

# تعیین درجه پختگی مواد آلی سازند سرچاهان با استفاده از انعکاس گراپتولیت

پژوهش نفت

سال نوزدهم  
شماره ۶۰  
صفحه ۴۴-۵۲، ۱۳۸۸

مجتبی تولایی\*، نصراله افتخاری، محمد کسایی نجفی و ارسلان زینلزاده

پژوهشگاه صنعت نفت، پژوهشکده اکتشاف و تولید

tavallaem@ripi.ir

## مقدمه

محققین زمین‌شناس و ژئوشیمیست، منشأ نفت و گاز را مواد آلی موجود در رسوبات دانه‌ریز همچون شیل‌ها و سیلت‌های اعماق حوضه‌های رسوبی ادوار گذشته زمین‌شناسی می‌دانند. طبق این عقیده مواد آلی در محیط احیایی (فاقد اکسیژن) نهشته شده و در شرایط مناسب از تجزیه و اکسیده شدن محفوظ مانده و در اثر گذشت زمان زمین‌شناسی و انجام فرایندهای مختلف ژئوشیمیایی، مواد آلی به ژئوپلیمرهایی با وزن مولکولی بسیار زیاد به نام «کروژن» تبدیل شده‌اند. مولکول‌های کروژن به‌عنوان منشأ اصلی نفت و گاز بر اثر گرما به تدریج شکسته شده و برای رسیدن به تعادل، تبدیل به نفت و گاز می‌شوند [۱]. برای تشکیل نفت و گاز، ابتدا لایه‌های رسوبی بایستی حاوی مقدار کافی ماده آلی از نوع مناسب (کروژن نوع I و II با توان نفت و گاززایی بالا) باشند، سپس این مواد آلی باید گرمای لازم برای انجام فرایندهای مورد نیاز را کسب کنند.

برای شناسایی سنگ منشأ و تعیین مرحله بلوغ یا پختگی

## چکیده

به منظور تعیین درجه پختگی (بلوغ) مواد آلی سازند سرچاهان در منطقه تنگ زاکین در شمال بندرعباس، نمونه‌های سطح‌الارضی انتخاب و مورد ارزیابی "راک اول" و با تهیه قرص مقطع ضخیم، مورد مطالعه میکروسکوپی قرار گرفتند. نمونه‌ها غالباً حاوی گراپتولیت بودند که با بررسی میکروسکوپی و شناسایی گراپتولیت‌ها انعکاس آنها اندازه‌گیری شد. همچنین اسلایدهای تهیه شده از کروژن در نور گذرا مورد بررسی قرار گرفتند. از کروژن استخراج شده نیز تجزیه عنصری به عمل آمد. انعکاس گراپتولیت، رنگ کروژن، فلورسانس‌زایی مواد آلی لیپتینی و نتیجه آنالیز عنصری کروژن، همگی نشان دهنده پختگی مواد آلی رسوبات سازند مذکور در منطقه تنگ زاکین در مراحل پایانی نفت‌زایی و اوایل گاززایی می‌باشند.

واژه‌های کلیدی: انعکاس گراپتولیت، تخلیص کروژن، آنالیز عنصری، سازند سرچاهان

پاکستان در تولید نفت و گاز نقش مهمی داشته‌اند. مجاهد الحسینی معتقد است که ادامه داشتن واحدهای لیتولوژیکی مثل شیل سیلورین از افریقای شمالی تا خاور میانه شرایط تکتونیکی و محیط رسوب‌گذاری مشابهی را تداعی کرده و می‌توان به کمک آن یک مدل زمین‌شناسی ارائه و وضعیت هیدروکربنی را پیش‌بینی کرد. طبق مدل پیشنهادی نامبرده حوضه تبوک و سندج-سیرجان تا بندرعباس در دوره‌های سیلورین تا دونین در حاشیه گندوانا و در فلات قاره اقیانوس پالتوتیس قرار داشته‌اند [۳].

محققین زمین‌شناس دیگری همچون م. د. محمود، معتقدند که با توجه به مطالعات زمین‌شناسی و شواهد تأیید شده، ابر قاره گندوانا در پالتوزوئیک کشورهای مختلفی از جمله: ایران، پاکستان تا استرالیا را در بر می‌گرفته و این مناطق فلات قاره گندوانا را تشکیل می‌داده‌اند. وی معتقد است در فلات قاره گندوانا طی دوره سیلورین که در اثر ذوب یخها سطح دریا بالا آمده بود، شیل‌های غنی از مواد آلی در فروافتادگی‌هایی با محیط احیایی نهشته شده‌اند. این شیل‌های تیره در امتداد سواحل گندوانا تا مصر گسترش یافته و در عربستان مهمترین سنگ منشأ منابع عظیم نفتی شناخته شده را تشکیل داده‌اند [۴].

عبدالرحمن عقیفی و همکاران، نفت تولید شده از هات شیل عربستان را حدود یک تریلیون بشکه تخمین زده‌اند [۵]. به گزارش کریستوفر شنک و همکاران، پروژه انرژی جهانی سازمان زمین‌شناسی امریکا، منطقه ربع‌الخالی در عربستان را یکی از ۷۶ منطقه اولویت‌دار برای اکتشاف نفت و گاز ذکر کرده است [۶].

با توجه به اهمیت رسوبات سیلورین در منطقه و عدم مطالعه کافی این رسوبات از نظر سنگ منشأ در ایران و ضرورت مطالعه و شناسایی سنگ منشأهایی به جز سنگ منشأهای شناخته شده‌ای همچون کژدمی، برای اهداف اکتشافی آینده، این مطالعه دارای اهمیت است. رسوباتی که توسط قویدل سیوکی و خسروی مورد مطالعه قرار گرفته و به نام دو سازند سیاهو و سرچاهان معرفی و مورد تأیید قرار گرفته‌اند، بیشتر تحت عنوان شیل‌های سیلورین و در برخی منابع به نام سازند گهکم معرفی شده و دارای ضخامتی حدود ۹۰۰ متر هستند [۷ و ۸].

ماده آلی آن، با توجه به اهمیت درجه پختگی سنگ منشأ، روش‌های علمی و تجربی متعددی در شرکت‌های نفتی و اکتشافی به کار برده می‌شود. این روش‌ها هر کدام دارای مزیت‌ها و محدودیت‌های خاص خود بوده و کاربردهای متفاوتی دارند. برای اطمینان و دقت بیشتر معمولاً از چند شاخص تعیین پختگی سنگ منشأ استفاده می‌شود. از روش‌های متداول برای تعیین پختگی می‌توان Tmax دستگاه "راک اول" را نام برد که بسیار سریع بوده و با مقدار اندکی نمونه، انجام آزمایش میسر می‌شود. لیکن عواملی همچون آلودگی نمونه به مواد آلی افزودنی (مخصوصاً در نمونه‌های خرده‌های حفاری که به آنها لیگنو سولفونات یا لیگنیت افزوده می‌شود، همچنین در نمونه‌هایی که از گل‌های پایه روغنی در حفاری استفاده شده است)، ترکیب سنگ‌شناسی، وجود بیتومن جامد و برخی انواع رس در نمونه، از جمله عواملی هستند که می‌توانند نتایج راک اول را تحت تأثیر قرار دهند. شاخص مهم دیگری که برای تعیین پختگی ماده آلی از آن استفاده می‌شود انعکاس ویتروینیت است. ویتروینیت که منشأ اولیه آن بخش‌های لیگنو سلولزی گیاهان عالی است، بخش اصلی ترکیب زغال سنگ‌های هومیک و کروژن‌های نوع III را تشکیل می‌دهد. این ماسرال، حساسیت خوبی نسبت به افزایش پختگی و درجه حرارت داشته و از انعکاس نور روی سطح صیقل داده شده آن به‌عنوان شاخص اندازه‌گیری بلوغ یا پختگی ماده آلی استفاده می‌شود. این پارامتر در حال حاضر از معتبرترین شاخص‌های تعیین پختگی مواد آلی به شمار می‌رود، لیکن در گیاهان پالتو زوئیک پیشین، گسترش نداشته و در رسوبات سیلورین و اردویسین نیز ویتروینیت به ندرت یافت می‌شود، به همین دلیل از شاخص جایگزین برای تعیین پختگی مواد آلی رسوبات پالتوزوئیک زیرین از انعکاس گراپتولیت استفاده می‌شود [۲].

#### اهمیت رسوبات سیلورین از نظر سنگ منشأ

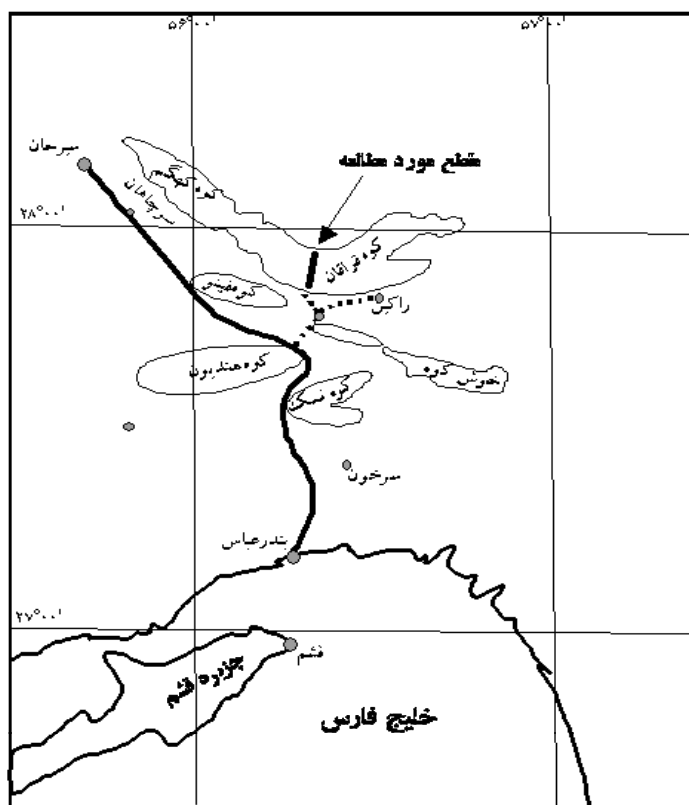
شناسایی سنگ منشأ از نظر اهداف اکتشافی دارای اهمیت خاصی است. به استناد گزارش‌های متعدد، سازندهای پالتوزوئیک زیرین در کشورهای همجوار منطقه مورد مطالعه همچون عربستان سعودی، الجزایر، مصر، عمان و

مطالعه رسوبات سازند گهکم از جنبه سنگ منشأ، عمدتاً محدود به بررسی‌های ژئوشیمیایی این رسوبات توسط بوردانو و همکاران بوده که رسوبات سازند گهکم در منطقه بندرعباس را بسیار بالغ و گرافیتی شده گزارش کرده‌اند [۹].

بررسی جداگانه هر کدام از این سازندها از نظر سنگ منشأ می‌تواند اطلاعات مفیدی را در اختیار محققین و زمین‌شناسان اکتشافی قرار دهد. اهمیت موضوع هنگامی مضاعف می‌شود که رسوبات قصبیه در حاشیه نوار جنوب غربی و شمال غرب عربستان که شباهت زیادی به رسوبات سرچاهان دارد از نظر پختگی در پنجره نفت زایی گزارش شده و همچنین سنگ منشأ بخشی از نفت‌های کشور عمان، رسوبات انفرامیرین گزارش شده است. "پلاسترو" اذعان داشته که بر اساس نقشه پختگی رسوبات سیلورین پیشین، مناطقی از جنوب اردن، جنوب غرب عربستان سعودی و عمان حاوی مواد آلی هنوز نابالغ یا نارس هستند. این در حالیست که مناطق وسیعی از شبه جزیره عربی از نظر پختگی در مرحله

نفت‌زایی و بخش‌های شمالی‌تر در مرحله گاززایی قرار دارند [۱۰]. به همین دلیل رسوبات سیلورین به ویژه در تنگ زاکین که از نظر ظاهری نیز رسوبات کاملاً تیره‌ای هستند از لحاظ درجه پختگی و بلوغ مورد بررسی قرار گرفتند. در این مطالعه از شاخص انعکاس گراپتولیت (GRO%) که از روش‌های معتبر و متداول برای اندازه‌گیری درجه پختگی رسوبات پالئوزوئیک زیرین بوده و تا به حال در ایران از آن بهره‌گیری نشده، استفاده شد. به منظور اطمینان بیشتر، نتایج به‌دست آمده با شاخص‌های دیگر تعیین بلوغ، همچون درجه حرارت ماکزیمم "راک اول" (Tmax)، رنگ‌های پالینومورف و کروژن (TAI)، وجود فلئورسانس زایی در جلبک‌های لایه‌ای (لم‌الجنتی‌ها) و تجزیه عنصری کروژن مطابقت داده شدند.

رسوبات سیلورین (سازند سرچاهان) در دو منطقه کوه گهکم واقع در ۵ کیلومتری شمال شرقی روستای سرچاهان در مجاورت جاده حاجی آباد به بندرعباس و تنگ زاکین (شمال روستای سیاهو)، رخنمون داشته و از نظر چینه‌شناسی مورد مطالعه قرار گرفته‌اند (شکل ۱).



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی مناطق سیاهو (زاکین) و حاجی آباد (گهکم) در استان هرمزگان

## روش تحقیق

نشان داده شده توسط دستگاه، ۴۵۵ درجه سانتیگراد است که پختگی اواخر پنجره نفت‌زایی را نشان می‌دهد و با پختگی مرحله گرافیتی شدن و فراپختگی فاصله بسیار زیادی دارد.

کروژن ۱۱ نمونه استخراج و از آن‌ها قرص و اسلاید تهیه و مورد مطالعه میکروسکوپی قرار گرفتند. نتایج انعکاس گراپتولیت اندازه‌گیری شده در جدول ۲ مشاهده می‌شود.

بلوغ بیش از حد رسوبات سرچاهان از منطقه کوه گهکم در مطالعات قبلی، سنگ منشأ بودن آنها را منتفی ساخت (تولایی و همکاران) [۱۱]. در این مطالعه صرفاً از سازند سرچاهان در مقطع تنگ زاکین واقع در شمال روستای سیاهو ۱۵ نمونه انتخاب و مورد ارزیابی "راک اول II Plus" قرار گرفت (جدول ۱). میانگین درجه حرارت ماکزیمم

جدول ۱- نتایج پیرولیز راک اول نمونه‌های سرچاهان در تنگ زاکین

شماره نمونه	S1 (mg هیدروکربن / سنگ g)	S2 (mg هیدروکربن / سنگ g)	S3 (mg دی‌اکسیدکربن / سنگ g)	Tmax °C	HI (mg هیدروکربن / g کل کربن آلی)	OI (mg دی‌اکسیدکربن / g کل کربن آلی)	TPI	TOC درصد وزنی
۱	۰/۰۵۵	۳/۲۵	۰/۲۵	۴۶۴	۸۲	۶	۰/۱۴	۳/۹۴
۲	۰/۵۶	۱/۶۲	۰/۲۸	۴۵۷	۶۵	۱۱	۰/۲۶	۲/۴۸
۳	۰/۶۲	۳/۳۱	۰/۱۹	۴۵۹	۸۹	۵	۰/۱۶	۳/۷۴
۴	۰/۳۰	۰/۲۰	۰/۴۰	۴۵۴	۳۲	۶۵	۰/۶۰	۰/۶۲
۵	۰/۸۲	۴/۲۴	۰/۲۲	۴۵۷	۹۷	۵	۰/۱۶	۴/۳۷
۶	۰/۷۲	۳/۷۴	۰/۲۳	۴۵۹	۹۹	۶	۰/۱۶	۳/۷۸
۷	۰/۱۵	۱/۳۰	۰/۶۹	۴۴۷	۲۹	۱۵	۰/۱۰	۴/۴۹
۸	۰/۲۶	۱/۳۶	۰/۴۲	۴۶۳	۳۳	۱۰	۰/۱۶	۴/۱۴
۹	۰/۳۴	۲/۸۲	۰/۳۰	۴۶۰	۶۵	۷	۰/۱۱	۴/۳۷
۱۰	۰/۱۸	۰/۵۸	۱/۲۳	۴۴۶	۱۷	۳۶	۰/۲۴	۳/۴۰
۱۱	۰/۱۱	۰/۷۷	۱/۵۰	۴۴۳	۱۹	۳۷	۰/۱۲	۴/۰۲
۱۲	۰/۸۵	۳/۹۳	۰/۳۷	۴۶۰	۶۹	۷	۰/۱۸	۵/۶۷
۱۳	۰/۳۶	۲/۳۹	۰/۴۵	۴۵۷	۵۸	۱۱	۰/۱۳	۴/۱۴
۱۴	۰/۷۶	۳/۵۷	۰/۱۳	۴۵۹	۷۴	۳	۰/۱۸	۴/۸۱
۱۵	۰/۳۱	۰/۹۰	۲/۶۴	۴۴۴	۱۸	۵۴	۰/۲۶	۴/۹۲

جدول ۲- انعکاس گراپتولیت نمونه‌های سازند سرچاهان تنگ زاکین

شماره نمونه	انعکاس گراپتولیت (درصد)			تعداد اندازه‌گیری
	مینیمم	ماکزیمم	متوسط تصادفی	
۱	۱/۰۳	۱/۳۹	۱/۱۸	۱۷
۲	۰/۷۱	۱/۴۴	۱/۲۱	۲۰
۳	۰/۹۳	۱/۱۵	۱/۰۵	۱۴
۴	۰/۹۹	۱/۱۸	۱/۰۴	۸
۵	۰/۹۷	۱/۱۳	۱/۰۷	۱۰
۶	۰/۹۲	۱/۰۹	۱/۰۱	۱۶
۷	۰/۸۹	۱/۴۰	۱/۰۶	۱۶
۸	۰/۸۹	۱/۱۴	۱/۰۷	۱۰
۹	۰/۹۳	۱/۱۵	۱/۰۵	۱۰
۱۰	۰/۸۷	۱/۴۶	۱/۱۱	۱۰
۱۱	۱/۲۸	۱/۴۷	۱/۳۶	۷
میانگین انعکاس گراپتولیت (درصد)			۱/۱۱	

صورت لایه بسیار نازک کربنی شده در شیل‌های مختلف یا آهک‌ها دیده می‌شود. جنس پوسته معمولاً کیتینی و قابل حفظ شدن است. تصویری از نمونه گراپتولیت‌های سرچاهان تنگ زاکین در شکل ۲ نشان داده شده است. طبق نظر "روپرت" و "بارنرز"، از نظر محیط زیستی گراپتولیت‌ها در آب‌های عمیق و گاهاً مناطق کم‌عمق با رخساره کم اکسیژن (dysoxic)، مثل شیل‌های تیره می‌زیسته‌اند، معمولاً کربنیزه شده و به شدت قابل فشرده شدن هستند که به دلیل پهن شدن در شیل‌ها، مطالعه آنها دشوار می‌شود. ضمناً به‌عنوان فسیل شاخص برای تعیین زون‌های مختلف پالئوزوئیک زیرین مورد استفاده قرار می‌گیرند. از نظر درجه حرارت و عمق آب نیز می‌توانستند در محدوده نسبتاً وسیعی ادامه حیات دهند. انواع نیمه شناور و کفزی آنها به ارگانیزم‌های دیگر همچون خزها می‌چسبیدند. گراپتولیت‌های کفزی احتمالاً در کانال‌هایی که دارای مقدار قابل ملاحظه‌ای رسوبات معلق بوده زندگی می‌کرده‌اند. لذا رقابت کمتری با ارگانیزم‌هایی مثل مرجان‌ها، کرینویدها، براکیوپودها و حلزون‌ها که در آب‌های صاف زندگی می‌کرده‌اند، داشته‌اند [۱۲]. تیلور و همکاران، شاخص‌های مختلف تعیین میزان پختگی مواد آلی را مورد تطبیق و مقایسه قرار داده‌اند [۲].

جی. ا. کول ضمن بررسی چند شاخص پختگی مواد آلی همچون درجه حرارت ماکریمم راک اول، درجه تحول حرارتی، فلئورسانس زایی لیپتینیت‌ها و انعکاس کتینینوزویدها

پس از انحلال کربنات نمونه‌ها توسط اسید کلریدریک و سیلیکات‌ها توسط اسید فلئوریدریک، با استفاده از شنآوری مواد آلی در مایع چگال، کروژن ۱۱ نمونه استخراج و پس از خشک کردن، از آنها قرص و اسلاید تهیه شد. سپس قرص‌ها صیقل داده شد و اسلایدها مورد مطالعه میکروسکوپی قرار گرفتند. انعکاس گراپتولیت نمونه‌ها با استفاده از میکروسکوپ لایتر مجهز به نور انعکاسی و دستگاه فوتومالتی‌پلایر و با بهره‌گیری از نرم‌افزار خاص این میکروسکوپ، پس از کالیبره کردن توسط استاندارد، اندازه‌گیری شد (جدول ۲). علاوه بر این، کروژن استخراج شده نمونه‌ها نیز تجزیه عنصری شده و درصد عناصر کربن، هیدروژن و اکسیژن آنها نیز تعیین شدند.

### بحث و بررسی

با توجه به اینکه در سازند سرچاهان، گراپتولیت فراوان وجود دارد و به راحتی با چشم قابل رویت هستند (شکل ۲)، از انعکاس گراپتولیت که شاخص معتبری برای تعیین پختگی مواد آلی در رسوبات پالئوزوئیک زیرین است و اهمیت آن توسط محققین مورد تأیید قرار گرفته، استفاده شد و نتایج آن با دیگر شاخص‌ها مقایسه شدند.

### انعکاس گراپتولیت به عنوان شاخص بلوغ مواد آلی

گراپتولیت‌ها گروهی از موجودات کلنی منقرض شده‌اند که از کامبرین تا کربنیفر گسترش داشته و غالباً آثار آنها به



شکل ۲- تصویری از گراپتولیت‌های نمونه دستی سازند سرچاهان تنگ زاکین

ویترنیت بوده لیکن به دلیل کشیده شدن شبیه رشته نازک دیده می‌شوند. گراپتولیت‌ها به دلیل آن ایزوتروپ بودن، دارای دو انعکاس ماکزیمم و دو انعکاس مینیمم در یک دوران ۳۶۰ درجه‌ای میز دوار میکروسکوپ هستند.

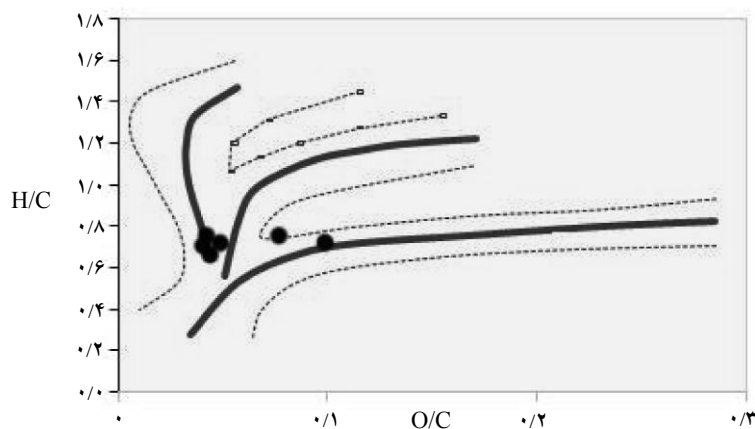
در جدول ۲، ماکزیمم، مینیمم و میانگین انعکاس‌های اندازه‌گیری شده به همراه تعداد هر اندازه‌گیری برای مجموع ۱۱ نمونه آورده شده است. میانگین انعکاس گراپتولیت در یازده نمونه،  $\text{Gro}\% = 1/11$  است که تقریباً معادل  $1/20\%$  انعکاس ویترنیت ( $\text{Ro}\%$ ) می‌باشد.

نتایج تجزیه عنصری نمونه‌ها نشان می‌دهد که مقدار درصد کربن، بین ۷۲ تا ۸۶ درصد است (جدول ۳). این مقادیر قابل تطبیق با زغال‌های بیتومین‌دار با مواد فرار متوسط بوده و در اواخر پنجره نفت‌زایی از نظر بلوغ قرار دارند [۲]. نتایج H/C و O/C در نمودار "ون کروئن" نیز این مطلب را تأیید می‌کند (شکل ۳).

را در شیل‌های قصبیه عربستان مورد بررسی قرار داده است. وی نتیجه‌گیری می‌کند که اختلاف جزئی در انعکاس هر کدام از موارد ذکر شده مربوط به محیط رسوب‌گذاری و تفاوت در میزان اکسیژن موجود در هر محیط است [۱۳]. محققین دیگری همچون رودلف برتراند نیز انعکاس گراپتولیت، ویترنیت و اسکول کودونت را با یکدیگر مقایسه کرده و تفاوت و اختلاف بین آنها را جزئی گزارش کرده‌اند. همچنین رسوبات پالئوزویک منطقه قطبی کانادا توسط گودرزی و همکاران، با استفاده از انعکاس گراپتولیت به‌عنوان شاخص پختگی مورد ارزیابی قرار گرفته‌اند [۱۴ و ۱۵]. انعکاس گراپتولیت در قرص‌های مقطع ضخیم تهیه شده از سنگ و کروژن که سطح آنها صیقل داده شده، توسط میکروسکوپ انعکاسی اندازه‌گیری شد. گراپتولیت‌ها در زیر میکروسکپ نور انعکاسی و در مقطع ضخیم صیقل داده شده از نظر رنگ بسیار شبیه به

جدول ۳- نتایج تجزیه عنصری کروژن نمونه‌های سرچاهان تنگ زاکن

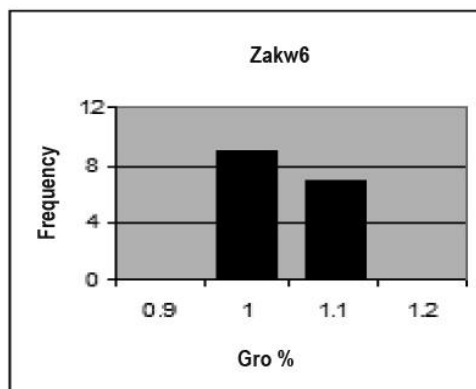
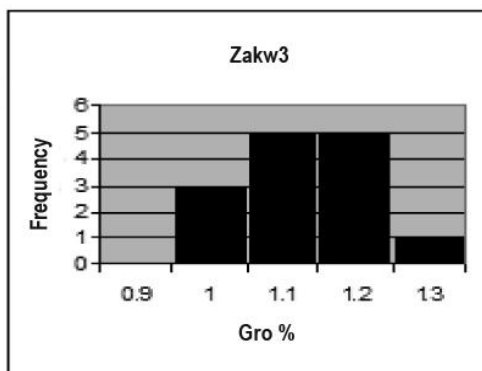
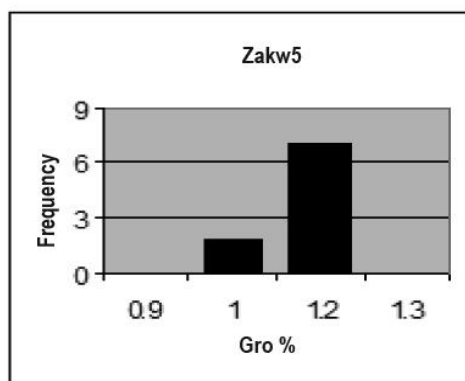
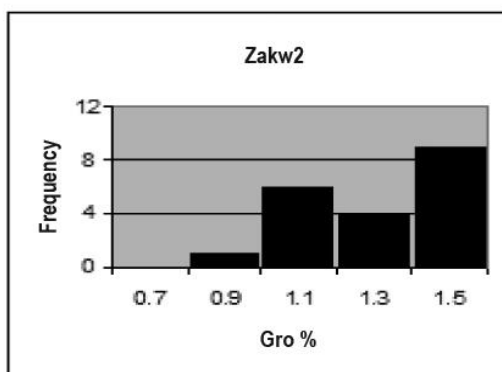
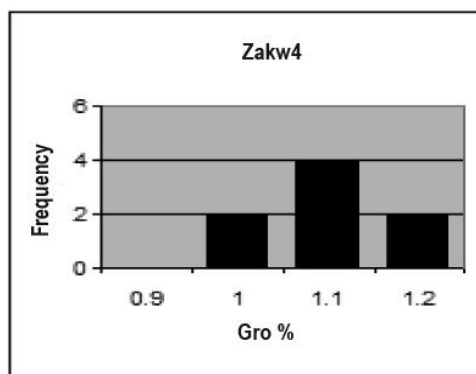
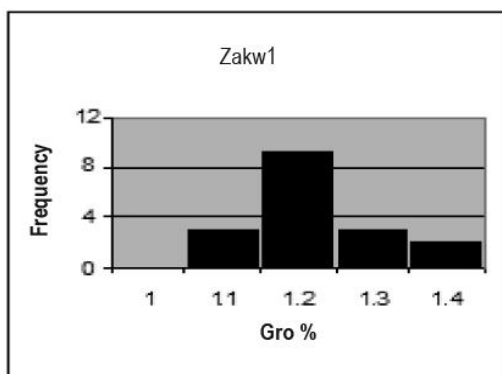
شماره نمونه	درصد C	درصد H	درصد O	H/C	O/C
۱	۸۰	۴/۶۱	۱۲/۰۸	۰/۶۹	۰/۱۱
۲	۷۵/۶۳	۴/۸۹	۹/۹۷	۰/۷۷	۰/۰۹
۳	۷۲/۳۰	۳/۴۴	۲۲/۲۶	۰/۵۷	۰/۲۳
۴	۸۴/۴۸	۵/۳۲	۵/۰۷	۰/۷۵	۰/۰۴
۵	۸۴/۰۷	۵/۳۹	۶/۶۸	۰/۷۶	۰/۰۶
۶	۸۶/۰۷	۵/۴۲	۳/۶۷	۰/۷۵	۰/۰۳
۷	۸۵/۹۷	۵/۵۰	۳/۹۲	۰/۷۷	۰/۰۳



شکل ۳- وضعیت نقاط H/C و O/C روی نمودار "ون کروئن"

می‌دهد. طبق نظر تایش مولر فلورسانس‌زایی تا انعکاس ویتربینیت ۱/۳۰ درصد می‌تواند مشاهده شود [۱۶].  
مطالعه میکروسکوپی اسلایدها در نور گذرا، رنگ قهوه‌ای پالینومورف‌ها و کروژن‌ها، که در مقیاس رنگ "استاپلین" با رقم ۳ مطابقت دارد نیز اواخر مرحله نفت‌زایی و اوایل مرحله گاززایی را تأیید می‌کند.

در شکل ۴ هیستوگرام‌های مربوط به انعکاس‌های اندازه‌گیری شده نمایش داده شده و همخوانی خوبی بین میانگین عددی و میانگین در نمودارها مشاهده می‌شود.  
مطالعه میکروسکوپی نمونه‌ها با نور انعکاسی ماوراء بنفش در برخی از نمونه‌ها فلورسانس‌زایی مربوط به لم‌الجینایت (جلبک‌های لایه‌ای) به رنگ قهوه‌ای را نشان



شکل ۴- نمودارهای میله‌ای (هیستوگرام‌های) حاصل از انعکاس ویتربینیت که همخوانی خوبی با میانگین عددی ویتربینیت دارند

PRE-METAMORPHIC ZONES	HYDROCARBONS		REFLECTANCE					COLORATION		
			Tellinite	Chitinozoans	Graptolites	Scolecodonts	Spores	Thermal Alteration Index (TAI)	Spores	
	STAGES	TYPES								
diagenesis	IMMATURE	early dry gas					0.05	1	yellow	2
catagenesis	mature	oil	0.5				0.2	2	amber yellow	2.5
		con- densate gas	1	1	1.20		0.5	3-	amber	3
		ther. dry gas	1.5			1	1	3	brown	
	supra- mature	2	2	2	1.5	2	3+	brown to black	4	
anchizone			3	3	3	3	4	black		

شکل ۵- جدول شاخص‌های پختگی و مقایسه آنها با یکدیگر [۲]

### نتیجه‌گیری

سازند گهکم که فرا پخته و گرافیتی شده عنوان شده بود از نظر درجه پختگی و بلوغ در اواخر مرحله نفت‌زایی و اوایل مرحله گاززایی قرار دارد و می‌تواند به‌عنوان یک سنگ منشأ متوسط هیدروکربنی (نفت و گاز) در منطقه مورد ارزیابی قرار گیرد. بنابراین گزارش مربوط به سازند گهکم در منطقه بندرعباس از نظر میزان و درجه پختگی (گرافیتی شده)، در مورد سازند سرچاهان در مقطع تنگ زاکین صادق نمی‌باشد.

سازند سرچاهان در منطقه تنگ زاکین که از شیل‌های تیره تشکیل شده، حاوی گراپتولیت‌های فراوان و دارای ماده آلی قابل قبول مخلوطی از کروژن نوع II و III است. مواد آلی از نظر پختگی در مرحله کاتازن قرار دارند (اندازه‌گیری انعکاس گراپتولیت، پیرولیز راک اول و مطالعات میکروسکوپی، یکدیگر را تأیید و با این مرحله مطابقت دارند) و بر خلاف گزارش‌های قدیمی مربوط به



## منابع

- [1] Rahman M. & Kinghorn R.R.F., "A practical classification of Kerogen related to hydrocarbon generation", Journal of Petroleum Geology, Vol. 18, Issue. 1, 18 December, 2007.
- [2] Taylor G.H., Teichmuller M., Davis A.C., Diessel E.K., Lttke R. & Rbert P., *Organic petrology*, Gebruder Borntraeger, Berlin, 1998.
- [3] Moujahed I. Hussein M., "Tectonic and depositional model of the Arabian and adjoining plates during the Silurian-Devonian", AAPG, Vol. 75, No. 1, pp. 108-120, 1991.
- [4] Mahmoud D., "The lower silurian qaliba formation of Saudi Arabia", Geo Arabia, Vol. 5, No. 1, 2000.
- [5] Afifi A., "Paleozoic stratigraphy and hydrocarbon habitat of the Arabian plate", Geo Arabia, Vol. 6, No. 3 pp. 407-441, 2001.
- [6] Schenk Ch.J. & Pollastro R.M., "Assessment of undiscovered oil and gas resources in the Qusaiba-Paleozoic petroleum system of the greater Rub 'al Khali Basin, Arabian Peninsula", Geo Arabia, Vol. 5, No. 1, 2000.
- [7] Ghavidel Syuki M. & Khosravi M.E., "Investigation of lower paleozoic sediments at Tang-e-Zakeen of Kuh-e-Faraghan and introduction of the Seyahou and Sarchahan formations in the Zagros basin Geo sience", Geological Survey of Iran. (GSI), Vol. 4, No. 14, 1995.
- [8] Alsharhan A.S. & Nairn A.E.M., *Sedimentary basins and petroleum geology of the Middle East*, Amsterdam, The Netherlands, Elsevier Science B.V., 942 p. 1997.
- [9] Bordenave M.L., Fozoonmayer M.C. & Nilly A.R., *Geochemical Report of Fars Province*, NIOC., 1181, 1971.
- [10] Pollastro R.M., "Total petroleum systems of the paleozoic and jurassic in greater Ghawar and adjacent provinces of Saudi Arabia", US Geological Survey Bulletin, 2202, 1-100, 2003.
- [11] Tavallaee M., Eftekhari N., Kassae M. & Moeenpour M., *Type and maturity of organic matters in Silurian sediments of N-Bandar Abbas*, RIPI Project No. 41210160, 1379.
- [12] Ruppert E.E. & Barners R.D., *Invertebrate Zoology*, 6<sup>th</sup> Ed., College Publishing Forth Worth, 1994.
- [13] Cole G.A., Graptolite, *Chitinozoan reflectance and its relationship to geochemical maturity indicators in Silurian Qusaiba Shale*, Energy Citation Database, pp. 1443-145, USA, May 13, 2001.
- [14] Bertrand R., "Correlation among the reflectance of vitrinite, graptolite and scholecodonts", Organic Geochemistry, Vol. 15, No. 6, pp. 574-565, 1988.
- [15] Goodarzi F., Buchardt B.J. & Lewan M.D., "Thermal maturity of lower paleozoic sedimentary successions in Arctic Canada", AAPG Bulletin, Vol. 80, No. 7, pp. 1065-1084, 1996.
- [16] Teichmuller M., "Organic petrology of source rocks history and states of the Arts", Advances in Organic Geochemistry, Vol. 10, pp. 581-599, 1986.