

بررسی زون های سنگ منشاء در میدان دارخوین با استفاده از داده های پتروفیزیک و آنالیز راک اول

ارسلان زینل زاده ولی^{۱*}، احمد سجادیان^۲

^۱ پژوهشگاه صنعت نفت، تهران، ایران

^۲ شرکت نفت و گاز اروندان، اهواز، ایران

* مسئول مکاتبات - آدرس الکترونیکی: zeinalzadeha@ripi.ir

(دریافت: ۸۸/۳/۲۰؛ پذیرش: ۸۸/۹/۲۵)

چکیده

سنگ منشاء یکی از عناصر اصلی سیستم هیدروکربوری است. از این رو جهت شناخت یک سیستم هیدروکربوری در یک منطقه لازم است نخست سنگ منشاء و ویژگی های آن بررسی گردد. در این مطالعه سنگ های منشاء میدان دارخوین واقع در دشت آبادان مورد بررسی قرار گرفته است. بدین منظور از داده های لاگ گاما و لاگ صوتی استفاده شده و بر اساس آن زون های سنگ منشاء احتمالی در سازندهای پابده، کژدمی، گرو، گوتنیا، نجمه، سرگلو و نیریز تفکیک گردیده است. سپس از این زون ها نمونه هایی جهت آنالیز راک اول انتخاب و مقدار ماده آلی کل نمونه ها مشخص شده است. بر اساس آنالیز راک اول در بین زون های معرفی شده، زون های سازندهای گرو و سرگلو از لحاظ مقدار ماه آلی در حد عالی تا خیلی خوب قرار داشته و از لحاظ قدرت نفت زایی در حد خوب تا متوسط می باشند. همچنین این زون ها ضخامت بیشتری در مقایسه با زون های دیگر دارند. نمونه های سازند کژدمی از لحاظ مقدار ماه آلی کل در محدوده خیلی خوب تا خوب قرار داشته و از لحاظ توان نفت زایی، بعضی از نمونه ها در محدوده سنگ منشاء خوب و متوسط قرار می گیرند. نمونه های سازند های پابده، سروک و سورگه از لحاظ مقدار ماده آلی فقیر و توان نفت زایی آنها پایین است. بر اساس این مطالعه زون های از سازندهای سرگلو و گرو، زون های سنگ منشاء اصلی و زون هایی از سازندهای کژدمی و نیریز را میتوان به عنوان زون های فرعی سنگ منشاء میدان دارخوین نظر گرفت.

واژه های کلیدی: زون های سنگ منشاء، میدان دارخوین، لاگ پرتو گاما، لاگ صوتی، آنالیز راک اول.

مقدمه

بررسی زون های دارای پتانسیل تولید هیدروکربن یا زون هایی که هیدروکربن تولید کرده اند، استفاده شده است.

نمونه های سنگ منشاء حاوی مقادیر متغیری از نفت، کروژن و ماده آلی کل (Total organic carbon= TOC) است که بخش کوچکی از سنگ را تشکیل می دهد (شکل ۱). در این مطالعه ابتدا لاگ گاما و لاگ صوتی چاه دارخوین-۲ بررسی شده و زون های احتمالی سنگ منشاء بر اساس داده های پتروفیزیک مشخص شده است. سپس نمونه هایی از این زون ها انتخاب شده و مورد آنالیز ژئوشیمیایی قرار گرفته است.

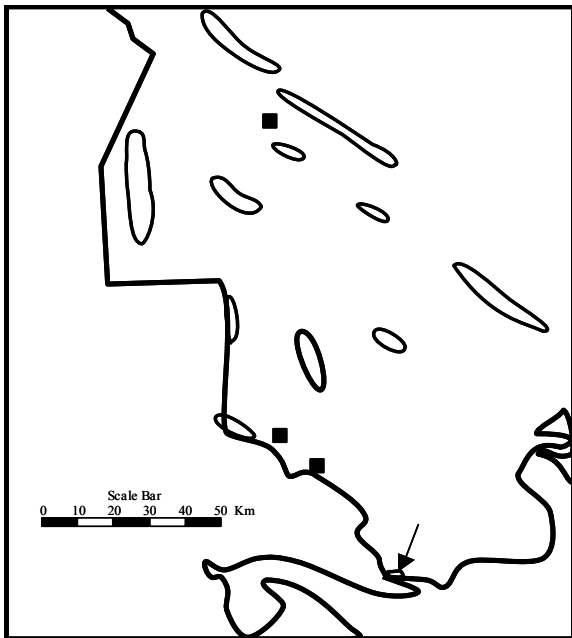
استفاده از لاگ های پتروفیزیک برای ارزیابی سنگ منشاء مزیت هایی نسبت به روش های دیگر دارد. از این رو در سال های اخیر در مطالعات مختلف از این لاگ ها برای بررسی سنگ منشاء استفاده شده است (Kamali & Mirshady 2004). داده های لاگ در فواصل کم برداشت شده و بنابراین می توان آنها را داده های پیوسته ای دانست که از چاه های نفت برداشت می شود. در حالی که آنالیز های ژئوشیمیایی

برای شناخت و اکتشاف یک منطقه نفت خیز لازم است نخست عناصر و فرآیندهای شکل گیری هیدروکربور مطالعه شود. یکی از عناصر اصلی شکل گیری ذخیره هیدروکربوری سنگی است که نفت و گاز را بوجود آورده و به نام سنگ منشاء شناخته می شود. این مطالعه با هدف مشخص کردن زون های سنگ منشاء در میدان نفتی دارخوین انجام شده است. میدان دارخوین در تقسیمات زمین شناسی زاگرس در دشت آبادان واقع شده است. تاکنون مطالعه جامعی در رابطه با سنگ های منشاء منابع نفتی دشت آبادان صورت نگرفته است. لذا این مطالعه با هدف مشخص ساختن سنگ های منشاء احتمالی در میدان دارخوین انجام شده است.

مهمترین ویژگی سنگ منشاء داشتن مواد آلی باقی مانده از جانداران گذشته می باشد. جهت یافتن سنگ منشاء در منطقه نفت خیز، روش ها و آزمایشهای مختلفی وجود دارد. در این تحقیق از داده های پتروفیزیک از جمله لاگ گاما و لاگ صوتی و آنالیز راک اول جهت

جنوبی است که در تضاد با امتداد محوری شمال غربی - جنوب شرقی معمول زاگرس است. از مهمترین تاکدیس های این منطقه، آزادگان، کوشک، حسینی، جفیر، دارخوین و امید را می توان نام برد (شکل ۲). امتداد محوری شمالی-جنوبی این تاکدیس ها مانند تاکدیس های جنوب عراق، کویت، شمال خلیج فارس و شمال شرقی شبه جزیره عربستان است. این امتداد ناشی از فعالیت گسله های پی سنگ می باشد (مطیعی ۱۳۷۴).

تاکدیس دارخوین در ۴۵ کیلومتری شمال شرقی آبادان واقع است (شکل ۲). این میدان در سر سازند آسماری فاقد بستگی ساختمانی است ولی ابعاد آن در بنگستان و خامی ۲۵ * ۱۰ کیلومتر است. مخازن اصلی این میدان سازندهای ایلام، سروک و فهلیان می باشد (مطیعی ۱۳۷۴).

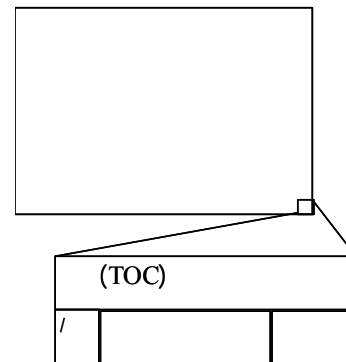


شکل ۲: موقعیت میدان دارخوین و میدان های مجاور (از آنجا که نقشه جامعی از میداین دشت آبادان در دسترس نیست. در این نقشه موقعیت و ابعاد میداین، به صورت تقریبی نشان داده شده است).

روش مطالعه

بررسی سنگ منشاء با استفاده از لاگ پرتوی گاما و لاگ صوتی نمونه برداری از خرده های حفاری با فواصل کمتر از ۵ متر و مغزه گیری یا مغزه های کناره چاه، کاری پرهزینه و زمان بر است. بنابراین خرده های حفاری بدست آمده از چاه های نفت معمولاً از پیوستگی قابل قبولی برای مطالعه ویژگی های سنگ منشاء برخوردار نیستند. در لاگ های پتروفیزیک، داده ها معمولاً در فواصل تقریبی یک فوتی برداشت شده و این فواصل با تغییرات رخساره ای سنگ های منشاء شناخته شده قابل قبول است. در این مطالعه با استفاده از پرتو گاما و

نیاز به نمونه های سنگ به شکل خرده های حفاری و مغزه های نفتی داشته که در این حالت فاصله بین خرده های حفاری معمولاً بیشتر از ۵ متر بوده و از طرفی مغزه های نفتی نیز تنها از فواصل محدودی برداشت شده و ضمناً هزینه زیادی نیز دارد. فاصله زیاد بین نمونه ها میتواند باعث اشتباه در بدست آوردن میانگین مقدار کل ماده آلی سنگ گردد. بنابراین ارزیابی پیوسته سنگ منشاء باید مورد توجه قرار گیرد.



شکل ۱: مقدار کل ماده آلی (TOC) بخش کوچکی از توده یا حجم کل سنگ است و شامل گاز و نفت، کروژن و کربن خنثی است.

در این مطالعه به منظور ارزیابی کمی و کیفی توان هیدروکربن زایی زون های سنگ منشأ احتمالی چاه دارخوین -۲ از روش پیرولیز و اکسیداسیون توسط دستگاه ارزیاب سنگ مادر (Rock Eval) استفاده شده است. برای این منظور ۲۴ نمونه از خرده های حفاری تهیه شده است. که پس از آماده سازی توسط دستگاه ارزیاب سنگ مادر آنالیز شده است. آنالیز راک اول متداول ترین روش برای ارزیابی اولیه خصوصیات ژئوشیمیایی سنگ منشاء می باشد. این تکنیک برای ارزیابی اولیه پتانسیل منشاء و بلوغ حرارتی خرده های سنگی، مغزه یا نمونه های رخنمون یافته به کار می رود.

زمین شناسی منطقه

دشت آبادان در انتهای جنوب غربی ایران قرار دارد. حد شمال و شمال شرقی آن کمربند چین خورده زاگرس است که از جنوب تاکدیس های سوسنگرد، آب تیمور و منصوری می گذرد و پس از عبور از میدانهای رگه سفید وارد خلیج فارس می شود. تداوم شمالی این خط وارد عراق می شود. حد جنوبی دشت آبادان به خلیج فارس و حد غربی آن مرز عراق است. محدوده این زون بیشتر توسط مرزهای جغرافیایی و سیاسی تعریف شده است (مطیعی ۱۳۷۴).

دشت آبادان دارای خواص ساختمانی متفاوتی با زاگرس است. دشت آبادان لرزه خیز نیست و تاکدیس های این منطقه فاقد اثر سطحی است. در بعضی تاکدیس ها بستگی ساختمانی در افق آسماری دیده نمی شود. امتداد محوری تاکدیسهای دشت آبادان بصورت شمالی

باشد.

لاگ صوتی: واحد این لاگ میکرو ثانیه بر فوت است و زمان لازم برای طی کردن یک فوت توسط صوت را نشان میدهد. لاگ صوتی معمولاً همراه با لاگ پرتو گاما در چاه رانده میشود. زمان عبور صوت بر حسب جنس سنگها، سیالات و میزان تخلخل تغییر میکند. زمان عبور صوت در ماده آلی ۱۵۰ تا بیش از ۲۰۰ میکروثانیه بر فوت تخمین زده شده است. در آب شیرین دارای زمان عبور ۱۸۹ میکروثانیه بر فوت و در کانی های غیر رسی تشکیل دهنده سنگ، این سرعت دارای مقادیر در محدوده ۵۵ - ۴۳ میکروثانیه بر فوت می باشند. زمان عبور صوت در بخش غنی از ماده آلی افزایش می یابد. لاگ صوتی به طور مستقیم برای تعیین میزان ماده آلی به کار نمی رود (Stocks & Lawrence 1990, Meyer & Nederlof 1984, Passey et al. 1990).

پیرولیز و اکسیداسیون در دستگاه ارزیاب سنگ مادر

جهت ارزیابی کمی و کیفی توان هیدروکربن زایی زون های سنگ منشاء در این مطالعه از روش پیرولیز و اکسیداسیون در دستگاه ارزیاب سنگ مادر استفاده شده است. در آنالیز تقریباً ۱۰۰ میلی گرم از پودر سنگ را به دقت وزن کرده و در ظرف مخصوص ریخته و در دستگاه قرار داده می شود. نمونه در دستگاه به اجاقی منتقل میشود که دمایی ۳۰۰ یا ۲۰۰ درجه سلسیوس دارد و از گاز خنثی هیلیم پر شده است. در طول این مدت هیدروکربن های آزاد نمونه بخار میشود. فراوانی هیدروکربن آزاد توسط آشکار سازی به نام FID (Flame Ionization Detector) مشخص شده و به عنوان پیک S1 با واحد میلی گرم هیدروکربن بر گرم سنگ (mg HC/g rock-1) ثبت می گردد. سپس نمونه با افزایش دمای کوره با ۲۵ درجه سلسیوس در دقیقه از ۳۰۰ تا ۵۵۰ یا ۶۰۰ درجه سلسیوس افزایش می یابد. مقدار هیدروکربن پیرولیز (pyrolysate) که در این مرحله تولید می شود با استفاده از FID اندازه گیری می شود و به عنوان پیک S2 شناخته می شود. این کمیت دارای واحد میلی گرم هیدروکربن بر گرم سنگ است. دمایی که در آن حداکثر زایش پیرولیز رخ می دهد به عنوان دمای حداکثر (Tmax) شناخته می شود (Sykes & Snowdon 2002, Dahl et al. 2004, Behar et al. 2001).

در دستگاه ارزیاب سنگ مادر زایش پیرولیز در دمای ۳۰۰ تا ۳۹۰ درجه سلسیوس رخ می دهد. اکسید کربن تولید شده در این مرحله پس از به تله افتادن از آشکار ساز هدایت حرارتی (TCD thermal conductivity detector) عبور داده شده و مقدار دی اکسید کربن موجود با عنوان S3 با واحد میلی گرم دی اکسید کربن بر گرم سنگ (mg CO₂.g rock-1) اندازه گیری می شود. پارامتر S3 مقدار اکسیژن مواد آلی را نشان میدهد. اما این پارامتر تمام این مواد را در بر نمی گیرد زیرا پنجره دمایی به منظور پرهیز از تخریب کربناتها، محدود

لاگ صوتی زون های احتمالی سنگ منشاء بررسی شده است.

پرتوی گاما: از سنگ های رسوبی به شکل طبیعی اشعه گاما ساطع میشود. این اشعه دارای سه منشاء میباشد: ایزوتوپ عناصر پتاسیم (K^{۴۰})، توریم (Th^{۲۳۲}) و اورانیوم (U^{۲۳۸}). اشعه گامای این ایزوتوپ های رادیواکتیو مقدار انرژی خاص دارند که قابل تفکیک در دستگاه های اندازه گیری است. مقادیر هر کدام از این عناصر در لاگ گامای اسپکترال (Gamma ray spectroscopy or spectral gamma ray) مشخص میگردد. پتاسیم و توریم اغلب در کانی های رسی دیده میشود و مقدار آنها در سنگ ها تابع مقدار کانی های رسی سنگ است. اما اورانیوم به شکل درجا از آب دریا رسوب کرده یا به صورت تخریبی و به شکل قطعات سنگ از مکان های دیگر به محیط رسوب گذاری وارد می شود.

ماده آلی و اورانیوم درجا دارای محیط رسوبی مشابه ای هستند. هر دو در محیط احيایی نهشته میشوند. با شستشوی سنگها در مناطقی که بارندگی رخ میدهد یا تحت تاثیر آبهای جاری، اورانیوم به صورت محلول از طریق رودخانه ها به محیط رسوب گذاری منتقل می شود. اورانیوم به صورت هگزاولنت (Hexavalent) در آب حل میشود و هنگامی که وارد محیط احيایی میشود به صورت تتراولنت (Tetraivalent) غیر محلول در آمده و رسوب میکند. در محیط احيایی شرایط مناسب رسوب گذاری و حفظ مواد آلی وجود دارد. بنابراین در رسوبات نسبت خاصی بین مقدار ماده آلی و اورانیوم میتواند وجود داشته باشد (Zelt 1985, Bell et al., 1940). مقدار و پایداری این نسبت در طول زمان زمین شناسی بستگی به شرایط زمین شناسی حوضه رسوبی دارد. اگر در رسوبات بین اورانیوم و مقدار ماده آلی رابطه ای وجود داشته باشد. جهت مطالعات کمی اغلب نیاز است به صورت محلی نسبت اورانیوم به ماده آلی کالیبره شود. یک رابطه پایدار، اغلب محدود به یک محیط یکنواخت زمین شناسی می باشد، زیرا مقدار اورانیوم میتواند در سن ها و نواحی مختلف متفاوت باشد (Schmoker 1980, Mann et al. 1986, Herron 1991, Schmoker 1981, Mendelsson & Toksz 1985). مقدار اورانیوم رسوبات در لاگ گاما به خصوص در لاگ گامای اسپکترال قابل مطالعه است. در این مطالعه تغییرات نسبی پرتوی گاما در سازندها مورد استفاده قرار گرفته و زون های دارای پرتوی گاما بالا به عنوان سنگ های منشاء احتمالی جهت نمونه برداری آنالیز سنگ مادر انتخاب شده است.

از آنجا که شیل های غنی از اورانیوم دارای گامای بالایی هستند به طور غیر رسمی "Hot shale" نامیده میشوند مانند شیل های سیلورین پایینی الجزیره، تونس و لیبی که دارای اشعه گامای بالایی تا حد API 700 هستند و تقریباً از اورانیوم منشاء می گیرد (Luning et al. 2000). غلظت اورانیوم در این شیل ها میتواند نشانه ای از مقدار ماده آلی

نمونه های در دسترس از چاه دارخوین-۲ آلوده به مواد نفتی بودند. این آلودگی موجب ایجاد خطا در نتایج بدست آمده از دستگاه ارزیاب سنگ مادر میگردد. برای بدست آوردن نتایج صحیح، نمونه ها با حلال های مواد آلی شستشو داده شد. حلال دی کلرومتان در این مطالعه استفاده شده و نمونه ها به صورت خرده های حفاری یا نمونه های پودر شده با استفاده از حلال شستشو داده شد و نمونه های شسته شده نتایج قابل قبول تری می دهد.

زون های سنگ منشاء در چاه دارخوین-۲

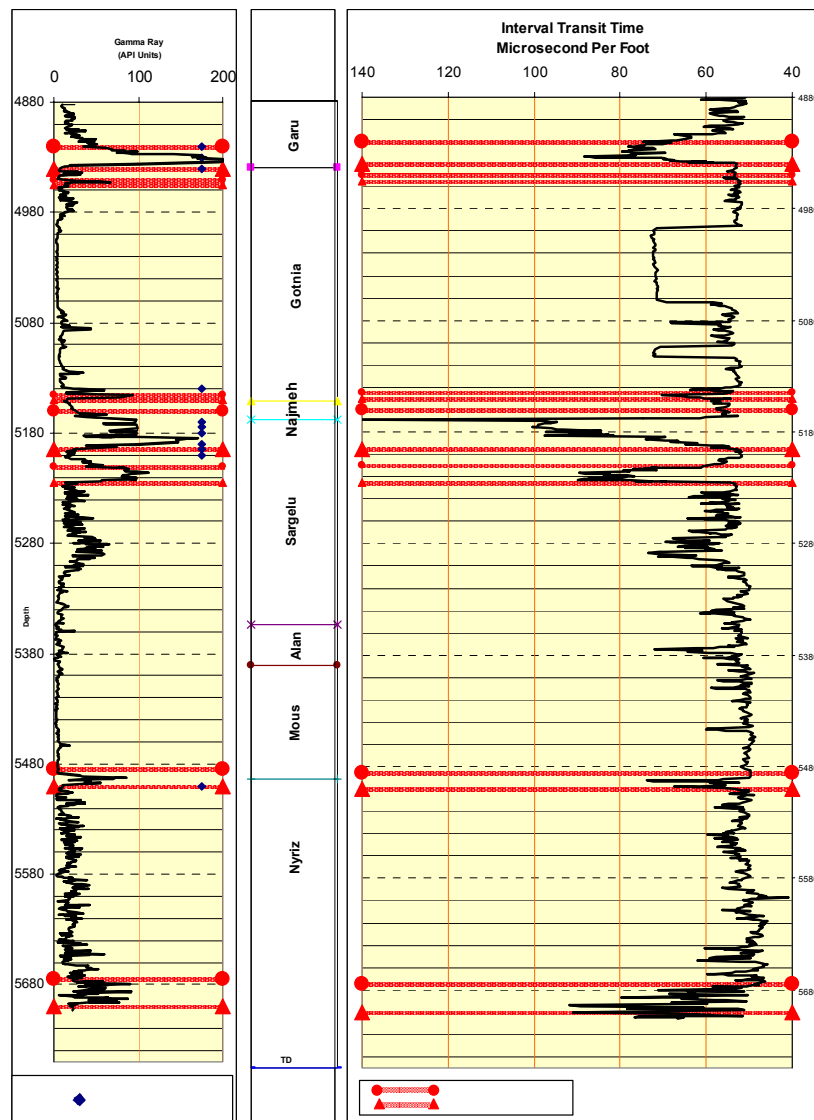
براساس لاگ های گاما و صوتی چاه دارخوین-۲، قسمت هایی از سازندها که احتمالاً سنگ منشاء هستند، مشخص گردید. در شکل ۳ زون های دارای پتانسیل سنگ منشاء، مشخص شده است. همچنین موقعیت نمونه های در دسترس جهت آنالیز مشخص شده است.

شده است. برای تسریع در کار از حذف کربنات از نمونه ها پرهیز می شود (Behar et al. 2001, Akinlua et al. 2005).

کربن آلی کل یا TOC (Total organic carbon) درصد وزنی کربن در نمونه است و واحد آن وزن کربن در واحد وزن سنگ است. مقدار کربن آلی از دو بخش تشکیل شده است: یک بخش قابل تبدیل، که شامل هیدروکربن های از قبل تشکیل شده (S1) و پتانسیل تولید هیدروکربن (S2) است و یک بخش کربن پسمانده (S4) که شامل کربن مرده اکسید شده و فاقد پتانسیل برای تولید هیدروکربن است. کربن پسمانده توسط سیستم اکسیداسیون دستگاه و از طریق آشکار ساز TCD محاسبه می شود. در دستگاه ارزیاب سنگ مادر مقدار کربن آلی کل به صورت ذیل محاسبه می شود:

$$\text{TOC} = \text{CC} + \text{RC} \quad (\text{معادله شماره ۱})$$

$$\text{TOC} = k(S1+S2)/10 + S4/10 \quad (\text{معادله شماره ۲})$$



شکل ۳: نمایش لاگ گاما و لاگ صوتی در چاه دارخوین-۲ و زون های احتمالی سنگ منشاء. موقعیت نمونه های آنالیز راک اول در تراک مربوط به لاگ گاما نشان داده شده است.

زون ۱۰ متری سنگ منشاء دیده میشود که اشعه گامای آن حداکثر ۸۰ و بطور میانگین ۴۰ API است و مدت زمان عبور صوت در آن حداکثر به ۸۵ و بطور میانگین ۷۰ میکرو ثانیه در فوت میرسد (شکل ۳).

در قسمت پایین سازند نیریز ۲۲ متر زون سنگ منشاء دیده می شود که دارای حداکثر ۸۰ و میانگین ۴۰ API است و مدت زمان عبور صوت حداکثر به ۹۰ و میانگین ۶۵ میکرو ثانیه در فوت می رسد.

نتایج بدست آمده از آنالیز سنگ مادر

بر اساس نتایج بدست آمده از بررسی لاگ گاما و لاگ صوتی، نمونه هایی انتخاب شده و مورد آنالیز راک اول قرار گرفته است. داده های بدست آمده مقدار پیک S1 بسیار بالایی را نشان می دهد (جدول ۱) که نشان دهنده آلوده بودن نمونه ها به مواد نفتی است. نتایج راک اول نمونه های شسته شده نتایج قبل قبول تری می دهد (جدول ۲). S1 و مقدار پیک S2 کاهش پیدا کرده و این کاهش موجب شده پارامترهای دیگر مانند هیدروژن ایندکس تحت تاثیر قرار گیرد.

جدول ۱: نتایج ارزیابی نمونه های خرد ه های حفاری شسته نشده توسط دستگاه ارزیاب سنگ مادر.

عمق	سازند	S1	S2	S3	Tmax	HI	$\frac{OI}{CO_2}$	TPI	TOC
2224	پایده	4.47	1.93	0.88	437	184	84	0.7	1.05
2766	سورگاه	0.75	0.41	0.78	423	118	223	0.64	0.35
2778	سروک	0.87	0.68	0.78	436	145	166	0.56	0.47
3422	کژدمی	3.13	4.38	1.14	435	182	48	0.42	2.4
3430	کژدمی	5.17	7.08	1.22	429	265	46	0.42	2.67
3436	کژدمی	3.55	3.41	1.25	436	186	68	0.51	1.83
3440	کژدمی	3.87	1.85	1.32	435	95	68	0.68	1.94
3444	کژدمی	6.05	7.94	1.35	427	325	55	0.43	2.44
3450	کژدمی	8.67	19.36	1.18	428	439	27	0.31	4.41
3458	کژدمی	7.85	16.48	1.14	426	471	33	0.32	3.5
3460	کژدمی	7.24	11.5	1	426	432	38	0.39	2.66
3470	کژدمی	6.43	11.42	0.78	429	466	32	0.36	2.45
3474	کژدمی	5.18	7.82	1.09	416	409	57	0.4	1.91
4910	گرو	93.93	6.53	1.03	452	46	7	0.94	14.11
4920	گرو	91.58	5.41	1.31	451	42	10	0.94	12.77
4930	گرو	79.44	5.48	1.14	433	40	8	0.94	13.66
5190	سرگلو	52.6	3.65	0.84	436	42	10	0.94	8.76
5195	سرگلو	35.85	3.15	0.72	439	49	11	0.92	6.4

در نمودار شکل ۴ داده های S1 در مقابل مقدار کربن کل برای نمونه های آنالیز شده نشان داده شده است. همانگونه که در شکل دیده میشود نمونه های شسته نشده در قسمت بالای نمودار قرار گرفته اند که نشان دهنده آلودگی به هیدروکربن نابرجا یا مهاجرت کرده است. نمونه های پودر شسته شده بر روی خط مرز بین هیدروکربن نابرجا و هیدروکربن درجا واقع شده اند و نمونه های خرد ه های حفاری شسته

زون سنگ منشاء در سازند کژدمی: در قسمت بالای سازند کژدمی یک زون ۵۰ متری سنگ منشاء با میانگین ۵۰ درجه API اشعه گاما و ۸۰ میکروثانیه در فوت زمان عبور صوت است.

زون سنگ منشاء در سازند گرو: در قسمت پایین سازند گرو یک زون ۲۰ متری سنگ منشاء وجود دارد. لاگ نشان دهند افزایش بسیار زیاد اشعه گاما در این زون است به گونه ای که میتوان حداکثر ۲۰۰ و میانگین ۱۵۰ درجه API را برای این زون در نظر گرفت. سرعت صوت در این سازند حداکثر به ۹۰ و میانگین ۷۰ میکرو ثانیه در فوت است (شکل ۳).

زون سنگ منشاء در سازند گوتنیا: در مرز پایین سازند گوتنیا با سازند نجمه یک زون ۴ متری سنگ منشاء با ۸۰ API اشعه گاما و زمان عبور صوت ۷۰ میکروثانیه در فوت وجود دارد. همچنین در قسمت بالایی این سازند زونی با اشعه گامای بالا دیده می شود که سه متر ضخامت دارد و دارای حداکثر ۶۰ درجه API اشعه گاما است (شکل ۳). نمونه برداری از خرده های حفاری معمولاً از فواصل بیش از ۵ متر است. زون های مشخص شده در سازند گوتنیا نازک هستند لذا امکان داشتن نمونه ای که ویژگی های این زون را دقیقاً نشان دهد، بسیار ضعیف است. لاگهای گاما و صوتی این زون ها، امکان سنگ منشاء بودن را نشان میدهد. و نمونه ای حدوداً از زون پایینی این سازند مورد آنالیز راک اول قرار گرفت نشان داد که این زون دارای ویژگی مناسب سنگ منشاء است.

زون سنگ منشاء در سازند نجمه: در سازند نجمه زون نازکی با ضخامت ۴ متر وجود دارد که لاگ گامای آن حداکثر ۹۰ و بطور میانگین ۴۵ درجه API را نشان می دهد. سرعت صوت در این زون ۵۵ میکرو ثانیه در فوت است (شکل ۳). این زون نیز مانند زون های سازند گوتنیا نازک می باشد. نمونه ای از این زون برای آنالیز راک اول در دسترس نبوده است.

زون سنگ منشاء در سازند سرگلو: در قسمت بالای سازند سرگلو یک زون ۲۷ متری سنگ منشاء وجود دارد. این زون دارای اشعه گامای بالایی است و مدت زمان عبور صوت بسیار افزایش یافته است. اشعه گامای این زون حداکثر ۱۶۰ و بطور میانگین ۱۰۰ درجه API است. سرعت صوت در قسمت پایین این زون از ۵۵ به ۱۴۰ میکرو ثانیه در فوت به سمت بالای سازند افزایش یافته است (شکل ۳).

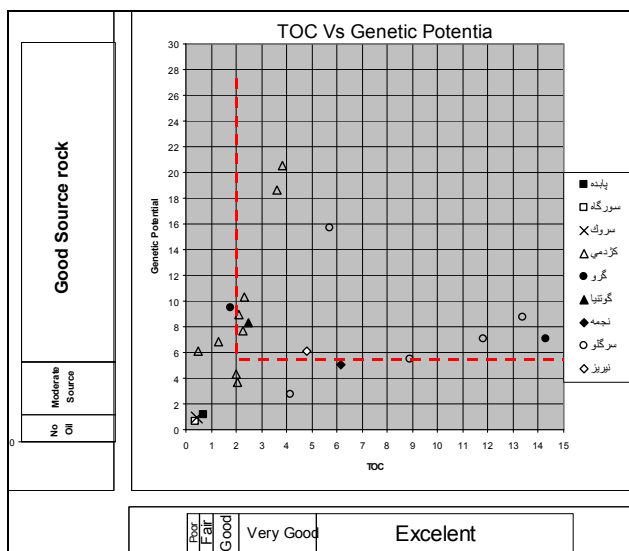
در قسمت پایین تر سازند سرگلو یک زون ۱۷ متری سنگ منشاء وجود دارد که دارای حداکثر ۱۰۵ و بطور میانگین ۷۵ درجه API پرتو گاما است. سرعت صوت در قسمت پایین این زون از ۹۰ به ۵۵ میکرو ثانیه در فوت کاهش مییابد.

زون سنگ منشاء در سازند نیریز: در قسمت بالای سازند نیریز یک

شده بیشتر در زیر این مرز واقع شده اند.

جدول ۴: نتایج ارزیابی نمونه های پودر شسته شده توسط دستگاه ارزیاب سنگ مادر.

عمق	سازند	S1	S2	S3	Tmax	HI	OI CO2	TPI	TOC
2224	پایده	0.54	0.6	1.08	425	85	152	0.47	0.71
2766	سورگه	0.52	0.15	0.64	443	39	168	0.78	0.38
2778	سروک	0.67	0.29	0.69	439	65	157	0.7	0.44
3422	کژدمی	0.65	5.46	1.36	420	***	272	0.11	0.5
3430	کژدمی	0.94	6.71	1.12	431	294	49	0.12	2.28
3440	کژدمی	0.44	3.21	1	435	155	48	0.12	2.07
3444	کژدمی	0.83	9.5	0.99	432	413	43	0.08	2.3
3450	کژدمی	3.2	17.34	1.11	429	455	29	0.16	3.81
3458	کژدمی	0.73	17.86	1.22	429	495	34	0.04	3.61
3460	کژدمی	0.74	3.6	1.36	431	183	69	0.17	1.97
3470	کژدمی	0.4	6.49	0.44	443	495	34	0.06	1.31
3474	کژدمی	0.41	8.51	0.75	434	407	36	0.05	2.09
4910	گرو	0.5	6.51	0.5	478	46	3	0.07	14.29
4930	گرو	5.24	4.26	1.09	432	242	62	0.55	1.76
5130	گوتنیا	3.03	5.33	0.91	439	217	37	0.36	2.46
5160	نجمه	0.65	4.44	0.84	438	72	14	0.13	6.15
5170	سرگلو	2.2	6.53	0.72	446	49	5	0.25	13.4
5175	سرگلو	0.77	6.24	0.5	446	53	4	0.11	11.83
5180	سرگلو	1.95	3.57	0.36	439	40	4	0.35	8.9
5190	سرگلو	0.79	1.95	0.77	429	47	19	0.29	4.13
5195	سرگلو	8.1	7.62	1.69	442	133	30	0.52	5.72
5491	نیریز	4	2.14	0.78	439	45	16	0.65	4.78



شکل ۵: مقدار کل ماده آلی در مقابل پتانسیل زایش نفت نمونه های آنالیز شده.

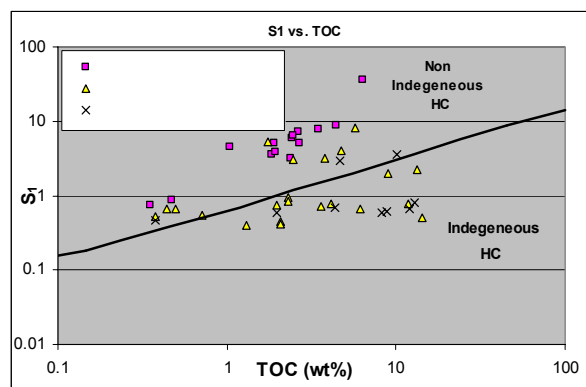
زون سنگ منشاء در سازند سروک: نمونه آنالیز شده این زون دارای ۰/۵ درصد مقدار کل ماده آلی است که سنگ منشاء فقیری را نشان می دهد.

زون سنگ منشاء در سازند کژدمی: این زون دارای ۲/۲ درصد کل ماده آلی برای نمونه های پودر شسته شده و ۲/۶ درصد برای خرده های حفاری شسته شده است. قسمت مرکزی این زون سنگ منشاء مقدار ماده آلی بیشتری دارد. مقادیر Tmax و هیدروژن ایندکس در این زون ابتدای پنجره نفت زایی و کروژن نوع دو را نشان میدهد.

زون سنگ منشاء در سازند گوتنیا: این زون دارای ۲ تا ۲/۵ درصد مقدار کل ماده آلی برای نمونه های خرده های حفاری شسته شده و پودر شسته شده بوده و سنگ منشاء بسیار خوب تا عالی را نشان میدهد در حالیکه مقدار S2 سنگ منشاء مناسب تا خوب را نشان میدهد.

زون سنگ منشاء در سازند نجمه: این زون دارای مقدار کل ماده آلی ۶/۲ درصد در نمونه های پودر شسته شده بوده و مقدار S2 پتانسیل مناسب سنگ منشاء را نشان میدهد. مقدار Tmax در نمونه های این زون پنجره نفت زایی را نشان میدهد.

زون سنگ منشاء در سازند سرگلو: سنگ های این زون دارای میانگین مقدار کل ماده آلی ۸ تا ۸/۸ درصد برای نمونه های پودر شسته شده و خرده های حفاری شسته شده است. مقادیر ماده آلی نشان دهنده یک سنگ منشاء عالی و مقادیر S2 نشان دهنده پتانسیل یک سنگ منشاء نسبتا خوب است اما مقادیر هیدروژن ایندکس پائین نمونه های سرگلو نشان دهنده یک سنگ منشاء ضعیف می باشد. از آنجا که نمونه های سازند سرگلو از اعماق ۵۱۷۰ تا ۵۱۹۵ متری و



شکل ۴: داده های S1 در مقابل مقدار کل ماده آلی نمونه های آنالیز شده، خط رسم شده جدا کننده نمونه های دارای هیدروکربور درجازا و غیردرجازا می باشد.

از داده های بدست آمده از دستگاه ارزیاب سنگ مادر در جدول ۲ و شکل ۵ میتوان زون های سنگ منشاء احتمالی را معرفی کرد:

زون سنگ منشاء در سازند پایده: مقدار کل ماده آلی در این زون حدود ۰/۹ بوده و بنابراین سنگ منشاء خوب تا مناسبی را نشان می دهد.

زون سنگ منشاء در سازند سورگه: دارای ۰/۴ درصد مقدار کل ماده آلی است و بنابراین سنگ منشاء فقیری را نشان میدهد.

آنالیز نمونه‌ها به تنهایی راه حل مناسبی نیست. در این مطالعه با استفاده از داده های پتروفیزیک ضخامت زون‌های نازک سنگ منشاء بدست آمده است.

جدول ۳: زونهای سنگ منشاء تفکیک شده در چاه دارخوین-۲.

سنگ منشاء	ضخامت		ماده آلی کل		صوتی (میکرو ثانیه در فوت)	گاما (API)
	(متر)	(درصد)	میانگین	حداکثر		
کژدمی	۵۰	Apr-۲	۸۰	۵۰	۲۰۰	۱۵۰
گرو	۲۰	۱/۸-۱۴/۳	۷۰	۹۰	۶۰	
گوتنیا	۳	Feb-۲	۷۰	۸۰		
نجمه	۴	Feb-۶	۵۵	۹۰		
سرگلو	۲۷	Apr-۸	۹۸	۱۴۰	۱۶۰	۱۰۰
	۱۷		۷۲	۹۰	۱۰۵	۷۵
نیریز	۱۰	May-۴	۵۰	۷۵	۸۰	۴۰
	۲۲		۶۰	۹۰	۸۰	۴۰

نتیجه گیری

نتایج بدست آمده از آنالیز راک اول نشان می‌دهد استفاده از داده‌های پتروفیزیک روش مناسبی جهت تفکیک زون های احتمالی سنگ منشاء است و این روش می‌تواند موجب صرفه جویی در وقت و هزینه تشخیص زون های سنگ منشاء شود. زون‌های سنگ منشاء تفکیک شده و ویژگی‌های آنها مانند ضخامت، میانگین مقدار ماده آلی و داده های پتروفیزیک در جدول ۳ خلاصه شده که میانگین مقادیر ماده آلی نمونه‌ها نشان دهنده سنگ‌های منشاء عالی تا بسیار خوب است.

نمونه های سازندهای پابده، سروک و سورگاه از لحاظ مقدار ماده آلی فقیر و توان نفت زایی پایین دارند.

زون های سازندهای گوتنیا و سازند نجمه با وجود داشتن مقدار ماده آلی کل قابل توجه، از آنجا که ضخامت کمی دارند حجم قابل توجهی هیدروکربن تولید نکرده‌اند.

زون‌هایی از سازندهای سرگلو و گرو از لحاظ ضخامت و مقدار ماده آلی کل، اصلی‌ترین زون های سنگ منشاء در میدان دارخوین است و زون هایی از سازندهای کژدمی و نیریز را میتوان به عنوان زون های فرعی سنگ منشاء در نظر گرفت.

دارای پختگی بالایی است و میزان هیدروژن ایندکس مواد آلی با افزایش پختگی کاهش می‌یابد. مقدار پایین هیدروژن ایندکس نمونه های سازند سرگلو می‌تواند بر اثر میزان پختگی بالا و فرآیند نفت زایی مواد آلی باشد.

زون سنگ منشاء در سازند نیریز: این زون دارای میانگین مقدار ماده آلی ۴/۵ درصد بوده (شکل ۵) و مقدار Tmax پنجره نفت زایی را نشان میدهد. در ضمن زون اخیر هیدروژن ایندکس پایینی را نشان می‌دهد (جدول ۲).

در شکل ۵ مقدار کل ماده آلی در مقابل پتانسیل زایش نفت نشان داده شده است. این نمودار نشان دهنده کیفیت زون‌های سنگ منشاء از نظر توان نفت زایی است. این نمودار نشان می‌دهد نمونه های سازند سرگلو از لحاظ مقدار کل ماده آلی در محدوده عالی و خیلی خوب قرار می‌گیرند و از لحاظ توان نفت زایی در تقسیم بندی سنگ منشاء خوب تا متوسط قرار دارد. نمونه ای از سازند گرو دارای مقدار ماده آلی بسیار بالایی است و از لحاظ توان نفت زایی در قسمت پایینی محدوده یک سنگ منشاء خوب قرار دارد. سازند های گرو و سرگلو مرحله نفت زایی را طی نموده و توان نفت زایی آنها به مرور کاهش پیدا کرده است. نمونه‌های سازند کژدمی از لحاظ مقدار کل ماده آلی در محدوده خیلی خوب تا فقیر پراکندگی دارند و از نظر توان نفت زایی، نمونه هایی از آن در محدوده سنگ منشاء خوب و متوسط قرار می‌گیرد. نمونه های سازند های پابده، سروک و سورگاه از لحاظ مقدار کل ماده آلی فقیر و توان نفت زایی پایینی را نشان می‌دهند. مقدار کل ماده آلی موجود در نمونه های نجمه و نیریز در حد عالی تا خیلی خوب بوده و توان نفت زایی متوسطی را نشان می‌دهد.

داده های بدست آمده از بررسی پتروفیزیکی و آنالیز راک اول در جدول ۳ خلاصه شده است. براساس این جدول زون‌های مشخص شده با استفاده از پتروفیزیک، زون های خوب سنگ منشاء هستند. از بعضی زون‌ها مانند زون بالایی سازند گوتنیا نمونه‌ای جهت آنالیز در دسترس نبوده و تنها با استناد به داده های پتروفیزیک مشخص شده‌اند. از آنجا که نمونه گیری خرده‌های حفاری معمولاً در فواصل ۵ متر یا بیشتر انجام می‌شود. انتظار نمی‌رود نمونه های مناسبی از زون های نازکتر از ۵ متر وجود داشته باشد. شناخت و بررسی زون‌های نازک با استفاده از

منابع:

مطیعی، ه.، ۱۳۷۴: زمین‌شناسی ایران. زمین‌شناسی نفت زاگرس.

- Akinlua A., Ajayi T.R., Jarvie D.M., Adeleke B.B. 2005: A re-appraisal of the application of Rock-Eval pyrolysis to source rock studies in the Niger Delta. *Jour. of Petr. Geol.* **28**: 39-47.
- Behar F.V., Beaumont B.De, Penteado H.L. 2001: Rock-Eval 6 technology: performances and developments. *Oil & Gas Science and Technology – Rev. IFP.* **56**: 111-134.
- Bell K.G., Goodman C., Whitehead W. L. 1940: Radioactivity of sedimentary rocks and associated petroleum. *AAPG Bull.* **24**: 1529-1547.

- Dahl B.J., Bojesen-Koefoed A., Holm H., Justwan E., Rasmussen E., Thomsen E. 2004: A new approach to interpreting Rock-Eval S2 and TOC data for kerogen quality assessment. *Organic Geochemistry*. **35**: 1461-1477.
- Herron S. L. 1991: In situ evaluation of potential source rocks by wire line log. In R.K. Merrill, (ed.), Source and migration processes and evaluation techniques. *AAPG Treatise of petroleum Geology, Handbook of Petroleum Geology*. 127-134.
- Kamali M.R., Mirshady A.A. 2004: Total organic carbon content determined from well logs using DLogR and Neuro Fuzzy techniques. *Jou. Of Petr. Scie. and Engi.* **45**: 141– 148.
- Luning S., Craig J., Loydell D.K., Storch P., Fitches W. R. 2000: Lowermost Silurian <hot shales> in North Africa and Arabia. Regional Distribution and depositional model. *Earth Science Reviews*. **49**: 121-200.
- Mann U., Leythaeuser D.M., Ller P.J. 1986: Relation between source rock properties and wireline log parameters, An example from Lower Jurassic Posidonia Shale, NW-Germany. In: Advances in Organic Geochemistry 1985, D. Leythaeuser J. Rullkter (eds.), Oxford. 1105-1112.
- Mendelsson J.D., Toksz M.N. 1985: Source rock characterization using multivariate analysis of log data. SPWLA 26th Ann. Logging Symp. 1-21.
- Meyer B. L., Nederlof M. H. 1984 Identification of source rocks on wireline logs by density/resistivity and sonic transit time/resistivity crossplots. *AAPG Bull.* **68**: 121-129
- Passey Q.R., Creaney S., Kulla J.B., Moretti F.J. Stroud J. D. 1990: A practical modal for organic richness from porosity and resistivity logs. *AAPG Bull.* **74**: 1777-1794.
- Schmoker J. W. 1981: Determination of organic-matter content of Appalachian Devonian shales from gamma-ray logs. *AAPG Bull.* **65**: 1285-1298.
- Schmoker J.W. 1980: Organic content of Devonian shale in Western Appalachian Basin. *AAPG Bull.* **64**: 2156-2165.
- Stocks A. E., Lawrence S. R. 1990: Identification of source rocks from wireline logs. In: A., Hurst, M. A., A.C., Lovell Morton (eds.), Geological applications of wireline logs. *Geol. Soc. Sp. Publ.* **48**: 241-252.
- Sykes R., Snowdon L.R. 2002: Guidelines for assessing the petroleum potential of coaly source rocks using Rock-Eval pyrolysis. *Organic Geochemistry*. **33**: 1441-1455.
- Zelt F.B.E. 1985: Natural gamma-ray spectrometry, lithofacies, and depositional environments of selected Upper Cretaceous marine mud rocks, western United States, including Tropic Shale and Tununk Member of Mancos Shale. PhD thesis. 301p.