تفسیر تاریخچه سیمانی شدن سنگهای سیلیسی آواری ژوراسیک میانی در شمال شرق ایران

مهدی رضا پورسلطانی[1]
رضا موسوی حرمی[2]
۱- گروه زمین شناسی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد مشهد
mrpoursoltani@dal.ca
۲- گروه زمین شناسی، دانشگاه فردوسی مشهد
harami2004@yahoo.com

چکیده :
سازند سیلیسی آواری کشف رود (ژوراسیک میانی)، بصورت ناپیوسته بر روی سنگهای رسوبی ولکانوژنیکی تریاس و سنگهای اولترابازیک قرار گرفته است، که ضخامتی حدود ۲ کیلومتر از رخساره های رودخانه ای – دلتایی و توربیدیتی (شیل، ماسه سنگ و کنگلومرا) را شامل می گردد. این ماسه سنگها عمدتاً در محدوده های لیتیک آرکوز، آرکوزیک لیت آرنایت (فلدسپاتیک لیت آرنایت) و لیتارنایت قرار می گیرند، و عملکرد فرآیندهای دیاژنتیکی با تاکید بر فرآیند سیمانی شدن، بر مبنای مطالعات میکروسکپی و آنالیزهای ژئوشیمیایی تفسیر شده است. مهمترین انواع سیمانها، اکسیدآهن، کربناتها (کلسیت، دولومیت، سیدریت و آنکریت)، سیلیس، کانیهای رسی (کائولن، ایلیت، سریسیت، اسمکتیت و عمدتاً کلریت)، پیریت و ندرتاً باریت می باشند. بر اساس فرآیند سیمانی شدن توالی پاراژنتیکی به ترتیب شامل ۱- دیاژنز اولیه: (سیمانهای کربناته (کلسیت، دولومیت و سیدریت)، اکسید آهن، سیلیس، رس و پیریت، ۲- دیاژنز دفنی عمیق: سیمان های کربناته (کلسیت، دولومیت، آنکریت و سیدریت)، سیلیس و رس، و ۳- دیاژنز انتهایی: سیمانهای کربناته (کلسیت)، اکسیدآهن، رس و باریت می باشد. از آنجائیکه این ماسه سنگها در اعماق ممکن است سنگ مخزن را تشکیل دهد، داده های بدست آمده از این مطالعه می تواند به مسائل اکتشافی در شمال شرق ایران کمک نماید.

Interpretation of cementation history in siliciclastic sediments of Middle Jurassic sandsandstons in NE Iran

Abstract:
The siliciclastic Kashafrud Formation (Middle Jurassic) rests unconformably on Triassic volcanogenic sedimentary and ultrabasic rocks, and it's thickness exceeds 2 km of fluvio-deltaic and turbidite siliciclastic facies (shale, sandstone and conglomerate). These sandstones are mostly lithicarkose, arkosic- litharenites (Feldespatic litharenite) and litharenite. Based on microscopic and geochemical analysis, diagenetic processes that effected these sandstones, have been interpreted, with particular emphasis on cemetation. The most important cement types are iron oxides, carbonates

(calcite, dolomite, siderite and ankerite), silica, clay minerals (kaolinite, illite/serecite, smectite and mostly chlorite), pyrite and rarely barite.
Diagenetic sequences (paragenetic) of cements are: (1) eodiagenesis: carbonate cements (calcite, dolomite and siderite), iron oxide, silica, clay minerals and pyrite, (2) mesodiagenesis: carbonate cements (calcite, dolomite, ankerite and siderite), silica and clay minerals, and (3) tellodiagenesis: carbonate cement (calcite), iron oxide, clay minerals and barite. We hope that these data can be used for exploration in the subsurface in NE Iran.

مقدمه :

از آنجائیکه امروزه شناخت مخازن مواد هیدروکربوری از اهمیت خاصی بر خوردار است، و در حوضه رسوبی کپه داغ، سازند کشف رود (باژوسین پسین - باتونین پیشین) نه تنها از نظر سنگ منشأ، بلکه ممکن است به دلیل داشتن رخساره های ضخیم ماسه سنگی از نظر مخزن حایز اهمیت بوده و مطالعه عملکرد فرآیندهای دیاژنتیکی بر روی سنگهای سیلیسی آواری این سازند بسیار حائز اهمیت است. رسوبات سیلیسی آواری بخش تحتانی این سازند در سیستم های رودخانه ای- دلتایی بر جای گذاشته شده است و بخش فوقانی آن نشانگر رسوبات محیط عمیق تر است (مدنی، ۱۹۷۷؛ پورسلطانی و همکاران، ۲۰۰۷). این سازند بطور ناپیوسته بر روی سنگهای ولکانوژنیکی تریاس و سنگهای اولترابازیک و بطور هم شیب در زیر سنگهای کربناته سازند مزدوران قرار دارد. تفسیر توالی پاراژنتیکی، به ویژه سیمان، می تواند به شناخت فرایندهای موثر در کاهش یا افزایش تخلخل و نفوذپذیری کمک نماید. لذا بر مبنای مطالعات پترولوژیکی، توالی سیمانی شدن در این سازند مورد بحث و بررسی قرار گرفته است.

جهت رسیدن به اهداف مورد نظر، تعداد چهار ستون چینه شناسی برداشت و ۳۵۰ مقطع نازک از ماسه سنگها تهیه و مورد مطالعه قرار گرفته است. نامگذاری ماسه سنگها با استفاده از طبقه بندی فولک (۱۹۸۰) انجام شده است. تعداد ۱۰ مقطع میکروسکوپی با پوشش سربی جهت انجام میکروآنالیزهای شیمیائی به روش Microprobe و مطالعه توسط SEM با دستگاه Electron Microprobe (EMP)، مدل JKA-8200 ، به منظور تفسیر توالی دیاژنزی در دانشگاه دالهاوسی کانادا مورد مطالعه قرار گرفته است.

بحث :

از نظر بافتی اندازه دانه ها در ماسه سنگهای سازند کشف رود متغیر بوده و از خیلی ریز تا خیلی درشت در تغییر است، اما عمدتاً دانه متوسط و دانه ریزند. با این وجود، ماسه سنگهای دانه درشت و خیلی دانه درشت (مربوط به کانالهای حفر شده و پر شده) درصد چشمگیری را بخود اختصاص می دهد. از نظر مچوریتی بافتی، ماسه سنگهای این سازند عمدتاً ساب مچور تا مچور اند، گرچه ماسه سنگهای ایممچور و سوپرمچور به میزان کمتر تشخیص داده شده اند. ماسه سنگها بیشتر در محدوده های لیتیک آرکوز (۳۰٪) و فلدسپاتیک لیتارنایت (۴۴٪) قرار داشته و بقیه ماسه سنگها در محدوده های لیتارنایت قرار دارند. ماسه سنگ های لیتارنایتی در محدوده سدآرنایت (چرت آرنایت و کلک آرنایت) و ولکانیک آرنایت واقع شده اند. مهمترین سیمانهای شناسایی شده در

ماسه سنگهای سازند کشف رود به ترتیب فراوانی شامل اکسید آهن، کربنات ها (کلسیت، دولومیت، سیدریت، آنکریت)، سیلیس، کانیهای رسی و به مقدار بسیار ناچیز کانیهای درجازای پیریت و باریت شناسایی شده است که در زیر مورد بحث قرار خواهد گرفت.

اکسید آهن: اکسید آهن به عنوان یکی از عمده ترین سیمانها در ماسه سنگهای سازند کشف رود با میانگین ۳۸/۵٪ مورد شناسایی قرار گرفته است. یون آهن لازم برای سیمانی شدن می تواند از چندین منشاء تامین شده باشد که عبارتند از: ۱- یون آهن حاصل از دگرسانی کانیهای فرومنیزین و نیز میکا و خرده سنگهای اولترابازیکی (مثال: مراد و آلدهم، ۱۹۸۶). در بسیاری از ماسه سنگهای سازند کشف رود موید این مطلب است. وجود گرهکهای آهن در داخل میکاهای آلتره شده موید آن است. ۲- ممکن است یون آهن پس از هوازدگی در مناطق قاره ای بصورت محلول توسط آبهای سطحی وارد محیط شده و پس از رسوبگذاری دانه های ماسه، در بین آنها رسوب نماید (مثال: راس و همکاران، ۱۹۹۷). ۳- منشأ دیگر جهت تامین اکسید آهن موجود، وجود هاله ای از اکسید آهن بدور دانه های آواری خصوصاً دانه های کربناته و برخی دانه های دیگر بصورت اولیه است. تاثیر این هاله اکسیدی چنین استنباط می گردد که این دانه ها قبل از حمل به داخل حوضه در محیطی اکسیدان قرار گرفته اند و پس از حمل اثراتی از اکسید آهن بدور دانه ها باقی مانده است. اکسید آهن موجود در اطراف این دانه ها پس از انحلال می تواند بعنوان منبعی جهت تامین اکسید آهن محسوب گردد (مثال: مک براید و همکاران، ۱۹۸۷). ۴- بالا آمدگی رسوبات و قرار گیری آنها در محیط اکسیدان می تواند عاملی جهت تامین سیمان اکسید آهن باشد. ماسه سنگهای قرمز بخش فوقانی سازند کشف رود در برشهای آق دربند و قلعه سنگی مؤید این واقعیت است (پورسلطانی و همکاران، ۲۰۰۷).

کربنات ها: سیمان های کربناته یکی از مهمترین سیمان های موجود با میانگین ۳۰٪ در ماسه سنگ های سازند کشف رود محسوب می گردد. بر اساس آنالیزهای ژئوشیمیایی (ماکروپروب)، کلسیت ($CaCo_3$) بیشترین درصد از سیمانهای کربناته راتشکیل می دهد. در نمونه های مورد مطالعه، برخی از نمونه ها فاقد هر گونه سیمان کربناته هستند ولی در برخی دیگر میزان سیمان کربناته موجود تا ۶۰٪ می رسد. در این میان کلسیت غنی از آهن، دولومیت، سیدریت و آنکریت نیز مورد شناسایی قرار گرفته اند. دولومیت در طی دیاژنز جانشین کلسیت گردیده است. بر اساس آنالیزهای ژئو شیمیایی برخی از دولومیتها غنی از آهن و منیزیم می باشند، لذا این احتمال وجود دارد که کاتیونهای Mg^{2+} و Fe^{2+} از دگرسان شدن کانیهای فرومنیزین، خصوصاً میکا حاصل شده باشد (مثال: مراد و آلدهم، ۱۹۸۶). حضور کلسیت و دولومیت غنی از آهن در اطراف دانه های بیوتیت این نظریه را تایید می کند (پورسلطانی و همکاران، ۲۰۰۶). در ماسه سنگهای سازند کشف رود می توان دو منشاء برای تامین یون های لازم جهت سیمان کربناته ارائه نمود که شامل کربنات حاصل از انحلال خرده های فسیلی و کربنات حاصل از انحلال دانه های کربناته آواری می باشد. از آنجائیکه احتمال وجود مواد ارگانیکی در رسوبات شیلی سازند کشف رود وجود دارد، بنا بر این فساد مواد آلی در طی تدفین باعث تولید گاز Co_2 می گردد. از طرفی انحلال خرده سنگهای آواری کربناته و پوسته های فسیلی باعث آزاد سازی یون Ca^{2+}

شده که با Co_2 حاصل از مواد ارگانیکی تشکیل $CaCo_3$ را داده و در نهایت بصورت سیمان کربناته ته نشست می کند (مثال: ماتیاس، ۱۹۹۸؛ سوزا و سیلوا، ۱۹۸۸؛ سالم و همکاران، ۲۰۰۵).

سیلیس: سیمان سیلیسی نیز یکی از عمده ترین سیمانها است که در ماسه سنگهای سازند کشف رود با میانگین ۲۲٪ شناسایی شده است. معمولاً وجود سیمان سیلیسی در توالی از پایین به بالا کاهش می یابد، گرچه در برخی قسمتها این روند صادق نیست. انواع سیمان های سیلیسی شناسایی شده عبارتند از: الف) سیمان سیلیسی که بصورت رو رشدی نهشته شده است. این سیمان در بسیاری از نمونه ها شناسایی شده و به راحتی توسط اثرات گرد و غبار و یا اکسید آهن باقیمانده در سطح خارجی دانه های کوارتز اولیه قابل تفکیک است. ب) سیمان سیلیسی که بصورت کوارتز میکروکریستالین در بین دانه های آواری قرار گرفته است. ج) سیمان سیلیسی که بصورت بلورهای شکل دار و نیمه شکل دار بوده و پر کننده حفرات در ماسه سنگها است. بر اساس مطالعات انجام شده چندین منشاء جهت تامین سیلیس در ماسه سنگها ی سازند کشف رود می توان عنوان کرد که عبارتند از: **۱**-سیلیس حاصل از دیاژنز کانیهای رسی: تبدیل کانیهای رسی به یکدیگر همانند تبدیل اسمکتیت به ایلیت را می توان یکی از منابع تامین سیلیس برای سیمان سیلیسی در نظر گرفت (مثال: ویرا و راس، ۲۰۰۶). از آنجائیکه رسوبات شیلی (شیل رسی) در سازند کشف رود فراوان است، این احتمال وجود دارد که در طی مراحل دفن تبدیل اسمکتیت به ایلیت باعث آزاد سازی سیلیس شده باشد. همچنین بسیاری از لایه های ماسه سنگی با میان لایه های شیلی تناوب نشان داده که این لایه های شیلی ممکن است بعنوان یک عامل در تشکیل سیمان سیلیسی نقش داشته باشد (مثال: وبر و ریکن، ۲۰۰۵). **۲**-سیلیس حاصل از دگرسانی دانه های آواری همچون فلدسپاتها، میکا و خرده سنگهای ولکانیکی: سیلیس حاصل از دگرسانی می تواند به صورت آزاد در آب درون حفره ای وارد شده و پس از اشباع شدن، در بین دانه ها و یا به فرم رو رشدی ته نشست نماید. دگرسانی فلدسپاتها به وفور در ماسه سنگهای سازند کشف رود مشاهده شده است، که مشابه ماسه سنگهای تریاس در حوضه رسوبی رین هاردزوالد در آلمان است (وبر و ریکن، ۲۰۰۵). **۳**-سیلیس حاصل از انحلال فشاری: فرآیند انحلال فشاری یکی از مهمترین عوامل موثر در تشکیل سیمان سیلیسی است (مثال: کتزر و همکاران، ۲۰۰۵). وجود کنتاکتهای محدب- مقعر و مضرس در نمونه های مورد مطالعه تائیدی بر فشردگی بالا است همچنین در کنتاکت برخی دانه ها فرآیند استیلولیتی شدن را می توان مشاهده نمود که این خود باعث آزاد سازی سیلیس می شود. سیلیس حاصل می تواند در شرایط مناسب به فرم سیمان ته نشست شود. **۴**-سیلیس حاصل از فشردگی شیلها: با توجه به اینکه سازند کشف رود دارای رسوبات شیلی ضخیمی (شیلهای رسی و سیلتی) است، لذا در طی مراحل دفن این شیلها تحت تاثیر فشار زیاد قرار گرفته اند. بنابر این دانه های کوارتز (به ویژه در حد سیلت) در اثر فشردگی انحلال یافته و در نتیجه سیلیس آزاد شده بصورت محلول در بین دانه های ماسه ته نشست می کند (مثال: وبر و ریکن، ۲۰۰۵). **۵**-سیلیس حاصل از تاثیر اسیدهای آلی: با احتمال اینکه مواد آلی در برخی قسمتهای رسوبات شیلی سازند کشف رود فراوان است (افشار حرب، ۱۹۷۹). لذا می توان چنین تصور نمود که در مرحله دفن و در طی مرحله پختگی و کربوکسیلاکسیون مواد آلی،

اسید های آلی تولید شده باشد. این اسیدها یکی از عوامل موثر در انحلال کوارتز محسوب می گردد. یونهای سیلیس آزاد شده بصورت محلول در برخی قسمتها ته نشست می کند (مثال: مک براید، ۱۹۸۹).

کانیهای رسی:

کانیهای رسی که به صورت سیمان شناسایی شده اند با میانگین ۸/۵٪ عمدتاً از نوع کلریت، ایلیت، کائولن و سرسیت هستند که از دگرسانی فلدسپاتها، میکاها و خرده سنگهای ولکانیکی حاصل شده اند. برای مثال می توان به مطالعات کتزر و همکاران (۲۰۰۲)، بر روی رسوبات ماسه سنگی رودخانه ای-دلتایی و دریایی سازند Mullanghmore (کربنیفر) در شمال غرب ایرلند که مشابه ماسه سنگهای سازند کشف رود است، اشاره نمود، که وجود کانیهای رسی بطور چشمگیری از میزان تخلخل و نفوذپذیری ماسه سنگها کاسته است. بر اساس آنالیزهای انجام شده بر روی ماسه سنگهای مورد مطالعه، ترکیب کلریتهای شناسایی شده عمدتاً غنی از Fe^{2+} و Mg^{2+} است. این کانی بیشتر در رخساره هایی که دارای دانه های غنی از Fe^{2+} و Mg^{2+} ، همانند میکا و خرده سنگهای ولکانیکی هستند، شناسایی شده و احتمالاً در اثر دگرسانی این دانه ها تشکیل شده است. کانی دیگر ایلیت است که احتمالاً در اثر دگرسانی فلدسپاتها حاصل شده که عمدتاً در طول رخها مشهود می باشد، اما بیان اینکه ایلیت در ماسه سنگهای مورد مطالعه در جازا بوده و در اثر دگرسانی حاصل شده قدری مشکل است. از طرفی احتمال اینکه ایلیت در اثر تبدیل اسمکتیت تشکیل شده باشد نیز وجود دارد. در ماسه سنگهای سازند کشف رود، در رخساره هایی که مقدار پتاسیم فلدسپات بیشتر است، کانی ایلیت نیز فراوان تر است.

پیریت زایی: آنالیزهای ژئوشیمیایی نشان داده است که کانی پیریت به مقدار ناچیزی در ماسه سنگ های سازند کشف رود حضور دارد. از نظر مکانیزم تشکیل این کانی می توان چنین استنباط نمود که بصورت ثانویه تشکیل شده و ممکن است بصورت جانشینی در مجاورت اکسید آهن تشکیل گردد. پیریت احتمالاً بر اثر فعل و انفعالات ترکیبات آهن دار با H_2S، و در اثر فعالیت باکتریهای احیا کننده سولفاتها حاصل شده باشد. از آن جائیکه وجود مواد آلی در رسوبات سازند کشف رود محرز و مشخص است (افشار حرب، ۱۹۷۹)، لذا وجود این مواد عاملی جهت ایجاد H_2S لازم در پیریت زایی محسوب می گردد. همانطور که در بحث ترکیبات اکسیدآهن عنوان گردید، حضور این ترکیبات خود عاملی جهت پیریت زایی محسوب می گردد.

باریت: کانی باریت نیز به مقدار بسیار ناچیز به صورت سیمان در بین دانه ها تشکیل شده است. شانن (۲۰۰۲) و پایپر و همکاران (۲۰۰۵)، در مطالعات خود بر روی ماسه سنگهای کرتاسه در کانادا چنین اظهار داشته اند که تشکیل باریت معمولاً در حضور ارتوکلاز صورت می گیرد. در این صورت Ba^{2+} موجود در آن نیز از ارتوکلاز نشات گرفته است. همانگونه که اشاره شد، کانی ارتوکلاز در رخساره های آواری سازند کشف رود نسبتاً فراوان است. وانگهی SO^{4-} مورد نیاز نیز در اثر وجود مواد ارگانیکی در رخساره های این سازند قابل تامین می باشد. بنا بر این امکان تشکیل سیمان باریت وجود دارد.

توالی پاراژنتیکی سیمان ها

تفسیر توالی پاراژنیکی سیمان در ماسه سنگهای سازند کشف رود بر مبنای مطالعات دقیق میکروسکپی و آنـالیز های ژئو شیمیایی صورت گفته است. فرآیند های دیاژنز در طی سه مرحله عمل کرده است که عبارتند از: دیاژنز اولیه (Early/ Eodiagenesis)، شامل تشکیل سیمان های کربناتـه، اکـسیدآهن، سـیلیس، رس و پیریـت اسـت. دیاژنز دفنی عمیق (Deep Burial/ Mesodiagenesis) که شامل تشکیل سیمانهای کربناته، سیلیس و رس است. دیاژنز انتهایی (Teloiagenesis) شامل تشکیل سیمانهای اکسیدآهن، کربناتـه، رس و باریـت اسـت. بایـد توجـه داشت که تفسیر توالی دیاژنتیکی فقط بر اساس سیمان های موجود صورت گرفته است.

نتیجه گیری :

ماسه سنگهای سازند کشف رود عمدتاً لیتیک آرکوز، فلدسپاتیک لیت آرنایت و لیتارنایت می باشد. نتایج حاصل از مطالعات پتروگرافی و آنالیزهای ژئوشیمیایی منجر بـه شناسـایی و عملکـرد فرآینـدهای دیـاژنتیکی همچـون سیمانی شدن (اکسیدآهن، کربنات، سیلیس، کانیهای رسی، پیریت و باریت) شده است. لذا بر این اسـاس تـوالی پاراژنیکی سیمانی شدن حاکم بر سازند کشف رود که شامل دیاژنز اولیه، دیاژنز دفنـی عمیـق و دیـاژنز انتهـایی است، تفسیر شده است. سیمانی شدن در مرحله دیاژنز اولیه شـامل کربنـات (کلـسیت، دولومیـت و سـیدریت)، اکسید آهن، سیلیس، رس و پیریت است. همچنین در طی دیاژنز دفنی عمیق سـیمان هـای کربنـات (کلـسیت، دولومیت، آنکریت و سیدریت)، سیلیس و رس ته نشست کرده اند. در دیاژنز انتهایی نیز فرآیند سیمانی شـدن از نوع اکسیدآهن، کربنات (کلسیت)، رس و احتمالا باریت حاصل شده است.

منابع:

1. Afshar Harb, A., 1979, The Stratigraphy, Tectonics and Petroleum Geology of the Kopet Dagh Region, Northern Iran: Doctoral Imperial College of Science and Technology, University of London, London, England, 316 p, 1979.
2. Folk, R. L., 1980, Petrology of Sedimentary Rock, Hemphill Publishing Co., Texas, 182 p.
3. Ketzer, J. M., Morad, S., Evans, R., and AL-Aasm, I. S., 2002, Distribution of diagenetic alteration in fluvial, deltaic, and shallow marine sandstones within a sequence stratigraphic frameworke: evidence from the Mullaghmore Formation (Carbonirerous), NW Ireland: Journal of Sedimentary Research, vol. 72, no. 6, pp. 760-774.
4. Ketzer, J. M., De Ross, L. F. and Dani, Norberto., 2005, Kaolinitic meniscus bridges as an indicator of early diagenesis in Nubian sandstone, Sinai, Egypt – discussion, Sedimentology, vol. 52, pp. 3213-217.
5. Madani, M., 1977, A study of the sedimentology, stratigraphy and regional geology of the Jurassic rocks of eastern Kopet Dagh (NE Iran). Unpublished Ph.D. thesis, Royal School of Mines, Imperial College, London, 246 p.

6. Matyas, J., 1998, Carbonate cements in the Tertiary sandstones of the Swiss Molasse basin, relevance to palaeohydrodynemic reconstruction, Sedimentology, vol. 26, pp. 141 – 162.
7. Mcbride, E. F., 1989, Quartz cement in sandstones: A review, Earth – Science Reviews, vol, 26. pp. 69 – 112.
8. Mcbride, E. F., Land, L. S. and Mack, L.E., 1987, Diagenesis, Norphler Formation (Upper Jurassic), Rankin County, Mississippi, and Mobile County, Alabama: The American Association of Petroleum Geologists Bulletin, V. 71, No. 9, P. 1019-1034.
9. Morad, S. and Aldaham, A. A., 1986, Diagenetic alteration of detrital biotite in Protrozoic sedimentary rocks from Sweden: Sedimentary Geology, V. 47, P. 95-107.
10. Pe-Piper, G., Dolansky, L. and Piper, D. J. W., 2005, Sedimentary environment and diagenesis of the Lower Cretaceous Chaswood Formation, southeastern Canada: The origin of kaolin-rich mudstones: Sedimentary Geology, Article in press, Corrected Proof.
11. Poursoltani, M.R., Gibilng, M.R. and Moussavi-Harami, R., (2006), Sedimentology and diagenesis of a turbidite succession: the Jurassic Kashafrud Formation of the Kopet-Dagh Basin, northeast Iran, 17th International Sedimentological CongressAbstracts, Fukuoka Internationl Congress Center, Japan, 27th August - 1st September, 2006, vol. B, p. 121.
12. Poursoltanoi, M.R., Moussavi Harami, R. and Gibling, R.M., 2007, Jurassic deep-water fans in the Neo-Tethys Ocean: The Kashafrud Formation of the Kopet-Dagh Basin, Iran, Sedimentary Geology, V. 198, PP. 53-74.
13. Ros, L. F. De., Morad, S. and Al-Aasm, I. S., 1997, Diagenesis of siliciclastic and volcaniclastic sediments in the Cretaceous and Miocene sequences of the NW African margin (DSDP Leg 47A, Site 397), Sedimentary Geology, vol. 112, Issues 1-2, pp. 137-156.
14. Salem. A. M., Ketzer, J. M., Morad, S., Rizk, R. R. and Al-Aasm, I. S., 2005, Diagenesis and Reservoir-Quality evolution of incied-valley sandstones: Evidence from the Abu Madi Gas Reservoirs (Upper Miocene), The Nile Delta Basin, Egypt: Journal of Sedimentary Research, vol. 75, no. 4, pp. 572-584.
15. Shannon, J., 2002, Lower Cretaceous lithofacies and petrology of Paskwesk A-99 and Dauntless D-35 wells, Scotian Basin. BSc (honours) Thesis, Saint Mary's University, Halifax, N. S., 121 p.
16. Souza, R. S. and Assis Silva, C. M., 1998, Origin and timing of carbonate cementation of the Namorado Sandstone (Cretaceous), Albacora Field, Brazil: implications for oil recovery, Sedimentology, vol. 26, pp. 309 – 325.
17. Vieira, M. M., and Ros, L. F., 2006, Cementation patterns and genetic implications of Holocene beachrocks from northeastern Brazil, Sedimentary Geology, In Press.
18. Weber, J. and Ricken, W., 2005, Quartz cementation and related sedimentary architecture of the Triassic Solling Formation, Reinhardswald Basin, Germany, Sedimentary Geology, vol, 175, pp. 459 – 47