

بررسی خصوصیات ژئوشیمیایی سنگ‌های منشاء احتمالی در جنوب ساری - شمال ایران

Investigation on the geochemical properties of potential source rock in south Sari area – North Iran

حسین مهاجر سلطانی، کارشناس ارشد رسوب‌شناسی، h.mohajer@kepco.ir - hyuo1358@gmail.com، شرکت نفت خزر (شماره پرسنلی: ۸۲۰۴۶۸)، آدرس محل کار: تهران - خیابان خالد اسلامبولی - خیابان وزراء - خیابان نهم - پلاک ۱۵ - شرکت نفت خزر، شماره تلفن: ۸۸۷۱۷۶۷۸، سوابق کاری: مدیریت اکتشاف ۵ سال / نفت خزر ۶ سال.

محمد سعید شریعت‌زاده، کارشناس ارشد چینه و فسیل‌شناسی، m.s.shariatzadeh@gmail.com، شرکت نفت خزر (شماره پرسنلی: ۶۶۵۲۴۵)، آدرس محل کار: تهران - خیابان خالد اسلامبولی - خیابان وزراء - خیابان نهم - پلاک ۱۵ - شرکت نفت خزر، شماره تلفن: ۸۸۷۱۷۶۷۸، سوابق کاری: کارشناس مدیریت اکتشاف ۱۹ سال / رئیس اداره مطالعات زمین‌شناسی شرکت نفت خزر ۳ سال.

۱- چکیده:

این مقاله به بررسی خصوصیات ژئوشیمیایی سنگ‌های منشاء احتمالی در جنوب شهرستان ساری می‌پردازد. بدین منظور تعداد هشت نمونه از رسوبات سنگ منشاء احتمالی به سن میوسن این منطقه جهت آنالیز پیرولیز راک- اول مورد بررسی قرار گرفتند. باتوجه به نتایج حاصل از این آنالیز، نهشته‌های مورد مطالعه از دیدگاه میزان کل کربن آلی^۱ فقیر بوده و مقدار کربن آلی آنها از ۰/۴۸ - ۰/۱۵ درصد در تغییر است. اکثر نهشته‌های مورد مطالعه از لحاظ میزان پختگی کروژن نابالغ بوده و بطور غالب در انتهای دیانژ (قبل از پنجره نفت‌زایی یا در شروع آن) قرار دارند. بنابراین نهشته‌ها از لحاظ توان هیدروکربورزایی ضعیف بوده و فاقد هرگونه کروژن مناسب جهت تولید هیدروکربن بصورت محلی هستند. همچنین در تعیین رخساره آلی مشخص گردید رسوبات مذکور در یک محیط پسرونده قاره‌ای نهشته شده‌اند.

واژه های کلیدی: سنگ منشاء احتمالی - بلوغ حرارتی - پیرولیز راک اول - پنجره نفت زایی - جنوب شهرستان ساری.

Abstract: This article to indicate for geochemical properties of the organic matters, of possible source rock in south sari area. Therefore eight samples of the Miocene sediments in this area were analyzed using Rock-Eval pyrolysis. The results of Rock-Eval pyrolysis shown that such beds are not good source and have poor to fair content of organic matter in which the total organic carbon richness (TOC) ranged between 0.15 And 0.48 Wt%. These beds generally contain kerogen type III. The maturity of these source beds range from immature to early mature oil window in these beds. Thus no potential gas/oil source intervals were encountered in these sediment. In organic facies study determine, these beds were in regressive continental environment too.

Keywords: possible source rock; thermal maturity; Rock-Eval pyrolysis; oil window; south of Sari area.

۲- مقدمه:

بطور کلی تا اواسط قرن گذشته، اهمیت و ویژگی‌های خاص دریای خزر منحصر به عملیات صید ماهیگیری و امور شیلات و نیز حمل و نقل دریایی و کشتی‌رانی بود. اما به تدریج با شناخت بیشتر از حوضه و چاه‌های نفتی دریای خزر و در پی آن اکتشاف و استخراج نفت از این ناحیه در سال ۱۹۴۷ به بعد، اهمیت اقتصادی و تجاری این دریا از لحاظ وجود ذخایر نفت و گاز و همچنین تولید از این منابع افزایش یافت و به این ترتیب امروزه در سواحل فلات قاره دریای خزر، صدها مشعل فروزان از چاه‌های نفتی به چشم می‌خورد. بنابراین شناسایی سیستم‌های هیدروکربوری حوضه رسوبی خزر به منظور مطالعات اکتشافی نفت و گاز و در جهت نیل به تولید از منابع هیدروکربوری در این منطقه از اهمیت شایانی برخوردار است.

^۱ TOC

یکی از ارکان اصلی هر سیستم نفتی، سنگ‌منشاء است. بنابراین شناسایی سنگ مادر و وضعیت آن در هر سیستمی ضروری است. درک این مطلب نه تنها مانع از انجام حفاری‌های ناموفق در نواحی فاقد توان هیدروکربوری می‌گردد، بلکه از اتلاف سرمایه نیز جلوگیری می‌کند. طبق تعریف سنگ منشاء احتمالی (Possible Source Rock) به هر سنگ رسوبی اطلاق می‌شود که توانایی تولید در آن هنوز ارزیابی نشده است ولی ممکن است نفت یا گاز تولید کرده باشد [15] (Waples D.W. – 1985).

امروزه ژئوشیمی نفت به عنوان یک علم بنیادی و بین رشته‌ای جهت بهبود بازده اکتشاف و تولید بکار می‌رود و با استفاده از تئوری‌ها و روش‌های مختلف ژئوشیمیایی، بسیاری از مسائل مربوط به فهم و شناخت سنگ‌های منشاء، زون‌های تولیدی و غیرتولیدی، مهاجرت نفت، تجمعات نفتی، توسعه میدان‌های نفتی و جداسازی محصولات در تولیدات آمیخته شده را مورد مطالعه قرار می‌دهد [11] (Kufman et. Al. – 1990; Miller – 1995; Peters and Fowler – 2002).

با پیشرفت علم ژئوشیمی آلی این فرضیه به اثبات رسیده است که بیش از ۹۱ درصد ذخایر نفت و گاز جهان در طول ۶ وقفه اصلی رسوبی (نبود چینه‌ای) در تاریخ زمین‌شناسی تولید شده‌اند [۲] (کمالی و قربانی - ۱۳۸۵) که عبارتند از:

۱- سیلورین ۲- دونین بالایی - تورنسین ۳- پنسیلوانین - پرمین آغازین ۴- ژوراسیک بالایی ۵- کرتاسه میانی ۶- الیگوسن - میوسن.

لذا رسوبات دریایی دوره میوسن در حوضه رسوبی خزر جنوبی به عنوان یکی از اهداف برای پی‌جویی‌های اکتشافی سنگ منشاء احتمالی در این حوضه، دارای اهمیت بوده و از ملاک‌های اصلی این انتخاب می‌باشند. از سوی دیگر سری مایکوپ^۲ با سن میوسن زیرین نیز در کشور همجوار این حوضه (آذربایجان) به عنوان سنگ منشاء تولید نفت و گاز حوضه رسوبی دریای خزر شناخته می‌شود که در نهایت با این تفاسیر، ضرورت مطالعه و بررسی نهشته‌های میوسن ایران در راستای منشاء‌یابی ذخایر هیدروکربوری، بیش از پیش آشکار می‌شود.

به همین جهت در این مقاله سعی شده است خصوصیات ژئوشیمیایی بخشی از نهشته‌های به سن میوسن حوضه رسوبی خزر جنوبی جهت شناسایی سنگ منشاء احتمالی مورد مطالعه و بررسی قرار گیرد و برای نیل به این هدف از داده‌های بدست آمده از پیرولیز راک- اول استفاده گردیده است.

۳- زمین‌شناسی منطقه

منطقه مورد نظر جنوب ساری (جاده‌سازی - کیاسر) قرار دارد و بخشی از حوضه رسوبی خزر جنوبی در ایران قلمداد می‌گردد. از آنجا که این حوضه در دوران سنوزوئیک بصورت مستقل پدیدار گردیده است، خصوصیات زمین‌شناختی و چینه‌شناسی آن در این دوران شرح داده می‌شود:

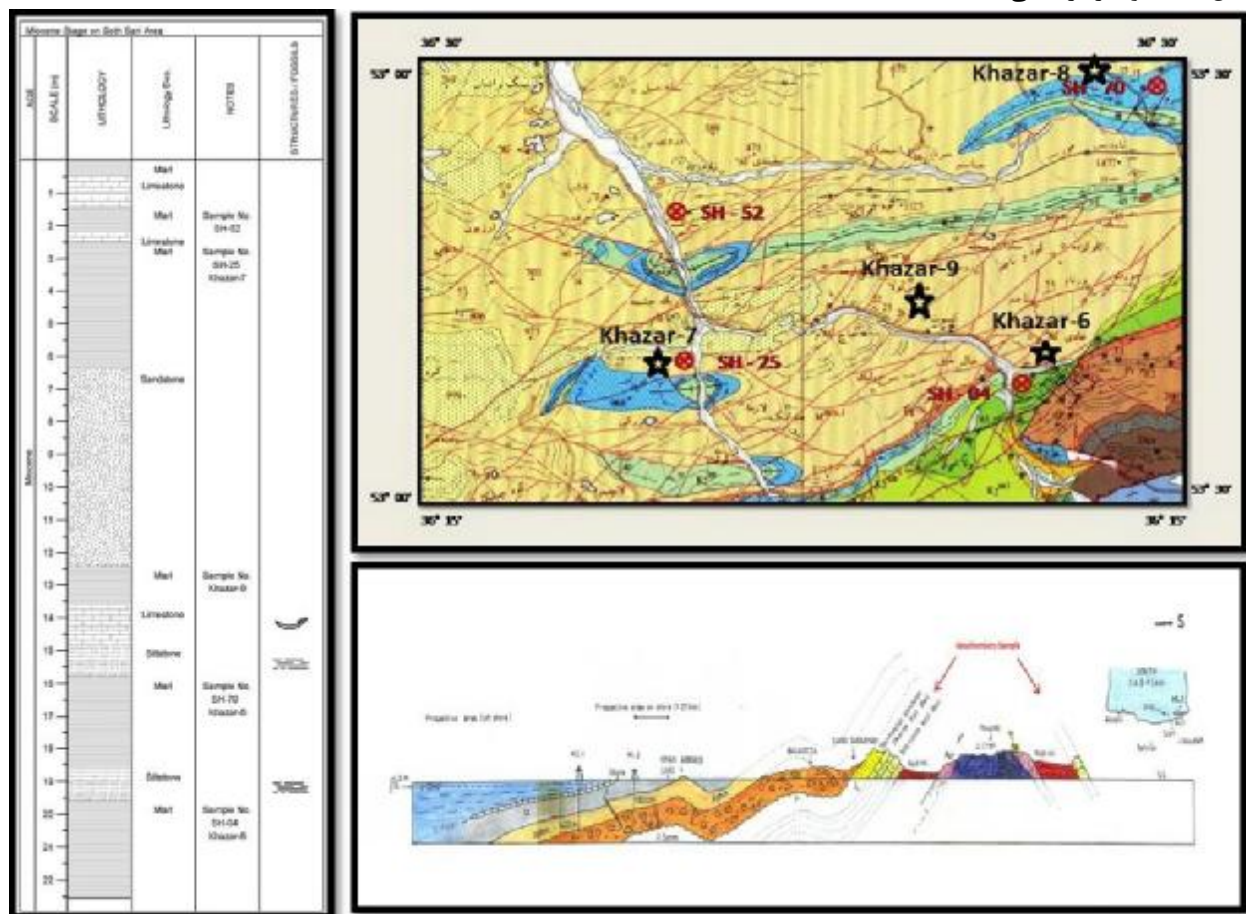
دریای خزر بخشی از حوضه پاراتتیس شرقی بوده که تا اواخر میوسن با دریای سیاه ارتباط داشته اما در پلیوسن زیرین با ادامه حرکات کوهزایی آلپی و بالا آمدن سرزمین قفقاز، ارتباط آبی آن با دریای آزوف و سیاه از طریق دره مانچ قطع شد و به عنوان یک دریاچه مستقل پدیدار گردید (Varashchenko-1987).

لازم به توضیح است که در اواخر پلیوسن نیز این دریا وسعت خود را گسترش داده و مجدداً با دریای سیاه ارتباط برقرار کرده و به هم متصل شده‌اند. در دوران چهارم نیز بر اثر ذوب یخچال‌ها این گسترش ادامه پیدا می‌کند ولی پس از آن پایین آمدن سطح آب دریای خزر شروع شده و اتصال بین دریای خزر و سیاه قطع می‌گردد و در نتیجه حوضه پاراتتیس به دریای سیاه، خزر و آرال تقسیم می‌گردد [۳] (موسوی روح بخش - ۱۳۷۰).

شایان ذکر اینکه در ایران به دلیل عقب‌نشینی عمومی دریا و وقوع یک فاز غیررسوبی، رسوبگذاری از پالئوسن تا میوسن صورت نپذیرفته است. در نتیجه توالی چینه‌ای دوران سوم در بعضی از قسمت‌های منطقه یاد شده در پایان میوسن (سارماسین - پونسین) و در برخی دیگر در پلیوسن آغازی تا میانی شروع می‌شود [۱] (سحابی - ۱۳۸۶). بنابراین کامل‌ترین رسوبات حوضه خزری در

^۲ Maykop Series

ایران مربوط به دوره میوسن می‌باشد و میزان گسترش آن در منطقه جنوب شهرستان‌های ساری و بهشهر به حداکثر ضخامت خود می‌رسد. سنگ‌شناسی غالب توالی میوسن در منطقه مورد مطالعه شامل رس سنگ، سیلتستون و مارن‌های متورق تیره رنگ می‌باشد که به دلیل احتمال وجود بیشترین مواد آلی در مارن‌های تیره نسبت به سایر رسوبات، نمونه‌برداری از آنها صورت پذیرفته است. تصاویر زیر نشان‌دهنده ستون چینه‌شناسی نهشته‌های میوسن در ناحیه مورد مطالعه، نقشه زمین‌شناسی منطقه و موقعیت محل‌های نمونه‌برداری می‌باشد.



شکل‌های ۱، ۲ و ۳ نقشه زمین‌شناسی از موقعیت نمونه‌های برداشت شده، تصویر شماتیک دو بعدی حوضه رسوبی و ستون چینه‌نگاری رسوبات مورد مطالعه

۴- داده‌ها و روش مطالعه :

باتوجه به وضعیت آب و هوایی ناحیه مورد مطالعه و احتمال بروز خطا در آنالیز نمونه‌ها، به دلیل مهیا بودن شرایط لازم برای هوازدگی و فرسایش شدید رسوبات مورد مطالعه در محدوده مذکور، نمونه‌برداری در دو نوبت صورت پذیرفت و در هر نوبت تعداد ۴ نمونه سنگی از مارن‌های تیره رنگ نهشته‌های به سن میوسن جنوب شهرستان ساری انتخاب گردید. شایان ذکر اینکه در مراجعه دوم به محدوده مورد مطالعه جهت کاهش اثر هوازدگی در نتایج آنالیز ژئوشیمی، نمونه‌ها از نقاط عمیق‌تر اخذ گردیدند (عمق نمونه‌برداری حدود ۱/۵ متر می‌باشد). ولی در مجموع پس از مقایسه نتایج اولیه آنالیز ژئوشیمی در دو مرحله نمونه‌برداری از ناحیه مذکور، تغییر محسوسی در داده‌های حاصل، مشاهده نگردید و لذا از نتایج کلیه داده‌ها (۸ نمونه ژئوشیمی) در این تحقیق استفاده گردیده است. لازم به توضیح است در جدول شماره ۱ نیز نتایج آنالیز حاصل از دو مرحله نمونه برداری به تفکیک رنگ نشان داده شده است.

جهت آنالیز ژئوشیمی نمونه‌های مذکور، در ابتدا مقدار ۷۰ - ۵۰ میلی گرم از هر نمونه آماده‌سازی و هموژنیزه شده و پس از آن توسط دستگاه پیرولیز راک - اول ۶ مورد آنالیز قرار گرفت. مهمترین پارامترهای محاسبه شده توسط دستگاه راک - اول که در این بررسی از آنها استفاده گردید بشرح زیر می‌باشد :

S1 : مقدار هیدروکربن تولید شده در درجه حرارت حدود ۳۰۰ درجه سانتی‌گراد با افزایش ۵ درجه در هر دقیقه در شرایط هلیوم و با واحد میلی گرم هیدروکربن در هر گرم سنگ (mg HC/g Rock) بیان می‌شود.

S2 : مقدار هیدروکربن تولید شده در حین پیرولیز کروژن و بیتومین‌های فرار در دمای ۶۰۰ - ۳۰۰ درجه سانتی‌گراد با افزایش ۲۵ درجه سانتی‌گراد در هر دقیقه در شرایط هلیوم. در واقع پیک S2 همان توان کنونی موجود در نمونه سنگ می‌باشد که به صورت میلی‌گرم هیدروکربن در هر گرم سنگ (mg HC/g Rock) نمایش داده می‌شود. در این محدوده دمای هیدروکربن‌ها و ترکیبات حاوی اکسیژن در اثر شکسته شدن کروژن و ترکیبات سنگین مانند رزین‌ها و آسفالتن‌ها پیک S2 را بوجود می‌آورند.

S3 : مقدار CO₂ تولید شده در حین پیرولیز در محدوده دمایی ۳۹۰ - ۳۰۰ درجه سانتی‌گراد و در واحد میلی گرم CO₂ در هر گرم سنگ نمایش داده می‌شود.

T_{Max} : دمایی است که پیک S2 در آن حداکثر مقدار خود را نشان داده و به عنوان یک پارامتر جهت ارزیابی بلوغ حرارتی نمونه سنگ منشاء مورد استفاده قرار می‌گیرد.

HI : شاخص هیدروژن^۳ می‌باشد و عبارت است از نسبت S2/TOC.

OI : شاخص اکسیژن^۴ می‌باشد و عبارت است از نسبت S3/TOC.

PI : شاخص توان هیدروکربن‌زایی^۵ می‌باشد و عبارت است از نسبت S1/S1+S2.

در جدول ۱ اطلاعات بدست آمده توسط این دستگاه بر روی رسوبات به سن میوسن جنوب شهرستان ساری نشان داده شده است.

جدول ۱ نتایج آنالیز ژئوشیمی نمونه‌های ماری جنوب شهرستان ساری

Sample	S1	S2	S3	Tmax	HI	OI	TPI	TOC
SH-04	0.6	0.13	0.31	437	27	65	0.32	0.48
SH-25	0.22	0.01	0.38	437	8	253	0.95	0.15
SH-52	0.05	0.01	0.37	***	4	247	0.89	0.15
SH-70	0.04	0.05	0.3	428	14	75	0.43	0.4
Khazar-06	0.06	0.18	0.26	474	86	124	0.25	0.21
Khazar-07	0.05	0.13	0.24	439	36	67	0.28	0.36
Khazar-08	0.04	0.06	0.26	436	26	113	0.4	0.23
Khazar-09	0.05	0.16	0.19	438	41	49	0.24	0.39

5- بحث

پس از آنالیز پیرولیزراک- اول از نمونه‌های مورد آزمایش، موارد زیر حاصل گردید:

۵-۱ - ارزیابی توان هیدروکربورزایی :

مقدار هیدروکربن تولید شده در طی پیرولیز (S2) یک پارامتر مفید برای ارزیابی پتانسیل تولید سنگ منشاء است [13] (Peters – 1986 ; Bordnev – 1973). لذا جهت بررسی توان هیدروکربورزایی، در ابتدا مقادیر S1، S2 و TOC حاصل از پیرولیز راک - اول نمونه‌های مورد مطالعه با مقادیر استاندارد [12] (Peters and Cassa – 1994) به شرح جدول زیر مقایسه گردید.

³ Hydrogen Index

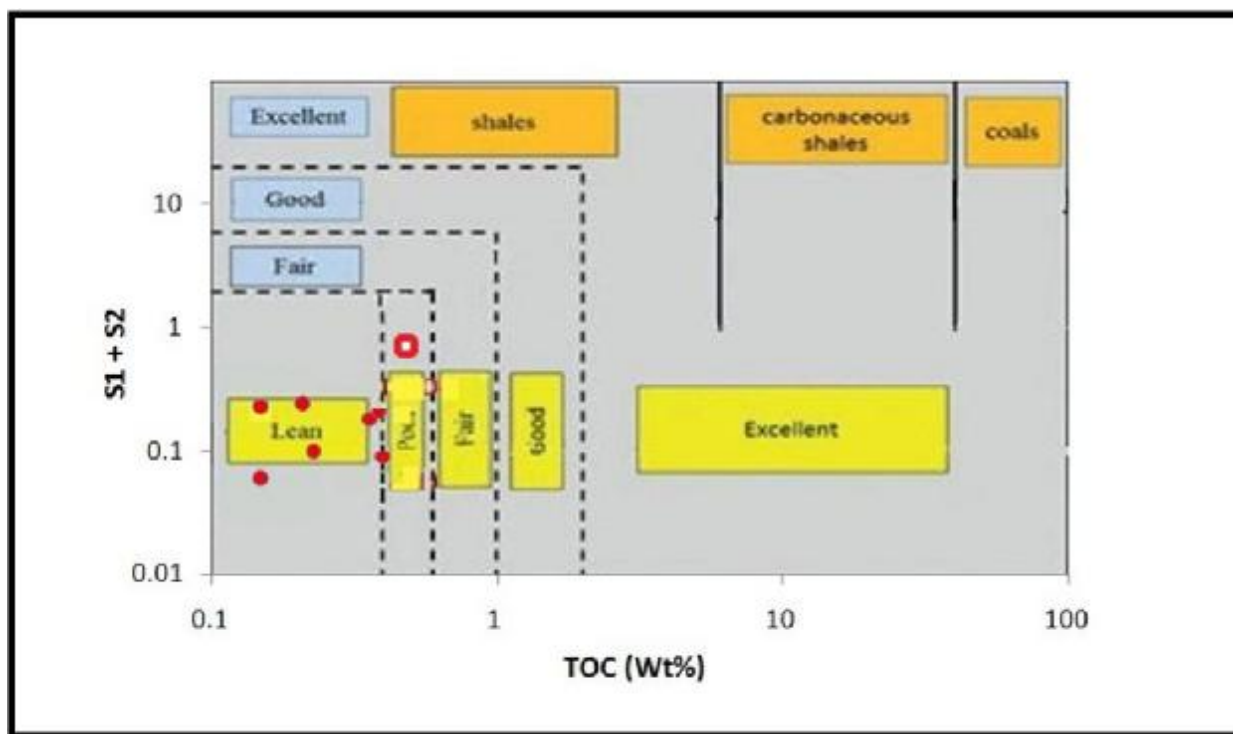
⁴Oxygen Index

⁵ Potential Index

جدول شماره ۲ استاندارد پارامترهای حاصل از پیرولیز برای تعیین کیفیت، کمیت و بلوغ حرارتی سنگ‌های منشاء (Peters and Cassa – 1994) [12]

Quantity	TOC (wt %)	S ₁ (mg HC/g rock)	S ₂ (mg HC/g rock)	
Poor	0-0.5	0-0.5	0-2.5	
Fair	0.5-1	0.5-1	2.5-5	
Good	1-2	1-2	5-10	
Very good	2-4	2-4	10-20	
Excellent	>4	>4	>20	
Quality	HI (mg HC/g TOC)	S ₂ /S ₁	Kerogen type	
None	<50	<1	IV	
Gas	50-200	1-5	III	
Gas and Oil	200-300	5-10	II/III	
Oil	300-600	10-15	II	
Oil	>600	>15	I	
Maturation	R _o (%)	T _{max} (°C)	TAI	
Immature	0.2-0.6	<435	1.5-2.6	
Mature	Early	0.6-0.65	435-445	2.6-2.7
	Peak	0.65-0.9	445-450	2.7-2.9
	Late	0.9-1.35	450-470	2.9-3.3
Postmature	>1.35	>470	>3.3	

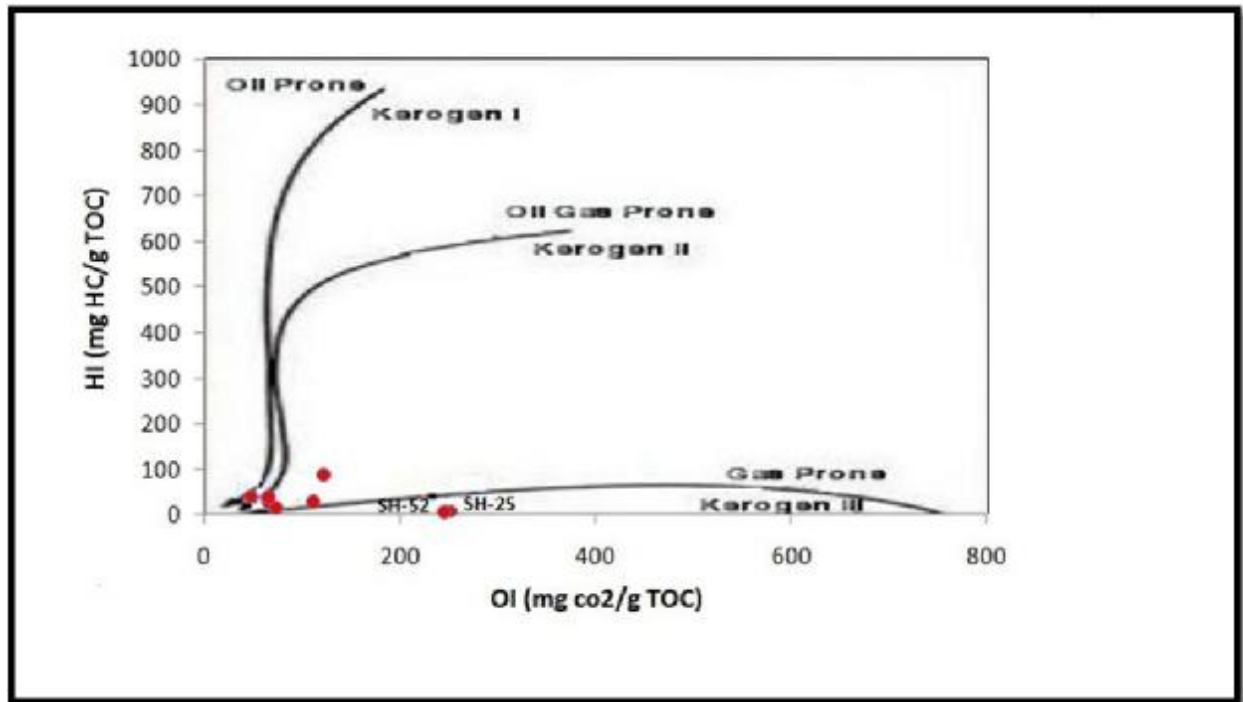
در این تحقیق مشخص شد کلیه نمونه‌های مورد مطالعه از توان هیدروکربورزایی ضعیف برخوردارند. برای بررسی صحت این موضوع، نمونه‌های مذکور بر روی نمودار ارزیابی توان ژنتیکی [9] (Hung et. al. – 2008) که در آن نسبت تغییرات S1+S2 در برابر TOC را نشان می‌دهد نیز ترسیم گردید. نتیجه بدست آمده از روی نمودار نیز مشابه حالت قبلی بوده و توان هیدروکربورزایی ناچیز تا ضعیف را برای نهشته‌های میوسن جنوب شهرستان ساری تأیید می‌کند. لازم به توضیح است بیشترین توان هیدروکربورزایی مربوط به نمونه شماره SH-04 می‌باشد که با علامت مربع در شکل ۳ قابل مشاهده است اما بطور کلی این نمونه نیز از توان هیدروکربورزایی بالایی برخوردار نمی‌باشد.



شکل ۴ نمودار تغییرات S1+S2 در برابر TOC بمنظور ارزیابی پتانسیل ژنتیکی نمونه های میوسن جنوب شهرستان ساری (Hung et. al. – 2003) [9]

۲- ۵ - تعیین نوع کروژن مواد آلی :

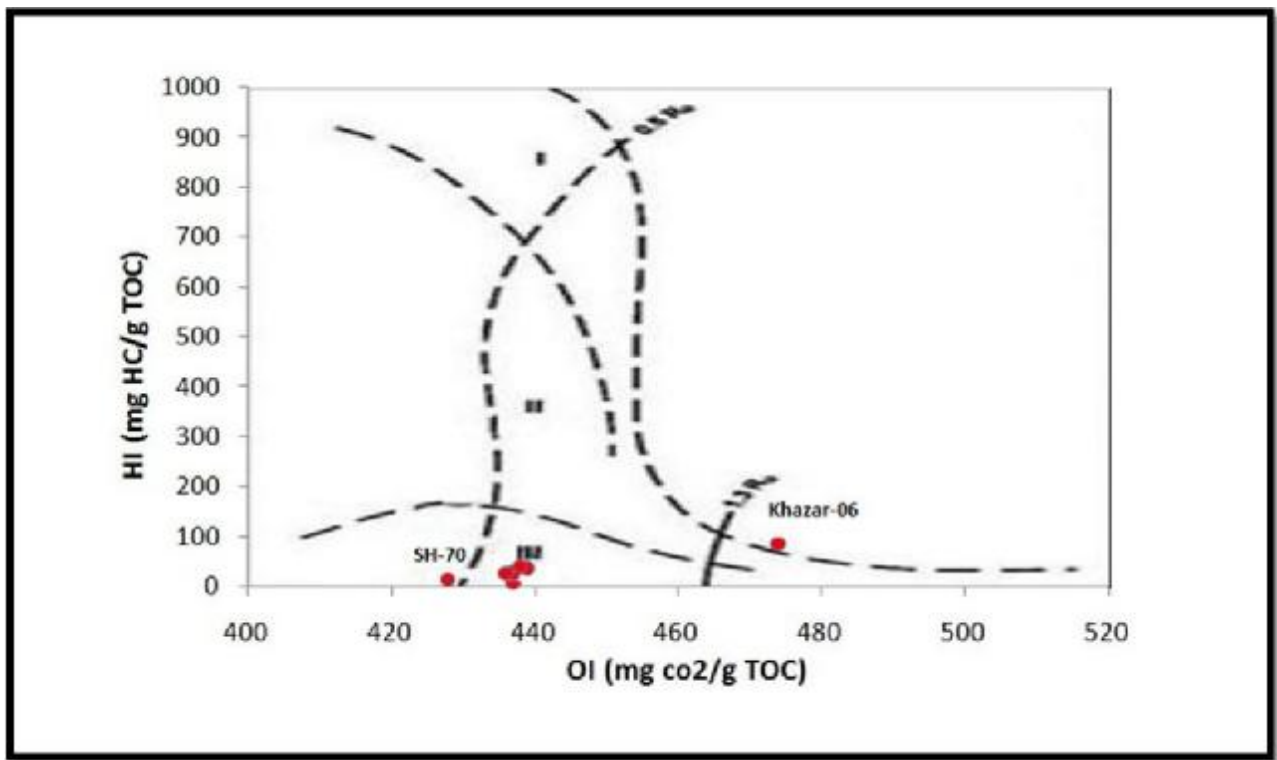
به منظور تعیین نوع ماده آلی از نمودار ون کروژن که در آن نسبت اتمی H/C در مقابل O/C قرار گرفته است استفاده می‌شود [6] (Espitalie et. Al. - 1977). تجربیات حاصل نشان داد که محتوای اکسیژن کروژن متناسب با دی اکسیدکربن آزاد شده (S3) و محتوای هیدروژن کروژن متناسب با هیدروکربن‌های آزاد شده از شکست حرارتی کروژن (S2) در طی پیرولیز است. بر همین اساس هانت (Hunt - 1996) نمودار HI در مقابل OI را تعریف نمود که به نوعی نمودار ون کروژن تصحیح شده قلمداد می‌گردد و در آن جهت تعیین نوع کروژن، از تغییرات HI (شاخص هیدروژن) در برابر OI (شاخص اکسیژن) استفاده می‌شود. در این حالت با ترسیم کردن نقاط بر روی نمودار مذکور، اکثر نمونه‌ها در محدوده کروژن نوع II قرار می‌گیرند و فقط دو نمونه شماره "SH-25" و "SH-52" در محدوده کروژن نوع III مشاهده می‌شوند.



شکل ۵ نمودار تغییرات HI در برابر OI نمونه‌های میوسن جنوب شهرستان ساری [9] (Hunt - 1996)

۳- ۵ - تعیین میزان بلوغ مواد آلی :

از میان پارامترهای مختلف حاصل از پیرولیز، شاخص T_{Max} نشان دهنده بلوغ حرارتی مواد آلی است. که با افزایش عمق و درجه بلوغ حرارتی کروژن ارتباط مستقیم دارد. محدوده تغییرات T_{Max} نسبت به OI برای کروژن نوع I محدود است ولی برای کروژن نوع II گسترده و برای کروژن نوع III خیلی گسترده است که علت آن افزایش پیچیدگی ساختاری مواد آلی است [14] (Tissot et. Al. - 1987). مقادیر T_{Max} برای نمونه‌های مورد مطالعه ۴۳۷ - ۴۲۸ درجه سانتی‌گراد ارزیابی گردیده است که براساس مقادیر استاندارد [12] (Peters and Cassa - 1994) جدول شماره ۲ نمونه "SH-70" به مرحله بلوغ نرسیده است ولی اکثر نمونه‌ها در ابتدای مرحله بلوغ (کاتازنز) قرار دارند. شایان ذکر اینکه فقط نمونه "Khazar-6" کلیه مراحل بلوغ را پشت سر گذرانیده است ضمن آنکه تعیین میزان بلوغ نمونه "SH-52" بدلیل عدم قرائت T_{Max} میسر نبود. جهت بررسی صحت نتایج به دست آمده از نمودار تغییرات HI در مقابل T_{Max} نیز استفاده شد.



شکل ۶ نمودار HI در برابر T_{Max} بمنظور تعیین بلوغ و نوع کروژن نمونه‌های مورد مطالعه [7] (Espitalie – 1985)

براساس نمودار فوق صحت اطلاعات حاصل از تعیین میزان بلوغ مواد آلی مورد تائید قرار گرفت ضمن آنکه نوع کروژن بدست آمده از این نمودار مشابهت زیادی با نتایج حاصل از تعیین کروژن به وسیله نمودار ون کروژن نیز دارد. شایان ذکر است به دلیل عدم قرائت میزان T_{Max} نمونه "SH-52"، این پارامتر در نمودار فوق قابل نمایش نمی‌باشد.

به استناد نمودار مذکور (شکل شماره ۵) و جدول شماره ۳ می‌توان به این نتیجه رسید که فقط نمونه "Khazar-6" با میزان T_{Max} = 474 در مرحله **Post Mature** قرار گرفته است ولی اکثر نمونه‌ها با میزان T_{Max} = 437 از نظر پختگی در شروع پنجره تشکیل نفت قرار دارند، یعنی در اواخر مرحله دیاژنز و اوایل مرحله کاتازنز به سر می‌برند (بالغ - نابالغ). نمونه "SH-70" نیز با T_{Max} = 428 نابالغ بوده و حتی به مرحله شروع پنجره نفتی نیز نرسیده است ($T_{Max} < 435$).

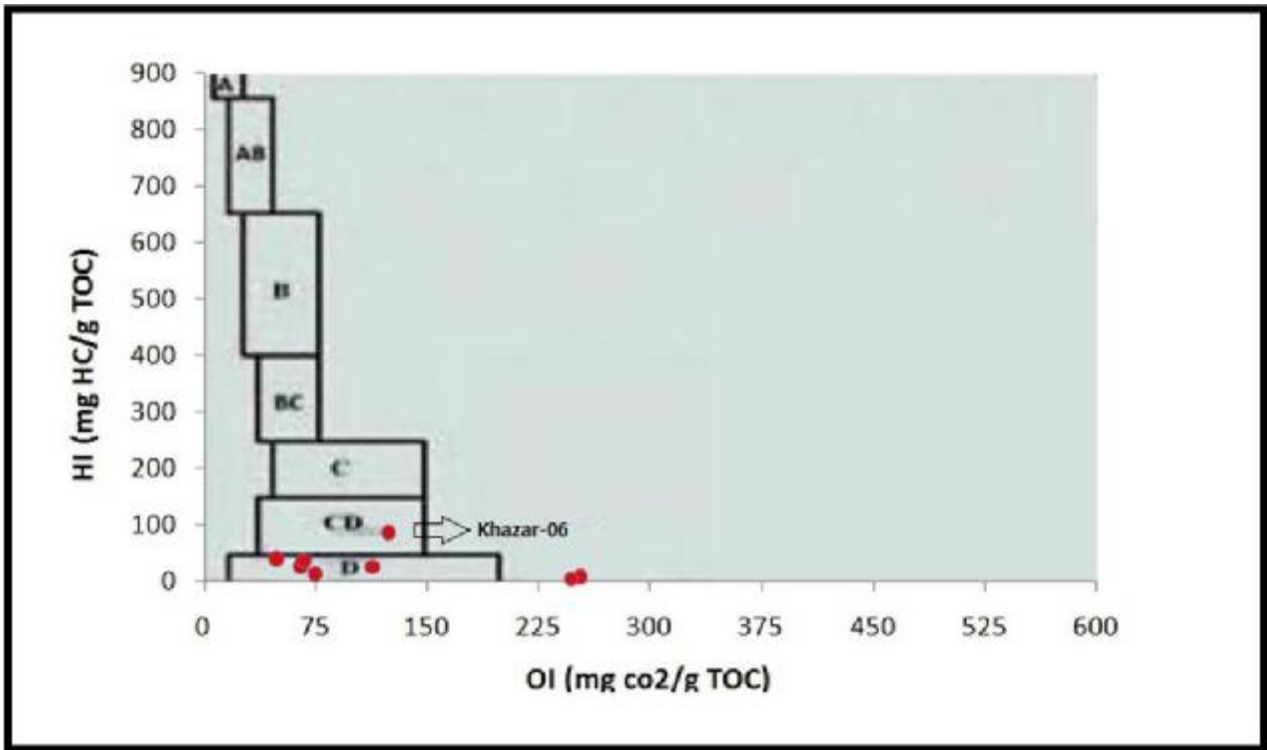
در نهایت اینکه به استثناء نمونه "Khazar-6"، کلیه نمونه‌های مذکور به مرحله بلوغ نرسیده‌اند و لذا در دمای مطلوب تولید نفت قرار ندارند و در نتیجه فاقد توانایی تولید نفت یا گاز می‌باشند.

جدول ۳ شاخص بلوغ حرارتی [12] (Peters and Cassa – 1994)

Maturity	T_{Max}	PI	RO
Oil Window	435-445	0.1	0.6
Gas Window	470	0.4	1.2

۴-۵- تعیین رخساره آلی :

منظور از رخساره آلی، محیط رسوبی است که در آن مواد آلی همراه رسوبات نهشته شده‌اند. برای تعیین رخساره آلی از نمودار [14] (Jones - 1987) استفاده گردیده است. این نمودار که براساس تغییرات مقادیر HI در برابر OI می‌باشد، محدوده رخساره‌های آلی موجود در سازند را مشخص می‌نماید. لازم به توضیح است که هر کدام از این محدوده‌ها در جدول اطلاعاتی [10] (Jones - 1987) دارای ویژگی‌هایی به شرح زیر می‌باشد.

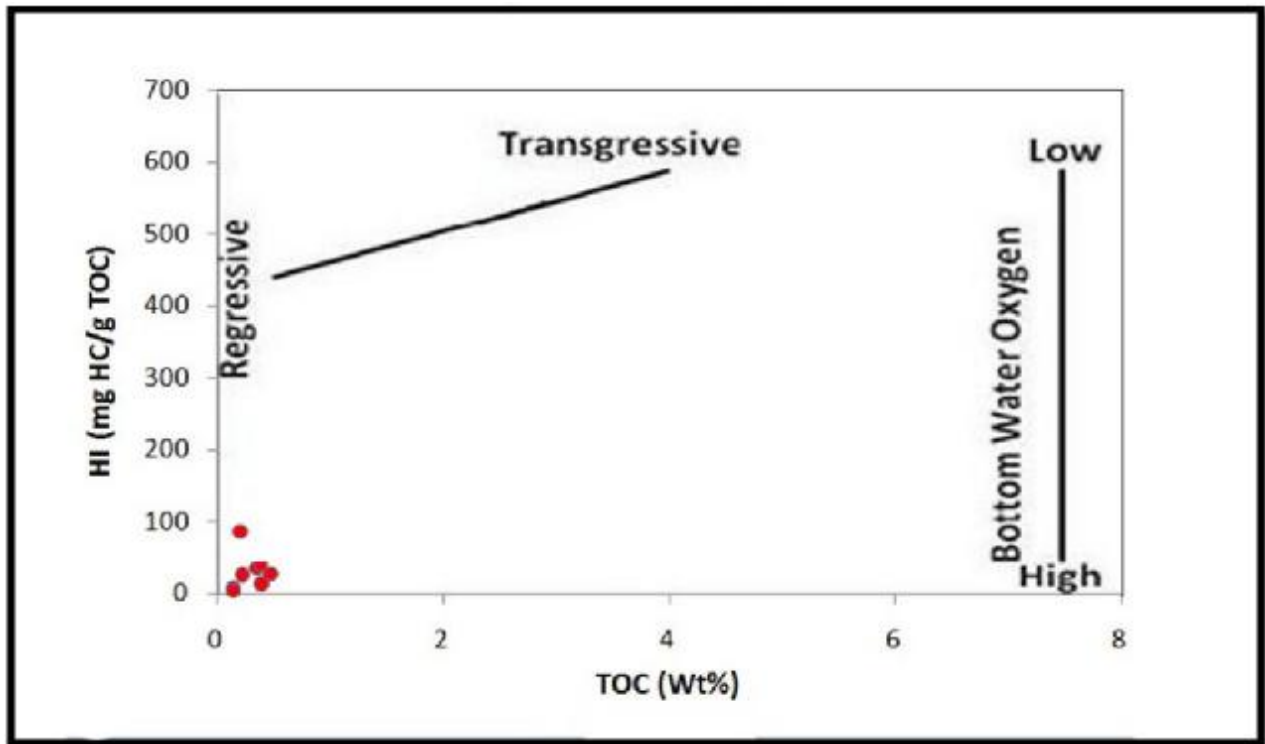


شکل ۷ نمودار تعیین رخساره آلی با استفاده از نسبت تغییرات HI در برابر OI (Jones - 1987) [10]

جدول ۴ مشخصات محدوده رسوبی رخساره‌های آلی و موقعیت قرارگیری نمونه‌های ماری جنوب شهرستان ساری بر روی آن (Jones - 1987) [10]

ردیف	محدوده نام	رسوبی محیط
۱	A	احیایی شدیداً ای دریاچه محیط
۲	AB	احیایی پیشرونده ای دریاچه محیط
۳	B	احیایی نسبتاً ای دریاچه - دریایی محیط
۴	BC	اکسیدان نسبتاً شرایط و رسوبگذاری با ای قاره و دریایی آلی مواد دارای های محیط
۵	C	احیایی شرایط در متوسط رسوبگذاری سرعت با های محیط
۶	CD	کوهزایی نقاط مجاورت در عمیق های محیط
۷	D	اکسیدان شدیداً ای قاره های محیط

به منظور شناسایی شرایط محیط رسوبگذاری نیز می‌توان از نمودار مقادیر TOC در مقابل HI استفاده نمود که به کمک آن شرایط پیشروی یا پسروی حاکم بر محیط رسوبگذاری در زمان نهشت رسوبات تعیین می‌گردد.



شکل ۸ نمودار مقادیر TOC در مقابل HI بمنظور شناسایی شرایط محیط رسوبگذاری آنها [5] (Dean et. Al. – 1986)

هرچند که پس از ورود اطلاعات بر روی دو نمودار فوق، شرایط پسروی دریا در یک محیط قاره‌ای شدیداً اکسیدان برای اکثر نمونه‌های مذکور حاصل می‌گردد ولی باید به این نکته توجه نمود که مقدار کم HI و میزان OI نسبتاً زیاد، خود موید این مطلب است که نمونه‌ها متأثر از شرایط آب و هوایی ناحیه مورد مطالعه بوده و در معرض هوازدگی و فرسایش شدید قرار گرفته‌اند در نتیجه این احتمال وجود دارد که منشاء بدست آمده ارتباطی به محیط رسوبی اولیه نداشته باشد. تنها نتیجه قابل استناد در این بخش متعلق به نمونه "Khazar-6" می‌باشد که شرایط محیطی عمیق در مجاورت نقاط کوهزایی را نشان می‌دهد. از آنجا که این نمونه از نظر درجه بلوغ نیز پنجره گاز زایی را پشت سر گذاشته است می‌تواند تأیید کننده این مطلب باشد که رسوبات مذکور در شرایط نسبتاً عمیق دریایی نهشته شده‌اند و باتوجه به عمق تدفین و درجه حرارت مناسب در شرایط نسبتاً خوبی از نقطه نظر بلوغ حرارتی قرار گرفته‌اند

نکته قابل توجه دیگر این است که تحلیل شرایط محیطی به دست آمده از این دو نمودار انطباق خوبی با میزان کم درصد کربن آلی (TOC) و همچنین عدم توانایی تولید هیدروکربور در نمونه‌های موصوف را دارد. به عبارت ساده‌تر کاهش درصد کربن آلی در نمونه‌ها با شرایط اکسیدان محیطی که در آن رسوبات در معرض هوازدگی و فرسایش شدید قرار گرفته‌اند، قابل انطباق بوده و احتمالاً کربن آلی این نهشته‌ها در مجاورت اکسیژن هوا تجزیه گردیده است. که این موضوع باعث کاهش توان هیدروکربورزایی در نمونه‌های مورد بررسی نیز گردیده است.

۶- نتیجه گیری :

نتایج مطالعات پیرولیز راک - اول بر روی نمونه رسوبات میوسن جنوب شهرستان ساری نشان داد که نوع ماده آلی نمونه‌های مورد آزمایش از کروژن II و ندرتاً III می‌باشد. همچنین به دلیل شرایط آب و هوایی ناحیه مورد مطالعه و شدت هوازدگی که تا

بخش‌های عمیق خاک نفوذ کرده، سبب گردیده شرایط محیط رسوبی نهشته‌های مورد مطالعه قابل تحلیل نباشد و لذا پایین بودن میزان کربن آلی این رسوبات نیز ناشی از تجزیه آنها در معرض اکسیژن هوا باشد. از سوی دیگر مقادیر T_{Max} کم رسوبات گویای این مطلب است که نهشته‌های مذکور در اواخر مرحله دیاژنز و اوایل مرحله کاتازنز (نابالغ- بالغ) به سر می‌برد. لذا این رسوبات به مرحله بلوغ کامل نرسیده و از نظر پختگی در شروع پنجره تشکیل نفت قرار گرفته و از آنجایی که هنوز پنجره نفتی را پشت سر نگذاشته اند، فاقد توانایی تولید هیدروکربور هستند. باتوجه به گستردگی ناحیه و هوازگی عمیق، برای نسبت دادن نتایج حاصل، به تمامی رخنمونهای معادل رسوبات میوسن، نیاز به مطالعات و بررسی‌های ژئوشیمیایی بیشتر می‌باشد.

سپاس‌گزاری:

این مقاله تحت حمایت‌های مادی و معنوی شرکت نفت خزر تهیه گردیده است و لذا از کارشناسان اداره زمین‌شناسی و همچنین از سرکار خانم شعبانی که در تهیه این مقاله همکاری نموده‌اند کمال تشکر را داریم.

۷- منابع:

- [۱] سحابی ف، گزارش بررسی لیتوفاسیس‌ها و بازسازی الگوی رسوبی چلکن در کرانه‌های جنوبی خزر، با تاکید بر کارشناسی رخساره‌های تخریبی آن، گزارش شماره K 10097 شرکت نفت خزر، ۱۳۸۶، ص ۱۲ - ص ۱۳.
- [۲] کمالی م، قربانی ب، ژئوشیمی آلی از فیتوپلاتکتون تا تولید نفت، انتشارات آراین زمین، ۱۳۸۵، ص ۱۷۵ - ص ۱۷۶.
- [۳] موسوی روح بخش، م، چینه‌شناسی و زمین‌شناسی نفت دریای خزر، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، ۱۳۸۰، ص ۷۹-۸۰.

- [4] Bordenave, M.L., Applied Petroleum Geochemistry. Editions Technique, Paris, 1993, P 524.
- [5] Dean, W.E., M.A., Arthur, and G.E., Claypool, Depletion of ^{13}C in Cretaceous marine Organic Matter: Source, Diagenetic, or Environmental Signal: Marine Geology, 1986, V.70: P. 119-157.
- [6] Espitalie, J., Madec, M., Tissot, B., Menning, J.J., & Leplate, Source Rock Characterization method for petroleum exploration. Proceeding of the 9th Annual Offshore Technology Conference, p., 1977, 3:439-448.
- [7] Espitalié, J., G., Deroo, and F., Marquis, La pyrolyse Rock- Eval et Ses Applications (Deuxième Partie): Revue Institut Francais du Pétrole, 1985. V. 40, P. 755-784.
- [8] Hunt, J. M., Petroleum Geochemistry and Geology. 2nd Edition. W.H. Freeman and Company, New York, 1996, 743P.
- [9] Huang, B., Xiao, X. and Zhang, M., Geochemistry, Grouping and Origins of Crude Oils in the Western Pearl River Mouth Basin, Offshore South China Sea. Journal of Organic Geochemistry, 2003, 34,993-1008.
- [10] Jones, R.W., Organic Facies. In: Brooks, J., and Welete, D., Advances in petroleum Geochemistry 2. Academic Press, London, 1987, 1-90.
- [11] Kaufman, R.L., A.S., Ahmad and R.J., Gas. Chromatography as a Development and Production Tool for Fingerprinting Oils From Individual Reservoirs: Fingerprinting Oils From Individual Reservoir: Applications in the Gulf of Mexico, in D.Schumaker, and B.F. perkins, (Eds.), proceedings of the 9th Annual Research Conference of the Society of Economic paleontologists and Mineralogists, October 1, 1990, New Orleans, 263-282.

- [12] Peters, K. E., and M.R., Cassa, Applied Source Rock Geochemistry: Magoon, L.B., Dow, W. G. (Eds.), the Petroleum System - From Source Worldwide Distribution to Trap: American Association of Petroleum Geologists Memoir, 1994, V.60, P. 93-120
- [13] Peters, K. E., Guidelines for Evaluating Petroleum Source Rock Using Programmed Pyrolysis. AAPG Bulletin, 1986. 70:318-329.
- [14] Tissot, B.P., R., Pellet, and P.H., Ungerer, Thermal History of Sedimentary Basins, Maturation Indices, and Kinetics of Oil and Gas Generation, American Association of Petroleum Geologists Bulletin, 1987, V.71, P. 1445-1466.
- [15] Waples, D.W., Geochemistry in Petroleum Exploration. D. Redial Publishing Company, 1985, 232 P.