

# ارزیابی توان هیدروکربن‌زایی سازند گدوان در میدان پارس جنوبی با استفاده از روش $\Delta\text{LogR}$

محمد علی اولادزاد عباس آبادی<sup>۱\*</sup> و بهرام موحد<sup>۲</sup>

<sup>۱</sup> گروه زمین‌شناسی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران.  
<sup>۲</sup> شرکت نفت و گاز پارس، تهران، ایران.

تاریخ دریافت: ۱۳۸۹/۰۷/۱۷ تاریخ پذیرش: ۱۳۸۹/۱۱/۰۹

## چکیده

امروزه، ارزیابی توان هیدروکربن‌زایی سازندها با استفاده از روش  $\Delta\text{logR}$  (روشی براساس جدایی بین نمودارهای درون‌چاهی تخلخل (DT / CNL / RHOB) و نمودار درون‌چاهی مقاومت ویژه (RT) به‌عنوان روشی مناسب در بسیاری از چاه‌های هیدروکربنی در جهان به کار برده می‌شود. آغاز این روش‌ها که در سال‌های ۱۹۸۰ مورد توجه پژوهشگران قرار گرفت براساس تأثیرات لایه‌های دارای مواد آلی بر روی نمودارهای درون‌چاهی بود. Passey et al. (1990) روشی را برای پیش‌بینی غنی‌شدگی ماده آلی در سنگ‌های مادر ارائه کردند که دارای دقت بالا و قابلیت بررسی محدوده وسیعی از درجه بلوغ بود. اساس این روش از برهم‌نهی نمودارهای درون‌چاهی تخلخل (صوتی، نوترون، چگالی) مقیاس‌بندی شده بر روی نمودار درون‌چاهی مقاومت ویژه و تعیین مقدار جدایی بین این دو نمودار و محاسبه مقدار کل کربن آلی TOC و S2 است. با استفاده از این روش می‌توان در مراحل اکتشاف و تولید، ارزیابی نسبی مناسبی از سازندها را بدون تهیه نمونه به‌دست آورد. در این مطالعه، مناطق دارای غنی‌شدگی ماده آلی سازند گدوان در چاه SP-A واقع در ناحیه پارس جنوبی با استفاده از روش  $\Delta\text{LogR}$  تعیین شده است و برای چاه SP-A نتایج حاصل از این بررسی با داده‌های مربوط به تجزیه پیرولیز راک اول نمونه‌های مغزه مقایسه شده‌اند که ارتباط خوبی نشان می‌دهند.

**کلیدواژه‌ها:** سازند گدوان، کل کربن آلی (TOC)، درجه دگرگونی آلی (LOM)، پیرولیز راک اول (Rock-Eval Pyrolysis)، نمودار مقاومت ویژه (RT)، نمودار صوتی  $\Delta\text{LogR}$  (t)، روش

\*نویسنده مسئول: محمد علی اولادزاد عباس آبادی

E-mail: m.oladzad@gmail.com

## ۱- مقدمه

چاه SP-1 کشف شد. این درحالی است که بخش قطری آن (North Dome) در سال ۱۹۷۱ میلادی مورد اکتشاف قرار گرفته است. گستره این میدان ۳۷۰۰ کیلومتر مربع می‌باشد و بین طول‌های خاوری ۵۱° ۵۰' تا ۵۲° ۴۰' و عرض‌های شمالی ۲۵° ۲۶' تا ۲۷° ۰۵' واقع شده است (شکل ۱) (شرکت نفت و گاز پارس، ۱۳۸۹).

## ۴- موقعیت و ویژگی‌های چاه SP-A در میدان پارس جنوبی

چاه SP-A بر روی کوهانک شمالی بین چاه‌های SP-1 و SP-2 منطبق بر خط ژئوفیزیکی 88P G5 Y11 قرار دارد. موقعیت جغرافیایی آن بین طول خاوری ۴' و ۵۲° و عرض شمالی ۴۳' و ۲۶° واقع است. ارتفاع سکوی حفاری از سطح دریا ۲۷ متر و ژرفای آب ۶۷ متر و شامل دو حفاری یکی عمودی تا ژرفای ۱۵۷۲ متر تا سازند سورمه و دیگری افقی تا سازند داریان به ژرفای ۲۰۰۰ متر است. هدف از حفر این چاه، ارزیابی ذخیره هیدروکربوری سازندهای گروه‌های بنگستان و خامی برای به‌دست آوردن اطلاعات دقیق و کامل مخزنی شامل نوع سیال، سطوح تماس سیال‌ها، کیفیت سنگ مخزن در افق‌های مختلف و تعیین میزان بهره‌دهی سازندهای اصلی نفت‌ده گروه بنگستان و خامی به‌وسیله حفاری افقی است (شرکت نفت و گاز پارس، ۱۳۸۹).

## ۵- سازند گدوان

نام این سازند از کوه گدوان در ناحیه فارس، محل برداشت نمونه انتخاب شده است. مختصات محل برش الگو "۵۱° ۳۷' ۲۹° عرض شمالی و "۱۲' ۵۷' ۲۵° طول خاوری است. از نظر ترکیب سنگی شامل مارن یا شیل است که در بین آن لایه‌هایی از آهک رسی به رنگ خاکستری تیره دیده می‌شود. ستبرای آن در حدود ۱۲۰ متر است. بر اساس فسیل‌های موجود، سن سازند گدوان نئوکومین بالایی تا آپسین تعیین شده است (درویش‌زاده، ۱۳۸۲؛ خسرو تهرانی، ۱۳۸۶؛ کلاتری، ۱۳۷۱؛ اشکان، ۱۳۸۳).

اهمیت اقتصادی، منابع نفت و گاز و هزینه‌های زیاد مطالعات اکتشافی باعث شده است تا پژوهشگران، به دنبال روش‌های جدید و کم‌هزینه برای اکتشاف منابع هیدروکربنی باشند. با توجه به تأثیراتی که نمودارهای درون‌چاهی در ارتباط با منابع هیدروکربنی از خود نشان می‌دهند، ارائه روش‌های مختلف در ارتباط با به‌کارگیری نمودارها، برای بررسی سنگ منشأ مورد توجه پژوهشگران قرار گرفته است که منجر به ابداع روش‌های مختلف در ارتباط با ارزیابی هیدروکربن از نمودارهای درون‌چاهی شده است. استفاده از روش  $\Delta\text{LogR}$  که اولین بار توسط Passey et al. (1990) ابداع گردیده است، می‌تواند برای تعیین مناطق غنی از مواد آلی که تنها نیاز به نمودارهای درون‌چاهی (تخلخل و مقاومت ویژه) و داده‌های اولیه در مورد نوع و درجه بلوغ کروژن دارد، هزینه‌ها و زمان مربوط به این مطالعات را تا حد قابل ملاحظه‌ای کاهش دهد و زمین‌شناسان را در تعیین سنگ‌های منشأ مؤثر و در نهایت، تعیین مراکز تجمع هیدروکربنی راهنمایی کند.

## ۲- هدف پژوهش

- تعیین توان هیدروکربن‌زایی سازند گدوان براساس نمودارهای پتروفیزیکی.
- تعیین نوع هیدروکربن تولید شده براساس مقادیر  $\Delta\text{LogR}$  در سازند گدوان.
- بررسی روش  $\Delta\text{LogR}$  برای تعیین مقدار TOC و کاربردی‌بودن این روش در کارهای اکتشافی و همخوانی این روش با روش‌های آزمایشگاهی.

## ۳- موقعیت جغرافیایی میدان پارس جنوبی

میدان گازی پارس جنوبی، بزرگ‌ترین میدان گازی جهان، در آب‌های خلیج فارس بر روی خط مرزی مشترک ایران و قطر به فاصله ۱۰۰ کیلومتری از بندر عسلویه در ساحل جنوبی ایران، ۱۰۵ کیلومتری شمال خاوری شبه جزیره قطر و ۳۳۰ کیلومتری شمال باختری دبی واقع شده است. میدان پارس جنوبی در سال ۱۹۹۰ میلادی با حفر

## ۶- سازند گدوان در چاه SP-A میدان پارس جنوبی

سازند گدوان در چاه SP-A منطقه پارس جنوبی از ژرفای ۱۱۸۱ متر تا ۱۲۵۲ متر قرار دارد. سازند گدوان در میدان پارس جنوبی شامل سه بخش است که به ترتیب شامل گدوان بالایی به ستبرای ۲۰ متر، بخش خلیج به ستبرای ۱۵ متر و گدوان زیرین به ستبرای ۳۶ متر است. سازند گدوان بالایی و گدوان زیرین در چاه SP-A شامل تناوبی از لایه‌های شیل خاکستری آهکی، سیلتی نرم تا نیمه سخت، مارن‌های خاکستری نرم چسبنده و سنگ آهک‌های کرم تا خاکی ریزدانه، مادستون با بلورهای منفرد دولومیت رسی و پیریتی با خال‌های سیاه رنگ و بخش خلیج شامل آهک و در برخی نقاط دولومیتی شده است. گفنتی است که چاه SP-A به دلیل داشتن مغزه، برای بررسی انتخاب شده است. شکل ۲ تصویری نمادین از چاه حفاری شده SP-A است (شرکت نفت و گاز پارس، ۱۳۸۹).

## ۷- ارزیابی توان هیدروکربن‌زایی سنگ منشأ با استفاده از نمودارهای درون‌چاهی

پژوهشگران روش‌های بسیاری را با توجه به نمودارهای درون‌چاهی ابداع نمودند و با استفاده از آن به ارزیابی سنگ‌ها پرداخته‌اند؛ در اینجا به مجموعه‌ای از این کارها اشاره می‌شود:

- روش (Meyr & Nederlof (1984 که شامل تفکیک سنگ‌های منشأ از غیر منشأ با استفاده از نمودارهای متقاطع چگالی - مقاومت ویژه استاندارد و زمان عبور صوت - مقاومت ویژه استاندارد و طبقه‌بندی سنگ‌ها از نظر منشأ و با استفاده از مقدار D است.  
- روش تعیین مقدار TOC با استفاده از نمودار چگالی از روش (Schmoker & Hester (1983 است.

- ارزیابی توان هیدروکربن‌زایی با استفاده از روش  $\Delta \text{LogR}$  توسط (Passey et al. (1990

(Meyr & Nederlof (1984 روشی را ارائه کردند که در آن، از ترکیب نمودارهای مقاومت ویژه، چگالی و صوتی استفاده شده بود. با این وجود در روش آنها بدون اینکه کوششی برای تعیین مقدار غنی‌شدگی آلی از ترکیب این نمودارهای درون‌چاهی صورت گیرد، بین سنگ‌های منشأ و غیر منشأ تفاوت می‌گذارد (شکل‌های ۳ و ۴).  
در روش آنها از یک نمودار متقاطع مقاومت ویژه - چگالی و یا از یک نمودار متقاطع مقاومت ویژه - زمان عبور صوت استفاده می‌شود. داده‌های با مقاومت ویژه یا زمان عبور صوت نسبتاً بالا و یا چگالی ظاهری پایین، یک سنگ منشأ احتمالی را نشان می‌دهند، در غیر این صورت احتمالاً سنگ، فقیر از ماده آلی است (Aly et al., 2003).

(Meyr & Nederlof (1984 یک روش آماری که نشان‌دهنده عملکرد سنگ منشأ است، تعریف می‌کنند. ویژگی‌های اصلی این تابع، فاصله آن بین رده اول و رده دوم است، که در زیر نمایش داده شده است؛ اساس روش بر تعیین مقادیر اتفاقی Y در هر مشاهده خواهد بود:

$$1 - Y = N2 / N1 + N2 \dots\dots\dots \text{برای کلاس ۱}$$

$$2 - Y = -N1 / N1 - N2 \dots\dots\dots \text{برای کلاس ۲}$$

N1 و N2 به ترتیب سنگ منشأ و سنگ غیر منشأ را نشان می‌دهند (Aly et al., 2003).

معادله زیر برای فاصله‌های سنگ آهک توسط (Meyr & Nederlof (1984 بیان شده است:

در مورد صوتی / مقاومت ویژه

$$D = -7.335 + 3.41 * \log_{10} \Delta T + 0.453 * \log_{10} R75 \quad (1)$$

در مورد چگالی / مقاومت ویژه

$$D = 2.512 - 7.92 * \log_{10} \rho + 0.339 * \log_{10} R75 \quad (2)$$

معادله به کار رفته در شیل‌ها:

$$D = -6.906 + 3.186 * \log_{10} \Delta T + 0.487 * \log_{10} R75 \quad (3)$$

$$D = 2.278 - 7.324 * \log_{10} \rho + 0.387 * \log_{10} R75 \quad (4)$$

اگر D مثبت باشد، یک سنگ منشأ احتمالی و اگر منفی باشد، سنگ احتمالاً فقیر است. اگر D برابر با صفر باشد، حالت غیر مشخص باقی می‌ماند (Meyr & Nederlof, 1984).

در اینجا R75 مقاومت ویژه در دمای ۷۵ درجه فارینهایت است. مقاومت ویژه در یک دمای استاندارد (۷۵ درجه فارینهایت یا ۲۵ درجه سانتی‌گراد) محاسبه می‌شود. این محاسبه با فرمول Arps انجام می‌شود (Aly et al., 2003):

$$R_{75} = R_i * (T + 7) / 82 \quad \text{یا} \quad R_{75} = R_{75} * 82 / (T + 7) \quad (5)$$

که در آن، T دمای سازند (به فارینهایت) در ژرفای مربوط است. این دما از شیب (gradient) محاسبه شده درجه حرارت‌های انتهای چاه، در حین اجرای نمودارگیری‌های گوناگون به دست می‌آید (Abou Shagar, 2006).

## ۸- روش (Schmoker & Hester (1983

(Schmoker & Hester (1983 با استفاده از نمودار درون‌چاهی چگالی برای تعیین کربن ماده آلی در شیل باکن متوجه شدند که حضور کانی‌های سنگین روی پاسخ نمودار تأثیر زیادی دارد. بنابراین تصحیحی را برای پیریت، بر اساس رابطه خطی بین پیریت و ماده آلی لازم دانستند (Schmoker & Hester, 1983; Aly et al., 2003).

بر اساس اطلاعات یاد شده در مورد حضور پیریت، (Schmoker & Hester (1983 به بررسی در مورد چهار سیستم سازنده که شامل رفتار پیریت بود، پرداختند. حضور پیریت در سه جزء زمینه (ماتریکس) سنگ (m)، خلل و فرج (i) و مواد آلی (O) بررسی شده است. نمودار چگالی سازند تابع چگالی‌ها و حجم شکستگی‌ها می‌باشد که به صورت زیر بیان شده است:

$$\rho = \rho_o + \rho_i \pi_i + (1 - (\rho_o + \rho_i)) \rho_m \quad (6)$$

در این معادله  $\rho$  چگالی حاصل از نمودار،  $\rho_o$  چگالی مواد آلی و  $1/\rho_i$  تقریباً  $1 \text{ gm/C.c}$  است.

با توجه به تخلخل ثابت زمینه (ماتریکس) سنگ و  $\rho_m$  می‌توان متغیرهای دیگر را تغییر داد که گفته می‌شود میانگین حجم وزنی دانه و چگالی فقیر سیال ( $\rho_{mi}$ ) در این مورد از معادله ۶ گرفته شده است:

$$\rho = \rho_o \rho_o + (1 - \rho_o) \rho_{mi} \quad (7)$$

$$\rho_o = (\rho - \rho_{mi}) / (\rho_o - \rho_{mi}) \quad (8)$$

% Wt کربن آلی (TOC) در ارتباط با حجم کسری مواد آلی ( $\rho_o$ ) به وسیله معادله زیر به دست آمده است:

$$\% \text{ TOC} = (\rho_o \rho_o / \rho_o) * 100 = ((\rho - \rho_{mi}) / (\rho_o - \rho_{mi})) \rho_o / \rho_o \quad (9)$$

معادله تعیین مقدار TOC با استفاده از نمودار درون‌چاهی چگالی توسط (Schmoker & Hester (1989 ارائه شد:

$$\text{TOC} = (154.497/\rho) - 57.261 \quad (10)$$

## ۹- روش $\Delta \text{logR}$ پیش‌بینی غنی‌شدگی آلی

این روش در اوایل سال ۱۹۹۰ شروع و آزمایش شد. پس از آن این روش در خیلی از میداین نفت و گاز مشهور جهان به کار برده شده است (Aly et al., 2003). اساس این روش از برهم‌نهی نمودارهای درون‌چاهی مقاومت ویژه با نمودارهای درون‌چاهی تخلخل شامل نمودارهای نوترون، چگالی، صوتی است. نقاطی که بیشترین همبوشانی (برهم‌نهی) را دارند به‌عنوان خط مبنا و نقاطی که در آن جدایش رخ داده است به‌عنوان  $\Delta \text{logR}$  (بخش فقیر از مواد آلی را در یک سازند مشخص خط مبنا و

سازند گدوان در چاه SP-A در محدوده نابالغ تا اوایل بلوغ قرار دارد و مقدار LOM آن می‌تواند بین ۶ تا ۷ باشد. بدین ترتیب مقدار TOC با مقادیر LOM ۶/۵ و ۷ برای سازند گدوان تعیین شده است (جدول ۱).

همان‌گونه که در جدول ۱ دیده می‌شود، نقاطی که مقدار  $\Delta\text{LogR}$  در آنها صفر یا منفی باشد حذف می‌شوند و برای مقادیر مثبت، مقدار TOC آن محاسبه می‌شود.

### ۱۲- تعیین نوع هیدروکربن و تعیین توان هیدروکربن‌زایی

با توجه به مقدارهای جدول ۲ می‌توان نوع هیدروکربن و توان هیدروکربن‌زایی را تعیین کرد (رضایی، ۱۳۸۰؛ کمالی و شایسته، ۱۳۸۷؛ کمالی و قربانی، ۱۳۸۵).

جدول‌های ۳ و ۴ مقادیر TOC، S2، HI و همچنین نوع هیدروکربن تولیدی با استفاده از روش  $\Delta\text{LogR}$  در سازند گدوان برای چاه SP-A را نشان می‌دهند.

جدول ۵ میانگین مقدارهای به‌دست آمده از جداول ۳ و ۴ است.

### ۱۳- تفسیر سازند گدوان با توجه به میانگین جدول

با توجه به مقادیر به‌دست آمده از میانگین جدول سازند گدوان یک سنگ منشأ ضعیف تا مناسب است که توان هیدروکربن‌زایی ضعیفی دارد و در صورت رسیدن به درجه بلوغ می‌تواند تولید گاز کند.

با توجه به نوع هیدروکربن تولیدشده از سازند گدوان که از نوع گازی است می‌توان چنین استنباط کرد که کروژن آن از نوع کروژن III است چون کروژن II در مراحل اولیه بلوغ، نفت و در مراحل بعدی با افزایش بلوغ، گاز تولید می‌کند اما کروژن نوع III یک کروژن گاززا است. با این فرض، محاسبات برای کروژن نوع III انجام می‌گیرد که در جدول ۶ برای LOM ۶/۵ تهیه شده است.

با توجه به نوع هیدروکربن که در جدول ۶ از کروژن نوع III به‌دست آمده است در برخی از ژرفاها نوع هیدروکربن تولیدشده از نوع نفت و گاز است و کروژن نوع III توانایی تولید نفت را ندارد و تنها هیدروکربنی که می‌تواند تولید کند از نوع گازی است. پس می‌توان چنین دریافت که کروژن سازند گدوان در میدان پارس جنوبی از نوع کروژن II است که به‌دلیل بالاآمدگی و حکم‌فرما بودن شرایط اکسیدان در منطقه، ویژگی‌های کروژن نوع III را کسب کرده است.

برای مقایسه مقادیر به‌دست آمده از روش  $\Delta\text{LogR}$ ، نمونه‌های مغزه‌های موجود از سازند گدوان انتخاب شده و مورد تجزیه پیرولیز را کاول قرار گرفته است (جدول ۷).

همان‌گونه که در جدول ۷ دیده می‌شود، مقادیر به‌دست آمده از روش  $\Delta\text{LogR}$  در بیشتر ژرفاها همخوانی خوبی با نمونه‌های تجزیه شده از روش پیرولیز را کاول دارد اما در دو ژرفای ۱۲۴۱ متر و ۱۲۴۳ متر انطباقی مشاهده نمی‌شود که علت آن می‌تواند به دلیل خطای انسانی و وجود بیتمون‌های جامد باقیمانده در سازند گدوان هنگام مهاجرت از این سازند باشد که باعث افزایش در مقدار TOC به‌دست آمده از روش  $\Delta\text{LogR}$  شده است.

### ۱۴- نتیجه‌گیری

- بر اساس مطالعات داده‌های چاه‌پیمایی و نتایج حاصل از روش  $\Delta\text{LogR}$ ، می‌توان دریافت که سازند گدوان در میدان پارس جنوبی به‌علت شرایط بلوغ توانایی تولید نفت و گاز ضعیفی دارد.

- نوع هیدروکربن تولیدشده از سازند گدوان با توجه به نتایج حاصل از روش  $\Delta\text{LogR}$ ، به شرط رسیدن به درجه بلوغ از نوع گازی خواهد بود.

- نوع کروژن موجود در سازند گدوان از نوع II است. اما به علت اکسیدان بودن محیط تشکیل در این سازند، کروژن نوع II ویژگی‌های کروژن نوع III را از خود نشان می‌دهد.

- نتایج حاصل از روش  $\Delta\text{LogR}$  تا حد زیادی با روش‌های آزمایشگاهی همخوانی

بخش دارای مواد آلی را در یک سازند مشخص  $\Delta\text{LogR}$  می‌گویند. در نظر می‌گیرند (Passey et al., 1990; Passey et al., 1998).

### ۹-۱. تعیین $\Delta\text{LogR}$ از برهم‌نهی نمودار مقاومت ویژه-نوترون (شکل ۵)

$$\Delta\text{LogR} = \text{Log10} (R / R_{\text{baseline}}) + 4.0(\theta N - \theta N_{\text{baseline}}) \quad (11)$$

R = مقدار مقاومت ویژه نمودار

$R_{\text{baseline}}$  = مقدار مقاومت ویژه خط مبنا

$\theta N$  = مقدار نوترون نمودار

$\theta N_{\text{baseline}}$  = مقدار نوترون خط مبنا

### ۹-۲. تعیین $\Delta\text{LogR}$ از برهم‌نهی نمودار مقاومت ویژه-چگالی (شکل ۶)

$$\Delta\text{LogR} = \text{Log10} (R / R_{\text{baseline}}) - 2.5(\rho_b - \rho_{\text{baseline}}) \quad (12)$$

R = مقدار مقاومت ویژه نمودار

$R_{\text{baseline}}$  = مقدار مقاومت ویژه خط مبنا

$\rho_b$  = مقدار چگالی نمودار

$\rho_{\text{baseline}}$  = مقدار چگالی خط مبنا

### ۹-۳. تعیین $\Delta\text{LogR}$ از برهم‌نهی نمودار مقاومت ویژه-صوتی (شکل ۷)

$$\Delta\text{LogR} = \text{Log10} (R / R_{\text{baseline}}) + 0.02(\Delta t - \Delta t_{\text{baseline}}) \quad (13)$$

R = مقدار مقاومت ویژه نمودار

$R_{\text{baseline}}$  = مقدار مقاومت ویژه خط مبنا

$\Delta t$  = مقدار زمان عبور صوت نمودار

$\Delta t_{\text{baseline}}$  = مقدار زمان عبور صوت خط مبنا

با محاسبه مقدار  $\Delta\text{LogR}$  و تعیین مقدار سطح درجه دگرگونی (LOM)، می‌توان مقدار TOC را به‌صورت زیر محاسبه کرد (Passey et al., 1990):

$$\text{TOC} = \Delta\text{LogR} * 10^{(2.297 - 0.1688 * \text{LOM})} \quad (14)$$

TOC = مجموع مواد آلی

$\Delta\text{LogR}$  = بخش دارای مواد آلی در یک سازند مشخص را می‌گویند.

LOM = سطح دگرگونی آلی

### ۱۰- تعیین مقدار S2

با اطلاع از نوع کروژن می‌توان S2 را از نمودار S2 در برابر TOC استفاده از  $\Delta\text{LogR}$  تعیین کرد (Passey et al., 1990) (شکل‌های ۸ و ۹).

### ۱۱- ارزیابی توان هیدروکربن‌زایی سازند گدوان در چاه SP-A میدان پارس جنوبی با استفاده از روش $\Delta\text{LogR}$

یادآوری: چاه SP-A به‌علت داشتن مغزه با استفاده از روش  $\Delta\text{LogR}$  مورد ارزیابی قرار گرفته است.

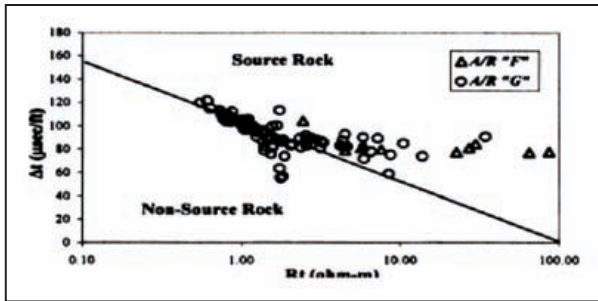
برای ارزیابی سازند گدوان در چاه SP-A از دو نمودار مقاومت ویژه-صوتی استفاده شده است چون کمترین تأثیر دیواره چاه و کمترین خطا را در نمودارهای صوتی داریم (شکل ۱۰).

در شکل ۱۰ نمودار مقیاس‌بندی‌شده مقاومت ویژه-زمان عبور صوت سازند گدوان رسم شده است. بخشی که بیشترین همپوشانی را دارد به‌عنوان خط مبنا در نظر گرفته می‌شود که برای مقاومت ویژه برابر ۱/۴۷ اهم متر و برای زمان عبور صوت ۹۱/۷۶ میکروثانیه بر فوت است.

با جایگزینی مقدار عدد خط مبنا در فرمول  $\Delta\text{LogR}$  مقدار  $\Delta\text{LogR}$  محاسبه می‌شود و برای تعیین TOC نیاز به تعیین LOM است. مقدار Tmax به‌دست آمده از دو چاه SP2 و SP3 که از سازند گدوان با استفاده از روش پیرولیز را کاول تعیین شده است، به ترتیب ۴۲۶ و ۴۲۱ درجه سانتی‌گراد و درجه حرارت سازند گدوان در چاه SP-A برابر ۵۸ تا ۶۱ درجه است. در این صورت می‌توان چنین استنباط کرد که

– اختلاف مشاهده شده بین اعداد به دست آمده از روش  $\Delta\text{LogR}$  و نتایج حاصل از روش آزمایشگاهی می‌تواند در ارتباط با خطای انسانی، شرایط نگهداری نمونه‌ها، نبود همخوانی بین مغزه و نمودارهای درون‌چاهی و وجود بی‌تومن‌های جامد باقیمانده که در طی مهاجرت در سازند گدوان به دام افتاده‌اند دانست.

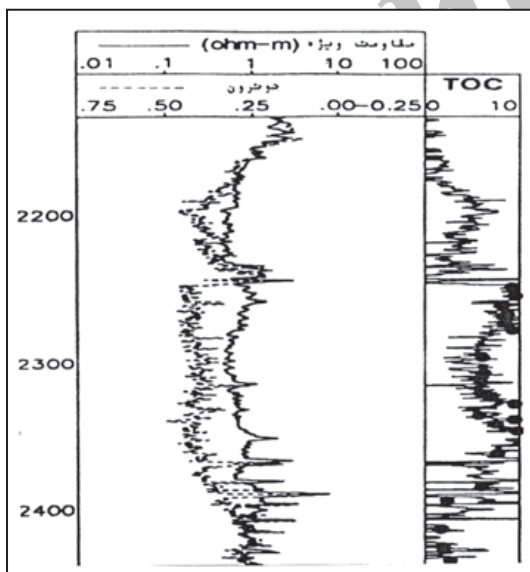
دارد، اما به علت تفاوت اعداد حاصل از نمودار  $\Delta\text{LogR}$  با روش راک‌اول، نمی‌توان مقدار واقعی TOC را در سازندها با استفاده از روش  $\Delta\text{LogR}$  به‌طور قطع تعیین کرد. – با استفاده از روش  $\Delta\text{LogR}$  می‌توان مقدار TOC، نوع هیدروکربن تولید شده و همچنین توان تولید هیدروکربن را به‌صورت کلی (میانگین) در انواع سازندها تعیین و پیش‌بینی کرد.



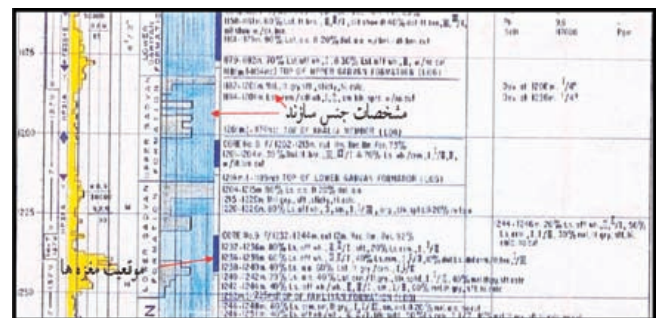
شکل ۴- اطلاعات سنگ منشأ از کراس پلات نمودار درون‌چاهی زمان عبور صوت- مقاومت ویژه در چاه ۱- وادی رایان نقاط زیر خط مربوط به سنگ غیرمنشأ و نقاط بالای خط مربوط به سنگ منشأ است (Mayer & Nederlof, 1984).



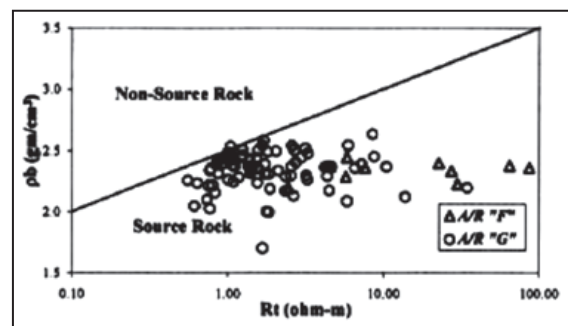
شکل ۱- موقعیت جغرافیایی لایه نفتی و گازی در میدان پارس جنوبی (شرکت نفت و گاز پارس، ۱۳۸۹).



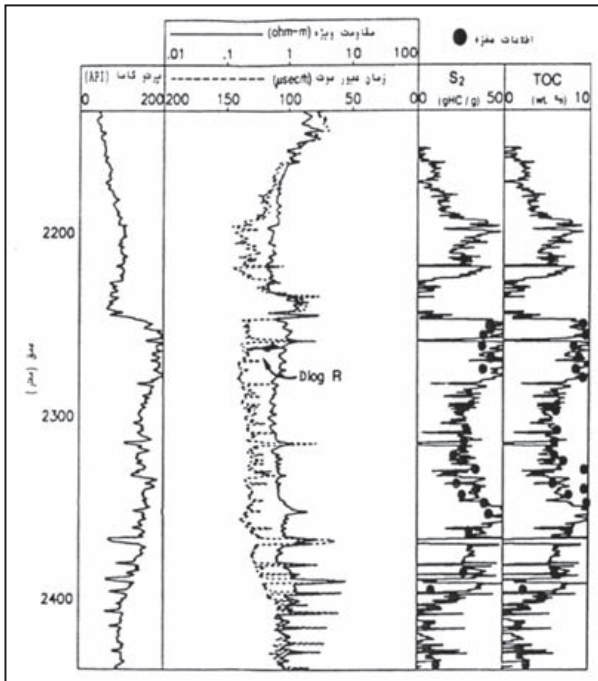
شکل ۵- برهم‌نهی نمودار نوترون- مقاومت ویژه (Passey et al., 1990).



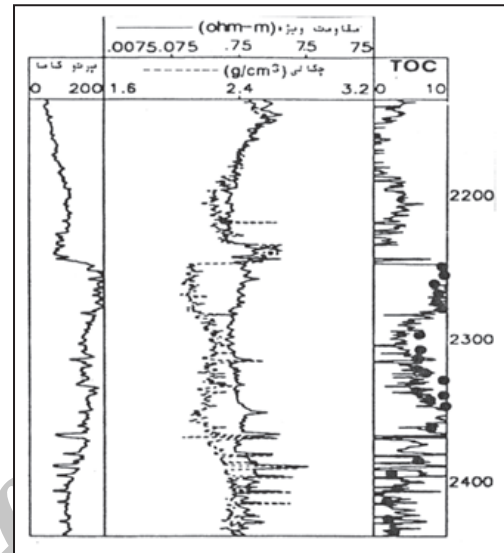
شکل ۲- تصویری نمادین از چاه حفاری شده SP-A همراه با اطلاعات سرچاهی که شامل جنس سازندها و ژرفای مغزه‌های تهیه شده است (شرکت نفت و گاز پارس، ۱۳۸۹).



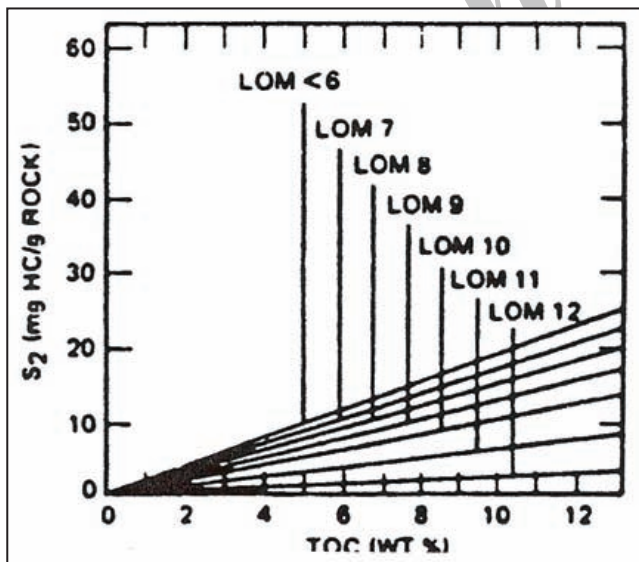
شکل ۳- اطلاعات سنگ منشأ از کراس پلات نمودار درون‌چاهی چگالی- مقاومت ویژه در چاه ۱- وادی رایان نقاط زیر خط مربوط به سنگ منشأ و نقاط بالای خط مربوط به سنگ‌های غیرمنشأ است (Mayer & Nederlof, 1984).



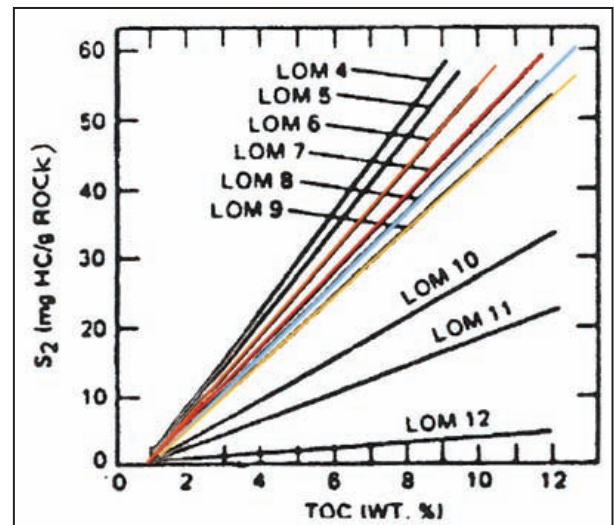
شکل ۷- برهم نهی نمودار درون چاهی مقاومت ویژه- صوتی (Passey et al., 1990).



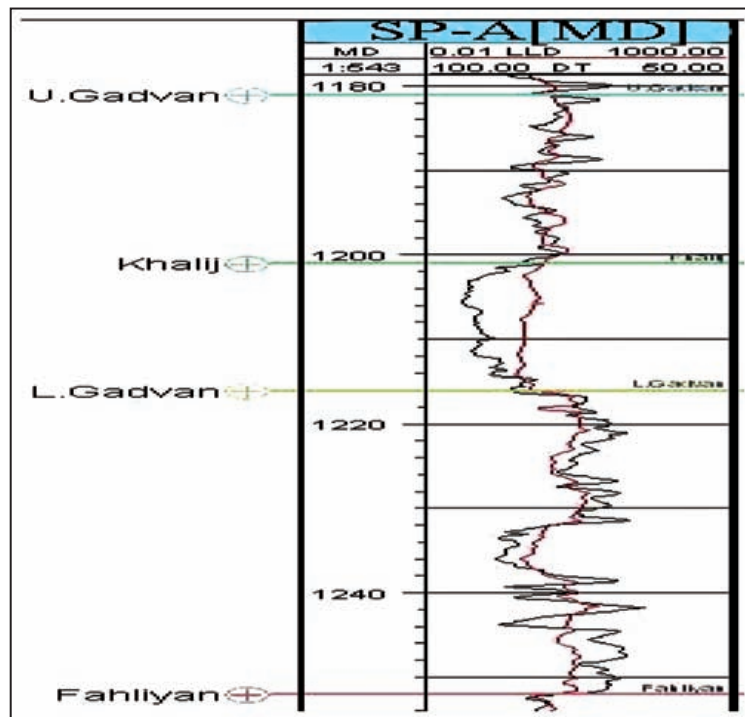
شکل ۸- برهم نهی نمودار چگالی- مقاومت ویژه (Passey et al., 1990).



شکل ۹- نمودار S2 در مقابل TOC با استفاده از LOM برای کروژن نوع III (Passey et al., 1990).



شکل ۱۰- نمودار S2 در مقابل TOC با استفاده از LOM برای کروژن نوع II (Passey et al., 1990).



شکل ۱۰- برهم‌نهی نمودار درون‌چاهی مقاومت ویژه- زمان عبور صوت سازند گدوان، چاه SP-A میدان پارس جنوبی.

جدول ۱- نمونه‌ای از محاسبات با استفاده از روش  $\Delta \log R$  برای سازند گدوان در چاه SP-A، میدان پارس جنوبی.

ژرفا (فوت)	ژرفا (فوت)	درجه حرارت فارنهایت	$\Delta t$	Rt	Rt 75	$\Delta \log R$	TOC 7	TOC	TOC 6.5	TOC
۱۱۸۲/۳	۳۸۷۶/۶	۱۳۷/۹	۷۳/۹	۱/۸	۳/۲	-۰/۰	-۰/۱		-۰/۱	
۱۱۸۲/۳	۳۸۷۶/۷	۱۳۷/۹	۷۳/۹	۱/۸	۳/۳	-۰/۰	-۰/۰		-۰/۰	
۱۱۸۲/۴	۳۸۷۶/۷	۱۳۷/۹	۷۳/۸	۱/۹	۳/۳	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰
۱۱۸۲/۴	۳۸۷۶/۸	۱۳۷/۹	۷۳/۷	۱/۹	۳/۴	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۱	۰/۱
۱۱۸۲/۴	۳۸۷۶/۹	۱۳۷/۹	۷۳/۶	۱/۹	۳/۵	۰/۰	۰/۱	۰/۱	۰/۲	۰/۲

جدول ۲- ارزیابی توان هیدروکربن‌زایی و تشخیص نوع هیدروکربن (رضایی، ۱۳۸۰؛ کمالی و قربانی، ۱۳۸۵)

HI	نوع هیدروکربن	S2	توان هیدروکربن‌زایی
۱۵۰ - ۰	گاز	۲/۵ - ۰	ضعیف
۳۰۰ - ۱۵۰	نفت و گاز	۵ - ۲/۵	مناسب
بیش از ۳۰۰	نفت	۱۰ - ۵	خوب
		بیش از ۱۰	خیلی خوب

جدول ۳- مقادیر به دست آمده برای کروژن نوع II و  $LOM = 7$ ، سازند گدوان در چاه SP-A میدان پارس جنوبی.

جدول ۴- مقادیر به دست آمده برای کروژن نوع II و  $LOM = 6.5$  سازند گدوان در چاه SP-A میدان پارس جنوبی.

چاه	ژرفا (متر)	TOC	S2	HI	نوع هیدروکربن
SP - A	۱۱۸۲/۷-۱۱۸۲/۴	۰/۲	۰/۲	۷۱/۴	گاز
SP - A	۱۱۸۵/۱-۱۱۸۲/۹	۱/۰	۳	۲۸۳/۰	گاز، نفت
SP - A	۱۱۹۱/۸-۱۱۹۱/۴	۰/۷	۰/۵	۷۸/۵	گاز
SP - A	۱۱۹۶/۴-۱۱۹۵/۴	۰/۹	۰/۶	۶۳/۲	گاز
SP - A	۱۱۹۹/۷-۱۱۹۹/۱	۰/۷	۰/۵	۷۶/۳	گاز
SP - A	۱۲۰۵/۷	۰/۰	-	-	-
SP - A	۱۲۱۶/۸-۱۲۱۶/۴	۰/۸	۰/۵	۶۸/۶	گاز
SP - A	۱۲۱۷/۸-۱۲۱۷/۲	۱/۳	۲/۶	۱۹۴/۸	گاز، نفت
SP - A	۱۲۲۱/۰-۱۲۱۸/۴	۱/۵	۲/۹	۱۸۴/۷	گاز، نفت
SP - A	۱۲۲۳/۰-۱۲۲۲/۵	۰/۱	۰/۱	۱۴۵/۴	گاز
SP - A	۱۲۲۶/۹-۱۲۲۶/۷	۰/۳	۰/۳	۱۰۲/۹	گاز
SP - A	۱۲۳۱/۰-۱۲۲۷/۲	۱/۶	۳/۵	۲۱۰/۸	گاز، نفت
SP - A	۱۲۳۱/۶-۱۲۳۱/۳	۰/۴	۰/۳	۷۵	گاز
SP - A	۱۲۴۰/۲-۱۲۳۸/۶	۱/۴	۲/۷	۱۸۱/۲	گاز، نفت
SP - A	۱۲۴۴/۴-۱۲۴۰/۴	۲/۰	۶	۲۹۷/۰	گاز، نفت
SP - A	۱۲۴۷/۹-۱۲۴۷/۳	۰/۴	۰/۳	۵۲/۳	گاز
SP - A	۱۲۴۸/۸-۱۲۴۸/۰	۰/۶	۰/۴	۶۶/۱	گاز
SP - A	۱۲۵۰/۱-۱۲۵۰/۰	۰/۰	-	-	-
SP - A	۱۲۵۱/۶-۱۲۵۱/۰	۰/۵	۰/۳	۷۶	گاز

چاه	ژرفا (متر)	TOC	S2	HI	نوع هیدروکربن
SP - A	۱۱۸۲/۷-۱۱۸۲/۴	۰/۳	۰/۳	۱۰۶/۰	گاز
SP - A	۱۱۸۵/۱-۱۱۸۲/۹	۱/۲	۱/۲	۹۶/۸	گاز
SP - A	۱۱۹۱/۸-۱۱۹۱/۴	۰/۸	۰/۵	۶۸/۲	گاز
SP - A	۱۱۹۶/۴-۱۱۹۵/۴	۱/۱	۱/۱	۹۲/۴	گاز
SP - A	۱۱۹۹/۷-۱۱۹۹/۱	۰/۸	۰/۵	۶۷/۰	گاز
SP - A	۱۲۰۵/۷	۰/۰	-	-	-
SP - A	۱۲۱۶/۸-۱۲۱۶/۴	۱/۰	۱	۹۶/۱	گاز
SP - A	۱۲۱۷/۸-۱۲۱۷/۲	۱/۶	۳/۶	۲۲۱/۲	گاز، نفت
SP - A	۱۲۲۱/۰-۱۲۱۸/۴	۱/۹	۵/۴	۲۸۲/۷	گاز، نفت
SP - A	۱۲۲۳/۰-۱۲۲۲/۵	۰/۱	۰/۱	۱۲۳/۰	گاز
SP - A	۱۲۲۶/۹-۱۲۲۶/۷	۰/۴	۰/۳	۷۳/۱	گاز
SP - A	۱۲۳۱/۰-۱۲۲۷/۲	۲/۰	۵	۲۴۷/۵	گاز، نفت
SP - A	۱۲۳۱/۶-۱۲۳۱/۳	۰/۵	۰/۳	۶۷/۲	گاز
SP - A	۱۲۴۰/۲-۱۲۳۸/۶	۱/۸	۴/۷	۲۵۶/۸	گاز، نفت
SP - A	۱۲۴۴/۴-۱۲۴۰/۴	۲/۴	۸	۳۲۵/۲	نفت
SP - A	۱۲۴۷/۹-۱۲۴۷/۳	۰/۵	۰/۳	۷۴/۵	گاز
SP - A	۱۲۴۸/۸-۱۲۴۸/۰	۰/۸	۰/۵	۶۹/۵	گاز
SP - A	۱۲۵۰/۱-۱۲۵۰/۰	۰/۰	-	-	-
SP - A	۱۲۵۱/۶-۱۲۵۱/۰	۰/۶	۰/۴	۷۰	گاز

جدول ۵- میانگین مقادیر TOC، S2، HI و نوع هیدروکربن تولید شده از سازند گدوان در چاه SP-A میدان پارس جنوبی.

چاه	ژرفا (متر)	TOC	S2	HI	نوع هیدروکربن
SP - A	میانگین جدول LOM 7	۰/۸	۰/۵	۷۰	گاز
SP - A	میانگین جدول LOM 6.5	۰/۹	۰/۹	۹۲/۷	گاز

جدول ۶- مقادیر به دست آمده برای کروژن نوع III و  $LOM = 6.5$ ، سازند گدوان در چاه SP-A میدان پارس جنوبی.

چاه	ژرفا (متر)	TOC	S2	HI	نوع هیدروکربن
SP - A	۱۲۲۶/۹-۱۲۲۶/۷	۰/۴	۰/۵	۱۲۱/۹	گاز
SP - A	۱۲۳۱/۰-۱۲۲۷/۲	۲/۰	۳/۱	۱۵۳/۴	گاز، نفت
SP - A	۱۲۳۱/۶-۱۲۳۱/۳	۰/۵	۰/۶	۱۰۸/۶	گاز
SP - A	۱۲۴۰/۲-۱۲۳۸/۶	۱/۸	۲/۶	۱۴۲/۰	گاز
SP - A	۱۲۴۴/۴-۱۲۴۰/۴	۲/۴	۳/۷	۱۵۲/۴	گاز، نفت
SP - A	۱۲۴۷/۹-۱۲۴۷/۳	۰/۵	۰/۶	۱۲۳/۵	گاز
SP - A	۱۲۴۸/۸-۱۲۴۸/۰	۰/۸	۱/۲	۱۴۸/۷	گاز
SP - A	۱۲۵۰/۱-۱۲۵۰/۰	۰/۰	-	-	-
SP - A	۱۲۵۱/۶-۱۲۵۱/۰	۰/۶	۰/۶	۱۰۶	گاز

چاه	ژرفا (متر)	TOC	S2	HI	نوع هیدروکربن
SP - A	۱۱۸۲/۷-۱۱۸۲/۴	۰/۳	۰/۳	۱۰۶/۶	گاز
SP - A	۱۱۸۵/۱-۱۱۸۲/۹	۱/۲	۱/۴	۱۱۲/۴	گاز
SP - A	۱۱۹۱/۸-۱۱۹۱/۴	۰/۸	۱/۲	۱۴۷/۰	گاز
SP - A	۱۱۹۶/۴-۱۱۹۵/۴	۱/۱	۱/۲	۱۰۶/۷	گاز
SP - A	۱۱۹۹/۷-۱۱۹۹/۱	۰/۸	۱/۲	۱۳۹/۷	گاز
SP - A	۱۲۰۵/۷	۰/۰	-	-	-
SP - A	۱۲۱۶/۸-۱۲۱۶/۴	۱/۰	۱/۲	۱۲۰/۱	گاز
SP - A	۱۲۱۷/۸-۱۲۱۷/۲	۱/۶	۲/۵	۱۵۴/۵	گاز، نفت
SP - A	۱۲۲۱/۰-۱۲۱۸/۴	۱/۹	۳	۱۵۷/۰	گاز، نفت
SP - A	۱۲۲۳/۰-۱۲۲۲/۵	۰/۱	۰/۱	۱۱۵/۳	گاز

جدول ۷- مقادیر به‌دست آمده از نمونه‌های تجزیه‌شده از روش پیرولیز راکتاول و مقادیر به‌دست آمده TOC در همان ژرفا با روش  $\Delta\text{LogR}$  برای سازند گدوان در چاه SP-A میدان پارس جنوبی.

ژرفای نمونه (متر)	S1	S2	S3	Tmax	HI	OI	TPI	TOC <sub>R-EP</sub>	TOC <sub>AlogR</sub>	
									۶/۵	۷
۱۲۳۱/۵	۱/۷	۱/۵	۰/۴	۴۱۷	۳۰۸	۹۶	۰/۵	۰/۵	۰/۴	۰/۵
۱۲۴۰	۰/۲	۰/۱	۰/۲	۴۲۶	۱۱۳	۲۲۳	۰/۶	۰/۱	۰/۲	۰/۱
۱۲۴۱/۵	۰/۱	۰/۳	۰/۸	۴۱۶	۷۳	۱۹۵	۰/۲	۰/۴	۴/۶	۳/۸
۱۲۴۳	۰/۳	۰/۸	۰/۹	۴۳۱	۱۶۵	۱۹۴	۰/۳	۰/۴	۲/۵	۲/۰
۱۲۳۸/۷	۰/۲	۰/۴	۰/۶	۴۲۴	۱۲۰	۱۶۲	۰/۲	۰/۴	۰/۴	۰/۳
۱۲۳۹/۰	۰/۲	۰/۵	۰/۸	۴۱۷	۱۱۱	۱۸۴	۰/۳	۰/۴	۰/۶	۰/۵
۱۲۴۰/۴	۰/۳	۰/۷	۰/۶	۴۲۱	۱۹۲	۱۶۲	۰/۳	۰/۴	۰/۴	۰/۳
۱۲۴۲/۲	۰/۳	۰/۳	۱/۰	۴۲۱	۱۵۲	۴۰۴	۰/۴	۰/۲	۱/۰	۰/۸

### کتابنگاری

اشکان، ع. م.، ۱۳۸۳- اصول مطالعات ژئوشیمیایی با نگرش ویژه به حوضه رسوبی زاگرس، شرکت ملی نفت.  
اطلاعات داده شده از شرکت نفت و گاز پارس، ۱۳۸۹  
خسروتهرانی، خ.، ۱۳۸۶- چینه‌شناسی ایران، انتشارات دانشگاه تهران.  
درویش‌زاده، ع.، ۱۳۸۲- زمین‌شناسی ایران، انتشارات امیرکبیر.  
رضایی، م. ر.، ۱۳۸۰- زمین‌شناسی نفت، تهران، انتشارات علوی.  
کلانتری، ن.، ۱۳۷۱- میکروفسیل‌های زاگرس، انتشارات شرکت نفت ایران.  
کمالی، م. ر.، شایسته، م.، ۱۳۸۷- مبانی ژئوشیمی در اکتشاف نفت، انتشارات پژوهشگاه صنعت نفت.  
کمالی، م. ر.، قربانی، ب.، ۱۳۸۵- ژئوشیمی آلی از فیتوپلانکتون‌ها تا تولید نفت، انتشارات آراین زمین.

### References

- Abou Shagar, S., 2006- "source rock evaluation of some intervals in the gulf of Suez area, EGYPT" EGYPTIAN JOURNAL
- Aly, H., Nasser S. A., Abou Ashour, M. Al, and El-Gezeiry, M., M. H. M., 2003- "resistivity, radioactivity and porosity logs as tools to evaluate the organic content of Aburoash "F" and "G" members, north western desert, Egypt" EGS JOURNAL
- Meyr, B. & Nederlof, M., 1984- " identification of source rocks on wireline logs by density/resistivity and sonic transite time/resistivity cross plots" AAPG
- Passey, Q., Creaney, J., Kulla, F., Moretti, F. & Stroud, J., 1998- " Well log evaluation of organic-rich rocks, 14th International Meeting on Organic Geochemistry" AAPG
- Passey, Q., Creaney, J., Kulla, F., Moretti, F. & Stroud, J., 1990- "A practical model for organic richness from porosity and resistivity logs" AAPG
- Schmoker, J. & Hester, T., 1983- "Organic carbon in Bakken Formation.U.S. Portion of Williston Basin" AAPG
- Schmoker, J. & Hester, T., 1989- "Oil generation inferred from formation resistivity Bakken Formation, Williston Basin, North Dakota: Transactions of the 13th SPWLA Annual Logging Symposium"



Eocene to Oligocene, which are overlain conformably by the Asmari Formation. The Asmari Formation consists of 250 m limestone and argillaceous limestone of which 210 m belongs to the lower Asmari and 40 m to middle Asmari. Argillaceous limestone and evaporitic-marly sediments of the Gachsaran Formation are overlain by the Asmari Formation. The Gachsaran Formation with a thickness of 510m is composed of three members of Chehel, Champeh and Moll. Pure and thick basal limestones of the Mishan Formation (Guri Member) with a thickness of 302 m, is situated above the Gachsaran Formation. Finally, Bakhtyari conglomerate lies unconformably over the Mishan Formation. Variety of studied rock units in this section has caused different sedimentary environments, different facies and presence of abundant planktonic and benthonic foraminifera. By studying 203 samples including 193 hard and 10 washed samples, 34 genera and 47 species of benthonic foraminifera and 8 genera and 13 species of planktonic foraminifera, algae, bryozoa and different microfossils fragments were identified. Based on foraminiferal assemblages, the age of the lower part of the Pabdeh Formation is Late Eocene (Priabonian) and the upper part is Early Oligocene and the Asmari Formation is Oligocene (Late Rupelian-Chatian) to Early Miocene (Aquitainian). Also, the Gachsaran Formation belongs to Early Miocene (Aquitainian-Burdigalian) and the age of the Mishan Formation (Guri Member) is Late Miocene (Burdigalian). On the basis of recognized foraminifera association, Nareh stratigraphical section can be correlated with first to fourth Biozones of biozonation of Adams and Bourgeois (1967) and 54,57,59,61,63 and 64 Biozones of Wynd (1965).

**Keywords:** Foraminifera, Biostratigraphy, Oligocene-Lower Miocene, Interior Fars.

For Persian Version see pages 157 to 166

\*Corresponding author: J. Daneshian; E-mail: daneshian@tmu.ac.ir

## Hydrocarbon Potential Evaluation of Gadvan Formation by Using $\Delta\text{LogR}$ Method in South Pars Field

M. A. Oladzad Abbas Abadi<sup>1\*</sup> & B. Movahed<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Dept. of Geology, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran

<sup>2</sup>Pars Oil & Gas Co., Tehran, Iran

Received: 2010 October 09

Accepted: 2011 January 29

### Abstract

Hydrocarbon potential Evaluation of formations by using  $\Delta\text{logR}$  method (a method based on separation of well logging of porosity DT/CN./RHOB) and resistivity well logging (Rt). This method has been today applied as an appropriate method in many of famous wells of the world. The beginning of these methods drew attention of many researchers in 1980. It had organic matters on the well logging based on the influences of layers containing organic matters. Passey et al. (1990) provided away for predicting of rich of organic material in source rock that have a high accuracy and potential for studying extensive rang of maturity condition. The basis of this method is overlapping porosity well logging (sonic, neutron, density) scaled on the resistivity well logging and determining the degree of separation between these two loges and calculation of total organic carbon TOC and S<sub>2</sub>. Using this method we can gain appropriate relative evaluation of formations without preparing sample during times of exploration. In this study, the areas which have rich organic matter of Gadvan formation in the SP-A well located in the South Pars Area have been determined with use of  $\Delta\text{logR}$  way and for SP-A well, yielding results of this studies was compared with data relating to Rock – Eval Pyrolysis analysis of core samples and was observed good correlation.

**Keywords:** Gadvan Formation, TOC, LOM, Rock-Eval Pyrolysis, Resistivity log, Sonic log,  $\Delta\text{LogR}$  method

For Persian Version see pages 167 to 174

\*Corresponding author: M. A. Oladzad Abbas abadi; E-mail: m.oladzad@Gmail.com