

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

حسین مهاجر سلطانی<sup>\*</sup>، محمد سعید شریعت زاده<sup>\*</sup>، شرکت نفت خزر  
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 در این منطقه جهت آنالیز پیرولیز راک-اول مورد بررسی قرار گرفتند. با توجه به نتایج حاصل از این آنالیز، نهشته‌های مورد مطالعه از دیدگاه میزان کل کربن آلی فقیر بوده و مقدار کربن آلی آن‌ها از ۰/۴۸ - ۰/۱۵ درصد متغیر است. اکثر نهشته‌های مورد مطالعه از لحاظ میزان پختگی کروژن نابالغ بوده و به‌طور غالب در انتهای دیاژنز (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 به‌صورت محلی هستند. همچنین، در تعیین رخساره آلی مشخص گردید رسوبات مذکور در یک محیط پس‌رونده قاره‌ای نهشته شده‌اند.

واژگان کلیدی | سنگ منشاء احتمالی - بلوغ حرارتی - پیرولیز راک اول - پنجره نفت‌زایی - جنوب شهرستان ساری.

### مقدمه

روش‌های مختلف ژئوشیمیایی، بسیاری از مسائل مربوط به فهم و شناخت سنگ‌های منشاء، زون‌های تولیدی و غیر تولیدی، مهاجرت نفت، تجمع‌ات نفتی، توسعه میدان‌های نفتی و جداسازی محصولات در تولیدات آمیخته شده را مورد مطالعه قرار می‌دهد [۱۱].

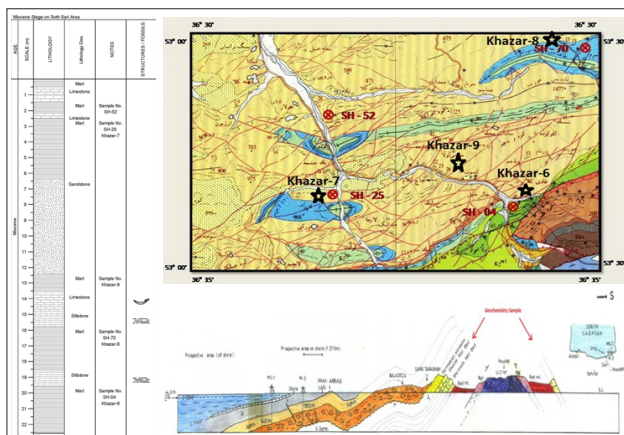
با پیشرفت علم ژئوشیمی آلی، این فرضیه به اثبات رسیده است که بیش از ۹۱ درصد ذخایر نفت و گاز جهان در طول ۶ وقفه اصلی رسوبی (نبود چینه‌ای) در تاریخ زمین‌شناسی تولید شده‌اند [۲] که عبارتند از:

۱- سیلورین ۲- دونین بالایی - تورنسنین ۳- پنسیلوانین - پرمین آغازین

به‌طور 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 به‌منظور مطالعات اکتشافی نفت و گاز و در جهت نیل به تولید از منابع هیدروکربوری در این منطقه از اهمیت زیادی برخوردار است.

یکی از ارکان اصلی هر سیستم نفتی، سنگ‌منشاء است. بنابراین، شناسایی سنگ‌مادر 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، سنگ‌منشاء احتمالی (Possible Source Rock) به هر سنگ رسوبی اطلاق می‌شود که توانایی تولید در آن هنوز ارزیابی نشده ولی ممکن است نفت یا گاز تولید کرده باشد [۱۵].

امروزه، ژئوشیمی نفت به‌عنوان یک علم بنیادی و بین‌رشته‌ای جهت بهبود بازده اکتشاف و تولید به کار می‌رود و با استفاده از تئوری‌ها و



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

\*نویسنده‌ی عهده‌دار مکاتبات (hyuo1358@gmail.com)



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 سنگ‌منشاء احتمالی در این حوضه، دارای اهمیت بوده و از ملاک‌های اصلی این انتخاب می‌باشد. از سوی دیگر، سری مایکوپ<sup>۲</sup> با سن میوسن زیرین نیز در کشور همجوار این حوضه (آذربایجان) به عنوان سنگ‌منشاء تولید نفت و گاز حوضه رسوبی دریای خزر شناخته می‌شود. از این رو، ضرورت مطالعه و بررسی نهشته‌های میوسن ایران در راستای منشأ یابی ذخایر هیدروکربوری، بیش از پیش آشکار می‌شود.

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

#### ۱- زمین‌شناسی منطقه

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

دریای خزر بخشی از حوضه پاراتیس 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 شده و به عنوان یک دریاچه مستقل پدیدار گردیده است (Varashchenko-1987). البته در اواخر پلیوسن نیز این دریا وسعت

خود را گسترش داده و مجدداً با دریای سیاه ارتباط برقرار کرده و به آن متصل شده است. در دوران چهارم نیز بر اثر ذوب یخچال‌ها این گسترش ادامه پیدا کرده ولی پس از آن، پایین آمدن سطح آب دریای خزر شروع شده و اتصال بین دریای خزر و سیاه قطع و در نتیجه حوضه پاراتیس به دریای سیاه، خزر و آرال تقسیم گردیده است [۳].

شایان ذکر است 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]. بنابراین، کامل‌ترین رسوبات حوضه خزری در 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 تیره‌رنگ می‌باشد که به دلیل احتمال وجود بیشترین مواد آلی در مارن‌های تیره نسبت به سایر رسوبات، نمونه‌برداری از آن‌ها صورت پذیرفته است. شکل‌های ۱ تا ۳ نشان‌دهنده ستون چینه‌شناسی نهشته‌های میوسن در ناحیه مورد مطالعه، نقشه زمین‌شناسی منطقه و موقعیت محل‌های نمونه‌برداری است.

#### ۲- 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 تیره‌رنگ نهشته‌های به سن میوسن جنوب شهرستان ساری انتخاب گردید. لازم به ذکر است، در مراجعه دوم به محدوده مورد مطالعه جهت کاهش اثر

نتایج آنالیز ژئوشیمی نمونه‌های مارنی 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

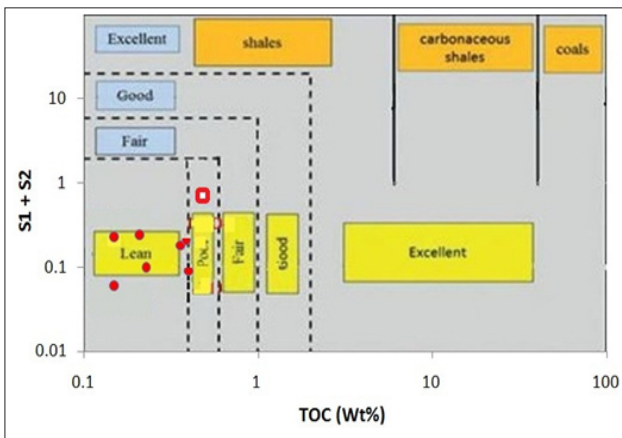
هوازدگی در نتایج آنالیز ژئوشیمی، نمونه‌ها از نقاط عمیق تر اخذ گردیدند (عمق نمونه برداری حدود ۱/۵ متر می باشد)، ولی در مجموع، پس از مقایسه نتایج اولیه آنالیز ژئوشیمی در دو مرحله نمونه برداری از ناحیه مذکور، تغییر محسوسی در داده‌های حاصل مشاهده نگردید و لذا، از نتایج کلیه داده‌ها (۸ نمونه ژئوشیمی) در این تحقیق استفاده گردیده است. در جدول ۱- 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، آماده سازی و هموژنیزه شده و پس از آن، توسط دستگاه پیرولیز راک - اول ۶ مورد آنالیز قرار گرفت. مهم ترین پارامترهای محاسبه شده توسط دستگاه راک - اول که در این بررسی از آن‌ها استفاده گردید، به شرح زیر است:

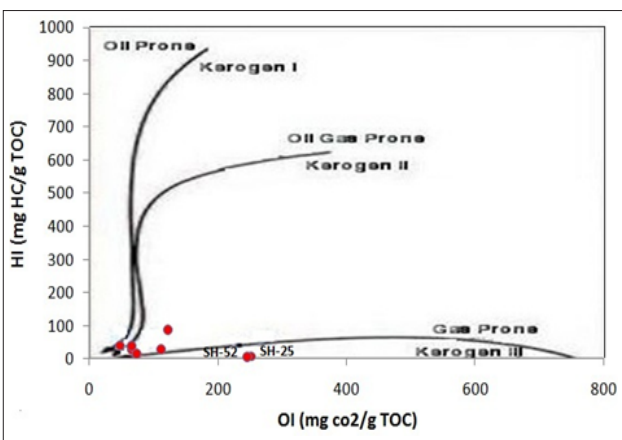
S1: مقدار هیدروکربن تولید شده در درجه حرارت حدود ۳۰۰ درجه سانتی گراد با افزایش ۵ درجه در هر دقیقه در شرایط هلیوم و با واحد میلی گرم هیدروکربن در هر گرم سنگ (mg HC/g Rock) بیان می شود.

S2: مقدار هیدروکربن تولید شده در حین پیرولیز کروژن و بیومین های فرار در دمای ۶۰۰ - ۳۰۰ درجه سانتی گراد با افزایش ۲۵ درجه سانتی گراد در هر دقیقه در شرایط هلیوم. در واقع پیک S2 همان توان کنونی موجود در نمونه سنگ است که به صورت میلی گرم هیدروکربن در هر گرم سنگ (mg HC/g Rock) نمایش داده می شود. در این محدوده دمای، هیدروکربن‌ها و ترکیبات حاوی اکسیژن در اثر شکسته شدن کروژن و ترکیبات سنگین مانند رزین‌ها و آسفالتن‌ها پیک S2 را به وجود می آورند.

S3: مقدار CO<sub>2</sub> تولید شده در حین پیرولیز در محدوده دمای ۳۹۰ - ۳۰۰ درجه سانتی گراد و در واحد میلی گرم CO<sub>2</sub> در هر گرم سنگ نمایش داده می شود.



شکل ۳ | نمودار تغییرات S<sub>1</sub>+S<sub>2</sub> در برابر TOC به منظور ارزیابی پتانسیل ژنتیکی نمونه‌های میوسن جنوب شهرستان ساری [۹]



شکل ۴ | نمودار تغییرات HI در برابر OI نمونه‌های میوسن جنوب شهرستان ساری [۹]

جدول ۲ | استاندارد پارامترهای حاصل از پیرولیز برای تعیین کیفیت، کمیت و بلوغ حرارتی سنگ‌های منشأ (Peters and Cassa - ۱۹۹۴) [۱۲]

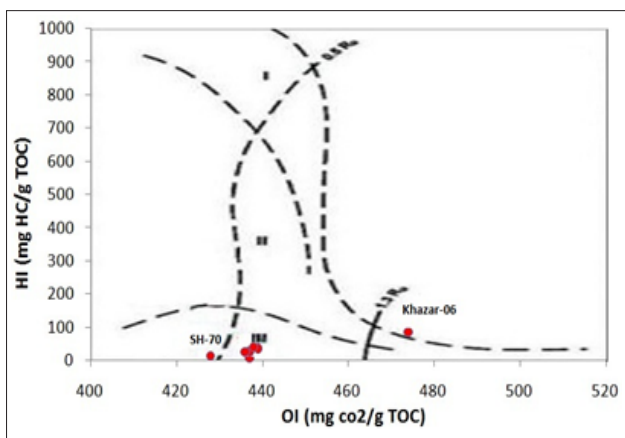
Quantity	TOC (wt %)	S <sub>1</sub> (mg HC/g rock)	S <sub>2</sub> (mg HC/g rock)
Poor	0-0.5	0-0.5	0-2.5
Fair	0.5-1	0.5-1	2.5-5
Good	1-2	1-2	5-10
Very good	2-4	2-4	10-20
Excellent	>4	>4	>20
Quality	HI (mg HC/g TOC)	S <sub>2</sub> /S <sub>3</sub>	Kerogen type
None	<50	<1	IV
Gas	50-200	1-5	III
Gas and oil	200-300	5-10	II/III
oil	300-600	10-15	II
oil	>600	>15	I
Maturation	R <sub>v</sub> (%)	T <sub>max</sub> (°C)	TAI
Immature	0.2- 0.6	<435	1.5- 2.6
Mature	Early	0.2- 0.65	435-445
	Peak	0.65- 0.9	445-450
	Late	0.9- 1.35	450-470
Postmature	>1.35	>470	>3.3



هیدروکربورزایی، در ابتدا مقادیر S1، S2 و TOC حاصل از پیرولیز راک - اول نمونه‌های مورد مطالعه با مقادیر استاندارد [۱۲] مندرج در جدول-۲ مقایسه گردید.

در این تحقیق مشخص شد که کلیه نمونه‌های مورد مطالعه از توان هیدروکربورزایی ضعیف برخوردارند. برای بررسی صحت این موضوع، نمونه‌های مذکور بر روی نمودار ارزیابی توان ژنتیکی [۹] که در آن، نسبت تغییرات S1+S2 در برابر TOC را نشان می‌دهد نیز ترسیم گردید. نتیجه به‌دست آمده از روی نمودار، مشابه حالت قبلی بوده و توان هیدروکربورزایی ناچیز تا ضعیف را برای نهشته‌های میوسن جنوب شهرستان ساری تأیید می‌کند.

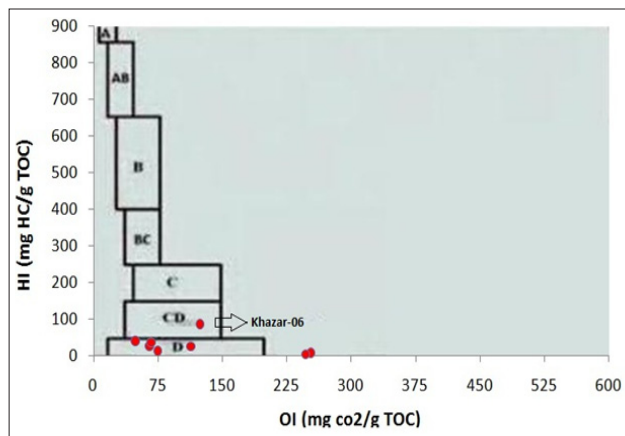
لازم به توضیح است که بیشترین توان هیدروکربورزایی، مربوط به نمونه‌ی شماره SH-04 می‌باشد که با علامت مربع در شکل-۳ نشان داده شده است. اما به‌طور کلی، این نمونه، از توان هیدروکربورزایی بالایی برخوردار نیست.



جدول ۳ | شاخص بلوغ حرارتی [۱۲]

Maturity	TMax	PI	RO
Oil Window	435-445	0.1	0.6
Gas Window	470	0.4	1.2

شکل ۶ | نمودار HI در برابر TMax جهت تعیین بلوغ و نوع کروژن نمونه‌های مورد مطالعه [۷]



شکل ۷ | نمودار تعیین رخساره آلی با استفاده از نسبت تغییرات HI در برابر OI [۱۰]

TMax: دمایی است که پیک S2 در آن، حداکثر مقدار خود را نشان داده و به‌عنوان یک پارامتر جهت ارزیابی بلوغ حرارتی نمونه سنگ مشاء مورد استفاده قرار می‌گیرد.

HI: شاخص هیدروژن<sup>۳</sup> بوده و عبارت است از نسبت S2/TOC.

OI: شاخص اکسیژن<sup>۴</sup> بوده و عبارت است از نسبت S3/TOC.

PI: شاخص توان هیدروکربورزایی<sup>۵</sup> بوده و عبارت است از نسبت S1/(S1+S2).

### ۳- بحث

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

#### ۳-۱- ارزیابی توان هیدروکربورزایی

مقدار هیدروکربن تولید شده در طی پیرولیز (S2) یک پارامتر مفید برای ارزیابی پتانسیل تولید سنگ مشاء است [۱۳]. لذا، جهت بررسی توان

جدول ۴ | مشخصات محدوده رسوبی رخساره‌های آلی و موقعیت قرارگیری نمونه‌های ماری جنوب شهرستان ساری بر روی آن [۱۰]

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

مرحله بلوغ نرسیده و لذا در دمای مطلوب تولید نفت قرار ندارند؛ در نتیجه، فاقد توانایی تولید نفت یا گاز می‌باشند.

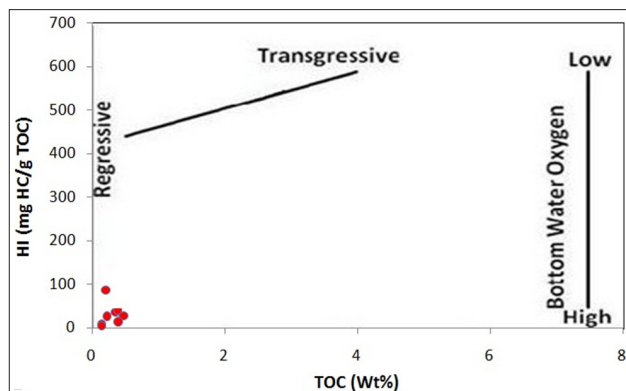
### ۳-۴- تعیین رخساره آلی

منظور از رخساره آلی، محیط رسوبی است که در آن، مواد آلی همراه رسوبات نهشته شده‌اند. برای تعیین رخساره آلی، از نمودار [۱۴] 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. (شکل ۷- و جدول ۴-).

به منظور شناسایی شرایط محیط رسوب گذاری، می‌توان از نمودار مقادیر TOC در مقابل HI استفاده نمود که به کمک آن، شرایط پیش‌روی یا پس‌روی حاکم بر محیط رسوب گذاری در زمان نهشت رسوبات تعیین می‌گردد (شکل ۸-).

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 مویید این مطلب است که نمونه‌ها متأثر از شرایط آب‌وهوایی ناحیه مورد مطالعه بوده و در معرض هوازگی و فرسایش شدید قرار گرفته‌اند. در نتیجه، این احتمال وجود دارد که منشاء به‌دست آمده ارتباطی به محیط رسوبی اولیه نداشته باشد. تنها نتیجه‌ی قابل استناد در این بخش، متعلق به نمونه Khazar-6 می‌باشد که شرایط محیطی عمیق در مجاورت نقاط کوه‌زایی را نشان می‌دهد. از آنجایی که این نمونه از نظر درجه بلوغ، 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 با توجه 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 به‌دست آمده از این دو نمودار، با میزان کم درصد کربن آلی (TOC) و همچنین عدم توانایی



شکل ۸- نمودار مقادیر TOC در مقابل HI به منظور شناسایی شرایط محیط رسوب‌گذاری آن‌ها [۵]

### ۳-۲- 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 [۶]. تجربیات حاصل نشان داد که محتوای اکسیژن کروژن متناسب با دی‌اکسید کربن 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.

### ۳-۳- تعیین میزان بلوغ مواد آلی

از میان پارامترهای مختلف حاصل از پیرولیز، شاخص TMax نشان‌دهنده بلوغ حرارتی مواد آلی است که با افزایش عمق و درجه بلوغ حرارتی کروژن ارتباط مستقیم دارد. محدوده تغییرات TMax 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 [۱۴]. مقادیر TMax برای نمونه‌های مورد مطالعه، ۴۳۷ - ۴۲۸ درجه سانتی‌گراد ارزیابی گردیده است. براساس مقادیر استاندارد [۱۲] مندرج در جدول ۲، نمونه SH-70 به مرحله بلوغ نرسیده ولی اکثر نمونه‌ها در ابتدای مرحله بلوغ (کاتائز) قرار دارند. لازم به ذکر است که فقط نمونه Khazar-6 کلیه مراحل بلوغ را پشت سر گذرانیده است ضمن آنکه، تعیین میزان بلوغ نمونه SH-52 به دلیل عدم قرائت TMax میسر نبود. جهت بررسی صحت نتایج به‌دست آمده، از نمودار تغییرات HI در مقابل TMax، استفاده شد.

براساس نمودار فوق، صحت اطلاعات حاصل از تعیین میزان بلوغ مواد آلی مورد تأیید قرار گرفت ضمن آنکه، نوع کروژن به‌دست آمده از این نمودار با نتایج حاصل از تعیین کروژن به کمک نمودار ون کروژن شباهت زیادی داشت. شایان ذکر است به دلیل عدم قرائت میزان TMax نمونه SH-52، این پارامتر در نمودار فوق قابل نمایش نیست.

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

در نهایت اینکه به استثناء نمونه Khazar-6، کلیه نمونه‌های مذکور به





ناحیه‌ی مورد مطالعه و شدت هوازدگی که تا بخش‌های عمیق خاک نفوذ کرده، سبب گردیده شرایط محیط رسوبی نهشته‌های مورد مطالعه، قابل تحلیل نباشد. لذا، پایین بودن میزان کربن آلی این رسوبات، ناشی از تجزیه آن‌ها در معرض اکسیژن هواست. از سوی دیگر، مقادیر TMax کم رسوبات، گویای این مطلب است که نهشته‌های مذکور در اواخر مرحله دیازنز و اوایل مرحله کاتازنز (نابلغ - بالغ) به سر می‌برد. لذا، این رسوبات به مرحله بلوغ کامل نرسیده‌اند، از نظر پختگی، در شروع پنجره تشکیل نفت قرار گرفته و از آنجایی که هنوز پنجره نفتی را پشت سر نگذاشته‌اند، فاقد توانایی تولید هیدروکربور هستند. با توجه به گستردگی ناحیه و هوازدگی عمیق، برای نسبت دادن نتایج حاصل به تمامی رخنمون‌های معادل رسوبات میوسن، نیاز به مطالعات و بررسی‌های ژئوشیمیایی بیشتر است. ■

تولید هیدروکربور در نمونه‌های گفته شده، انطباق خوبی 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؛ این موضوع، باعث کاهش توان هیدروکربورزایی در نمونه‌های مورد بررسی گردیده است.

### نتیجه‌گیری

نتایج مطالعات پیرولیز راک - اول بر روی نمونه رسوبات میوسن جنوب شهرستان ساری نشان داد که نوع ماده آلی نمونه‌های مورد آزمایش از کروژن نوع-II (و ندرتاً نوع-III) می‌باشد. همچنین، شرایط آب‌وهوایی

### پانویس‌ها

<sup>1</sup>TOC

<sup>2</sup>Maykop Series

<sup>3</sup>Hydrogen Index

<sup>4</sup>Oxygen Index

<sup>5</sup>Potential Index

### منابع

- Organic Geochemistry, 2003, 34:9931008-.
- [10] Jones, R. W., Organic Facies. In: Brooks, J., and Welete, D., Advances in petroleum Geochemistry 2. Academic Press, London, 1987, 190-.
- [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, 263282-.
- [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. 93120-
- [13] Peters, K. E., Guidelines for Evaluating Petroleum Source Rock Using Programmed Pyrolysis. AAPG Bulletin, 1986, 70:318329-.
- [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.
- [1] سجایی ف، گزارش بررسی لیتوفاسیس‌ها و بازسازی الگوی رسوبی چلکن در کرانه‌های جنوبی خزر، با تأکید بر کارشناسی رخساره‌های تخریبی آن، گزارش شماره K1099، شرکت نفت خزر، 1386، ص 12 - ص 13.
- [2] کمالی م، قربانی ب، ژئوشیمی آلی از فیتوبلاتکتون تا تولید نفت، انتشارات آراین زمین، 1385، ص 175 - ص 176.
- [3] موسوی روح بخش، م، چینه‌شناسی و زمین‌شناسی نفت دریای خزر، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، 1380، ص 80-79.
- [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 13C in Cretaceous marine Organic Matter: Source, Diagenetic, or Environmental Signal: Marine Geology, 1986, V.70: P. 119157-.
- [6] Espitalié, 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, 3:439448-.
- [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. 755784-.
- [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