31.06mgHC/g rock, suggesting that the shale have oil generating potential. The TOC of shale samples of the studied Ramin Well no. 4 ranges from 1.82 to 3.5%, an indication of a very good source rock of terrestrially derived organic matter. So, investigation of the variation $S_1 + S_2$ and TOC parameters indicated that Pabdeh Formation (in the well) is assessed a good source rocks in producing hydrocarbon. Also with T_{max} examination showed that formation is mature enough to generate hydrocarbon and has yet entered oil generation window.

Keywords: *Pabdeh, Shale, Organic matter, Kerogen, Dezful embayment.*