

مطالعه ژئوشیمیایی و تأثیر کانی ماتریکس بر پتانسیل سنگ‌های منشأ احتمالی میدان نفتی

دارخوین واقع در دشت آبادان

بهرام علیزاده^{۱*}، نسیم آزاد بخت^۲، سید حسین حسینی^۳، الهام ترهنده^۳

۱- عضو هیئت علمی دانشگاه شهید چمران اهواز Alizadeh@scu.ac.ir

۲- عضو هیئت علمی دانشگاه شهید چمران اهواز

۳- کارشناس ارشد شرکت ملی نفت ایران

چکیده

تاقدیس دارخوین در فاصله ۵ کیلومتری شمال شرقی آبادان واقع است. این میدان دارای امتداد محوری شمالی جنوبی است. در این مطالعه سازندهای کژدمی، گدوان، گرو و سرگلو میدان نفتی دارخوین واقع در دشت آبادان مورد آنالیز راک ایول ۶ قرار گرفته است. نمودار S₂ در مقابل کل کربن آلی (TOC) نشان داد که تیپ کروژن این میدان غالباً مخلوطی از نوع II و III می‌باشد. مقدار قابل توجه S₂ جذب شده توسط ماتریکس در چاه‌های شماره ۲ و ۱ سازند کژدمی (۵/۳۳-۱۴/۰۶ mg HC/gr rock) و چاه‌های ۲ و ۳ سازند گدوان (۳/۱-۳/۲ mg HC/gr rock) به علت بلوغ حرارتی نسبتاً کم و نسبت پایین گاز - نفت می‌باشد. در سازندهای گرو و سرگلو مقدار S₂ جذب شده توسط ماتریکس به ترتیب ۰/۸۲ و ۰/۸۴ mgHC/gr rock بوده، که دارای بلوغ حرارتی نسبتاً متوسط و نسبت گاز - نفت متوسط تا بالا می‌باشند. مقدار کربن آلی فعال در سازندهای کژدمی ۱/۶-۰/۶، گدوان ۱/۹-۰/۲، گرو ۱/۵۳ و سرگلو ۸/۳۸ درصد وزنی است که بیانگر سنگ منشأهایی دارای توان هیدروکربورزایی متوسط تا غنی می‌باشد. هم‌چنین چاه‌های مورد مطالعه مدل‌سازی شده و مقدار Ro سازندهای سنگ منشأ بر حسب عمق محاسبه، و نسبت تبدیل ماده آلی و در نتیجه TOC اولیه برآورد گردید. نسبت دگرسانی کروژن در سازندهای مطالعه شده در محدوده ۰/۶۶-۰/۱۲ بوده که با توجه به Easy %Ro به دست آمده از نرم‌افزار PBM ۰/۹-۰/۵ می‌تواند نشانگر قرارگیری سنگ منشأهای مذکور به استثنای سازند کژدمی (Easy %Ro=0.5-0.65) در اوایل پنجره نفتی و آغاز تولید هیدروکربن باشد، که با مقادیر T_{max} نیز تأیید می‌شود. فاکتور گاز - نفت سازندهای مذکور برای سازندهای کژدمی و گدوان (۰-۱)، نشانگر محدوده متغیر پتانسیل نفت‌زایی و گاززایی این سازندها می‌باشد. هم‌چنین این فاکتور برای سازندهای گرو و سرگلو (۰/۵۸-۱)، نشان می‌دهد که پتانسیل گاززایی این سازندها بیشتر از نفت‌زایی آنهاست. از نقشه‌های هم‌ارزش TOC_{oil} و TOC_{gas} سازند کژدمی می‌توان استنباط نمود که عمق حوضه در زمان ته‌نشست سازند مذکور، در غرب و جنوب-غرب میدان بیشتر از قسمت‌های دیگر میدان بوده است.

واژه‌های کلیدی: تأثیر ماتریکس، سنگ منشأ، آنالیز راک ایول، نسبت گاز - نفت، میدان نفتی دارخوین

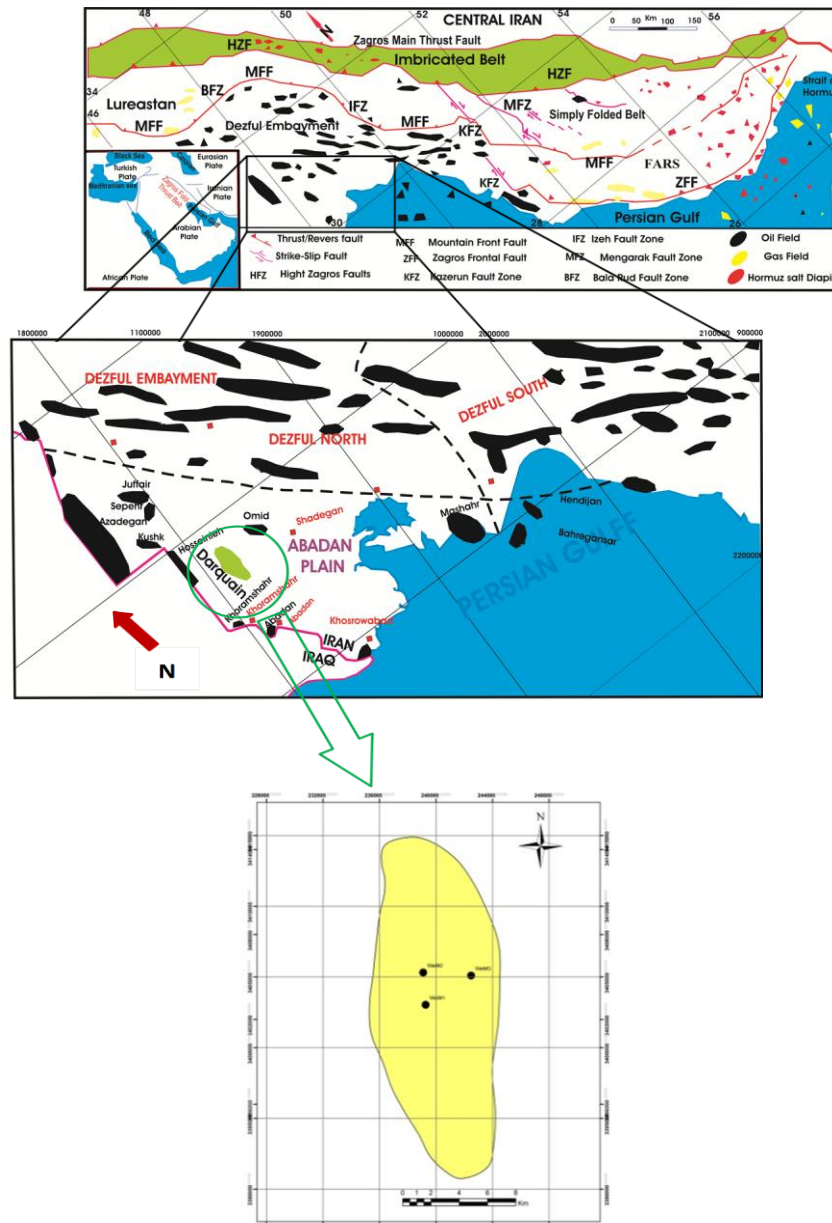
۱. مقدمه

یکی از مهم‌ترین ابزارهای مورد استفاده در مطالعات ژئوشیمیایی، دستگاه راک‌ایول می‌باشد که در مقیاسی بسیار وسیع برای اکتشاف نفت و گاز در حوضه‌های رسوبی سراسر جهان مورد استفاده قرار می‌گیرد [۱]. با استفاده از این دستگاه می‌توان پتانسیل هیدروکربوری در مناطق مختلف یک میدان نفتی را مورد ارزیابی قرار داد [۲ و ۳]. زینلزاده و سجادیان در سال ۱۳۸۸ با استفاده از داده‌های پتروفیزیک و آنالیز راک‌ایول زون‌هایی از سازندهای سرگلو و گرو را از لحاظ ضخامت و مقدار کل ماده آلی، به عنوان سنگ منشأهای اصل میدان نفتی دارخوین در نظر گرفتند [۴]. این در حالی است که زون‌هایی از سازندهای کژدمی و نیریز را به عنوان زون‌های فرعی سنگ منشأ معرفی نمودند. علیزاده و همکاران در سال ۱۳۹۰ با بررسی ژئوشیمیایی سنگ‌های منشأ احتمالی در میدان نفتی آزادگان در دشت آبادان سازند سرگلو را در زون اصلی تولید، سازند کژدمی در زون اولیه تولید تا اوایل زون اصلی و بقیه سازندها را در زون اولیه تولید نفت قرار دادند [۵]. از مهم‌ترین پارامترهای حاصل از دستگاه راک‌ایول که در این مطالعه مورد استفاده قرار گرفتند، می‌توان به پارامتر S_2 (هیدروکربن‌های تولید شده توسط پیرولیز بر حسب میلی‌گرم هیدروکربن بر گرم سنگ) و TOC (کل کربن آلی سنگ بر حسب درصد وزنی) اشاره نمود. از نمودار S_2 (هیدروکربن‌های تولید شده توسط پیرولیز) در مقابل کل کربن آلی برای تعیین تأثیر ماتریکس و نوع ماده آلی استفاده می‌شود [۶]. هم‌چنین در این نمودار برای دست‌یابی به مقدار کربن آلی نفت‌زا و گاززا از ضرایبی استفاده می‌شود که از آنالیزهای پیرولیز - کروماتوگرافی گازی (PY-GC) و مطالعات میکروسکوپی کروژن به دست می‌آید [۷]. دال و همکاران در سال ۲۰۰۴ نمودار TOC در مقابل S_2 را برای تعیین تأثیر ماتریکس بر جذب هیدروکربن، مقدار کربن آلی فعال (TOC_{live}) و خنثی (TOC_{inert}) و هم‌چنین تعیین مقدار کربن آلی نفت‌زا (TOC_{oil}) و گاززا (TOC_{gas}) به کار بردند. این روش به‌ویژه در مواردی که داده‌های PY-GC و میکروسکوپی کروژن کامل نیستند، به محققین در تعیین درصد ماده آلی نفت‌زا و گاززا کمک می‌کند [۸].

در این مطالعه از نمودار S_2 در مقابل TOC برای تعیین نوع ماده آلی و از نمودار TOC در مقابل S_2 برای تعیین کمی تأثیر ماتریکس، مقدار کربن آلی فعال و خنثی و نیز نسبت کربن آلی نفت‌زا و گاززا در سازندهای کژدمی، گدوان، گرو و سرگلو به عنوان سنگ‌های منشأ احتمالی در میدان نفتی دارخوین استفاده شده است. به منظور به‌دست آوردن تصویر جامع از میدان، نقشه هم‌ارزش نیز تهیه شد.

۲. زمین‌شناسی و جایگاه ساختاری منطقه مطالعاتی

تاق‌دیس دارخوین در جنوب غرب ایران و در تقسیمات زاگرس در دشت آبادان واقع شده است. امتداد محوری تاق‌دیس در جهت شمال - جنوب که با امتداد تاق‌دیس خارک موازی و با امتداد چین خوردگی‌های کمربند زاگرس جهت (شمال غرب - جنوب شرق) مغایرت دارد، و در زمره تاق‌دیس‌هایی است که به آن‌ها **Arabian Trend** می‌گویند. تاق‌دیس دارخوین در فاصله ۵ کیلومتری شمال شرقی آبادان به طول جغرافیایی $48^{\circ}03' - 48^{\circ}$ شرقی و عرض $31^{\circ} - 30^{\circ}05'$ شمالی واقع است. میدان دارخوین در سر سازند آسماری فاقد بستگی ساختمانی بوده ولی ابعاد آن در بنگستان و خامی حدود 10×25 کیلومتر است. چین خوردگی تاق‌دیس دارخوین مربوط به شکستگی‌های پی‌سنگ است که احتمالاً در فاز **Uralian** پرمین یا قدیمی‌تر از آن آغاز شده‌اند [۹]. موقعیت میدان نفتی دارخوین در حوضه زاگرس در شکل شماره (۱) آورده شده است.



شکل ۱) جایگاه میدان نفتی دارخوین در حوضه زاگرس [۱۰] و موقعیت چاه‌های مورد مطالعه در میدان نفتی دارخوین

۳. روش مطالعه

در این مطالعه تعداد ۶۰ نمونه خرده حفاری برداشت شده از سازندهای کژدمی، گدوان، گرو و سرگلو در چاه‌های شماره ۱، ۲ و ۳ میدان نفتی دارخوین توسط دستگاه راکایول ۶ مورد آنالیز قرار گرفته‌است. در حدود ۷۰-۵۰ میلی‌گرم از نمونه پودر و پس از خشک شدن، توزین گردیده و به کوره پیرولیز با اکسیژن آتمسفری و دمای 300°C وارد می‌شود. دما با نرخ $25^{\circ}\text{C}/\text{min}$ افزایش می‌یابد تا به 650°C برسد. پارامتر S_1 مقدار هیدروکربن‌های آزاد شده تا دمای 300°C ، پیک S_2 مقدار هیدروکربن‌های آزاد شده در پیرولیز برنامه‌ریزی شده ($300-600^{\circ}\text{C}$) و پیک S_3 مقدار گروه‌های اکسیژن‌دار موجود در کروژن را نشان می‌دهند. سپس دمای باقی مانده نمونه به 300°C رسیده و ثابت می‌ماند. نمونه وارد کوره اکسیداسیون شده که در آن دما با نرخ $20^{\circ}\text{C}/\text{min}$ افزایش می‌یابد تا به 850°C برسد، آشکارگر (IR) Infra Red Detector مقدار CO_2 نمونه (پیک S_4) را ثبت می‌کند. کل کربن آلی (TOC) با اکسیداسیون بقایای پیرولیز در کوره دوم تعیین می‌شود. شاخص هیدروژن (Hydrogen Index, HI) مقدار نرمالیز شده S_2 است که به صورت میلی‌گرم هیدروکربن بر گرم TOC بیان شده و نوع ماده آلی را مشخص می‌کند. نتایج این آنالیز در جدول شماره (۱) ارائه شده است. نوع کروژن می‌تواند در کنار عمق بر پارامترهای بلوغ Tmax تأثیر بگذارد [۱۱].

جدول (۱) نتایج حاصل از آنالیز راکایول ۶ بر روی نمونه‌های سازندهای کژدمی، گدوان، گرو و سرگلو در میدان نفتی دارخوین

چاه	سازند	عمق (m)	S1 (mg HC/gr rock)	S2 (mg HC/gr rock)	HI (mg HC/gr TOC)	OI (mg HC/gr TOC)	TOC (%wt)	PI	Tmax (°C)
۱		۳۴۴۹	۱/۱۵	۱۰/۳۵	۵۳۴	۴۵	۱/۹۴	۰/۱	۴۲۸
		۳۴۷۹	۰/۷۱	۶/۴۴	۴۲۶	۵۳	۱/۵۱	۰/۱	۴۲۹
		۳۵۶۸	۰/۴۴	۳/۰۶	۲۲۸	۴۵	۱/۳۴	۰/۱۳	۴۳۱
		۳۵۷۰	۰/۲۵	۵/۷۷	۵۰۲	۵۷	۱/۱۵	۰/۰۴	۴۲۵
		۳۵۸۵	۰/۲۳	۱۳/۸۵	۵۵۰	۲۹	۲/۵۲	۰/۰۱	۴۳۲
		۳۵۸۹	۰/۲۸	۱۳/۳۹	۵۵۶	۳۱	۲/۴۱	۰/۰۲	۴۲۹
		۳۶۱۳	۲/۷۵	۱/۵۹	۱۹۲	۵۱	۰/۸۳	۰/۱۵	۴۳۲
۲	کژدمی	۲۹۰۰	۱/۹۸	۷/۲۷	۲۷۱	۲۵	۲/۶۸	۰/۲۷	۴۳۱
		۲۹۳۰	۱/۲۱	۵/۷۹	۲۷۳	۲۲/۵	۲/۲۱	۰/۲۵	۴۲۹
		۲۹۷۰	۰/۷۵	۴/۳۲	۲۷۴	۲۰	۱/۷۵	۰/۲۱	۴۳۰
		۳۰۰۰	۱/۴۷	۳/۲۲	۱۴۵	۱۸	۲/۲۲	۰/۱۸	۴۳۱
		۳۰۴۰	۲/۲	۳/۱	۱۴۹	۱۵	۲/۰۸	۰/۳۲	۴۳۲
		۳۰۸۰	۱/۲	۲/۹۸	۱۵۲	۱۲	۱/۹۵	۰/۴۲	۴۳۲
		۳۱۲۰	۱/۵۵	۴/۲	۱۳۸	۲۱	۲/۷۵	۰/۲۲	۴۳۳
		۳۱۵۰	۱/۷۹	۲/۷۵	۱۴۵	۱۷	۱/۹۲	۰/۳۶	۴۳۲
		۳۲۰۰	۰/۹۵	۴/۱۸	۷۵	۱۵	۲/۷۴	۰/۲۹	۴۳۳
		۳۲۵۰	۲/۷۵	۳/۲۵	۱۴۷	۱۳	۲/۲	۰/۲۲	۴۳۳

		عمق (m)	S ₁ (mg HC/gr rock)	S ₂ (mg HC/gr rock)	HI (mg HC/gr TOC)	OI (mg HC/gr TOC)	TOC (%wt)	PI	Tmax (°C)
		۳۵۵۵	۱/۱۴	۵/۴۵	۵۷۱	۴۸	۱/۹۲	۰/۱۷	۴۳۵
		۳۵۶۰	۰/۸۷	۲	۳۴۰	۲۲	۱/۱	۰/۳۰	۴۳۲
		۳۵۷۲	۰/۷۸	۲/۵	۳۱۳	۲۸	۱/۵۶	۰/۲۳	۴۳۱
		۳۵۷۸	۰/۹۹	۵/۱۳	۲۴۸	۲۳	۲/۲۵	۰/۱۶	۴۲۹
		۳۵۸۵	۱/۲	۶/۲	۱۸۳	۱۸	۲/۹۴	۰/۱۶	۴۳۲
		۳۶۱۱	۰/۲۶	۱/۶	۲۰۹	۱۴۸	۰/۸۴	۰/۱۳	۴۳۴
		۳۶۵۰	۰/۳۹	۲	۱۹۸	۱۰۰/۵	۱/۰۲	۰/۱۶	۴۳۵
		۳۶۸۶	۰/۵۲	۲/۲۵	۱۸۶	۵۳	۱/۲۱	۰/۱۸	۴۳۵
		۳۶۹۵	۰/۰۹	۰/۰۹	۶۰	۶۴۰	۰/۱۵	۰/۵	۴۳۱
		۳۷۰۱	۰/۳۹	۷/۵۲	۱۳۷	۲۱	۳/۱	۰/۰۴	۴۳۴
		۳۷۳۱	۰/۰۹	۵/۲	۱۲	۱۶	۲/۵۶	۰/۰۱	۴۳۶
		۳۸۱۵	۰/۱	۰/۳۸	۸۸	۱۱۹	۰/۴۳	۰/۲۲	۴۳۶
		۳۸۴۸	۰/۰۸	۰/۳۲	۷۱	۱۰۷	۰/۴۵	۰/۲	۴۳۸
		۳۸۶۰	۰/۰۴	۰/۱۵	۵۲	۱۹۰	۰/۲۹	۰/۲۱	۴۳۸
		۳۹۱۵	۰/۰۷	۰/۲۵	۷۱	۱۳۷	۰/۳۵	۰/۲۳	۴۳۷
		۳۹۳۲	۰/۰۹	۰/۲۹	۷۶	۱۷۱	۰/۳۸	۰/۲۳	۴۳۶
		۳۹۶۶	۰/۱۴	۰/۴۹	۸۸	۱۳۰	۰/۵۶	۰/۲۲	۴۴۱
		۴۰۱۹	۰/۴	۰/۴۵	۱۱۸	۱۷۹	۰/۳۸	۰/۴۷	۴۳۳
		۴۰۸۰	۰/۱۱	۰/۲۶	۸۱	۱۸۱	۰/۳۲	۰/۲۹	۴۳۷
۲	گدوان	۳۶۰۰	۲/۸	۵/۶۳	۲۷۰	۵۲	۱/۷۸	۰/۳۳	۴۲۲
		۳۷۱۰	۲/۸۹	۷/۲	۳۴۰	۳۱	۲/۱	۰/۲۸	۴۲۴
		۳۹۶۰	۰/۶	۰/۸۱	۹۹	۱۷۱	۰/۸۲	۰/۴۳	۴۳۴
		۳۹۸۵	۱/۱۲	۰/۷۱	۱۱۳	۱۷۰	۰/۶۳	۰/۶۱	۲۹۴
		۴۰۶۵	۳/۶۵	۵/۲۲	۴۱۴	۴۹	۱/۲۶	۰/۴۱	۳۶۴
		۴۱۲۵	۲/۰۴	۵/۲۲	۴۱۱	۷۲	۱/۲۷	۰/۲۸	۳۶۳
		۴۲۱۰	۴/۵۲	۶/۸	۳۴۷	۳۹	۱/۹۶	۰/۴	۴۳۵
		۴۰۶۲	۱/۹۵	۲/۲۵	۴۴۵	۵۲	۰/۷۲	۰/۴۶	۴۳۳
		۴۱۰۰	۱/۰۷	۲/۵۸	۲۳۴	۴۳	۱/۱	۰/۲۹	۴۳۸

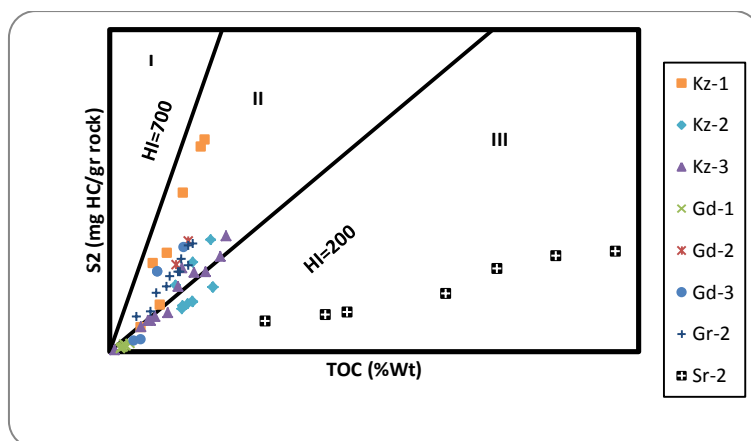
		عمق (m)	S ₁ (mg HC/gr rock)	S ₂ (mg HC/gr rock)	HI (mg HC/gr TOC)	OI (mg HC/gr TOC)	TOC (%wt)	PI	Tmax (°C)
۲	گرو	۴۱۷۵	۱/۷	۵/۶	۱۴۲	۲۹	۲/۱	۰/۲۳	۴۳۹
		۴۲۰۰	۱/۲۲	۵/۲	۱۶۸	۴۱	۱/۸۷	۰/۱۹	۴۴۰
		۴۲۲۵	۱/۸	۴/۹	۲۴۰	۴۵	۱/۶	۰/۲۶	۴۴۱
		۴۲۷۵	۱/۹۲	۴/۲۱	۲۷۷	۵۲	۱/۵۲	۰/۳۱	۴۴۰
		۴۳۰۰	۲/۲۲	۵/۱۸	۲۱۷	۳۹	۱/۸۲	۰/۳	۴۳۹
		۴۳۵۰	۲/۱۸	۷	۲۶۳	۲۸	۲/۲۲	۰/۲۳	۴۴۰
		۴۳۷۵	۱/۹	۶/۹	۲۵۹	۲۶	۲/۱	۰/۲۱	۴۳۸
		۴۴۰۰	۰/۸	۶	۲۵۸	۲۴	۱/۹	۰/۱۱	۴۴۲
		۵۱۵۰	۲/۲	۶/۵۳	۴۹	۵	۱۳/۴	۰/۲۵	۴۴۶
۲	سرگلو	۵۱۵۴	۰/۷۷	۶/۲۴	۵۳	۴	۱۱/۸۳	۰/۱۰	۴۴۶
		۵۱۵۸	۱/۹۵	۳/۷۵	۴۰	۴	۸/۹	۰/۳۴	۴۳۹
		۵۱۶۰	۰/۲۳	۵/۴۱	۵۳	۷	۱۰/۲۶	۰/۰۴	۴۵۷
		۵۱۶۷	۰/۷۹	۱/۹۵	۴۷	۱۹	۴/۱۳	۰/۲۸	۴۲۹
		۵۱۵۴	۰/۷۷	۶/۲۴	۵۳	۴	۱۱/۸۳	۰/۱۰	۴۴۶

۴. بحث و بررسی

در این بخش نوع ماده‌ی آلی، میزان تأثیرماتریکس، مقدارکربن آلی خشتی و فعال و نسبت گاز - نفت در سازندهای مورد مطالعه با استفاده از داده‌های S₂ و TOC مورد بررسی قرار گرفته است.

۴-۱) نوع ماده آلی

از دیاگرام S₂ در مقابل TOC برای تعیین نوع کروژن استفاده می‌گردد. در طی پیرولیز، کروژن نوع I، ۸۰ درصد وزنی (mg HC/gr TOC HI=۵۰۰-۶۰۰) و کروژن نوع II، ۶۰-۵۰ درصد وزنی (mg HC/gr TOC HI=۸۰۰)؛ کروژن نوع III، ۳۰-۱۵ درصد وزنی (mg HC/gr TOC HI=۱۵۰-۳۰۰) هیدروکربن تولید می‌کند [۳]. بنابراین در این نمودار، HI=۷۰۰ (یعنی ماده آلی با ۷۰٪ وزنی هیدروکربن) به عنوان مرز کروژن نوع I و II و HI=۲۰۰ به عنوان مرز کروژن نوع II و III در نظر گرفته شده است [۶]. منحنی‌های ترسیم شده S₂ در مقابل TOC برای سازندهای کژدمی، گدوان و گرو در میدان نفتی دارخوین (شکل ۲) نشان می‌دهد که تیپ کروژن در سازندهای مذکور غالباً ترکیبی از نوع III و II بوده و برای سازند سرگلو با توجه به اینکه اعتبار شاخص هیدروژن در طبقه بندی کروژن‌ها بر اساس راکایول تا ابتدای پنجره نفت‌زایی می‌باشد، با توجه به بلوغ بالای سازند سرگلو که کاهش مقادیر هیدروژن و اکسیژن را به دنبال داشته و به مقادیر کمتر از ۱۰۰ سقوط کرده لزوماً نشان‌دهنده کروژن نوع III نیست بلکه افزایش بلوغ باعث افزایش ظاهری کروژن نوع III شده است.



شکل ۲) تعیین نوع کروژن با استفاده از داده‌های S_2 و TOC در سازندهای کژدمی، گدوان، گرو و سرگلو در میدان نفتی دارخوین [۶]

۴-۲) تأثیر ماتریکس کانی (Mineral Matrix Effect)

تأثیر ماتریکس می‌تواند پارامتر S_2 حاصل از پیرولیز را کاهش داده و در نتیجه باعث کاهش شاخص هیدروژن و کیفیت سنگ منشأ شود. این امر به علت باقی ماندن هیدروکربن‌هایی با وزن ملکولی بالا در سنگ، تا زمانی است که فرایند شکست رخ می‌دهد [۳]. با استفاده از نمودار TOC در S_2 مقدار کمی ماتریکس محاسبه شد. شیب خط رگرسیون در این نمودار (a) در معادله (۱)، $1/HI_{live}$ است که HI_{live} شاخص هیدروژن کربن آلی فعال می‌باشد. معادله خط رگرسیون به صورت:

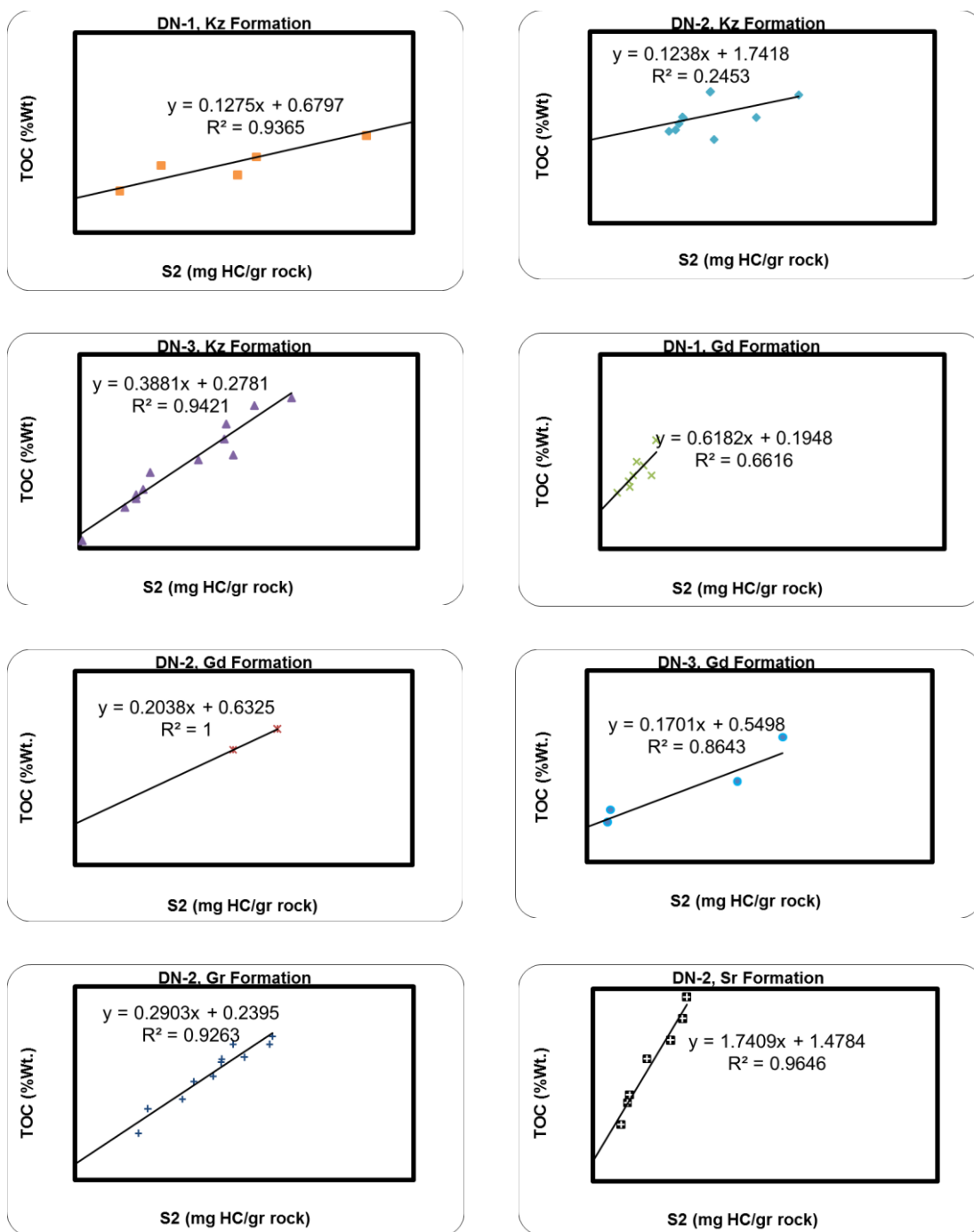
$$TOC = aS_2 + b \quad (\text{معادله ۱})$$

$$a = TOC/S_2 = 100/HI \quad (\text{معادله ۲})$$

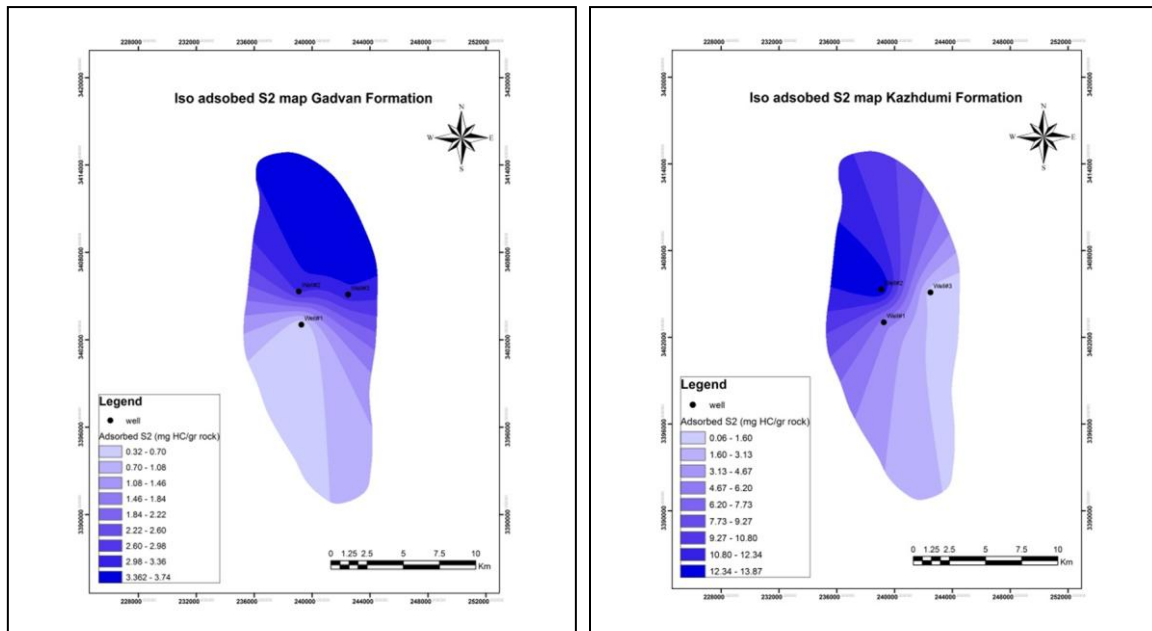
زیرا شاخص هیدروژن به صورت $HI = 100S_2 / TOC$ تعریف شده است [۸].

در حالت ایده‌آل خط رگرسیون باید از مبدأ ($b=0$) عبور کند، اما این حالت تنها در مواردی استثنایی رخ داده و معمولاً خط رگرسیون محور y (TOC) را قطع می‌کند. این جابه‌جایی (b)، حاصل تأثیر کربن آلی خنثی [۱۲] و تأثیر ماتریکس [۶] در طی پیرولیز است. برای تعیین تأثیر ماتریکس، محل برخورد خط رگرسیون با محور X در فاکتور استوکیومتری (α) ضرب شده تا مقدار کربن آلی جذب شده توسط ماتریکس (TOC_{adsorb}) به صورت کمی درآید. نمودارهای TOC در مقابل S_2 برای تعیین مقدار ماتریکس و ماده آلی خنثی در سازندهای کژدمی، گدوان، گرو و سرگلو میدان نفتی دارخوین، در شکل (۳) آورده شده است. قطع شدن محور منفی X (S_2) توسط خط رگرسیون در سازندهای کژدمی و گدوان میدان نفتی دارخوین (به ترتیب $0.7-1.4$ mgHC/gr rock و $0.31-3.2$ mg HC/gr rock)، نشان دهنده تأثیر قابل توجه ماتریکس است. تأثیر ماتریکس سازندهای مذکور، در جذب TOC این میدان تا حدی است که مقدار کربن آلی جذب شده در سازند کژدمی چاه شماره ۱ و سازند گدوان در چاه شماره ۲ به 0.6 درصد وزنی می‌رسد. برای سازندهای گرو و سرگلو نیز مقدار S_2 جذب شده توسط ماتریکس به ترتیب 0.82 و 0.84 mgHC/gr rock می‌باشد، که تأثیر ماتریکس در جذب S_2 نسبت به سازندهای کژدمی و گدوان در سازندهای گرو و سرگلو میدان نفتی دارخوین کمتر است. نقشه‌های هم‌ارزش S_2 جذب شده برای سازندهای کژدمی و گدوان (شکل ۴ الف و ب) نشان می‌دهد که در سازند کژدمی S_2 جذب شده از جنوب شرق میدان به سمت شمال غرب میدان در حال افزایش است به طوری که در چاه شماره ۲ به بیشترین مقدار خود می‌رسد، نقشه هم‌ارزش S_2 جذب شده برای سازند گدوان نیز نشان‌گر افزایش S_2 جذب شده از جنوب غرب میدان به سمت شمال میدان است. علت اصلی تغییرات ماتریکس در سازندهای کژدمی و گدوان این میدان تغییرات بلوغ حرارتی و نسبت گاز - نفت سازندهای مذکور است. از آن‌جا که تنها اکتشافی چاه شماره ۲ میدان نفتی دارخوین حفاری

تا عمق ۷۱۲ متر زیر مخزن خامی ادامه یافته است و چاه‌های شماره ۱ و ۳ در مخزن خامی تکمیل شده‌اند لهذا رسم منحنی-های هم‌ارزش سازندهای گرو و سرگلو برای کل میدان امکان پذیر نخواهد بود.



شکل ۳) ترسیم خط رگرسیون در سازندهای کژدمی (Kz)، گدوان (Gd)، گرو (Gr) و سرگلو (Sr) در چاه‌های مطالعه شده در میدان نفتی دارخوین



(ب)

(الف)

شکل ۴) نقشه هم‌ارزش مقدار S₂ جذب شده در سازندهای کژدمی (الف) و گدوان (ب) میدان نفتی دارخوین

۴-۳) تعیین کربن آلی فعال (TOC live) و خنثی (TOC inert)

مقدار کربن آلی فعال از رابطه زیر بدست می‌آید:

$$TOC_{live} = TOC_{observe} - TOC_{inert} \quad (\text{معادله ۳})$$

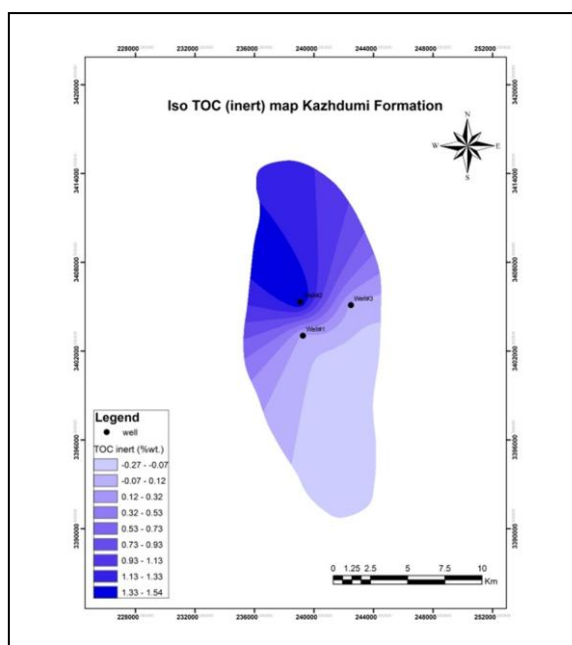
برای تعیین مقدار کربن آلی خنثی (TOC_{inert})، میزان TOC جذب شده توسط ماتریکس (TOC_{adsorb}) از مقدار برخورد خط رگرسیون و محور Y کسر می‌شود (جدول ۲). میانگین کربن آلی فعال در سازندهای کژدمی، گدوان، گرو و سرگلو به ترتیب ۱/۶ تا ۰/۶، ۱/۹ تا ۰/۲، و ۱/۵ و ۸ درصد وزنی می‌باشد. بر اساس تقسیم‌بندی آور در سال ۱۹۸۰ (جدول شماره ۳) سازندهای مذکور دارای تولید هیدروکربور متوسط تا غنی می‌باشند [۱۳]. در این میدان مقدار کربن آلی خنثی در سازندهای کژدمی در محدوده ۱/۵-۰/۶ درصد وزنی، گدوان ۰/۱-۰/۰۰۰۵ درصد وزنی، گرو ۰/۱ و سرگلو ۰/۲ درصد وزنی می‌باشد. نقشه‌های هم‌ارزش TOC_{inert} برای سازندهای کژدمی و گدوان (شکل ۵ و ۶ ب) نشان‌گر افزایش مقدار کربن آلی خنثی از جنوب شرق میدان به سمت شمال غرب میدان برای سازند کژدمی، و برای سازند گدوان نیز نشان‌گر افزایش این مقدار از شمال غرب میدان به سمت جنوب و جنوب شرق میدان می‌باشد.

جدول ۲) نتایج حاصل از ترسیم خط رگرسیون در نمودار S_2 در مقابل TOC در میدان نفتی دارخوین

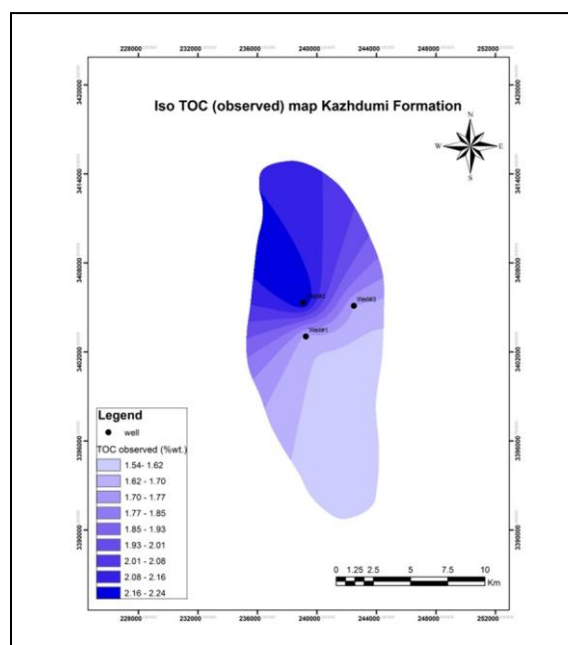
سازند	چاه	HI mean	HI live	S_2 observ	S_2 adsorb	TOC Observe	TOC adsorb	TOC inert	TOC live
کژدمی	۱	۴۲۷	۷۳۴	۷/۷۷	۵/۳۳	۱/۶۷	۰/۶۱۱	۰/۰۶۸	۱/۶۰۲
	۲	۱۷۷	۱۹۸	۴/۱	۱۴/۰۶۹	۲/۲۵	۰/۱۷۸	۱/۵۶۳	۰/۶۷۸
	۳	۲۲۴	۲۴۲	۳/۶۸	۰/۷۱۶	۱/۷	۰/۱۹	۰/۰۸۸	۱/۶۱۲
گدوان	۱	۸۰/۶	۱۰۷	۰/۳۲	۰/۳۱۵	۰/۳۹۵	۰/۰۹۲	۰/۱۰۲	۰/۲۹۳
	۲	۳۱۳	۴۹۰	۶/۴۱	۳/۱	۱/۹۴	۰/۶۳۲	۰/۰۰۰۵	۱/۹۳۹۵
	۳	۲۷۷	۵۰۸	۳/۷۵	۳/۲۳	۱/۱۸	۰/۴۴۹	۰/۱	۱/۰۷
گرو	۲	۲۵۸	۳۱۹	۴/۸۷	۰/۸۲۵	۱/۶۵	۰/۱۲۶	۰/۱۱۲	۱/۵۳۸
سرگلو	۲	۹۵/۴	۵۵۴	۴/۱۱	۰/۸۴۹	۸/۶۵	۱/۲۱	۰/۲۶۳	۸/۳۸

جدول ۳) تقسیم‌بندی سنگ‌های منشأ هیدروکربنی بر اساس محتوی کل کربن آلی (Ower, 1980)

میزان کل کربن آلی (TOC) (وزنی درصد)	>0.5	۰.۵-۱	۱-۲	۲-۱۰
میزان غنی شدگی (توان تولید هیدروکربن)	ضعیف	متوسط	خوب	غنی

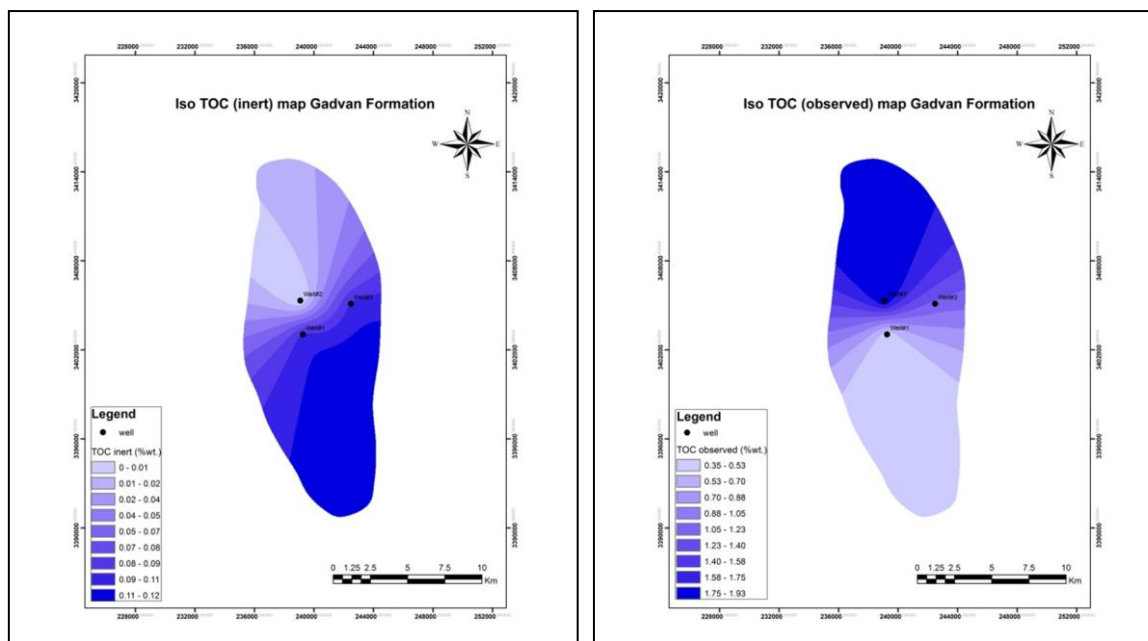


(ب)



(الف)

شکل ۵) نقشه هم‌ارزش کل کربن آلی (الف) و کربن مرده (ب) در سازند کژدمی میدان نفتی دارخوین



(ب)

(الف)

شکل ۶ نقشه هم‌ارزش کل کربن آلی (الف) و کربن آلی مرده (ب) در سازند گدوان میدان نفتی دارخوین

۴-۴) ترکیب کروژن فعال

با استفاده از نمودار TOC در مقابل S_2 می‌توان درصد ماده آلی نفت‌زا و گاززا را تعیین نمود. برای تعیین مقدار کربن آلی نفت‌زا و گاززا، باید فاکتور ^{14}C GORP تعیین شود. برای به‌دست آوردن این نسبت از پارامتر TR استفاده شده، علاوه و TOC به مقدار اولیه خود (پیش از دگرسایي) بازگردانده شود. برای محاسبه TOC اولیه یکی از شاخص‌های پختگی ماده آلی انعکاس ویتربینایت می‌باشد. محدوده انعکاس ویتربینایت بین ۰/۶ تا ۱/۳ برای نفت و تا ۲ برای تولید گاز بکار می‌رود، لذا نسبت تبدیل ماده آلی به نفت که به Transformation ratio (TR) معروف است با میزان پختگی ماده آلی و در نتیجه با میزان انعکاس ویتربینایت رابطه دارد. بردیناو (1993) نمودار TR در مقابل ارائه نمود (شکل ۷)، بنابراین با داشتن انعکاس ویتربینایت (جدول ۴)، (شکل ۸) و با توجه به نوع کروژن سازندهای مورد مطالعه و به‌وسیله معادلات مربوطه (معادلات ۴ و ۵) برای این کروژن‌ها (مخلوط کروژن نوع ۳ و ۲ و کروژن نوع ۳) می‌توان نسبت تبدیل و در نتیجه TOC اولیه (جدول ۵) را محاسبه نمود [۱۴]. با استفاده از معادله‌های (۴ و ۵) و مقدار TR هر سازند، نمودارهای TOC در مقابل S_2 با نسبت‌های معین نفت به گاز، تهیه و روی نمودار TOC در مقابل S_2 سازند مربوطه طوری قرار داده می‌شود که مبدأ آن در محل برخورد خط رگرسیون با محور y قرار گیرد (شکل ۱۰). سپس درصد جزء نفت‌زا (m) و گاززا (n) قرائت و GORP با استفاده از معادله (۶) تعیین می‌شود [۸].

$$TR = 93.853(Ro)^6 - 378.24(Ro)^5 + 595.74(Ro)^4 - 467.93(Ro)^3 + 195.1(Ro)^2 - 40.941(Ro) + 3.3947 \quad (\text{معادله ۴})$$

$$TR = -3.5028(Ro)^6 + 23.547(Ro)^5 - 62.431(Ro)^4 + 82.109(Ro)^3 - 55.205(Ro)^2 + 18.272(Ro) - 2.3333 \quad (\text{معادله ۵})$$

$$TOC_{\text{restore}} = TOC_{\text{observe}} + [S_{2\text{observe}} TR / (1 - TR)] \alpha \quad (\text{معادله ۶})$$

α ضریب استوکیومتری است. نمودارهای ترسیم شده برای میدان نفتی دارخوین در شکل (۱۰) ارائه شده‌اند.

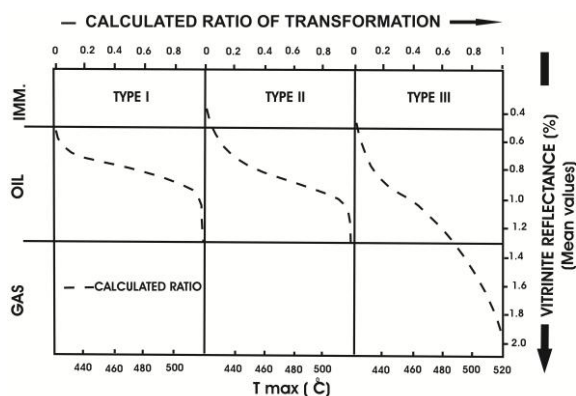
$$\text{GORP} = m/(m+n) \quad (\text{معادله ۷})$$

مؤلفه‌های تولید کننده نفت و گاز TOC ، به ترتیب TOC_{oil} و TOC_{gas} نامیده شده و به صورت زیر محاسبه می‌شوند [۸].

$$\text{TOC}_{\text{oil}} = \text{TOC}_{\text{live, restore}} (1 - \text{GORP}) \quad (\text{معادله ۸})$$

$$\text{TOC}_{\text{gas}} = \text{TOC}_{\text{live, restored}} \text{GORP} \quad (\text{معادله ۹})$$

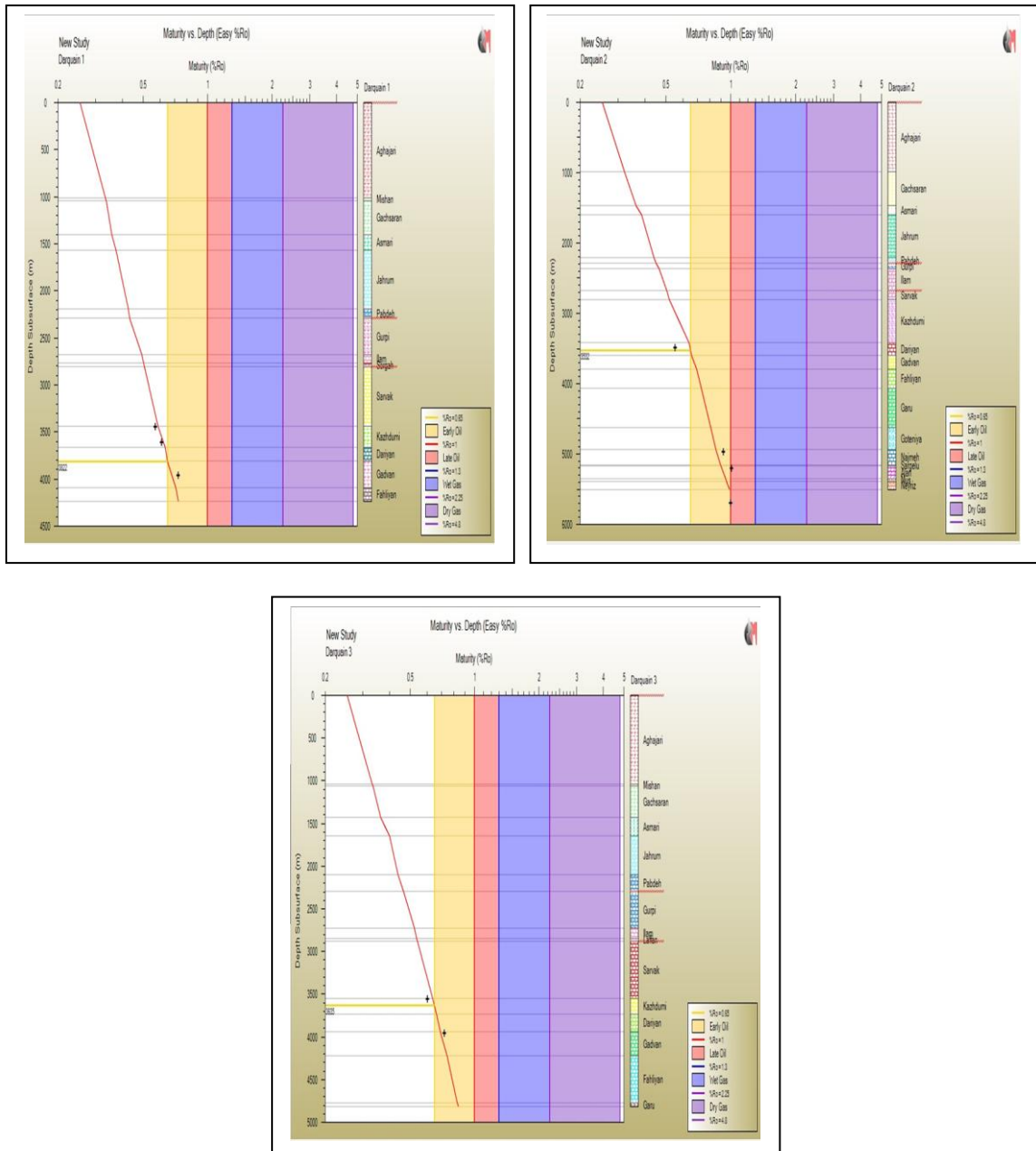
نتایج محاسبات در جدول ۵ ارائه شده است.



شکل ۷) نمودار نسبت تبدیل (Transformation Ratio) ماده آلی به نفت برای انواع کروژن‌ها (اقتباس از Bordenave., 1993)

جدول ۴) داده‌های Easy Ro سازندهای کژدمی، گدوان، گرو و سرگلو حاصل از نرم‌افزار PBM میدان نفتی دارخوین

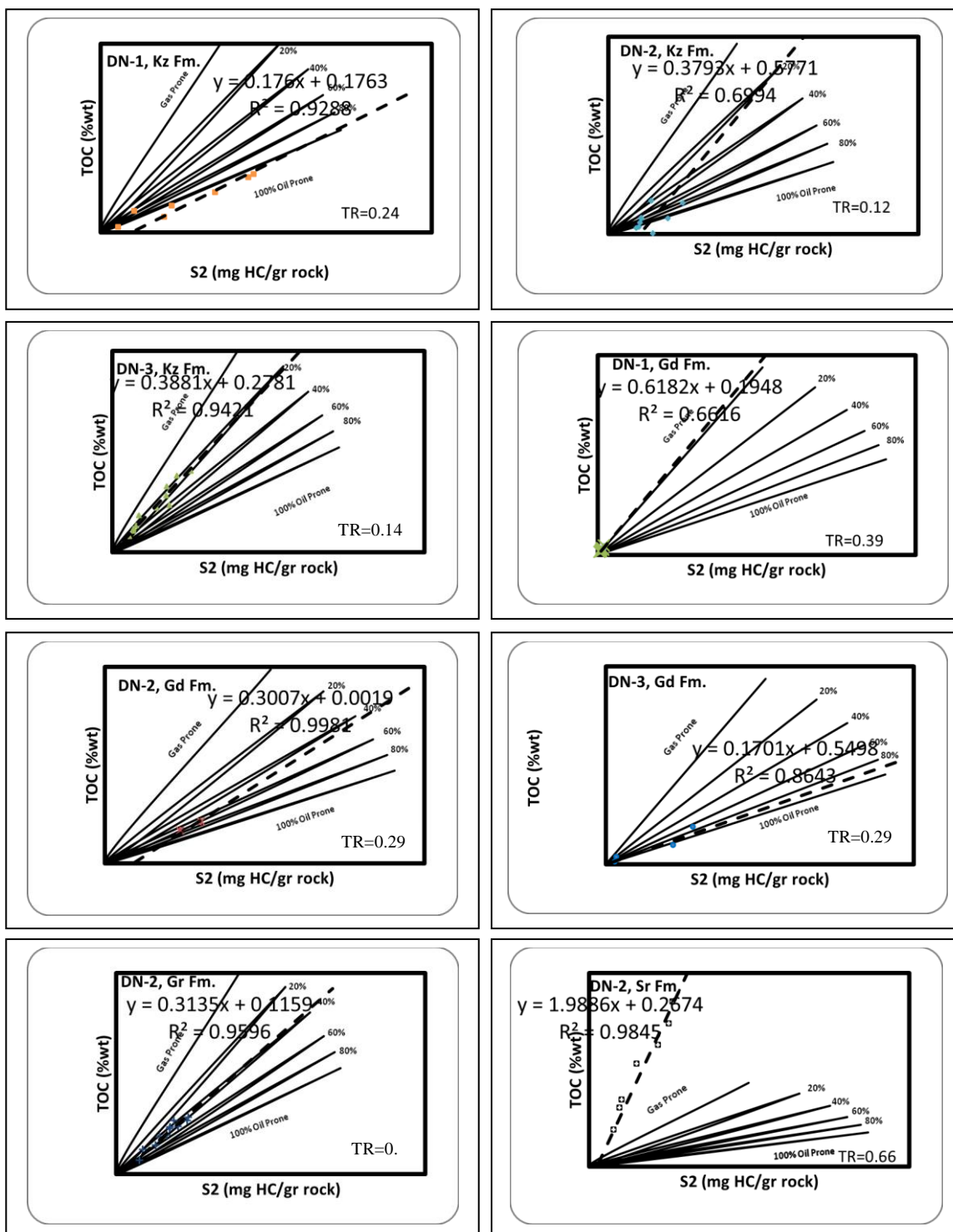
چاه	۱	۲	۳	۱	۲	۳	۲	۲
سازند	کژدمی			گدوان			گرو	سرگلو
Easy Ro	۰/۵۷	۰/۵۶	۰/۶۳	۰/۶۳	۰/۶۱	۰/۶۵	۰/۷۷	۰/۸۵



شکل ۸) نمودارهای تغییرات بلوغ با عمق بر اساس مدل **EASY%Ro** در چاه های شماره ۱، ۲ و ۳ میدان نفتی دارخوین

جدول ۵) تعیین درصد ماده آلی نفتزا و گاززا در سازندهای کژدمی، گدوان، گرو و سرگلو در میدان نفتی دارخوین (در این جدول S₂ بر حسب mg HC/gr rock و TOC بر حسب درصد وزنی داده شده‌اند)

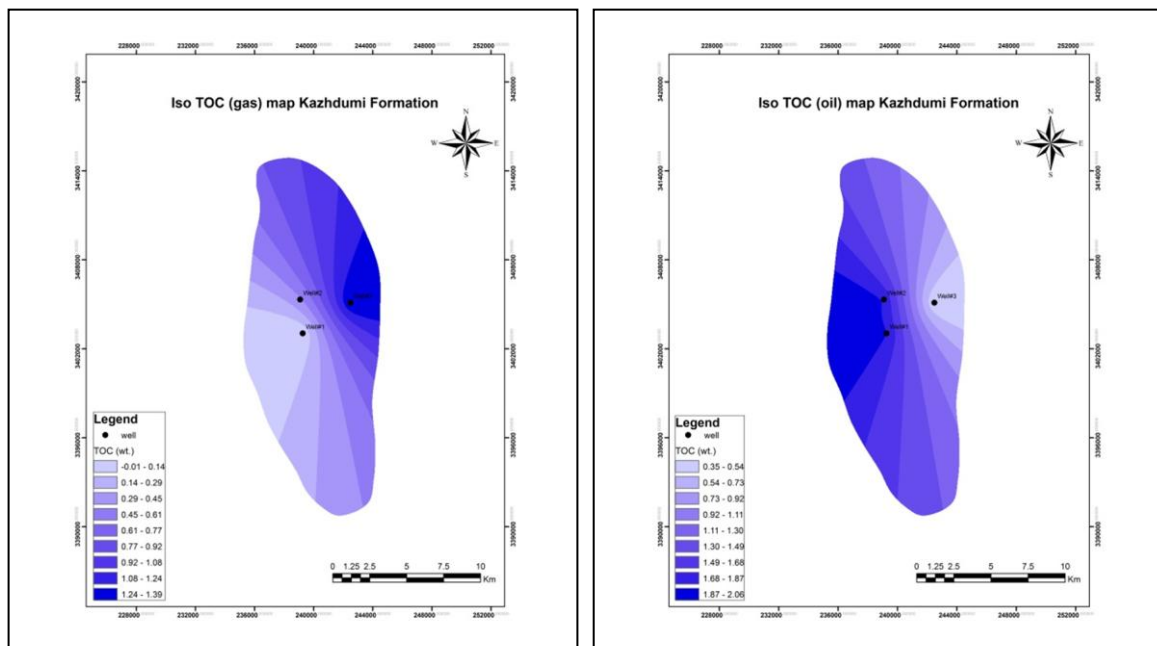
سازند	چاه	TR	S ₂ Observ	S ₂ Restor	S ₂ Lost	TOC Lost	TOC Restor	GOR P	TOC II	TOC III	S ₂ Oil	S ₂ Gas
کژدمی	۱	۰/۲۴	۷/۷۷	۱۰/۲۲	۲/۴۵	۰/۲۱	۱/۸۸	۰	۱/۸۸	۰	۰/۲۲	۰
	۲	۰/۱۲	۴/۱	۴/۶۵	۰/۵۵	۰/۴۷	۲/۲۹	۰/۱۹	۱/۸۵	۰/۴۳۵	۳/۷۶	۰/۸۸
	۳	۰/۱۴	۳/۶۸	۴/۳۱	۰/۶۳	۰/۵۴	۱/۷۵	۰/۸	۰/۳۵	۱/۴	۰/۸۶	۳/۴۴
گدوان	۱	۰/۳۹	۰/۳۲	۰/۵۲	۰/۲۰	۰/۰۱	۰/۴۱	۱	۰	۰/۴۱	۰	۰/۵۲
	۲	۰/۲۹	۶/۴۱	۹/۰۹	۲/۶۸	۰/۲۳	۲/۱۷	۰/۳۲	۱/۴۷	۰/۶۹۴	۶/۱۸	۲/۹
	۳	۰/۲۹	۳/۷۵	۵/۳۱	۱/۵۶	۰/۱۳	۱/۳۱	۰/۱	۱/۱۷	۰/۱۳	۴/۷۷	۰/۵۳
گرو	۲	۰/۵	۴/۸۷	۹/۷۴	۴/۸۷	۰/۴۱	۲/۰۶	۰/۵۸	۰/۸۶۵	۱/۱۹	۴/۰۹	۵/۶۴
سرگلو	۲	۰/۶۶	۴/۱۱	۱۲/۰۸	۷/۹۷	۰/۶۸۵	۹/۳۳	۱	۰	۹/۳۳	۰	۰/۰۸
												۱۲



شکل ۱۰ نمودارهای ترسیم شده برای تعیین GORP در سازندهای کژدمی (Kz)، گدوان (Gd)، گرو (Gr) و سرگلو (Sr) در میدان نفتی دارخوین

مقدار فاکتور GORP سازندهای کژدمی و گدوان (۱-۰) نشانگر محدوده متغیر پتانسیل نفت‌زایی و گاززایی سازندهای مذکور است، مقدار فاکتور GORP برای سازند گرو ۰/۵۸ است که پتانسیل گاززایی نسبتاً بیشتری به پتانسیل نفت‌زایی دارد، و مقدار این فاکتور برای سازند سرگلو برابر با یک می‌باشد که نشانگر پتانسیل گاززایی این سازند در میدان نفتی دارخوین است. از طرف دیگر با توجه به T_{max} و $Easy Ro$ به‌دست آمده برای این سازندها، بلوغ هر دو نوع از ماده آلی در

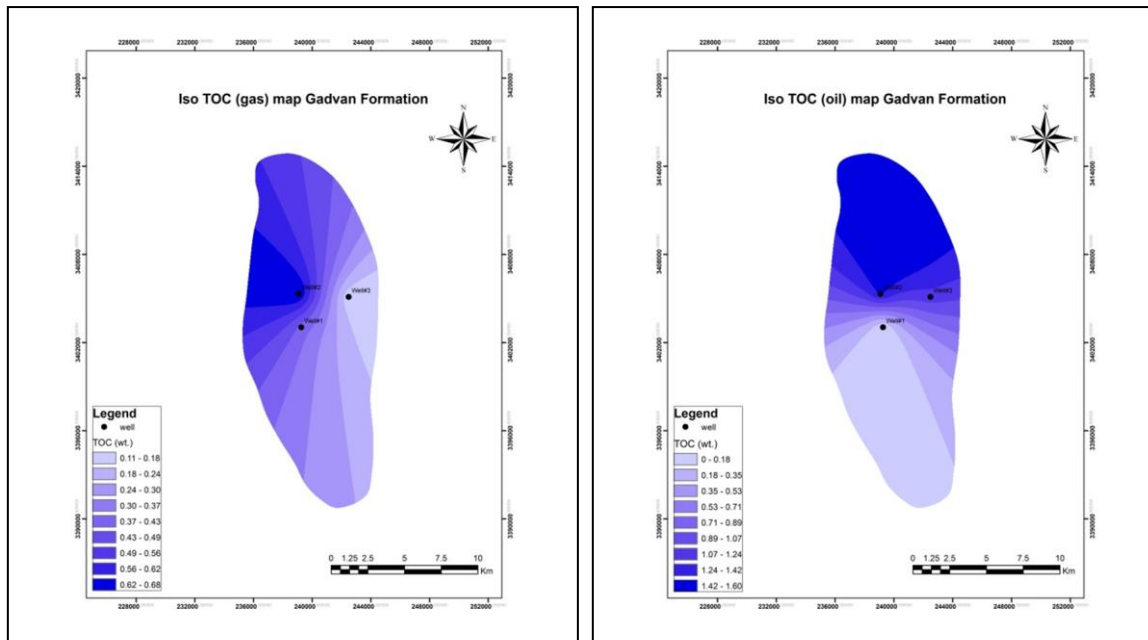
اوائل مرحله پنجره نفتی قرار دارند. نقشه هم‌ارزش TOC_{oil} (شکل ۱۱ الف) برای سازند کژدمی نشان‌گر افزایش کربن آلی نفت‌زا از شرق میدان به سمت غرب میدان است، و عکس آن مقدار کربن آلی گاززا (شکل ۱۱ ب) از سمت غرب میدان به سمت شرق میدان افزایش می‌یابد، و به علت وجود کربن آلی قاره‌ای بیشتر در سمت شرق این میدان می‌توان نتیجه گرفت که عمق حوضه در زمان ته‌نشست سازند کژدمی در غرب میدان بیشتر از قسمت‌های دیگر میدان بوده است. نقشه هم‌ارزش TOC_{oil} نیز برای سازند گدوان (شکل ۱۲ الف) نشان‌گر افزایش کربن آلی نفت‌زا از سمت جنوب میدان به سمت شمال میدان است، در حالی که کربن آلی گاززا (شکل ۱۲ ب) از سمت شرق میدان به سمت غرب و شمال غرب رو به افزایش است. به علت توزیع نامساوی از هر دو نوع کربن در سازند گدوان پیش‌بینی عمق حوضه در زمان ته‌نشست سازند مذکور در میدان نفتی دارخوین امکان‌پذیر نیست.



(ب)

(الف)

شکل ۱۱) نقشه هم‌ارزش کربن آلی نفت‌زا (الف) و گاززا (ب) در سازند کژدمی میدان نفتی دارخوین



(ب)

(الف)

شکل ۱۲) نقشه هم‌ارزش کربن آلی نفت‌زا (الف) و گاززا (ب) در سازند گدوان میدان نفتی دارخوین

۵. نتیجه‌گیری

بر اساس نمودار TOC در مقابل S_2 کروژن در سازندهای کژدمی، گدوان و گرو غالباً مخلوطی از نوع II و III و برای سازند سرگلو از نوع III می‌باشد. میانگین کربن آلی فعال سازندهای مذکور نشان می‌دهد که از لحاظ پتانسیل هیدروکربورزایی در محدوده متوسط تا غنی قرار می‌گیرند. با توجه به فاکتور GORP، سازندهای کژدمی و گدوان دارای محدوده متغیر پتانسیل نفت‌زایی و گاززایی هستند، درحالی‌که سازند گرو پتانسیل گاززایی تقریباً بیشتری از پتانسیل نفت‌زایی دارد و سازند سرگلو فقط دارای پتانسیل گاززایی می‌باشد. تأثیر ماتریکس در سازندهای کژدمی چاه‌های شماره ۱ و ۲ (۲ mg HC/gr rock) و در سازند گدوان چاه‌های شماره ۲ و ۳ (۳/۱-۳/۲ mg HC/gr rock) قابل توجه است. چنین تأثیر قابل توجهی می‌تواند به علت بلوغ حرارتی پایین ($T_{max} < 440^{\circ}C, Ro < 0.7, TR \sim 0.3$) و نسبت پایین نفت - گاز این سازندها در چاه‌های مذکور می‌باشد. با توجه به مقادیر GORP و TR به‌دست آمده برای سازندهای کژدمی و گدوان در میدان نفتی دارخوین و نقشه‌های هم‌ارزش $TOC_{observe}$ برای این سازندها علت تغییرات هیدروکربن جذب شده در این سازندها تغییرات TOC تشخیص داده شد. همچنین از نقشه‌های هم‌ارزش مقدار کربن آلی نفت‌زا و گاززا در سازند کژدمی می‌توان استنباط نمود که عمق حوضه در زمان ته‌نشست سازند مذکور در نیمه غربی میدان بیشتر از نیمه شرقی بوده است.

تشکر و قدردانی

نویسندگان مقاله بر خود لازم می‌دانند که از شرکت ملی نفت ایران، مدیریت اکتشاف و بهره‌برداری نفت جهت تأمین نمونه‌های مورد نیاز و بودجه مربوطه و همچنین مرکز پژوهشی زمین‌شیمی و زمین‌شناسی نفت دانشگاه شهیدچمران اهواز جهت آنالیز نمونه‌ها و استفاده از امکانات مرکز تشکر و قدردانی نماید.

"هیئت تحریریه مجله از آقایان دکتر محمود معماریانی و دکتر احمدرضا ربانی که داوری مقاله را بر عهده داشته‌اند کمال

تشکر و سپاس را دارد"

منابع

- [1]- Behar, F., Beaumont, V., Pentea do, B. 2001 Rock-Eval 6 Technology. 'Performances and Developments'. Oil & Gas Science and Technology-Rev. IFB, v. 56, pp.111-134.
- [2]- 4. Espitalie J., Marquis F. and Barsony I. 1984. 'Geochemical logging: In Analytical Pyrolysis-Techniques and Applications', K. J. Voorhees ed., Boston, Butterworth, 276- 304.
- [3]- Espitalie, J., Deroo, G., Marquis, F., 1985. '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.
- [۴]- زینلزاده، ا.، سجادیان، و. ا.، ۱۳۸۸ "بررسی زون‌های سنگ منشاء در میدان دارخوین با استفاده از داده‌های پتروفیزیک و آنالیز راک‌اول"، مجله علوم دانشگاه تهران، شماره ۳، ص ۷۰-۶۳.
- [۵]- علیزاده، ب.، سعادت، ح.، صمصامی، ج.، حسینی، ح.، گندمی ثانی، ا.، ۱۳۹۰ "مطالعه ژئوشیمیایی سنگ‌های منشاء احتمالی در میدان نفتی آزادگان، جنوب غرب ایران"، پنجمین همایش تخصصی زمین‌شناسی، دانشگاه پیام نور مرکز اهر.
- [6]- Langford, F. F. & Blanc-Valleron, M. M., 1990, 'Interpreting Rock-Eval pyrolysis data using graphs of pyrolyzable hydrocarbons vs. total organic carbon', AAPG. Bull., Vol. 47(6):799-840.
- [7]- Mukhopadhyay, P.K., Hagemann, H.W., Gormly, J.R.,. 'Characterization of Kerogens as seen under the aspect of maturation and hydrocarbon generation'. Erdö u. Kohle Edgas – Petrochem. V. mit Brennstoff-Chem, v. 38, pp. 7-18, 1985.
- [8]- Dahl, B., Bojesen-Koefoed, J., Holm, A., Justwan, H., Rasmussen, E., Thomsen, E. 2004. 'A new approach to interpreting Rock-Eval S₂ and TOC data for kerogen quality assessment'. Organic Geochemistry, v. 35, pp.1461-1477.
- [۹]- مطیعی، ه.، ۱۳۷۴ "زمین‌شناسی ایران، زمین‌شناسی نفت زاگرس".
- [10]- Sepehr, M., Cosgrove, J. W., 2004. 'Structural framework of the Zagros Fold–Thrust Belt, Iran'. Marine and Petroleum Geology, v. 21, pp. 829–843.
- [11]- Snowdon, L. R., 1995. 'Rock-Eval T_{max} suppression Documentation and amelioration'. AAPG Bulletin, v. 79, pp. 1337–1348.
- [12]- Cornford, C., 1994. 'The Mandal-Ekofisk Petroleum System in the Central Graben of the North Sea'. In: Magoon, L.B., Dow, W.G. (Eds.), From Source to Trap. AAPG Memoir 60, Tulsa, pp. 537–571.
- [13]- Ower, J., 1980. 'Elements of geochemistry in petroleum exploration, North wales'. Robertson research institute, London.
- [14]- Bordenave. M. L 1993, 'APPLID PETROLEUM GEOCHEMISTRY'.

Geochemical Investigation and Mineral Matrix Effect on Probable Source Rock's Potentiality, Darquain Oilfield in the Abadan Plain

Alizadeh B., Azadbakht N., Hosseini S.H., Tarhandeh.E

Abstract

Darquain anticline is located at 5 km northeast of city of Abadan. The axis trend of this oilfield is north through south. In this study, Kazhdumi, Gadvan, Garu and Sargelu Formations in Darquain Oilfield, in Abadan Plain, were analyzed by Rock-Eval 6 instrument. S_2 vs. TOC plot revealed that kerogen type in this oilfield predominantly is of mixed of types II & III. Significant S_2 Adsorption by matrix of Kazhdumi Formation in well numbers 1 and 2 (5.33-14.06 mg HC/gr rock) and Gadvan Formation in well numbers 2 and 3 (3.1-3.2 mg HC/gr rock) is due to low thermal maturity as well as low Gas-Oil Ratio factor. In Garu and Sargelu Formations amounts of adsorbed S_2 by matrix are respectively 0.82 and 0.84 mg HC/gr rock, that represent a medium thermal maturation and medium to high Gas-Oil Ratio factor. Quantity of TOC_{live} in the Kazhdumi, Gadvan, Garu and Sargelu formations estimated to be in the range of 0.6-1.6, 0.2-1.9, 1.53 and 8.38 by weight percent respectively. This represents potential for the studied formations fair to excellent petroleum generation. Also the studied wells were modeled, by which the Ro of the source rocks were calculated according to their depth. Also transformation ratio of organic matter and the initial TOC is estimated. Transformation Ratio of Kerogen in studied formations ranges from 0.12 to 0.66. This is in accordance with estimated Easy Ro by PBM software (0.5-0.8). It can then be concluded that Kazhdumi Formation is in early oil window and already started to generate hydrocarbon. This is also verified by Tmax data. The Gas-Oil Ratio of Kazhdumi and Gadvan Formations is 0-1 indicating variable hydrocarbon generation. Also this factor for Garu and Sargelu is 0.58-1 indicates that they have more gas generation potential rather than oil generation potential. The inferences drawn from It can be inferred from iso TOC_{oil} and TOC_{gas} maps led to the conclusion that, in west and southwestern parts of the basin, the depth during deposition of mentioned formations was more in compare to other parts of Darquain.

Keyword: Matrix Effect, Source Rock, Rock-Eval Analysis, Transformation Ratio, Darquain Oilfield.