

بررسی پتانسیل تولید در سازندهای منشأ پابده (ترشیاری) و کژدمی (کرتاسه پایینی) در منطقه دشت آبادان، جنوب غرب ایران

مهدی کبرایی^۱، احمدرضا ربانی^{۱*} و فرید طاعتی^۲

۱- دانشکده مهندسی نفت، دانشگاه صنعتی امیرکبیر، تهران، ایران

۲- واحد زمین‌شناسی، شرکت نفت خزر، شرکت ملی نفت، ایران

تاریخ دریافت: ۹۵/۱/۱۴ تاریخ پذیرش: ۹۵/۷/۲۸

چکیده

مهم‌ترین سنگ‌های منشأ کرتاسه و ترشیاری در حوضه زاگرس که بیشترین میزان نفت و گاز منطقه را تولید کرده‌اند شامل سازندهای گرو، گدوان، کژدمی و پابده می‌باشند. در مطالعه پیشرو سازندهای پابده (ترشیاری) و کژدمی (کرتاسه پایینی) از نقطه نظر ژئوشیمیایی آلی مورد بررسی و مطالعه قرار گرفته‌اند. تعداد ۸۷ نمونه مغزه و خرده حفاری در سازندهای مذکور از ۲۲ چاه اکتشافی در ۱۳ میدان نفتی در منطقه دشت آبادان مورد آنالیز راک ایول و اندازه‌گیری بازتابندگی ویتربینایت قرار گرفته‌اند. نتایج آنالیزها نشان می‌دهند که سازند پابده با TOC متوسط ۱/۲۵٪ و HI متوسط ۱۴۵ mgHC/gTOC می‌تواند به‌عنوان سنگ منشأ متوسط تا خوب معرفی شود. درحالی‌که سازند کژدمی با TOC و HI متوسط ۱/۱۸٪ و ۲۷۸ به‌عنوان سنگ منشأ خوب تا خیلی خوب در نظر گرفته می‌شود. نتایج ارزیابی بلوغ از قبیل پارمترهای Tmax و بازتابندگی ویتربینایت نشان می‌دهند سازند پابده در کل منطقه دشت آبادان ناپخته بوده درحالی‌که سازند کژدمی در میداین غربی دشت آبادان نابالغ ولی در میداین شرقی و مرز فروافتادگی دزفول در اوایل پنجره نفتی قرار دارد. نقشه‌های هم‌تراز TOC و Tmax در منطقه دشت آبادان نشان می‌دهند که پتانسیل و بلوغ سازندهای پابده و کژدمی از دشت آبادان به سمت فروافتادگی دزفول افزایش پیدا می‌کنند.

کلمات کلیدی: سنگ منشأ، سازند پابده، سازند کژدمی، پتانسیل تولید و بازتابندگی ویتربینایت.

مقدمه

نفت و گازهای کشف شده، تعیین مسیر مهاجرت در یک حوضه، تعیین پیوستگی و ارتباط در یک یا چند مخزن، تعیین سطح آب-هیدروکربور، تعیین فرآیندهای احتمالی ثانویه در مخزن، پیش‌بینی رسوب آسفالتن در برنامه‌های تزریق و ازدیاد برداشت و تعیین سدهای نفوذپذیری در مخزن از مهم‌ترین کاربردهای این علم در صنعت نفت و گاز می‌باشند.

امروزه کاربرد علم ژئوشیمی آلی در اکتشاف و تولید منابع هیدروکربوری به‌خوبی شناخته شده است [۱-۳]. بررسی پتانسیل تولید و بلوغ در سنگ‌های کاندید منشأ، تعیین خانواده‌های نفتی و منشأ

*مسئول مکاتبات
آدرس الکترونیکی
rabbani@aut.ac.ir

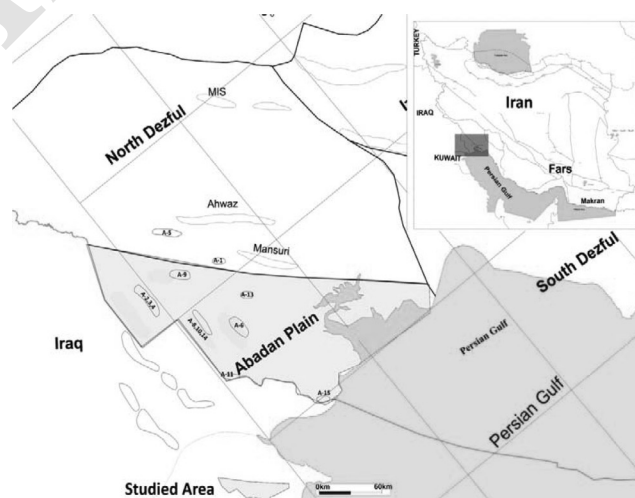
تقریباً نصف آن دریایی است. مرزهای این ناحیه از سمت شمال شرق، کمربند زاگرس و در جنوب به خلیج فارس منتهی می‌شود. تقادیس‌های دارای روند شمالی- جنوبی دشت آبادان در سطح زمین رخنمون نداشته و ژئوفیزیکی می‌باشند (شکل ۱). دشت آبادان درون یک حوضه Foreland در جنوب غرب زاگرس واقع شده است. کمربند تراستی و همچنین چین‌خورده زاگرس بر اثر برخورد قاره‌های قاره‌ای دو صفحه عربی و اورازیا (Eurosia) از اواخر میوسن تا زمان حال تشکیل شده است [۱۱].

ناپیوستگی سنومانین- تورنین را می‌توان به اوایل برخورد و فشردگی و شروع بسته شدن اقیانوس تتیس نسبت داد. در حین این فشردگی، بالا آمدگی و چین‌خوردگی بیشتر در طول ساختمان‌های قدیمی‌تر (احتمالاً مربوط به تجزیه گندوانا قبل از تریاس) اتفاق افتاده است. ساختمان‌های تشکیل شده قبل از چین‌خوردگی زاگرس بیشتر روند شمالی - جنوبی با انحراف به سمت شرق و غرب دارند [۱۲]. اهداف اکتشافی دشت آبادان در سراسر سکانس‌های ژوراسیک تا ترشیاری پراکنده شده و شامل تله‌های ساختمانی می‌باشند. سنگ‌های مخزن را هم به صورت سیلیسی آواری و هم رسوبات کربناتی در محیط‌های رسوبی مختلف می‌توان یافت.

جهت بررسی وضعیت سنگ منشأ از نظر پتانسیل تولید و بلوغ، امروزه در صنعت نفت روش استاندارد که در بیشتر شرکت‌ها و آزمایشگاه‌های ژئوشیمیایی مورد استفاده قرار می‌گیرد، روش پیرولیز راک- ایول می‌باشد. در این روش فرآیند تولید هیدروکربور از سنگ منشأ در شرایط احیا و اکسیدان در دستگاه راک- ایول (Rock-Eval) شبیه‌سازی شده و در نهایت پارامترهای کمیت، کیفیت و بلوغ مواد آلی موجود در یک سنگ منشأ بررسی می‌شود [۴]. سازندهای پابده و کژدمی جزو مهم‌ترین سنگ‌های منشأ در حوضه رسوبی زاگرس می‌باشند. در مورد این دو سازند در مناطق فروفادگی دزفول و خلیج فارس مطالعات جامعی انجام شده است [۵-۱۰]. اما در منطقه دشت آبادان در مورد پتانسیل تولید این دو سازند و همچنین وضعیت بلوغ آن‌ها مطالعات جامع ژئوشیمیایی صورت نگرفته است. هدف از انجام مطالعه پیشرو بررسی پتانسیل هیدروکربورزایی سازندهای پابده (ترشیاری) و کژدمی (کرتاسه پیشین) در منطقه دشت آبادان با استفاده از داده‌های حاصل از پیرولیز راک- ایول و بازتابندگی ویتربینایت^۱ می‌باشد.

زمین‌شناسی منطقه

دشت آبادان در جنوب غربی‌ترین قسمت ایران واقع شده و مساحت کل منطقه حدود ۲۶/۵۰۰ بوده که



شکل ۱ نقشه موقعیت منطقه مورد مطالعه و مرزهای اصلی تکتونیکی [۱۳ و ۱۴].

1. Vitrinite Reflectance (VRo)

ناپیوسته بوده و سن آن پالئوسن پسین تا الیگوسن پیشین تعیین شده است. ضخامت این سازند در دشت آبادان متغیر بوده و از ۲۰۰ تا بیشتر از ۴۵۰ m تغییر می‌کند [۱۸-۲۱]. از نظر میزان مواد آلی، سازند پابده دارای پتانسیل خوب و میزان TOC بین ۱ تا ۲٪ را دارا می‌باشد [۳۱].

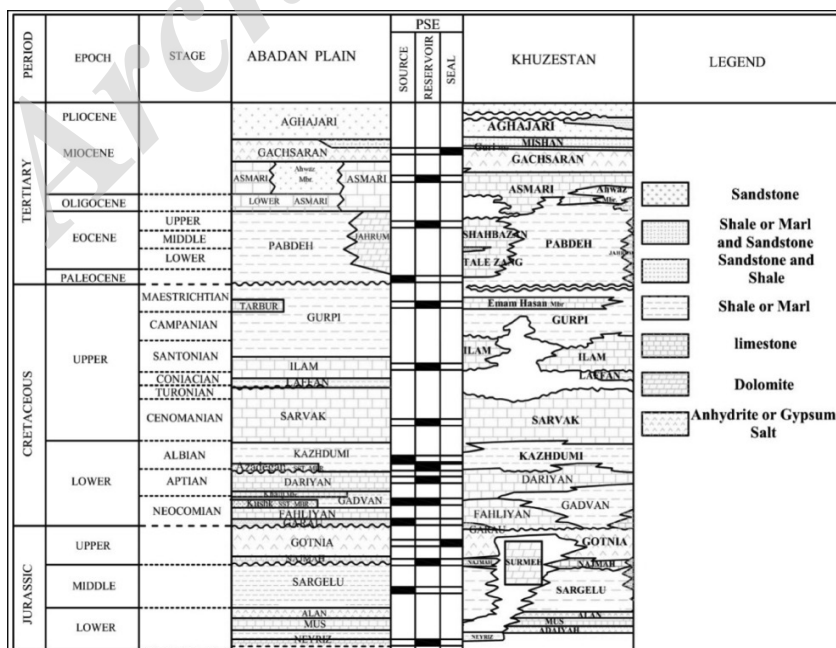
سازند کژدمی

سازند کژدمی از شیل‌های بیتومینی تیره رنگ که به‌صورت بین‌انگشتی با آهک‌های آرژیلی در تناوب هستند، تشکیل شده است. در قسمت‌های پایینی این سازند، گلئوکونیت و لایه‌های اکسید شده مشخص است. سازند کژدمی با سازندهای نهر عمر در عراق و ماسه سنگ بورگان در کویت معادل است. در فرو افتادگی دزفول سازند کژدمی به‌عنوان منشأ نفت‌های تجمع یافته در مخزن آسماری و گروه بنگستان معرفی شده است [۲۲]. سازند کژدمی به‌صورت ناپیوسته روی سازند داریان قرار گرفته و ضخامت آن در دشت آبادان بیشتر از ۲۰۰ m می‌باشد [۱۸-۲۱].

سنگ منشأ بسیار خوب از ژوراسیک تا کرتاسه، تاریخچه تدفین طولانی و مهاجرت دیر هیدروکربن نقش مهمی در شکل‌بندی تله‌های نفتی و شارژ آنها بازی کرده است. شکل ۲ ستون چینه‌شناسی در دشت آبادان را نشان می‌دهد. با توجه به این ستون پارامترهای مختلف سیستم‌های نفتی موجود در این ناحیه را می‌توان مشخص کرد. مثلاً در مورد سنگ منشأ می‌توان به توالی‌های سرگلو، گرو، گدوان، کژدمی و پابده اشاره کرد و در مورد سنگ مخزن می‌توان سازندهای سروک، ایلام، آزادگان، کوشک، خلیج، فهلیان و نیریز را در نظر گرفت. بخشی از سازندهای گورپی، گوتنیا و علن نیز به‌عنوان پوش سنگ مطرح می‌شوند.

سازند پابده

سازند پابده در دشت آبادان بیشتر از سنگ آهک رسی در تناوب با آهک تشکیل شده است. در قسمت‌های پایینی این سازند، لایه‌هایی از جنس دولومیت، آهک دولومیتی و لایه‌هایی از شیل گزارش شده است. مرز زیرین سازند پابده با سازند گورپی



شکل ۲ ستون چینه‌شناسی منطقه مورد مطالعه [۱۵-۱۷].

درجه حرارت را با نرخ $25^{\circ}\text{C}/\text{min}$ تا 600°C افزایش می‌دهند. خروجی دستگاه به صورت پیک‌هایی می‌باشد که S1؛ مقدار هیدروکربور تولید شده در درجه حرارت 300°C که نشان‌دهنده هیدروکربورهای آزاد نمونه می‌باشد. S2؛ مقدار هیدروکربور تولید شده در حین پیرولیز کروژن و بیتومین‌های فرار در درجه حرارت بین 300°C الی 600°C می‌باشد که نشان‌دهنده پتانسیل باقی‌مانده یا فعلی نمونه در تولید هیدروکربن است. S3؛ مقدار دی‌اکسیدکربن تولید شده در حین پیرولیز را نشان می‌دهد. T_{max} : حداکثر مقدار حرارتی که در آن کروژن تجزیه می‌شود و همان حرارتی است که در آن پیک S2 به حداکثر مقدار خود می‌رسد. کاربرد این پارامتر در تعیین بلوغ سنگ منشأ می‌باشد [24]. در این مطالعه تعداد 35 نمونه سازند از پایده و تعداد 52 نمونه از سازند کژدمی در میداین مختلف واقع در دشت آبادان و مرز این منطقه با دزفول توسط دستگاه راک-ایول-6 در آزمایشگاه‌های

۱- مرکز پژوهشی زمین‌شناسی و زمین‌شیمی نفت دانشگاه شهید چمران اهواز و ۲- دانشگاه امیرکبیر تهران مورد آنالیز قرار گرفته است (جداول ۱ و ۲). استفاده از ویتربینایت به‌عنوان روشی برای تعیین بلوغ درمواد آلی در سنگ‌های رسوبی، اولین بار به منظور اندازه‌گیری درجه زغالی شدن در معادن زغال سنگ مورد استفاده قرار گرفت [25]. امروزه بازتابندگی ویتربینایت وسیع‌ترین نشان‌گر تنش گرمایی است که مورد استفاده قرار می‌گیرد، چون در محدوده بلوغ طولانی‌تر نسبت به هر نشان‌گر دیگر گسترش می‌یابد و بلوغ ماسرال ویتربینایت عملی بازگشت‌ناپذیر می‌باشد. بازتابندگی نور بر سطح صیقلی ویتربینایت با بلوغ بیشتر به‌علت تغییر در ساختار مولکولی ماسرال، افزایش می‌یابد [26]. براساس نتایج حاصل از آنالیز راک-ایول، تعداد 10 نمونه از سازندهای پایده و کژدمی جهت اندازه‌گیری بازتابندگی ویتربینایت انتخاب شدند.

از نظر پتانسیل تولید، سازند کژدمی شرایط خوب تا عالی دارد به طوری که میزان TOC در آن به‌طور متوسط تا $2/8\%$ هم می‌رسد. قسمت‌های تحتانی سازند کژدمی در میدان آزادگان تناوبی از ماسه سنگ و شیل می‌باشد که به ماسه سنگ آزادگان (بورگان) معروف است [19 و 20]. آنالیزهای انجام شده در شیل‌های ماسه سنگ آزادگان نشان‌دهنده پتانسیل خوب تا خیلی خوب ($\text{TOC}=1-3.4\%$) و همچنین پختگی مناسب ($T_{\text{max}}=430-435^{\circ}\text{C}$) می‌باشد [31].

روش مطالعه

در این مطالعه تعداد 87 نمونه خرده حفاری و مغزه از سازندهای پایده و کژدمی در 22 چاه اکتشافی از 13 میدان نفتی واقع شده در منطقه دشت آبادان انتخاب شده است (مکان میداین مختلف در شکل 1 مشخص شده است). جهت انتخاب نمونه‌های مذکور ابتدا با استفاده از لاگ گاما در چاه‌های مختلف بازه مورد نظر انتخاب شده و سپس توسط میکروسکوپ دو چشمی از انتخاب نمونه‌های آلوده و ریزشی در چاه اجتناب گردید. پیرولیز مواد آلی عبارت است از حرارت دادن یک نمونه در شرایط فاقد اکسیژن برای انجام واکنش‌های تجزیه حرارتی (Thermal Cracking)، که طی آن پتانسیل و توان باقی‌مانده نمونه جهت تولید به‌دست می‌آید [23]. در این روش، آنالیز نمونه‌ها به صورت خودکار انجام می‌گیرد و نتایج حاصل به صورت نمودار ژئوشیمیایی ارائه می‌گردد.

آنالیز پیرولیز راک-ایول اطلاعات مفیدی را در مورد نوع ماده آلی، پتانسیل سنگ منشأ، کل کربن آلی و پختگی ماده آلی ارائه می‌کند [4]. روش کار این دستگاه به این صورت است که حدود 100 mg از نمونه سنگ منشأ که می‌تواند از خرده‌های حفاری، نمونه‌های سطحی و یا نمونه‌های گرفته شده از مغزه حفاری باشد، در شرایط اتمسفر هلیوم در 300°C به مدت 3 min حرارت می‌دهند. سپس

جدول ۱ نتایج آنالیز راک- ایول بر روی نمونه‌های سازند پابده.

Well	عمق (m)	S1 mg/g Rock	S2 mg/g Rock	S3 mg/g Rock	Tmax (°C)	H ImgHC/g TOC	OI mgHC/g TOC	PI	TOC (%)
A-2	۲۳۰۰	۰/۳۵	۲/۳۵	۲/۰۸	۴۲۸	۱۴۸	۱۳۱	۰/۱۳	۱/۵۹
A-2	۲۳۲۸	۰/۵۲	۱/۶۲	۲	۴۲۵	۶۶	۸۲	۰/۲۴	۲/۴۴
A-2	۲۳۹۴	۰/۵	۱/۳۴	۱/۱۵	۴۲۷	۲۲۰	۱۸۹	۰/۲۷	۰/۶۱
A-2	۲۵۱۰	۰/۲۷	۱/۳۲	۱/۵۸	۴۳۰	۲۴۴	۲۹۳	۰/۱۷	۰/۵۴
A-3	۱۹۲۰	۰/۱۶	۲/۹۵	۱/۲۳	۴۳۱	۲۱۷	۹۰	۰/۰۵	۱/۳۶
A-3	۲۰۱۰	۰/۱۳	۱/۷۷	۱/۱۵	۴۳۱	۲۶۰	۱۶۹	۰/۰۷	۰/۶۸
A-3	۲۱۶۴	۰/۱۱	۰/۴۱	۲/۰۴	۴۲۱	۶۶	۳۲۸	۰/۲۱	۰/۶۲
A-6	۲۲۵۰	۱/۱۴	۲/۱۴	۰/۲۷۵۵	۴۲۹	۱۴۷	۱۹	۰/۳۵	۱/۴۵
A-6	۲۲۷۰	۰/۱۷	۰/۵۴	۰/۶۳	۴۲۸	۱۳۸	۱۶۲	۰/۲۴	۰/۳۹
A-6	۲۲۸۵	۰/۱۶	۰/۴۴	۰/۴۵	۴۲۷	۱۱۳	۱۱۵	۰/۲۷	۰/۳۹
A-6	۲۳۳۰	۰/۱۷	۰/۸۲	۰/۸۹	۴۲۹	۱۵۵	۱۶۸	۰/۱۷	۰/۵۳
A-6	۲۳۴۰	۰/۱۷	۱/۵۲	۰/۷	۴۳۲	۲۰۵	۹۵	۰/۱۰	۰/۷۴
A-6	۲۳۷۰	۰/۳	۰/۹۵	۰/۴۹۴	۴۲۹	۱۰۰	۵۲	۰/۲۴	۰/۹۵
A-6	۲۴۰۱	۰/۳۵	۰/۳۵	۰/۴۶۶۴	۴۲۸	۱۵۹	۲۱۲	۰/۵۰	۰/۲۲
A-7	۲۸۹۰	۰/۰۸	۰/۷۶	۰/۶۱	۴۲۹	۱۰۰	۸۰	۰/۱۰	۰/۷۶
A-7	۲۹۳۵	۰/۰۴	۰/۴۶	۰/۳۹	۴۳۱	۱۲۸	۱۰۸	۰/۰۸	۰/۳۶
A-8	۲۰۸۴	۰/۰۹	۰/۷۱	۰/۲۲	۴۲۵	۵۸	۱۰۰	۰/۱۱	۰/۲۲
A-8	۲۱۴۶	۰/۱۷	۰/۷۱	۱/۲۱۷۷	۴۲۶	۲۱۵	۳۶۹	۰/۱۹	۰/۳۳
A-8	۲۱۰۴	۰/۲۲	۱/۱۲	۱/۵۴	۴۲۸	۱۰۱	۱۴۰	۰/۱۶	۱/۱۰
A-8	۲۱۳۱	۰/۴۱	۰/۹۵	۱/۱۷۰۴	۴۲۹	۱۲۳	۱۵۲	۰/۳۰	۰/۷۷
A-9	۲۴۲۸	۰/۰۷	۰/۵	۱/۰۲	۴۲۸	۲۳۸	۴۸۶	۰/۱۲	۰/۲۱
A-9	۲۴۴۰	۰/۰۹	۳/۴۵	۱/۱۶	۴۲۸	۳۱۴	۱۰۵	۰/۰۳	۱/۱۰
A-9	۳۳۲۶	۰/۰۵	۰/۲۷	۰/۸۶	۴۱۸	۵۶	۱۷۹	۰/۱۶	۰/۴۸
A-11	۱۸۴۰	۰/۲۲	۰/۸۱	۰/۵۵	۴۱۹	۷۳	۵۰	۰/۲۱	۱/۱۰
A-11	۱۸۸۵	۰/۱۲	۰/۶	۱/۰۵	۴۱۸	۴۰	۷۰	۰/۱۷	۱/۵۰
A-11	۲۲۵۰	۰/۲۴	۰/۷۲	۰/۷۹۸	۴۲۵	۳۴	۳۸	۰/۲۵	۲/۱۰
A-11	۲۳۲۰	۰/۱۶	۱/۰۴	۰/۶۹۸۴	۴۲۶	۱۰۷	۷۲	۰/۱۳	۰/۹۷
A-12	۲۸۶۲	۰/۴۴	۰/۴۷	۱/۰۵۸	۴۲۶	۴۱	۹۲	۰/۴۸	۱/۱۵
A-12	۲۹۶۶	۰/۳۹	۱/۱۵	۰/۸۲۶۸	۴۲۶	۵۴	۳۹	۰/۲۵	۲/۱۲
A-13	۲۲۸۵	۱/۰۹	۴/۳۲	۰/۶۳۳۶	۴۲۳	۲۱۸	۳۲	۰/۲۰	۱/۹۸
A-13	۲۲۹۵	۰/۹۵	۲/۲۵	۰/۶۲۱۶	۴۲۵	۱۰۱	۲۸	۰/۳۰	۲/۲۲
A-13	۲۳۱۰	۱/۰۸	۲/۹۷	۰/۹۵۹۲	۴۲۷	۱۳۶	۴۴	۰/۲۷	۲/۲۸
A-14	۲۰۰۸	۰/۴	۵/۲	۲/۳	۴۲۸	۲۳۵	۱۰۴	۰/۰۷	۲/۲۱
A-14	۲۲۰۱	۰/۰۴	۰/۳۳	۱/۴۱	۴۲۳	۷۰	۳۰۰	۰/۱۱	۰/۴۷
A-14	۲۲۲۴	۰/۲۴	۱/۰۲	۰/۹	۴۲۷	۱۹۲	۱۷۰	۰/۱۹	۰/۵۳

جدول ۲ نتایج آنالیز راک - ایول بر روی نمونه‌های سازند کژدمی.

Well No	عمق (m)	S1 mg/g Rock	S2 mg/g Rock	S3 mg/g Rock	Tmax (°C)	HI mgHC/g TOC	OI mgHC/g TOC	PI	TOC (%)
A-15	۳۱۵۰	۰/۶۹	۲/۹۳	۲/۰۵	۴۲۱	۱۴۷	۱۰۳	۰/۱۹	۱/۹۹
A-15	۳۱۸۰	۰/۷	۲/۳۴	۲/۰۹	۴۲۶	۱۶۸	۱۵۰	۰/۲۳	۱/۳۹
A-15	۳۲۴۰	۰/۷۲	۲/۵۵	۲/۲۵	۴۲۳	۱۹۰	۱۶۸	۰/۲۲	۱/۳۴
A-15	۳۲۷۰	۱/۱	۳/۵۴	۲/۶	۴۱۰	۱۴۸	۱۰۸	۰/۲۴	۲/۴
A-1	۴۱۴۰	۰/۲۴	۱۶/۴۴	۱/۱۸	۴۴۳	۴۹۶	۳۶	۰/۰۱	۳/۳۱
A-1	۴۱۵۰	۲/۰۹	۵/۰۴	۱/۳۱	۴۳۷	۳۱۲	۸۱	۰/۲۹	۱/۶۲
A-1	۴۲۲۵	۳/۴۹	۸/۳۱	۰/۶۷	۴۳۳	۲۴۳	۲۰	۰/۳۰	۳/۴۲
A-1	۴۲۶۰	۲/۱۸	۴/۷۴	۰/۹۲	۴۴۰	۲۱۳	۴۱	۰/۳۱	۲/۲۳
A-2	۳۴۰۰	۰/۶۶	۹/۲۴	۱/۰۱	۴۲۳	۵۰۲	۵۵	۰/۰۷	۱/۸۴
A-2	۳۵۲۰	۰/۲۸	۰/۹۳	۰/۸۴	۴۳۱	۲۷۴	۲۴۷	۰/۲۳	۰/۳۴
A-2	۳۵۵۴	۰/۲۲	۰/۴۳	۰/۹۵	۴۲۱	۱۳۰	۲۸۸	۰/۳۴	۰/۳۳
A-2	۳۵۹۰	۰/۶	۴/۰۷	۲/۲۷	۴۲۸	۲۰۸	۱۱۶	۰/۱۳	۱/۹۶
A-2	۳۶۰۵	۰/۲۷	۱/۹۷	۱/۸۴	۴۳۴	۱۵۴	۱۴۴	۰/۱۲	۱/۲۸
A-16	۳۴۳۰	۰/۷۳	۶/۷۱	۱/۳۲	۴۲۴	۴۶۶	۹۲	۰/۱۰	۱/۴۴
A-16	۳۴۴۰	۰/۴۶	۲/۳۶	۱/۵۶	۴۳۰	۲۵۴	۱۶۸	۰/۱۶	۰/۹۳
A-16	۳۶۲۰	۰/۳۱	۰/۶۵	۱/۳۸	۴۲۶	۱۵۵	۳۲۹	۰/۳۲	۰/۴۲
A-16	۳۶۳۰	۰/۲۹	۰/۶۳	۱/۳۱	۴۳۰	۱۶۶	۳۴۵	۰/۳۱	۰/۳۸
A-6	۳۵۵۰	۱/۲۵	۴/۲۱	۰/۱۸۲	۴۳۱	۲۳۱	۱۰	۰/۲۳	۱/۸۲
A-6	۳۵۷۲	۰/۷۸	۴/۸۹	۰/۴۳۶۸	۴۳۱	۳۱۳	۲۸	۰/۱۴	۱/۵۶
A-6	۳۵۸۳	۰/۷۱	۱۳/۸۵	۰/۷۳	۴۳۲	۵۵۰	۲۹	۰/۰۵	۲/۵۲
A-6	۳۵۸۸	۰/۵۳	۱۳/۳۹	۰/۷۵	۴۲۹	۵۵۶	۳۱	۰/۰۴	۲/۴۱
A-6	۳۷۰۱	۰/۱۶	۰/۵۵	۰/۴۲	۴۳۴	۱۶۷	۱۲۷	۰/۲۳	۰/۳۳
A-6	۳۷۳۱	۰/۲۳	۲/۳۲	۰/۴۰۹۶	۴۳۶	۱۲	۱۶	۰/۰۹	۲/۵۶
A-18	۳۴۴۸	۱/۱۵	۱۰/۳۵	۰/۸۷	۴۲۸	۵۳۴	۴۵	۰/۱۰	۱/۹۴
A-18	۳۴۷۹	۰/۷۱	۶/۴۴	۰/۸	۴۲۹	۴۲۶	۵۳	۰/۱۰	۱/۵۱
A-18	۳۵۶۷	۰/۴۴	۳/۰۶	۰/۶	۴۳۱	۲۲۸	۴۵	۰/۱۳	۱/۳۴

ادامه جدول ۲.

A-19	۳۶۲۴	۱/۰۷	۴/۹۱	۱/۳۳	۴۲۵	۲۴۰	۶۵	۰/۱۸	۲/۰۵
A-19	۳۶۴۴	۰/۴	۱/۹۶	۰/۸۹	۴۳۱	۱۵۴	۷۰	۰/۱۷	۱/۲۷
A-19	۳۸۵۰	۲/۲۱	۲۶/۹۶	۱/۶۴	۴۲۱	۵۴۵	۳۳	۰/۰۸	۴/۹۵
A-19	۳۹۱۰	۱/۷۶	۲۲/۵۷	۱/۸۴	۴۲۵	۵۷۱	۴۷	۰/۰۷	۳/۹۵
A-19	۳۹۳۱	۱/۰۲	۱۰/۹۷	۱/۸	۴۲۸	۳۴۴	۵۶	۰/۰۹	۳/۱۹
A-20	۳۹۴۵	۰/۲۷	۳/۳۵	۱/۳۴	۴۲۵	۱۶۸	۶۷	۰/۰۷	۱/۹۹
A-20	۳۹۵۵	۰/۵	۷/۲۴	۱/۷۹	۴۲۷	۲۵۳	۶۳	۰/۰۶	۲/۸۷
A-20	۳۹۶۵	۰/۳۳	۲/۷۴	۰/۷۶	۴۲۴	۱۸۹	۵۲	۰/۱۱	۱/۴۵
A-20	۳۹۷۵	۰/۵۴	۲/۹۱	۰/۹۸	۴۲۳	۱۷۰	۵۷	۰/۱۶	۱/۷۱
A-21	۳۲۴۶	۰/۸۵	۶/۹۵	۰/۹۵	۴۲۹	۴۸۹	۶۷	۰/۱۱	۱/۴۲
A-21	۳۲۸۶	۰/۲۸	۱/۹۶	۰/۵۴	۴۳۶	۱۷۰	۴۷	۰/۱۲	۱/۱۵
A-22	۳۴۹۵	۰/۴۶	۲/۹۶	۰/۹	۴۲۹	۳۷۵	۱۱۴	۰/۱۳	۰/۷۹
A-22	۳۵۱۵	۰/۶۵	۴/۰۳	۱/۳۶	۴۲۹	۳۵۷	۱۲۰	۰/۱۴	۱/۱۳
A-22	۳۵۳۵	۰/۵۳	۵/۶۵	۱/۰۲	۴۲۹	۴۹۱	۸۹	۰/۰۹	۱/۱۵
A-12	۴۱۰۱	۳/۰۵	۵/۵۶	۰/۷۷۵۲	۴۳۷	۲۴۳	۳۴	۰/۳۵	۲/۲۸
A-12	۴۱۳۰	۴/۲۵	۷/۷۸	۰/۶۸۷۵	۴۳۸	۲۸۳	۲۵	۰/۳۵	۲/۷۵
A-13	۳۸۹۰	۱/۸۹	۸/۹۵	۰/۷۴۲۵	۴۳۳	۳۲۵	۲۷	۰/۱۷	۲/۷۵
A-13	۳۹۳۰	۲/۶۴	۱۵/۲۲	۰/۸۸۴۵	۴۳۴	۴۹۹	۲۹	۰/۱۵	۳/۰۵
A-13	۳۹۵۰	۲/۱۱	۴/۷۵	۰/۷۷	۴۳۴	۱۷۲	۲۸	۰/۳۱	۲/۷۵
A-13	۴۰۸۰	۰/۷۸	۱/۹۵	۰/۳۱۲۵	۴۳۵	۱۵۶	۲۵	۰/۲۹	۱/۲۵
A-13	۴۱۱۰	۲/۱۸	۹/۵۷	۰/۶۷۲	۴۳۶	۲۹۹	۲۱	۰/۱۹	۳/۲
A-23	۲۶۹۲	۱/۷۱	۷/۶۶	۳/۶۴	۴۲۷	۳۰۵	۱۴۵	۰/۱۸	۲/۵۱
A-23	۳۷۱۰	۰/۹۳	۳/۰۶	۱/۶۸	۴۲۶	۳۹۷	۲۱۸	۰/۲۳	۰/۷۷
A-14	۳۴۴۵	۰/۱	۰/۴۱	۱/۴۸	۴۳۱	۲۰۵	۷۴۰	۰/۱۹	۰/۲
A-14	۳۵۸۵	۰/۲۲	۴/۷۸	۰/۶۴	۴۳۱	۲۱۲	۲۹	۰/۰۴	۲/۲۵
A-14	۳۶۰۵	۰/۲۱	۳/۰۱	۱/۳۱	۴۲۸	۲۱۲	۹۲	۰/۰۷	۱/۴۲

آنالیزهای ژئوشیمیایی نمونه‌های سنگ منشأ تأثیرگذار است، آلودگی‌های موجود در نمونه‌های مغزه و خرده حفاری می‌باشد. این آلودگی‌ها اکثراً در اثر نفوذ مواد هیدروکربنی موجود در گل حفاری به نمونه‌ها ایجاد می‌گردد. همان‌طور که نمودار S1 در مقابل TOC در شکل ۳ نشان می‌دهد [۳۲]، تقریباً تمامی نمونه‌های مورد مطالعه در سازندهای پاینده و کژدمی عاری از آلودگی‌های حاصل از گل حفاری بوده و نتایج حاصل از آنالیز آنها مورد اعتماد می‌باشند.

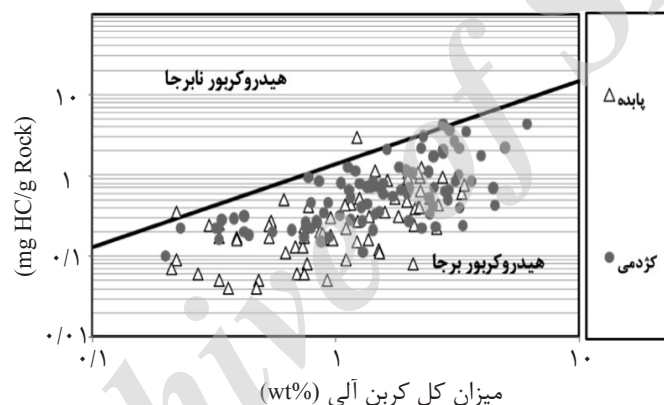
اندازه‌گیری‌ها با نوری به طول موج ۵۴۶ nm توسط میکروسکوپ Ziess Axipolan II مجهز به فتومتر J&M و یک اسپکترومتر (۲۰۰ تا ۱۰۰۰ nm) به همراه رابط نرم‌افزاری MSP ۲۰۰ در امولسیون نفت توسط روشی که تیلور و همکاران [۲۷] در سال ۱۹۹۸ ارائه نموده‌اند در آزمایشگاه مرکز پژوهشی زمین‌شناسی و زمین‌شیمی نفت دانشگاه شهید چمران اهواز انجام شده است (جدول ۳).

بحث و نتایج

یکی از مهم‌ترین پارامترهایی که روی تفسیر نتایج

جدول ۳ نتایج آنالیز اندازه‌گیری میزان بازتابندگی ویتربایت بر روی نمونه‌های مورد مطالعه.

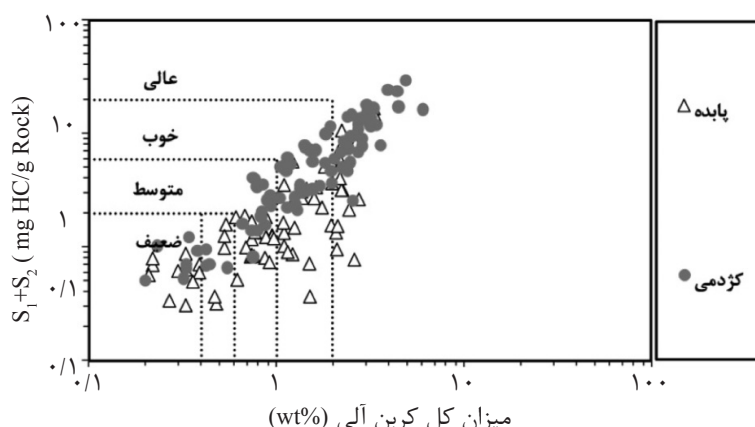
نام چاه	سازند	عمق (m)	کمینه انعکاس (%)	بیشینه انعکاس (%)	متوسط انعکاس (%)
A-2	کژدمی	۳۵۷۶	۰/۳	۱/۱۹	۰/۵۵
A-2	کژدمی	۳۵۹۰	۰/۲۲	۱/۱۶	۰/۴۵
A-17	کژدمی	۳۳۵۲	۰/۴۳	۰/۶۳	۰/۵۳
A-18	کژدمی	۳۴۹۵	۰/۴۴	۰/۶۹	۰/۵۵
A-8	کژدمی	۳۳۸۴	۰/۴۹	۰/۶۹	۰/۵۹
A-9	کژدمی	۳۹۵۸	۰/۵	۰/۸۶	۰/۷۷
A-11	کژدمی	۳۵۵۰	۰/۴	۰/۶۶	۰/۵۲
A-13	کژدمی	۳۹۶۰	۰/۴۶	۰/۷۵	۰/۶
A-10	پابده	۲۳۱۶	۰/۲۹	۰/۶	۰/۴
A-9	پابده	۲۴۲۲	۰/۴۳	۰/۷	۰/۵



شکل ۳ نمودار پیک S1 در مقابل میزان کل کربن آلی (TOC) جهت تعیین آلودگی نمونه‌های مورد مطالعه [۳۲].

منتشر نشده) نتایج قابل مقایسه هستند. در سازند کژدمی، TOC از ۰/۲٪ تا بیشتر از ۰/۶٪ وزنی متغیر بوده و متوسط مواد آلی در آن معادل ۱/۸٪ وزنی می‌باشد (جدول ۲). این میزان مواد آلی همان‌طور که در نمودار S₁+S₂ در مقابل TOC (شکل ۴) مشاهده می‌شود در زمره سنگ‌های منشأ خوب طبقه‌بندی می‌شود [۲۸]. نقشه هم‌تراز میزان TOC در سازند کژدمی نشان می‌دهد که میزان مواد آلی در این سازند، به‌سمت شرق و فروافتادگی دزفول افزایش می‌یابد. براساس نقشه‌های جغرافیای دیرینه زمان آلبین، عمیق‌ترین قسمت‌های حوضه رسوبی سازند کژدمی در منطقه فروافتادگی دزفول و بین میادین گچساران تا اهواز قرار داشته است [۲۹].

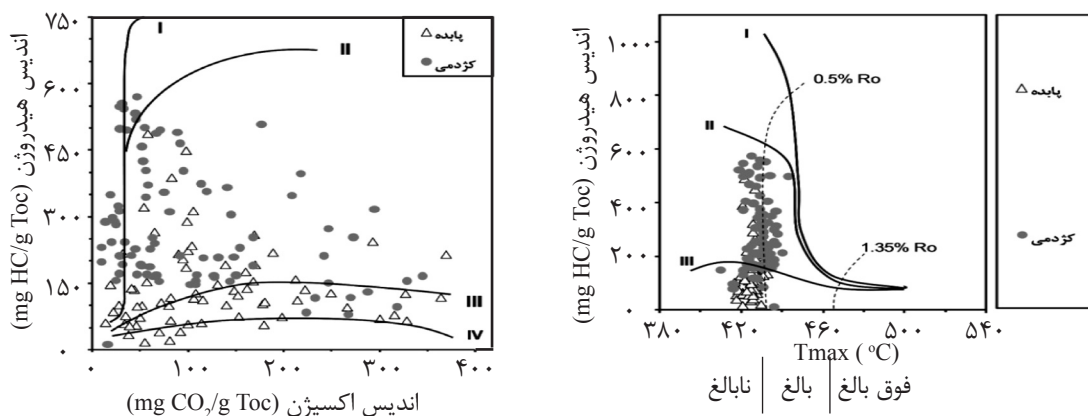
میزان کل کربن آلی (TOC) در سازند پابده در منطقه دشت آبادان از ۰/۲ تا ۰/۳٪ متغیر بوده و میزان TOC به‌طور متوسط در این سازند ۱/۲۵٪ وزنی می‌باشد. براساس طبقه‌بندی سنگ‌های منشأ با استفاده از میزان TOC موجود در آنها [۲۶]، این سازند به‌عنوان سنگ منشأ متوسط تا خوب و در مواردی عالی در نظر گرفته می‌شود (شکل ۴). مطالعات علیزاده و همکاران در سال ۲۰۱۲ نشان می‌دهد در منطقه فروافتادگی دزفول متوسط TOC در این سازند ۱/۶۲٪ وزنی بوده که با توجه به یکسان بودن محیط رسوبی این سازند در دو منطقه (نقشه جغرافیای دیرینه سازند پابده، مدیریت اکتشاف شرکت ملی نفت، ۱۳۸۹، گزارش



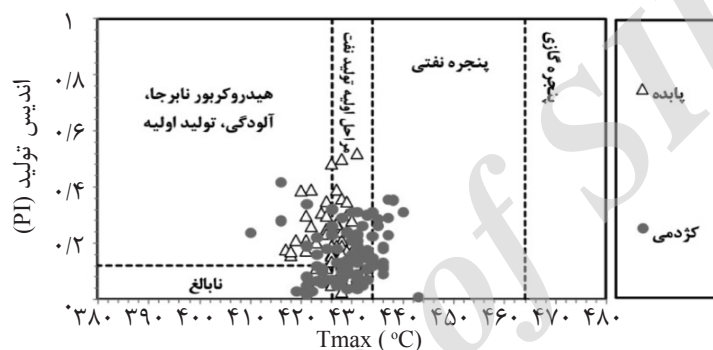
شکل ۴ نمودار مجموع پیکهای S1+S2 در مقابل کل کربن آلی (TOC) جهت تعیین پتانسیل تولید نمونه‌های مورد مطالعه [۲۸].

می‌باشد. براساس نقشه‌های جغرافیای دیرینه تهیه شده توسط مدیریت اکتشاف در مناطق دزفول و دشت آبادان [۲۹]، محیط رسوبی سازند کژدمی در منطقه دشت آبادان Outer Ramp بوده درحالی‌که به‌سمت فروافتادگی دزفول به دریای عمیق (Pelagic) تبدیل می‌شود و این تفاوت به‌علت تغییر در محیط رسوبی این سازند در دو منطقه می‌باشد. بنابراین کروژن نوع II که نشان‌دهنده محیط دریایی است، برای این سازند محتمل‌تر به نظر می‌رسد. در مطالعات ژئوشیمیایی سنگ منشأ، بلوغ نمونه‌های سنگی با استفاده از پارامترهای Tmax، PI و بازتابندگی ویتربینایت اندازه‌گیری می‌شود [۲۶]. در سازند پابده، میزان Tmax از ۴۱۷ تا ۴۳۳°C تغییر می‌کند. در تمامی نمونه‌های آنالیز شده سازند پابده در منطقه دشت آبادان، میزان Tmax کمتر از ۴۳۰°C بوده و فقط نمونه‌هایی که در مرز بین دشت آبادان و دزفول قرار گرفته‌اند دارای Tmax در اوایل پنجره نفتی هستند (شکل ۶). نقشه هم‌تزار Tmax در شکل ۷ نشان می‌دهد که سازند پابده در منطقه دشت آبادان کاملاً ناپخته بوده و به‌سمت فروافتادگی دزفول این پارامتر افزایش می‌یابد. در سازند کژدمی، میزان Tmax تا ۴۴۳°C در چاه‌هایی که در مرز بین دشت آبادان و فروافتادگی دزفول قرار گرفته‌اند، تغییر می‌کند. متوسط Tmax در نمونه‌های آنالیز شده ۴۲۹°C بوده است.

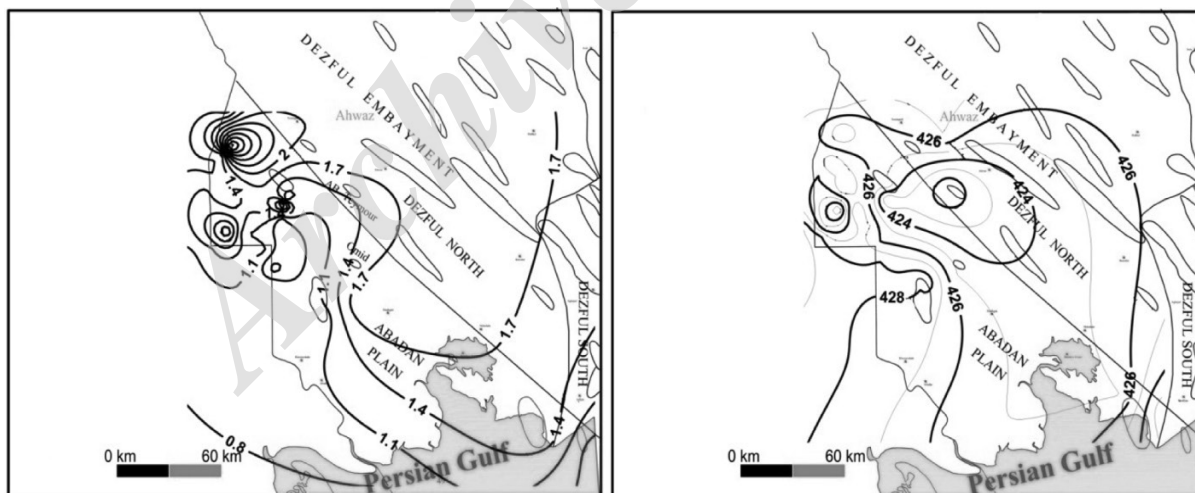
بنابراین به‌سمت فروافتادگی دزفول هم سنگ‌شناسی این سازند به‌سمت شیل تغییر می‌کند و هم میزان مواد آلی آن افزایش می‌یابد به‌طوری‌که متوسط TOC در این سازند در دزفول ۲/۴۸٪ وزنی گزارش شده است [۵]. پیک S2 در پیرولیز راک - ایول نشان‌دهنده توان باقی‌مانده سنگ منشأ در تولید هیدروکربن است [۴]. در نمونه‌های مطالعه شده میزان S2 در سازند پابده از ۰/۳ تا ۱۶ و در سازند کژدمی از ۰/۳ تا ۲۶ mg HC و Rock تغییر می‌کند (جداول ۱ و ۲). متوسط اندیس هیدروژن در سازندهای پابده و کژدمی به‌ترتیب ۱۴۵ و ۲۷۸ mg HC/TOC می‌باشد که با در نظر گرفتن این پارامترها، می‌توان این دو سازند را در رده سنگ‌های منشأ خوب قرار داد. در شکل ۵ میزان اندیس هیدروژن نسبت به اندیس اکسیژن (شکل چپ) و Tmax (شکل راست) جهت تعیین نوع مواد آلی و همچنین بلوغ آنها در سازندهای پابده و کژدمی ترسیم شده است. براساس نمودارهای مذکور، کروژن در سازند پابده غالباً نوع III و به مقدار کمتری نوع II می‌باشد درحالی‌که کروژن در سازند کژدمی غالباً از نوع II بوده و مختصر کروژن نوع III نیز در نمونه‌ها مشاهده می‌گردد. در منطقه فروافتادگی دزفول مطالعات علیزاده و همکاران [۵] کروژن نوع II/III برای سازند پابده و نوع III و II/III برای سازند کژدمی معرفی شده که تاحدودی با کیفیت مواد آلی این مطالعه متفاوت



شکل ۵ نمودارهای اندیس هیدروژن در مقابل اندیس اکسیژن (چپ) و Tmax (راست) جهت تعیین نوع و بلوغ مواد آلی [۲۶].



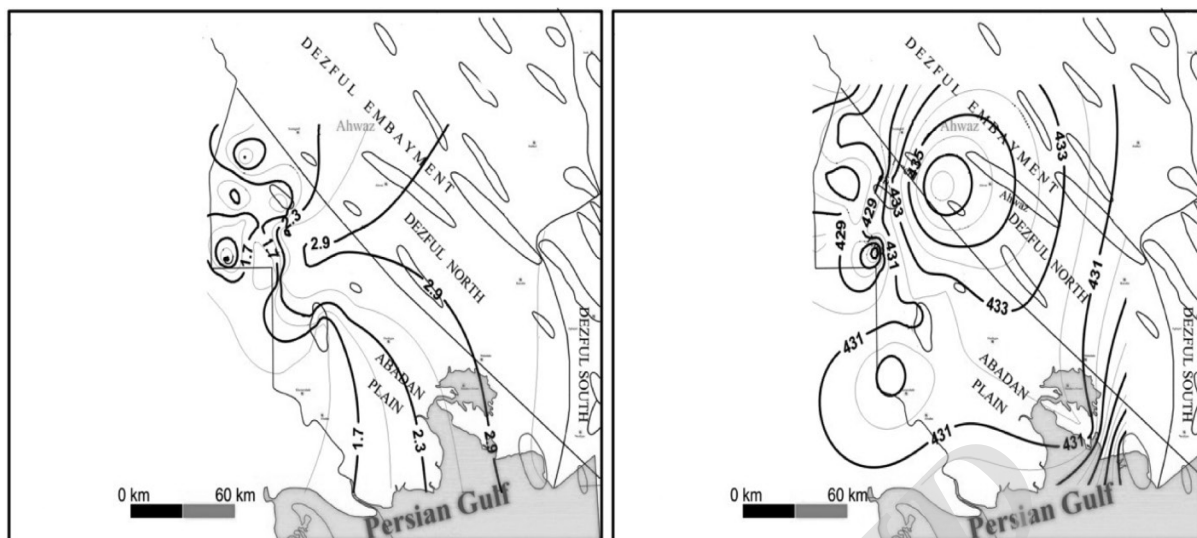
شکل ۶ نمودار اندیس تولید (PI) در مقابل Tmax جهت تعیین بلوغ مواد آلی در سازندهای مورد مطالعه [۲۶].



شکل ۷ نقشه هم‌تراز پارامترهای TOC (چپ) و Tmax (راست) مربوط به سازند پابده در منطقه دشت آبادان.

قرار گرفته است. مطالعات انجام شده در منطقه فروافتادگی دزفول بلوغ پنجره نفتی را برای این سازند نشان داده است [۱۵]. اندازه‌گیری‌های میزان بازتابندگی ویتربینایت نمونه سازندهای پابده و کژدمی در جدول ۳ مشخص شده است.

همان‌طور که نقشه هم‌تراز Tmax (شکل ۸) نشان می‌دهد، سازند کژدمی در میدین آزادگان، یادآوران، دارخوین، سپهر و اروند ناپخته بوده و به سمت فروافتادگی دزفول بلوغ آن افزایش پیدا می‌کند به طوری که این سازند در میدین امید، جفیر، آب تیمور و سوسنگرد در اوایل پنجره نفتی



شکل ۸ نقشه هم‌تراز پارامترهای کل کربن آلی (چپ) و Tmax (راست) مربوط به سازند کژدمی در منطقه دشت آبادان.

میزان VRo برای سازند پایده ۰/۴٪ تا ۰/۵٪ بوده که مشخص‌کننده نابالغ بودن این سازند است. پارامتر بازتابندگی ویتروینایت برای سازند کژدمی بین ۰/۴۷٪ تا ۰/۷۷٪ و به‌طور متوسط ۰/۵۷٪ اندازه‌گیری شده است که نشان‌دهنده بلوغ پایین‌تر از پنجره نفتی تا اوایل پنجره نفتی برای این سازند می‌باشد.

ترسیم داده‌های Tmax در برابر میزان بازتابندگی ویتروینایت برای نمونه‌های مورد مطالعه نشان می‌دهد که تمامی نتایج در امتداد روند به‌دست آمده توسط تیچمولر و دوراند [۳۰] قرار گرفته و علاوه‌بر تأیید نتایج Tmax حاصل از راک ایول، نمونه‌های سازند پایده و اغلب نمونه‌های سازند کژدمی در منطقه نابالغ و برخی نمونه‌های سازند کژدمی در ابتدای پنجره نفتی قرار گرفته‌اند.

نتیجه‌گیری

سازندهای پایده و کژدمی از مهم‌ترین سنگ‌های منشأ در دوره‌های ترشیاری و کرتاسه در حوضه رسوبی زاگرس می‌باشند که از نقطه‌نظر ژئوشیمیایی در منطقه دشت آبادان مورد مطالعه قرار گرفته‌اند. با توجه به نتایج آنالیز راک-ایول سازند پایده با میزان متوسط TOC و HI به‌ترتیب ۱/۲۵٪ و

۱۴۵ mgHC/gTOC را می‌توان به‌عنوان سنگ منشأ متوسط تا خوب در نظر گرفت درحالی‌که سازند کژدمی با TOC متوسط ۱/۸ و HI متوسط ۲۷۸ mgHC/gTOC در زمره سنگ‌های منشأ خوب تا خیلی خوب قرار می‌گیرد. پتانسیل تولید هر دو سازند پایده و کژدمی با توجه به نقشه‌های هم‌تراز TOC به‌سمت شرق و فروافتادگی دزفول افزایش می‌یابد. با توجه به نمودارهای اندیس هیدروژن در مقابل اندیس اکسیژن و Tmax نوع کروژن سازند پایده III و ندرتاً نوع II تشخیص داده شد درحالی‌که کیفیت مواد آلی سازند کژدمی غالباً کروژن نوع II با تأثیر کروژن نوع III می‌باشد. بلوغ مواد آلی سازندهای مورد مطالعه با استفاده از پارامترهای Tmax، اندیس تولید و بازتابندگی ویتروینایت تعیین گردیده است. سازند پایده در تمامی میداین واقع در دشت آبادان نابالغ بوده و به‌سمت فروافتادگی دزفول افزایش در پختگی را نشان می‌دهد. سازند کژدمی در میداین واقع در غرب منطقه دشت آبادان هنوز وارد پنجره نفتی نشده است درحالی‌که در میداین قسمت‌های شرقی دشت آبادان و مرز با فروافتادگی دزفول، این سازند در اوایل پنجره نفتی قرار دارد.

تشکر و قدردانی

این مطالعه با حمایت واحد پژوهش و توسعه مدیریت اکتشاف شرکت ملی نفت و همچنین همکاری کارشناسان محترم واحد ژئوشیمی آن مدیریت انجام پذیرفته است که جا دارد سپاس‌گزاری بی‌پایان خود را نثار این عزیزان کنیم. همچنین لازم است تشکر و قدردانی خود را از دانشگاه شهید چمران اهواز و همکاران جهت انجام آنالیزها و استفاده از گزارش پروژه پژوهشی ژئوشیمی دشت آبادان ابراز داریم.

با جمع‌بندی تمامی موارد مذکور می‌توان به این نتیجه رسید که سازندهای پاینده و کژدمی در منطقه دشت آبادان توان تولید هیدروکرن را دارند ولی باتوجه به عدم تحمل بلوغ کافی، مشارکتی در تولید نفت و گاز کشف شده در منطقه دشت آبادان نداشته‌اند ولی با توجه به افزایش عمق به‌سمت شرق، لازم است جهت بررسی اهداف اکتشافی، منطقه مابین دشت آبادان و فروافتادگی دزفول (مخصوصاً برای سازند کژدمی) بیشتر مورد مطالعه قرار گیرد.

مراجع

- [1]. Bordenave M. L., "Applied petroleum geochemistry," Paris: Editions Techniq, p.524, 1993.
- [2]. Magoon L. B. and Dow W. G. "The petroleum system-from source to trap," AAPG Memoir 60, Chapter 5, 1994.
- [۳]. کمالی م. و قربانی ب., "ژئوشیمی آلی از فیتوپلانکتون تا تولید نفت"، ویرایش یک، آراین زمین ، ۱۳۸۵.
- [4]. Espialie J., Deroo G. and Marquis F. La. "Pyrolyse Rock-Eval et ses applications Rev.," Inst. Franç. du Pétr, Part I, 40, pp. 563-578, Part II, 40, pp. 755-784, Part III, 41, pp. 73-89, 1985.
- [5]. Alizadeh B., Sarafdokht H., Rajabi M., Opera A. and Janbaz M., "Organic geochemistry and petrography of Kazhdumi (Albian-Cenomanian) and Pabdeh (Paleogene) potential source rocks in southern part of the Dezful Embayment, Iran," Organic Geochemistry, Vol. 49, pp. 36-46, 2012.
- [6]. Bordenave M. L. and Burwood R., "Source rock distribution and maturation in the Zagros orogenic belt, prove-nance of the Asmari and Sarvak reservoirs oil accumulations," Organic Geochemistry, Vol. 16, pp. 369-387, 1990.
- [7]. Bordenave M. L. and Huc A. Y., "The Cretaceous source rocks in the Zagros foothills of Iran: an example of a large size intra-cratonic basin," Revue de l'Institut Français du Pétrole, Vol. 50, pp. 527-753, 1995.
- [8]. Rabbani A. R. and Bagheri Tirtashi R., "Hydrocarbon source rock evaluation of the super-giant Ahwaz oilfield, SW Iran," Australian Journal of Basic and Applied Sciences, Vol. 4, pp. 673-686, 2010.
- [9]. Mashhadi Z. S. and Rabbani A. R., "Organic geochemistry of crude oils and Cretaceous source rock in the Iranian sector of the Persian Gulf; an oil-oil and oil-source rock correlation study," International Journal of Coal Geology, Vol. 146, pp. 118-144, 2015.
- [10]. Mashhadi Z. S., Kamali M. R. and Rabbani A. R., "Source rock evaluation and geochemical characterization of Albian Kazhdumi Formation offshore SW Iran," Third EAGE Exploration Workshop, Abu Dhabi, UAE , 6-9 April 2014.
- [11]. Beydoun Z. R. Hughes Clarke M. W. and Stonley R., "Petroleum in the Zagros Basin: a late tertiary foreland basin overprinted on the outer edge of a vast hydrocarbon-rich Paleozoic-Mesozoic Passive margin shelf, in Macquin, R.W. and Leckie, D. A., editors, Foreland basin and foldbelts," AAPG Memoir. 55, pp.309- 339, 1992.

- [12]. James G. A. and Wynd J. G., "Stratigraphic nomenclature of Iranian oil consortium agreement area," AAPG bulletin, Vol. 49, NO. 12, pp. 2182- 2245, 1965.
- [13]. Zeinalzadeh A., Moussavi-Herami R., Mahboubi A. and Sajjadian V. A., "Basin and petroleum system modeling of the cretaceous and Jurassic source rocks of the gas and oil reservoirs in the Darquain field, south west Iran," Journal of Natural Gas Science and Engineering, Vol. 26, pp. 419- 426, 2015.
- [14]. Abeed Q., Alkhafaj A. and Littke R., "Geochemistry, origin and correlation of crude oils in the lower Cretaceous sedimentary sequences of the southern Mesopotamian basin, southern Iraq," Organic Geochemistry, Vol. 46, pp. 113-126, 2011.
- [15]. Bordenave M. L., "The middle cretaceous and early miocene petroleum system in the Zagros domain of Iran and its prospect evaluation," In: AAPG Annual Meeting, Houston, American Association of Petroleum Geologists, pp. 1-9, 2002.
- [16]. Jalali M. and Mahmudi S. A., "Correlation chart between Zagros, Abadan Plain and Iraq Formations," National Iranian Oil Company Internal Report, 2003.
- [17]. Sepehr M. and Cosgrove J. W., "Structural framework of the Zagros fold-thrust belt, Iran," Marine and Petroleum Geology, Vol. 21, pp. 829- 84, 2004.
- [۱۸]. سپهوند س.، "گزارش تکمیلی زمین شناسی چاه اکتشافی آزادگان-۱۰ (گزارش داخلی مدیریت اکتشاف شرکت ملی نفت ایران)"، ۱۳۹۰.
- [۱۹]. حسنی گیو م.، "گزارش تکمیلی زمین شناسی چاه اکتشافی جفیر-۴ (گزارش داخلی مدیریت اکتشاف شرکت ملی نفت ایران)"، ۱۳۸۹.
- [۲۰]. اربابی اس.، "گزارش تکمیلی زمین شناسی چاه اکتشافی امید-۱ (گزارش داخلی مدیریت اکتشاف شرکت ملی نفت ایران)"، ۱۳۷۷.
- [۲۱]. تیموری ر.، صفاری ب.، "گزارش تکمیلی زمین شناسی چاه اکتشافی ارونند-۱ (گزارش داخلی مدیریت اکتشاف شرکت ملی نفت ایران)"، ۱۳۸۷.
- [22]. Asadi Mehmandousti E., Adabi M. H., Bowden S. A. and Alizadeh B., "Geochemical investigation, oil-oil and oil-source rock correlation in the Dezful Embayment, Marun Oilfield, Zagros, Iran," Marine and Petroleum Geology, Vol. 68, pp. 1-16, 2015.
- [23]. Waples D. W., "Geochemistry in petroleum exploration," Reidel Publish. Cy., Dordrecht, p. 232, 1985.
- [24]. Behar F., Beaumont V., Pentea Do B., "Rock-Eval 6 technology: performances and developments," Oil & Gas Science and Technology-Rev. IFB, Vol. 56, pp. 111-134, 2001.
- [25]. Tissot B. P., and D. H. Welte, "Petroleum Formation and Occurrence," 2nd. New York, Springer-Verlag, p. 699, 1984.
- [26]. Hunt J. M., "Petroleum Geochemistry and Geology," 2nd ed. W. H. Freeman and Company, New York, p. 743, 1996.
- [27]. Taylor G. H., Teichmüller M., Davis A., Diessel C. F. K., Littke R. and Robert P., "Organic Petrology," Gebrüder Borntraeger, Berlin, Stuttgart, 1998.

[28]. Peters K. E. and Cassa M. R., "Applied source rock geochemistry. In: Magoon, L. B., Dow, W.G. (Eds.), *The Petroleum System – From Source to Trap*," AAPG Memoir 60, pp. 93–120, 1994.

[29]. NIOCEXP, "Paleogeographic map in the Dezful Embayment," Joint study between National Iranian Oil Company Exploration Directorate and IFP, Unpublished Report, 2002.

[30]. Teichmuller M. and Durand B., "Fluorescence microscopical rank studies on liptinites and vitrinites in peat and coals and comparison with result of rock-Eval pyrolysis," International Journal of Coal geology, Vol. 2, pp. 197-230, 1983.

[۳۱]. مدیریت اکتشاف شرکت ملی نفت و دانشگاه شهید چمران اهواز، "ارزیابی و ارائه مدل ژئوشیمیایی سنگ‌های منشأ و هیدروکربورهای افق‌های مخزنی میادین مختلف واقع در دشت آبادان،" گزارش داخلی مدیریت اکتشاف شرکت ملی نفت ایران، ۱۳۹۳.

[32]. Smith J. T., "Petroleum system logic as an exploration tool in a frontier setting," AAPG memoir 60, pp. 25-49, 1994.

Archive of SID