فصلنامه‌ی زمین شناسی کاربردی
سال ۴ (۱۳۸۷)، شماره‌ی ۳: ۱۷۸ -۱۷۱
www.appliedgeology.ir

ارزیابی بلوغ و محیط رسوب‌گذاری بیتومین شیل پوش‌سنگ مخزن آسماری در میدان نفتی پازنان با استفاده از آنالیزهای MS-GC و ایزوتوپی ($\delta^{13}C$) و ($\delta^{34}S$)

امیرساسان زروانی[1]*، بهمن سلیمانی[1]، حسن امیری بختیار[2]
۱) گروه زمین شناسی، دانشکده‌ی علوم پایه، دانشگاه شهید چمران اهواز
۲) شرکت ملّی مناطق نفت خیز جنوب
* عهده دار مکاتبات sasangeop@yahoo.com

چکیده

هدف از انجام این مطالعه برّرسی محیط رسوبی و ارزیابی بلوغ سنگ منشاء احتمالی شیل‌های بیتومینه‌ی بخش یک سازند گچساران در میدان نفتی پازنان با استفاده از پارامترهای ژئوشیمیایی می‌باشد. بخش یک سازند گچساران به شش لایه‌ی کلیدی تقسیم می‌شود که مهمترین آن‌ها لایه‌ی کلیدی B می‌باشد. این بخش، به عنوان یک لایه‌ی کم ضخامت شیل بیتومینه، در حفاری چاه‌های میدان نفتی پازنان اهمیّت بسیار دارد. از مطالعه‌ی بیومارکرهای موجود در بخش مذکور برای تعیین محیط رسوب‌گذاری استفاده گردید. حضور اولیئنان نورهوپان‌ها، وجود مقادیر کم شاخص گاماسران، پائین بودن نسبت استران C_{29} نسبت به استران‌های C_{28} و C_{27} همگی نشان می‌دهند که محیط رسوب‌گذاری لایه‌ی کلیدی B در سازند گچساران، محیطی لاگونی با شوری کم می‌باشد. به منظور تعیین بلوغ شیل‌های بیتومینه، از نمودار استاندارد تغییرات نسبت C32-hopane 22S/(22S+22R) در برابر C29-Sterane 20S/ (20S+20R) استفاده شد. نتایج حاصل از این نمودار مبیّن آن است که نمونه‌ی مورد مطالعه در محدوده‌ی نابالغ قرار گرفته و بلوغ خیلی پائینی را نشان می‌دهد. استفاده از نمودار سافر با مقادیر ایزوتوپی کربن به دست آمده از جزء اشباع (۰/۰۰ ۲۵-) و جزء آروماتیک (۰/۰۰ ۲۲/۶-)، محیط رسوبی قارّه‌ای نزدیک دریا را برای شیل بیتومینه افق کلیدی B نشان می‌دهد. مطالعات ایزوتوپی کربن نیز دلالت بر محیط رسوب‌گذاری حدّواسط مردابی یا سبخایی دارد. مقدار ایزوتوپ گوگرد ($\delta^{34}S$) انیدریت در زمینه‌ای از مادستون ۱۶/۸ - ۰/۰۰۱۶/۶ می‌باشد، امّا این مقدار در نمونه‌های کاملاً انیدریتی با افزایش ۲۱/۱ - ۰/۰۰۲۰/۸ روبرو و نشانگر حضور دو محلول دیاژنتیکی و اولّیه‌ی آب دریا است. در نهایت، منشاء محیط حدّ واسّط را نشان می‌دهد.

واژه‌های کلیدی: بیتومین شیل، بیومارکر، پوش سنگ، لایه‌ی کلیدی

Evaluation of maturity and depositional environment of bitumen shale of Asmari reservoir`s caprock in Pazanan oil field with use of GC-MS and Isotopic ($\delta^{13}C$) & ($\delta^{34}S$) methods

A. S. Zarvani[1], B. Soleimani[1] & H. Amiri Bakhtiar[2]
1) Department of Geology, Shahid Chamran University, Ahvaz, I. R. Iran
2) NISOC, Ahwaz, Iran
***Correspondence Author: sasangeo_p@yahoo.com**

Abstract
The study of each part of petroleum system is necessary. However, recently, petroleum geologists

focused their attention on the study of source rock, migration and accumulation with use of different geochemical methods. Of these, carbon isotope and biomarkers or chemical fossils are new scopes in petroleum geology especially in correlation. The member 1 of Gachsaran formation divided can be into 6 keybeds that B keybed is very important specially in drilling of Pazanan oil wells. The aim of this study is the evaluation of the cap rock in the Pazanan oil field in view of lithology, isotope and chemical variations. Bituminous shale sample was analysed geochemically. The analytical data of Bitumen`s biomarkers belong to member 1 of Gachsaran Formation applied to evaluate sedimentary basin and maturity evaluation of probable source rocks in the caprock. The presence of tricyclic terpanes, bisnorhopane and low quantity of Gammacrane index is subsidiary of low salinity. Some organic geochemical indicators of caprock are also indicating lagoonal environment. Maturity analyses showed that bituminous shale of keybed B is immature.$\delta^{13}C$ in extracted saturate and aromatic parts of bitumen is measured -25.1 and -22.8‰ respectively. Carbon isotope value ($\delta^{13}C$) of carbonate samples is -20.7. The value ?34S of anhydrite in mudstone is 16.6-16.8‰, but it increased in anhydrite samples (20.8-21.1‰). These values reflects the presence of two fluids, diagenetic (brackish) and primary sea water. This measurements indicating non-marine source. These data and lithological variations verify a Sabkha-lagoonal environment. The hot-wet and hot-dry climate can be concluded.

Key Words: Biomarker, Bitumen Shale, Caprock, Key-bed.

۱- مقدّمه

ژئوشیمی نفت امروزه به عنوان یک علم بنیادی جهت بهبود بازده‌ی اکتشاف و تولید به کار می‌رود. در سال‌های اخیر با استفاده از تئوری‌ها و روش‌های مختلف ژئوشیمیایی بسیاری از مسائل مربوط به سنگ منشاء و مهاجرت و تجمّع نفت را مورد مطالعه قرار می‌دهند (Miller 1995). در مطالعات ایزوتوپی، ایزوتوپ‌هائی که پایدارند اهمیّت دارند. اگر چه ممکن است مقدار همه‌ی ایزوتوپ‌های یک عنصر کم باشد، ولی اختلاف در مقادیر آن‌ها می‌تواند به عنوان یک شاخص ژئوشیمیایی استفاده گردد (Schoell 1984). مهمترین نسبت‌های ایزوتوپی مورد استفاده در ژئوشیمی نفت، ایزوتوپ‌های پایدار کربن و گوگرد می‌باشند. ایزوتوپ‌های پایدار کربن (^{13}C /^{12}C) و گوگرد (^{34}S / ^{32}S) به عنوان ابزاری بسیار قوی در تعیین محیط رسوبی مورد استفاده قرار می گیرند (Waples 1985).

۱-۲- ایزوتوپ‌های پایدار کربن

برخلاف کربن ۱۴، کربن ۱۳ (^{13}C) در تمامی رسوبات با سن‌های زمین‌شناسی متفاوت یافت می‌گردد. اگرچه این ایزوتوپ نمی‌تواند برای تعیین سن به کار رود، امّا می‌تواند بسیاری از ابهامات ژئوشیمیایی را پاسخگو باشد. به دلیل این که اختلاف وفور کربن ۱۳ نسبت به کربن ۱۴ می‌تواند به دلیل تفریق حاصل از پدیده‌های بیولوژیکی و فیزیکی باشد، لذا از نسبت $^{13}C/^{12}C$ به عنوان یک نسبت مهمّ ایزوتوپی در مطالعات ژئوشیمی نفت یاد می‌شود (Waples 1985).

۱-۳- پراکندگی ایزوتوپ‌های پایدار سولفور در موادّ آلی

همانند کربن، سولفور نیز به دو شکل متفاوت در طبیعت دیده می‌شود:

الف- حالت اکسید شده: به شکل حل شده در آب (SO_4^{2-}) و همراه تبخیری‌ها. مقدار $\delta^{34}S$ در این حالت بین صفر تا ۴۰ ‰ خواهد بود.

ب- حالت احیاء شده: حل شده در آب (S^{2-} یا HS^-)، بعضی مواقع به صورت گاز H_2S و یا به صورت ترکیبات سولفیدی ظاهر می‌شود. در این حالت مقدار $\delta^{34}S$ ۲۰ ‰ خواهد بود (Chaossidon 1990).

۱-۴- نشانه‌های زیستی یا بیومارکرها و کاربرد آن‌ها در مطالعات ژئوشیمیایی

به ترکیبات ارگانیکی موجود در رسوبات، سنگ‌ها و نفت‌های خام که شکل و ساختار کربن آن‌ها را می‌توان به ارگانیسم‌های زنده‌ی تولید کننده‌ی آن‌ها تعمیم داد، بیومارکر (Biomarkers) گفته می‌شود. بیومارکرها در حقیقت میکرومیکروفسیل هایی (microfossils-Micro) هستند که اندازه‌ی قطر آنها از ۳۰ نانومتر

تجاوز نمی‌کند (Hunt 1996). بیومارکرها می‌توانند به صورت مستقیم از ارگانیسم‌های زنده تشکیل و یا به وسیله‌ی تغییرات دیاژنتیکی و کاتاژنتیکی در رسوبات شکل بگیرند (Bordenave 1993). مهمترین بیومارکرهای شناخته شده هوپان‌ها و استران‌های چهار و پنج حلقه‌ای، پارافین‌های نرمال، ایزوپرنوئیدهایی همچون پریستان و فیتان، کاروتان‌ها و پرفیرین‌ها هستند (Hunt 1996). از موارد کاربرد بیومارکرها که دراین مطالعه نیز استفاده گردیده می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

۱-تعیین محیط رسوب‌گذاری، ۲-بازسازی شرایط محیطی قدیمه (Paleoenvironmental conditions) به وسیله‌ی واکنش‌های شیمیایی کنترل شده توسّط اکسیداسیون - احیاء، پ. هاش (PH)، شوری،۳- تعیین لیتولوژی سنگ منشاء کربناته یا شیلی (Peters & Moldowan 1993).

۱-۵-محیط‌های سبخایی

در محیط‌های سبخایی اغلب رسوبات تبخیری در یک ستون رسوبی با ضخامت بالای یک متر، بلافاصله در بالای سطح آب وجود دارند. در میان اغلب سواحل سبخایی، یک لایه‌ی کربناته‌ی سیمانی شده در مناطق عمیق ظاهر می‌شود، امّا در بالای لاگون و صفحه‌ی جزر و مدّی، این لایه از ماسه‌های گلی سیمانی اریب بریده شده، تشکیل شده که در سطح زمین هستند (Shinn 1983). سیمان رسوبی به وجود آمده به صورت آراگونیت‌های سوزنی است. در این نواحی کریستال‌های ژیپس به فراوانی دیده می‌شوند (Kendall 1982). بسیاری از رسوبات بالای جزر و مدّی شامل ندول‌های انیدریت و یا انیدریت‌های اینترولیتیک هستند (Shinn 1983). اغلب کریستال‌های ژیپس شامل اجزاء غنی از کربنات یا غنی از شیل در لامینه‌هاست (Warren 1997).

۲- موقعیّت زمین‌شناسی و جغرافیایی نامیه‌ی مورد مطالعه

میدان نفتی پازنان در ۱۵۰ کیلومتری جنوب شرق اهواز، جنوب شرق میدان آغاجاری گرفته است. طول و عرض میدان به ترتیب ۶۰ کیلومتر و چهار تا شش کیلومتر می‌باشد. مخزن پازنان یکی از بزرگ‌ترین و مهمترین مخازن گاز میعانی کشور است، که دارای ستون نفتی نسبتاً باریک امّا اقتصادی نیز می‌باشد (تصویر ۱).

پوش‌سنگ‌ها طبقات غیرقابل نفوذی هستند که سنگ مخزن را پوشانده و مانع تراوش و فرار مواد نفتی می‌شوند و سنگ‌شناسی آن‌ها مشتمل بر انیدریت، ژیپس، مارن و آهک است (Schowalters 1976). پوش سنگ مخزن آسماری در میدان نفتی پازنان در واقع بخش یک سازند تبخیری گچساران می‌باشد و سنگ‌شناسی آن‌ها مشتمل بر انیدریت، ژیپس، مارن و آهک است که لیتولوژی غالب مارن می‌باشد.

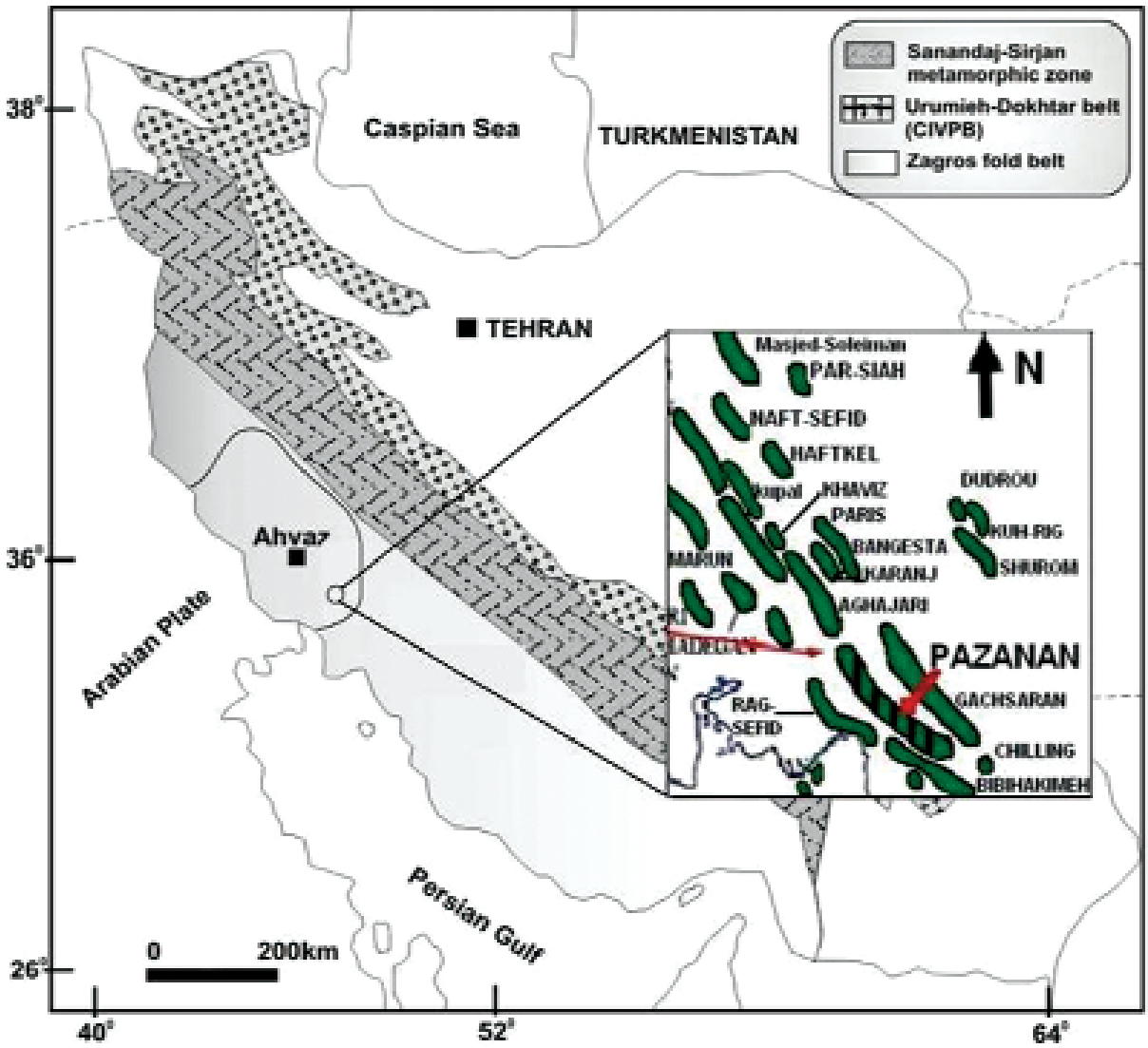
۳- روش کار

جهت انجام این مطالعه از میان ۱۰ چاه حاضر، سه چاه جهت آنالیزهای ژئوشیمیایی انتخاب گردیدند. پس از برداشت نمونه و انجام کارهای مقدّماتی مانند تمیز کردن و پودر کردن نمونه‌ها (Crushing of the rocks)، استخراج حلاّل (Solvent extraction) و کروماتوگرافی مایع (Liquid chromatography of extracts) ، نمونه‌ها جهت شناسایی بیوماکرها با استفاده از دستگاه جی سی-ام اس (MS-GC) مورد آنالیز قرار گرفتند (MS analysis on saturate fractions-GC) . کلّیه‌ی آنالیزهای انجام شده در این مطالعه توسّط آزمایشگاه هامبل (Humble) در انگلستان انجام گرفته است.

جهت انجام آنالیزهای ایزوتوپی کربن بر روی بیتومین استخراج شده از سنگ مادر از دستگاه ایی ای-آی آر ام اس (IRMS-EA) استفاده گردید. به منظور پی‌بردن به ویژگی‌های ایزوتوپی بیتومین موجود در لایه‌ی شیل بیتومینی (لایه‌ی راهنمای B) پوش سنگ مخزن آسماری میدان نفتی پازنان، سه نمونه برای آنالیز ایزوتوپی انتخاب شد. آنالیز ایزوتوپی کربن در هر نمونه‌ی بیتومینی بر روی دو جزء اشباع (saturate) و آروماتیک (Aromatic) آن انجام گرفت.

۴- بحث

هدف از انجام این مطالعه تعیین لیتولوژی، محیط رسوبی و ارزیابی بلوغ (Maturity) شیل‌های بیتومینه بخش یک سازند گچساران در میدان نفتی پازنان با استفاده از پارامترهای بیومارکری و ایزوتوپی می‌باشد. بخش یک سازند گچساران به شش لایه‌ی کلیدی تقسیم می‌شود.، که مهمترین آن‌ها لایه‌ی کلیدی B می‌باشد. این لایه‌ی کم ضخامت ار نوع شیل بیتومینه است که در حفّاری‌ها و به خصوص در حفّاری چاه‌های میدان نفتی پازنان بسیار با اهمیّت



تصویر ۱- موقعیّت زمین‌شناسی و جغرافیایی میدان نفتی پازنان

می‌باشد. برای تعیین محیط رسوب‌گذاری شیل‌های بیتومینه‌ی بخش یک سازند گچساران در میدان نفتی پازنان می‌توان از پارامترهای مختلفی به شرح زیر استفاده نمود که در نهایت با تلفیق آن‌ها با یکدیگر به نتیجه‌ی کلّی می‌توان دست یافت:

ترپان‌های سه حلقه‌ای (Tricyclic Terpanes): به صورت فراوان در نفت‌ها و سنگ‌های منشاء دریایی یا دریاچه‌ای یافت می‌شوند (Ourisson et al. 1982). حضور ترپان‌های سه حلقه‌ای نشان دهنده‌ی تشکیل سنگ منشاء در یک محیط دریایی می‌باشد، چرا که این ترپان‌ها در سنگ‌های منشاء قارّه‌ای دیده نمی‌شوند (Simoneit 1986) (جدول ۱). همچنین وجود مقادیر C2817a18a21b(h)-bisnorhopane یا C28 BNHدر بیتومین شیل‌های پوش سنگ حاکی از این است که در زمان نهشته شدن سنگ منشاء، شرایط کاملاً احیایی نبوده است (جدول ۱).

گاماسران‌ها (Gammaceranes): مقاومت خوبی در برابر تجزیه‌ی زیستی از خود نشان می‌دهند. به همین خاطر در نفت‌ها و سنگ‌های منشاء مختلف می‌توانند حضور داشته باشند. یکی از منشاءهای گاماسران‌ها را به تتراهیمانول‌ها (Tetrahymanols) نسبت می‌دهند (Hunt 1996). گاماسران‌ها در رسوبات تبخیری - کربناته محیط‌های هیپرسالین دیده می‌شوند. رسوبات نهشته شده در دریاچه‌های دارای شوری بالا نیز می‌توانند حاوی این بیومارکر باشند (Hunt 1996). مقادیر بالای این بیومارکر می‌تواند نشان‌دهنده‌ی لایه‌بندی ستون آب در حین رسوب‌گذاری سنگ منشاء باشد (Sinninghe Damste et al. 1995). از شاخص گاماسران (فرمول زیر) جهت جدایش محیط‌های رسوب‌گذاری سنگ منشاء

استفاده می‌شود (Moldowan et al. 1985) (جدول ۱) و (تصویر ۲).

$$\text{GammaceraneIndex} = \frac{\text{gammacerane}}{17\,(H),21(H)\text{-hopane}}$$ (Moldowan et al. 1985)

وجود مقادیر کم شاخص گاماسران (Gammacerane Index) حدود ۱۰درصد نشان دهنده‌ی شوری کم در زمان رسوب‌گذاری سنگ منشاء می‌باشد.وجود مقادیر بالای اولیئنان (Oleanane Index) در حدود ۳۰ درصد نشان‌دهنده‌ی محیط قارّه‌ای است.

جهت تعیین نوع محیط رسوبی و ارگانیسم‌ها و مواد آلی اولیّه می‌توان از فاکتورهای متفاوتی از جمله پراکندگی و توزیع استران‌های C_{27}، C_{28}، C_{29} در نمونه‌های نفتی و سنگ منشاء استفاده نمود. پائین بودن نسبت استران C_{29} نسبت به استران‌های C_{28} و C_{27} در تمامی نمونه‌های مورد مطالعه حاکی از سنگ منشاء غیردریایی است (تصویر۳). درصد بالای ترپان‌های پنج حلقه‌ای (Pentacyclic terpanes) با ۶۷/۲ درصد می‌تواند نشان‌دهنده‌ی محیط قارّه‌ای باشد (جدول ۱). نسبت خیلی پائین مقادیر هوپان C_{29} به هوپان C_{30} (۰/۴۶) نشانگر سنگ منشائی شیلی برای شیل‌های بیتومینه‌دار می‌باشد (جدول ۱).

نمودار تغییرات مقادیر هوپان C_{32} 22S /(22S+22R) در برابر استران C_{29} 20S/(20S+20R) بیان‌کننده‌ی این است که نمونه‌های شیل بیتومینه افق کلیدی B به مرحله‌ی بلوغ نرسیده‌اند (تصویر ۴).

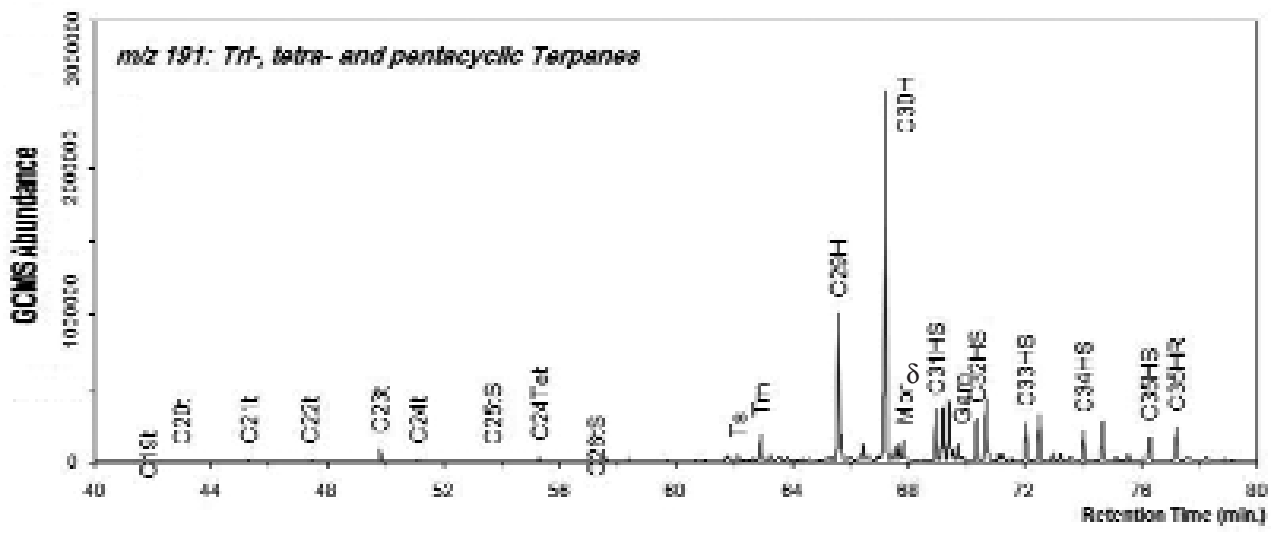
مطالعه‌ی ایزوتوپ کربن ($\delta^{13}C$) در افق‌های بیتومینه پوش سنگ (طبقه‌ی راهنمای B) مقدار ۲۰/۷- ۰/۰۰ و بر روی جزء اشباع و آروماتیک هیدروکربن حاصل از آن به ترتیب مقادیر ۲۵/۱-۰/۰۰ و ۲۲/۸-۰/۰۰ را نشان داد. مطالعات ایزوتوپی کربن دلالت بر محیط رسوب‌گذاری حدّواسّط (مردابی یا سبخایی) دارد.

مقدار ایزوتوپ گوگرد ($\delta^{34}S$) اندریت در زمینه‌ای از مادستون ۱۶/۸ - ۰/۰۰۱۶/۶ و در نمونه‌های کاملاً انیدریتی افزایش یافته و به ۲۱/۱ - ۰/۰۰۲۰/۸ می‌رسد. این مقدار نشانگر حضور دو محلول دیاژنتیکی و اولیّه‌ی آب دریا می‌باشد. در نهایت می‌توان گفت که منشاء محیط به صورت حدّواسط است. سی وی (CV) در واقع فاصله‌ی عمودی یک نمونه‌ی نفتی از بهترین خطّ جدایش دو محیط بر روی نمودار تغییرات $\delta^{13}C_{Aro}$ در برابر $\delta^{13}C_{Sat}$ می‌باشد که از طریق معادله‌ی زیر قابل محاسبه می‌باشد (Sofer 1984):

$$CV=-2.53\delta^{13}C_{Sat}+2.22\delta^{13}C_{Aro}-11.65$$

پارامتر سی وی برای بیتومین شیل‌های پوش سنگ میدان نفتی پازنان معادل ۱/۲۵ محاسبه گردید، که نشان دهنده‌ی موادّ آلی با منشاء قارّه‌ای است.

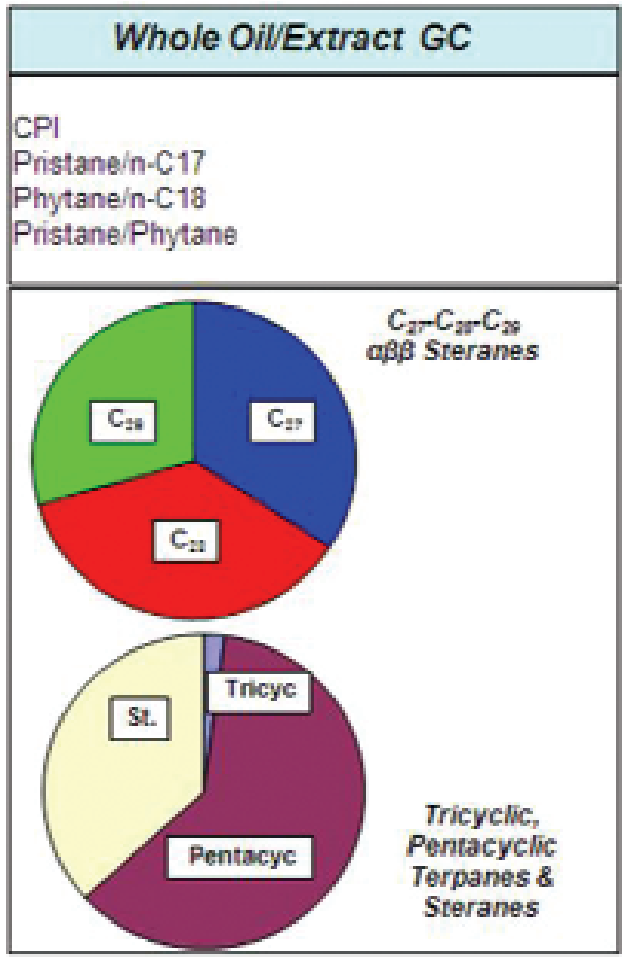
استفاده از دیاگرام سافر (Sofer 1984) در تشخیص نوع محیط رسوب‌گذاری سنگ‌های منشاء با استفاده از مقادیر ایزوتوپ کربن ترکیبات اشباع ($\delta^{13}C_{sat.}$) در برابر ترکیبات آروماتیک ($\delta^{13}C_{aro.}$)



تصویر ۲- هوپانوگرام حاصل از سی جی-ام اس (MS-GC) برش اشباع بیتومینه استخراج شده از شیل بیتومینه افق کلیدی .B پیک کوچک نشان دهنده‌ی شاخص گاماسران و نشانگر محیط با شوری کم می‌باشد.

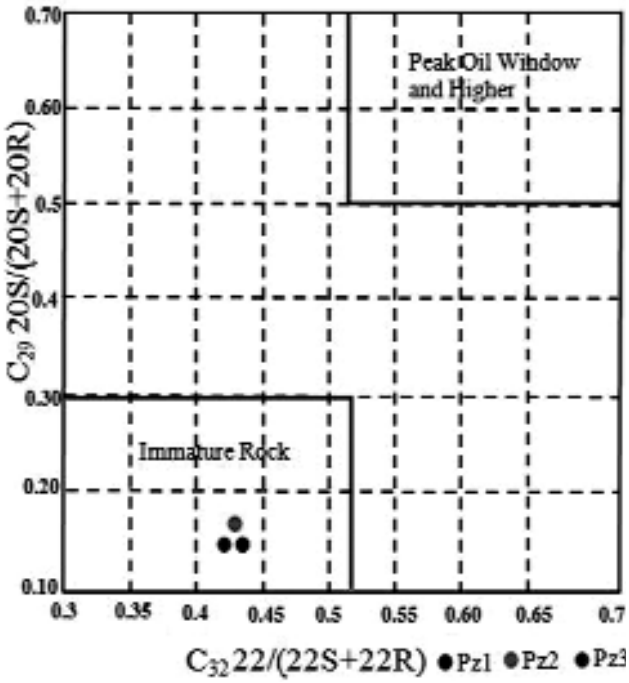
جدول ۱- نتایج آنالیز شیمیایی بیومارکرهای شیل‌های بیتومینه

Peak Label	Compound Name	R.Time (min.)	Peak Area	Ppm (A.)	Peak Height	Ppm(ht.)
C19t	C19 tricyclic diterpane	۴۰/۷۱	۱۷۱۷۲	۲۱/۳	۶۶/۵۳	۲۵/۸
C20t	C20 tricyclic diterpane	۴۲/۹۷	۲۴۲۴۹	۳۰/۱	۸۳۶۳	۳۲/۴
C21t	C21 tricyclic diterpane	۴۵/۲۹	۵۰۴۸۴	۶۲/۷	۱۹۵۶۱	۷۵/۸
C22t	C22 tricyclic terpane	۴۷/۴۲	۷۲۰۰۳	۸۹/۴	۱۸۸۳۳	۷۲/۹
C23t	C23 tricyclic terpane	۴۹/۸۲	۲۷۸۱۸	۳۴۵/۲	۸۴۲۰۲	۳۲۶/۱
C28B NH	C28 17a18a21b(H)-bisnorhopane	۶۴/۷	۲۵۶۴۳	۳۱/۸	۱۱۸۹۷	۴۶/۱
Gam	Gammacerane	۶۹/۵۳	۲۶۹۶۴۸	۳۳۴/۶	۸۷۲۱۰	۳۳۷/۷
	% Pentacyclic Terpanes		۶۱/۲		۶۱/۱	
Ts	Ts 18a(H)-trisnorhopane	۶۲/۱۳	۱۵۱۹۸۷	۱۸۶/۶	۵۰۱۸۹	۱۹۴/۴
	C29Ts/(C29Ts+C29H)		۰/۱۵		۰/۱۶	
	Ts/(Ts+Tm)		۰/۱۸		۰/۲۱	
	C29H/C30H		۰/۴۶		۰/۴۰	

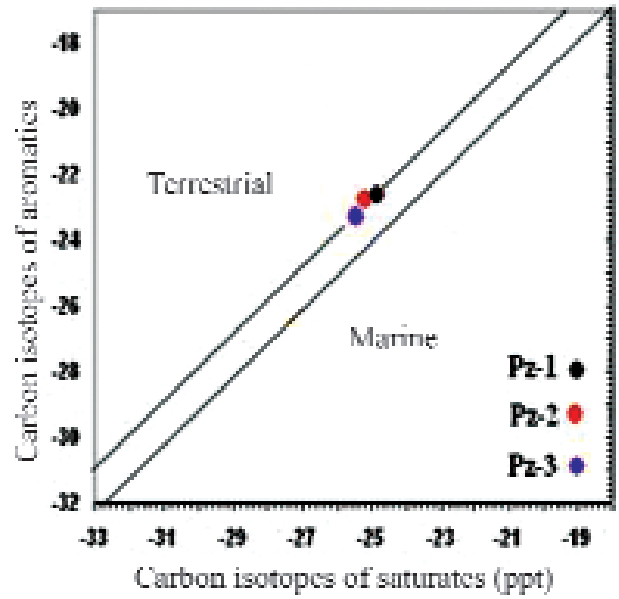


تصویر ۳- پایین بودن نسبت C29/C28+C27 نشان دهنده‌ی محیط قارّه‌ای است.

بیتومین شیل‌های پوش سنگ مخزن نفتی آسماری نشان داد که نمونه‌های مورد مطالعه دقیقاً با قرارگیری بر روی خطّ محیط قارّه‌ای (Terrestrial)، با تعیین منشاء قارّه‌ای، نتایج قبلی را تأئید می‌نماید (تصویر ۵).



تصویر ۴- نمودار تغییرات مقادیر هوپان C_{32} 22S/ (22S+22R) در برابر استران C_{29} 20S/(20S+20R) به منظور تعیین بلوغ شیل‌های بیتومینه‌ی افق کلیدی B در پوش سنگ میدان نفتی پازنان. نمونه‌ها به مرحله‌ی بلوغ نرسیده‌اند.



تصویر ۵- نمودار سافر (Sofer 1984) حاصل از تغییرات مقادیر ایزوتوپ کربن ترکیبات اشباع (δ^{13}Csat.) در مقابل مقادیر ایزوتوپ کربن ترکیبات آروماتیکی (δ^{13}Caro.) در نمونه‌های بیتومین شیلی مورد مطالعه که تداعی کننده‌ی محیطی قارّه‌ای برای سنگ منشاء خود می‌باشند.

۵- نتیجه‌گیری

پایین بودن نسبت استران C_{29} نسبت به استران‌های C_{28} و C_{27} در تمامی نمونه‌های مورد مطالعه حاکی از سنگ منشاء غیر دریایی است. پارامتر (CV)معادل ۷۲۵ محاسبه گردید که بیشتر از ۰/۴۷ است و نشان دهنده‌ی موادّ آلی با منشاء قارّه‌ای است. درصد بالای ترپان‌های پنج حلقه‌ای با ۶۷۲ درصد نشانگر محیط قارّه‌ای می‌باشد. وجود مقادیر -BNH C28 یا bisnorhopane C2817a18a21b(h) در بیتومین شیل‌های پوش سنگ مخزن آسماری حاکی از این است که در زمان نهشته شدن سنگ منشاء، شرایط کاملاً احیایی نبوده است. مقادیر کم شاخص گاماسران (Gammacerane Index) محاسبه شده نشان دهنده‌ی شوری کم در زمان رسوب‌گذاری سنگ منشاء می‌باشد. همچنین نسبت بالای مقادیر هوپان C_{29} به هوپان C_{30} در بیتومین شیل‌های مورد مطالعه (۰/۴۶) بیانگر سنگ منشائی قارّه‌ای است.

مطالعه‌ی ایزوتوپ کربن ($\delta^{13}C$ per mil whole rock) در افق‌های کربناته‌ی پوش سنگ (طبقه‌ی راهنمای C) مقدار ۲۰/۷- درصد و در ترکیبات اشباع ($\delta^{13}C$ per mil saturates) 25/1- درصد و در ترکیبات آروماتیک ($\delta^{13}C$ per mil aromatic) 22/8- درصد است. مطالعات ایزوتوپی کربن دلالت بر محیط رسوب‌گذاری حدّواسط مردابی یا سبخایی دارد.

مقدار ایزوتوپ گوگرد ($\delta^{34}S$) انیدریت در زمینه‌ای از مادستون ۱۶/۸ - ۰/۰۰۱۶/۶ و با افزایش در نمونه‌های کاملاً انیدریتی به ۲۱/۱ - ۰/۰۰۲۰/۸ می‌رسد. این مقدار نشانگر حضور دو محلول دیاژنتیکی و اولّیه‌ی آب دریا می‌باشد. در نهایت می‌توان گفت که منشاء محیط به صورت حدّواسط است.

استفاده از دیاگرام سافر در تشخیص نوع محیط رسوب‌گذاری سنگ‌های منشاء با استفاده از مقادیر ایزوتوپ کربن ترکیبات اشباع (δ^{13}Csat.) در برابر ترکیبات آروماتیک (δ^{13}Caro.) بیتومین شیل‌های پوش سنگ مخزن نفتی آسماری نشان داد که نمونه‌های مورد مطالعه دقیقاً با قرارگیری بر روی خطّ محیط قارّه‌ای (terrestrial)، منشاء قارّه‌ای را معرّفی می‌نمایند. با برّرسی آنالیزهای مربوط به بلوغ، بیتومین شیل‌های لایه‌ی راهنمای B نابالغ می‌باشند.

۶- تشکّر و قدردانی

صمیمانه از اداره‌ی زمین‌شناسی شرکت ملّی مناطق نفت‌خیز جنوب به واسطه‌ی همکاری‌های بی‌شائبه در انجام این مقاله و جناب آقای پروفسور حسین علیمی قائم مقام شرکت هامبل جهت انجام آنالیزهای ژئوشیمیایی، همچنین برای مباحث و پیشنهادات ارزنده‌ی ایشان قدردانی می‌گردد.

مراجع

Bordenave, M. L., 1993, "Applied petroleum geochemistry", *Paris: Editions technip, 528p.*

Chaussidon, M. & Lorand, J. P. 1990, "Sulfur isotope composition of orogenic spinel lherzolite massifs from Ariege (NE Pyrenees, France): An ion microprobe study", *Geochimica et Cosmochimica Acta, Vol. 54 (10): 2835-2846.*

Hunt, J. M., 1996, "Petroleum geochemistry and geology", *2nd Ed. W. H. Freeman & Company, New York, 743 p.*

Kendall, A. C., 1982, "Evaporites", *In: Walker, R. G., (Ed.), Facies models: Geoscience reprint series 1: Newfoundland, Canada, Geological Association of Canada: 259-296.*

Miller, R. G., 1995, "A future for exploration geochemistry", *In: Grimalt, J. O. & Dorronsoro, C. (Eds.), Organic geochemistry: Developments and applications to energy, climate, environment and human history, A.I.G.O.A., Donostia-San Sebastian, Spain, pp. 412-414.*

Moldowan, J. M., Seifert, W. K. & Gallegos, E. J., 1985, "Relationship between petroleum composition and depositional environment of petroleum source rocks", *AAPG Bulletin, Vol. 69: 1255-1268.*

Ourisson, G., Albrecht, P. & Rohmer, M., 1982, "Predictive microbial biochemistry-from molecular fossils to prokaryotic membranes", *Trends Biochemistry Sci., Vol. 7: 236-239.*

Peters, K. E. & Moldowan, J. M., 1993, "The biomarker guide, interpreting molecular fossils in petroleum and ancient sediments", *Prentice-Hall, Englewood Cliffs, New Jersey, 363p.*

Schoell, M., 1984, "Stable isotopes in petroleum research", *In: J. B. Brooks & D. Welte (Eds.), Advances in petroleum geochemistry, London: Academic Press, Vol. 1: 215-245.*

Schowalter, T. T., 1976, "The mechanics are secondary hydrocarbon migration and entrapment Wyoming", *Geol. Assoc. Earth Sci. Bull., Vol. 9: 1-43.*

Simoneit, B. R. T., 1986, "Cyclic terpenoids of the geosphere", *In: R. B. Johns (Ed.), Biological markers in the sedimentary record: Methods in Geochemistry and Geophysics 24. Amsterdam: Elsevier Science: 43-49.*

Simoneit, B. R. T. (1986): "Cyclic terpenoids of the geosphere". *In R. B. Johns (ed.), Biological Markers in the Sedimentary Record: Methods in Geochemistry and Geophysics 24. Elsevier Science, Amsterdam. Pp. 43 - 49.*

Sinninghe Damste, J. S., Kenig, F., Koopmans, M. P., Koster, J., Schouten, S., Hayes, J. M. & de Leeuw, J. W., 1995, "Evidence for gammacerane as an indicator of water column stratification", *Geochimica et Cosmochimica Acta, Vol. 59: 1895-1900.*

Sofer, Z., 1984, "Stable carbon isotope compositions of crude oils: application to source depositional environments and petroleum alteration", *AAPG Bulletin, Vol. 68: 31-49.*

Waples, D. W., 1985, "Geochemistry in petroleum exploration", *Reidel Publish. Co., Boston, 232 p.*

Warren, J. K. & Kempton, R. H., 1997, "Evaporite sedimentology and the origin of evaporate-associated Mississippi valley-type sulfides in the Cadiebut mine area, Lennard shelf, Canning basin, western Australia", *In: I. P., Montanez, J. M., Gregg & K. L., Sheltone, Basin-wide diagenetic patterns: Integrated etrologic geochemical and hydrologic consideration, SEPM Spec. Pub., Vol. 57: 183-205.*