مطالعه‌ی ژئوشیمیایی مرز پرمو ـ تریاس و رخساره‌های کربناته ـ دولومیتی سنگ مخـزن گازی کنگان و دالان در میدان سلمـــــان

احمد رضا ربانی

استادیار

گروه نفت، دانشکده معدن، متالوژی و نفت، دانشگاه صنعتی امیر کبیر

چکیده

رسوبات سازند دالان (پرمین فوقانی) و کنگان (تریاس زیرین) در یک پلت فرم کربناته و در شرایط آب وهوایی خشک نهشته شدند. این سازندها مهمترین سنگ مخزن گاز میادین گازی جنوب ایران و منطقه‌ی خلیج فارس را تشکیل می‌دهند. مطالعات صحرایی، پتروگرافیکی و ژئوشیمیایی افزون بر ۱۲۰۰ متر از سکانس‌های کربناته دالان و کنگان در جنوب ایران نشان می‌دهد، این دو سازند، عمدتاً از رخساره‌های کربناته‌ی کم عمق (جزر مدّی ـ مرداب ـ سدی و دریای آزاد) تشکیل می‌شوند و توالی‌های رسوبی موجود در آن‌ها به سمت بالا ریزشونده هستند. نتایج مطالعات ژئوشیمیایی این دو سازند، نشان می‌دهد ترکیب ایزوتوپی آنها با یکدیگر متفاوت و روند تغییرات ایزوتوپی در مرز سازندهای پرمین فوقانی و تریاس زیرین، با تغییرات ناگهانی همراه است که از اختلاف محیط رسوبی و شرایط آب و هوایی در زمان تشکیل این دو سازند حکایت دارد. این تغییرات با سنگین‌تر شدن ترکیب ایزوتوپی اکسیژن و کربن در مرز دو سازند از کنگان به دالان بروز می‌کند. نتایج مطالعات پتروگرافی و ژئوشیمیایی رخساره‌های دولومیتی سازندهای دالان وکنگان بیانگر این است که مکانیسم دولومیتی شدن در این دو سازند کاملاً متفاوت است. دولومیت‌های سازند دالان بیشتر در شرایط خشک و در محیط فوق جزر و مدّی به شکل همزمان با رسو ب‌گذاری شکل گرفته‌اند، در حالی که بخش عمده‌ی رخساره‌های دولومیتی در سازندکنگان، در شرایط تدفینی تشکیل شده‌اند.

کلمات کلیدی

دولومیت ـ رخساره ـ ایزوتوپ ـ محیط رسوبی ـ ژئوشیمی مخزن.

Geochemical Study of Permo-Triassic Boundary and Carbonate -Dolomite Facies of Dalan and Kangan Gas Reservoirs in the Salman Oil Field

A.R. Rabbani

Assistant Professor

Department of Mining, Metallurgical &Petroleum Engineering,
Amirkabir University of Technology

Abstract

Dalan (Upper Permian) and Kangan (Lower Triassic) Formation were deposited in an extensive carbonate platform under an arid climate. These formations makes up the essential part of the Gas reservoirs in south of Iran and Persian Gulf. Detailed field and petrographic investigation of over 1200 meter carbonate sequence of the Kangan and Dalan led to the recognition of several shallow marine (tidal flat, sabtidal, lagoon, bar and open marine) facies. Environment of deposition of these limestone were a showalling –upward .The transition from Dalan to Kangan denotes a period of drastic change in the deposition environment and the chemical milieu of the sedimentation basin. These changes are reflected by a marked positive excursion of carbon and oxygen isotopes from Kangan to Dalan formation. Petrographic, chemical and isotopic studies of the dolomite in the

Kangan and Dalan formations reveal that dolomitization was the result of several diagenetic events. The neomorphic alteration of these dolomites significantly modified their original chemical signatures. Dolomite in the Kangan and Dalan formed in two stages by different mechanisms.:in Dalan formation dolomitization occur in the early phase of syngenetic (penecontemporaneous) replacement of the pre-existing carbonate in an arid climate on a supratidal flat. Kangan's dolomite formed during deep burial.

Keyword
Dolomite- Facies- Isotope- Reservoir Geochemistry

۱- مقدّمه

مخـازن دولومیتـی حـدود نیمـی از مخازن کربناته‌ی دنیا را شامل می‌شوند. رخساره‌های دولومیتی در سیستم‌های کربناته غالـباً بهترین بخش مخازن هیدروکربوری را تشکیل می‌دهند [1]. مطالعات مربوط به فرایند دولومیتی شدن در مخازن کربناته مـی‌تواند نقش مستقیمی در مطالعات استراتژی اکتشافی و توسعه‌ی میادین هیدروکربوری ایفا کند. دانستن پروسه‌های کنترل کننـده‌ی دولومیتی شدن، ابزار بسیار مهمی جهت پیش‌بینی موقعیّت مخزن، بررسی ژئومتری و تداوم یا پیوستگی مخزن است. ایـن یکـی از کاربـردهای مهـمّ ژئوشـیمیِ غیـر آلی در حوزه‌ی اکتشاف نفت و گاز به شمار می‌رود. دولومیت بر خلاف کلسیت پایـداری شـیمیایی بیشـتری دارد هـم چنـین میـزان کـاهش تخلخـل واحـدهای دولومیتی با افزایش عمق آنها، در مقایسه با واحدهای کلسیتی کمتر است و می‌تواند به لحاظ محفوظ ماندن تخلخل و نفوذپذیری خود، در عمق بیشتری نسبت به طبقات کلسـیتی بعـنوان واحدهای اقتصادی در نفت و گاز عمل کنند [1]. بیشتر مخازن هیدروکربوری موجود در عمق زیاد، محدود به افـق‌هـای دولومیتـی شده‌ی سازندهای کربناته است. بررسی محدوده‌های دولومیتی شده‌ی این سازندهایِ کربناته، نقش مهمی در تعیـین محـدوده‌هـای مخزنـی آنهـا دارد. رسـوبات کـربناته در شرایط مختلف هیدرولوژیکی و محیط‌های مختلف، می‌توانند دولومیتـی شوند. پروسه‌های هیدرولوژیکی موثّر در فرایند دولومیتی شدنِ کربناتها، نقش مهمی درکنترل مورفولوژی واحدهای دولومیتـی شـده ایفاء می‌کند. برای مثال دولومیتزاسیون در محیط سوپراتایدال سبب شکل گیری مخازن نازک واجد لایه‌بندی می‌شود و با گسترش جانبی وسعت پیدا می‌کند، در حالی که فرایند دولومیتی شدن کنترل شده توسط گسل‌های زیرزمینی، به تولـید مخـازن هیدروکـربوری نـازک، خطـی و دارای گسـترش و جهـت یافتگی به موازات خط گسل می‌انجامد. بنابراین، برای پـیش‌بینـیِ محـدوده‌ی گسترش خاصّ مخازن دولومیتی، باید فرایندهایی را که سبب دولومیتی شدن گشته‌اند، شناسایی کرد. سـازندهای دالان و کـنگان، مهمترین سنگ مخزن گازی در جنوب ایران و خلیج فارس است و افزون بر ۱۸ درصد منابع گازی دنیا را در خود جا داده است[2, 3]. مرز این دوسازند مخزنی در جنوب ایران، چندان مشخّص نیست. یکی از اهداف این مطالعه، بررسـی روند تحوّل پرمین فوقانی به تریاس و شناسایی عوامل و فرایندهای دولومیتی شدن در سازندهای مخزنی کربناته دالان و کنگان در میدان سلمان خلیج فارس است.

۲- روش مورد استفاده شده در مطالعه‌ی ایزوتوپی کربن و اکسیژن

تعـداد ۵۸ نمـونه از میکروفاسـیس‌هـای مخـتلف و رخسـاره‌هـای دولومیتـی سازندهای دالان و کنگان میدان سلمان برای تجـزیه‌ی ایزوتوپـی کـربن و اکسیژن انتخاب و در آزمایشگاه مؤسسیه‌ی ژئوشیمی مسکو مقادیر ایزوتوپی آنها اندازه‌گیری شد. بـرای مطالعـه‌ی ایزوتوپـی کربن و اکسیژنِ نمونه‌ها، روش استاندارد به کار می‌رود.[4]. مقدار ۱۰۰ گرم از۵۸ نمونه کلسیتی و دولومیتی سازندهای کنگان و دالان انتخاب و کاملا پودر شد. برای حذف تاثیر مواد آلی موجود برنتایج حاصل، نمونه‌ها به مدّت زمـان یک ساعت به آرامی تا ۲۰۰ درجه حرارت داده شدند. نمونه‌ی مورد مطالعه شده تحت تاثیر اسید ارتو فسفریک(H_3PO_4) بـه مـدّت یـک ساعت در شرایط خلأ قرارگرفت (البته برای نمونه‌های دولومیتی از حرارت غیر مستقیم نیز استفاده شد) وCO_2 حاصـل در دسـتگاه، با آمپول‌های شیشه‌ای مخصوص جمع‌آوری و برای اندازه‌گیری مقادیر ایزوتوپی کربن و اکسیژنِ نمونه‌ها از دسـتگاه طـیف سـنج جرمی Varian-Mat-230 استفاده شد. مقادیر ایزوتوپ‌های پایدار کربن و اکسیژنِ نمونه‌های مورد مطالعه شـده با علامت دلتا(δ) و به صورت قسمت در هزار نمایش داده شده و طبق روابط زیر محاسبه و نسبت به استاندارد SMOW و PDB سنجیده می‌شود.

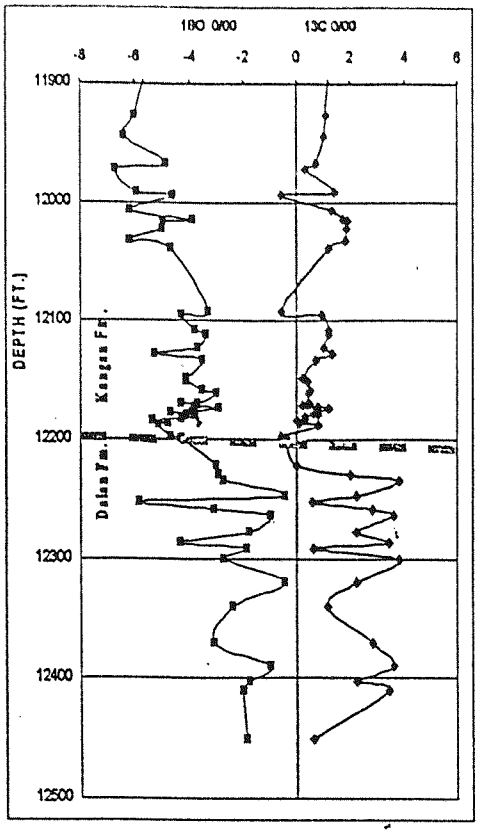
$$\delta^{13}C = \frac{(^{13}C/^{12}C)Sample - (^{13}C/^{12}C)PDB}{(^{13}C/^{12}C)PDB}.1000 \quad (1)$$

$$\delta^{18}O = \frac{(^{18}O/^{16}O)sample - (^{18}O/^{16}O)SMOW}{(^{18}O/^{16}O)SMOW}.1000 \quad (2)$$

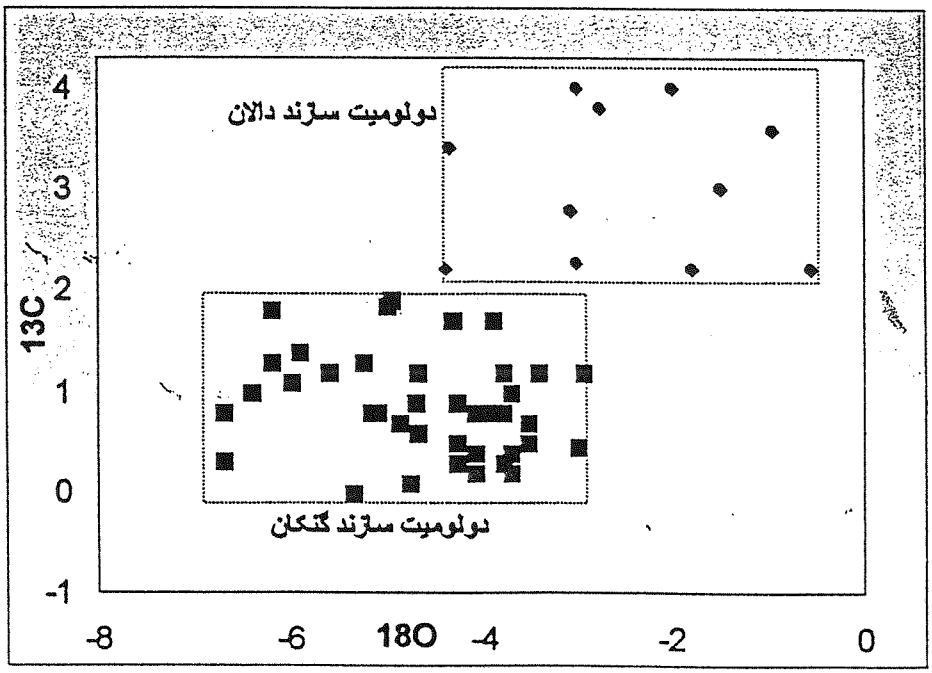
۳- بررسی تغییرات ایزوتوپی درمرز پرمین ـ تریاس سازندهای دالان و کنگان

شکل (۱) تغییرات مقادیر ایزوتوپی کربن و اکسیژن در طول مقطع قائم سازندهای کنگان و دالان در میدان سلمان را نشان می‌دهد. بررسی روند تغییرات ایزوتوپی کربن و اکسیژن در مقطع مورد مطالعه نشان می‌دهد که با افزایش عمق، میزان ترکیب ایزوتوپیِ نمونه‌ها سنگین‌تر می‌شود و در عمق ۱۲۲۰۰ فوتی، ترکیب ایزو توپی ناگهانی تغییر می‌کند و به سمت اعماق بیشترِ مقادیر ایزو توپی سنگین‌تر می‌شود. این حد را می‌توان به عنوان مرز بین سازند کنگان و دالان فوقانی در میدان سلمان در نظر گرفت که با توجّه به شباهت‌های زیاد پتروگرافی بین مقاطع نازک این دو سازند، تعیین مرز دقیق با مطالعه سنگ‌شناسی امکان‌پذیر نبوده است. در مجموع، سازند دالان (پرمین فوقانی) دارای ترکیب ایزوتوپی اکسیژن و کربنِ سنگین‌تری نسبت به نمونه‌های سازند کنگان (تریاس زیرین) است. روند تغییرات مقادیر ایزوتوپی سنگ‌های سازند دالان (پرمین فوقانی) و کنگان (تریاس تحتانی) از روند کلّی و عمومی ترکیب ایزوتوپی سنگ‌های کربناته در طول تاریخ زمین‌شناسی تبعیت می‌کند[5,6]. ترکیب ایزوتوپ کربنِ سنگ کربناته به میزان مشارکت دو مخزن یا منشأ اصلی کربن در طبیعت، یعنی، کربن غیر ارگانیکی (که غالباً کربن موجود در رسوبات کربناته از آن تأمین می‌شود) و کربن ارگانیکی بستگی دارد. در دوره‌های زمانی که در محیط‌های دریایی حیات گسترش داشته است، بخش عمده‌ی ایزوتوپهای سبک کربن توسط فیتوپلانکتون‌ها جذب و از آب خارج می‌شود و رسوبات کربناته از نظر ایزوتوپی سنگیتر خواهند شد. [7,8]، این می‌تواند یکی از دلایل سنگین‌تر شدن ترکیب ایزوتوپی بعضی از نمونه‌ها بویژه در سازند دالان در مقایسه با کنگان باشد. افت ناگهانی یا سبکتر شدن مقادیر ایزوتوپی کربنِ نمونه‌ها در مرز دالان و کنگان می‌تواند در نتیجه‌ی پس‌روی دریا در تریاس زیرین و اکسیداسیون مواد آلی نهشته شده در رسوبات قبلی و افزایش درصد کربن آلی (که در مقایسه با کربن غیر آلی از نظر ایزوتوپی سبکتر است) حاصل شود، و در پی آن رسوبات کربناته‌ی نهشته شده در دریای کنگان از نظر ایزوتوپی سبکتر شده است. روند تغییرات ایزوتوپ اکسیژن نیز مثل ایزوتوپ کربن است و سازند کنگان ترکیب ایزوتوپی $\delta^{18}O$ سبکتری نسبت به دالان دارد. علت آن می‌تواند افزایش حرارت در زمان تریاس زیرین یا تأثیر آب‌های جوّی بر رسوبات کنگان باشد. ترکیب ایزوتوپی اکسیژن سنگ‌های کربناته در محیط‌های رسوبی با دو فاکتور درجه‌ی حرارت و ترکیب ایزوتوپی آب کنترل می‌شود. نوسانات درجه‌ی حرارت محیط آبی، با تغییرات کلّی درجه حرارت زمین، مرتبط است. ترکیب ایزوتوپی آب دریا با میزان شوری آب نیز می‌تواند تغییر کند، در مرحله‌ی بعد از رسوب‌گذاری در نتیجه‌ی تبادل یونی با آبهای جوّی یا ماگمایی نفوذی به داخل رسوبات، ترکیب ایزوتوپ اکسیژن رسوبات سبکتر می‌شوند[7].

برای بررسی سازوکار دولومیتی شدن رخساره‌های دولومیتی سازندهای کنگان و بخش بالایی دالان، ترکیب ایزوتوپی نمونه‌های دولومیتی و بافت آنها بررسی شدند. ابعاد بلورهای دولومیت و نوع سطوح آنها می‌تواند نشان دهنده‌ی شرایط تشکیل آنها باشد. دولومیت‌های شکل گرفته در مراحل نهایی دیاژنز که در عمق زیاد شکل می‌گیرند، بیشتر متشکل از بلورهای متوسّط تا درشت هستند[9]. این نوع از دولومیت‌ها از نظر ایزوتوپی، سبکتر است و عناصر Fe, Mn آنها در مقایسه با دولومیت‌هایی که در مراحل ابتدایی دیاژنز شکل می‌گیرند، بیشتر است.[10] دولومیت‌های سازندِ دالان بیشتر دانه‌ریز تا دانه متوسّط و دارای ترکیب ایزوتوپی اکسیژن (‰ 4.3- لغایت0.4- =$\delta^{18}O$) و ایزوتوپ کربن (+4 لغایت+2.3=$\delta^{13}C$) هستند. در سازند کنگان ابعاد بلورهای دولومیت به طور متوسط، درشت‌تر است و ترکیب ایزو توپی کربن (‰2+ تا 0.6- =$\delta^{13}C$) و ترکیب ایزوتوپی اکسیژن (‰7- تا 2.9- =$\delta^{18}O$) دارد. در شکل(۲)ترکیب ایزوتوپی نمونه‌های دولومیتیِ این دو سازند با یکدیگر مقایسه شده است. سازند کنگان ترکیب ایزوتوپی سبکتری نسبت به دالان دارد.

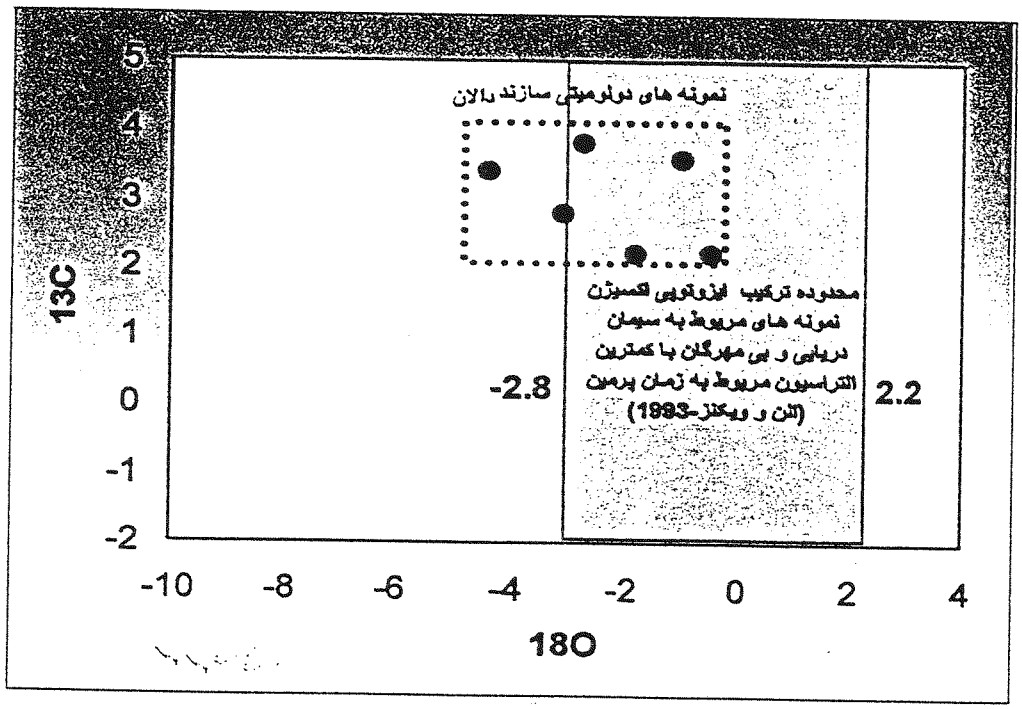


شکل (۱): تغییرات مقادیر ایزوتوپی کربن و اکسیژن در سازندهای کنگان و دالان در میدان سلمان.



شکل (۲): مقایسه‌ی مقادیر ایزوتوپی دولومیت‌های سازند دالان و کنگان در میدان سلمان.

مطالعات، بیانگر تغییر ترکیب ایزوتوپی اکسیژن رسوبات کربناته در طول تاریخ زمین شناسی است که می‌تواند به دلیل تغییر درجه‌ی حرارت یا تغییرات ترکیب شیمیایی و ایزوتوپی آبِ محیط رسوبی رسوبات کربناته باشد. افزایش حرارت محیط تشکیل دولومیت و یا تأثیر آب‌های جوّی بر روی دولومیت‌ها سبب سبکتر شدن ترکیب ایزوتوپی دولومیتها می‌شود. برای شناسایی شرایط و میزان حرارت محیطِ تشکیل دولومیت، می‌توان ترکیب ایزوتوپی اکسیژن دولومیت مورد مطالعه را با ترکیب ایزوتوپی کانی‌های کلسیتی و صدف دارای کمترین تغییرات مربوط به سنّ سازند مقایسه کرد[1] . این کانی‌ها و صدف‌ها آلتره نشده اوّلیّه در تعادل ایزوتوپی با آب دریا در شرایط حرارت محیطی هستند، و می‌توانند گویای شرایط حاکم در زمان تشکیل خود باشند. در شکل‌های(۳) و (۴) ترکیب ایزوتوپی دولومیت‌های سازند دالان وکنگان با مقادیر ترکیب ایزوتوپی اکسیژن نمونه‌های صدف بی‌مهرگان و سیمان کلسیتی باسن پرمین و تریاس که دچار کمترین تغییرات ثانویه بوده‌اند، مقایسه شده است. نتایج حاصل نشان می‌دهد، رخساره‌های دولومیتیِ سازند کنگان در مقایسه با سازند دالان در شرایط حرارتی بالاتری شکل گرفته‌اند. چرا که مقادیر ایزوتوپی دولومیتهایِ سازند دالان در محدوده‌ی ترکیب ایزوتوپ اکسیژنِ نمونه‌های صدف بی‌مهرگان و سیمان کلسیتی باسن پرمین که دچار کمترین تغییرات ثانویه شده‌اند، قرارگرفته است و نشان می‌دهد حرارتی که تحت آن شرایط این دولومیت‌ها شکل گرفته‌اند، اختلاف چندانی با حرارت محیطی دریای پرمین نداشته است. در این حال، دولومیت‌های سازند کنگان، اختلاف زیادی با ترکیب ایزوتوپی اکسیژن نمونه‌های صدف بی‌مهرگان و سیمان کلسیتی باسن تریاس که دچار کمترین تغییرات ثانویه شده‌اند، نشان می‌دهد و مقادیر ایزوتوپی آن منفی‌تر شده است، این، که گویای شکل‌گیری آن تحت شرایط حرارتی بالاتر از حرارت محیطی دریای تریاس است.



شکل (۳): مقایسه‌ی ترکیب ایزوتوپی دولومیت‌های سازندهای دالان با مقادیر ترکیب ایروتوپ اکسیژن نمونه‌های صدف بی مهرگان و سیمان کلسیتی باسن پرمین که دچار کمترین تغییرات ثانویه شده‌اند(اقتباس از Allen and Wiggins,1993).

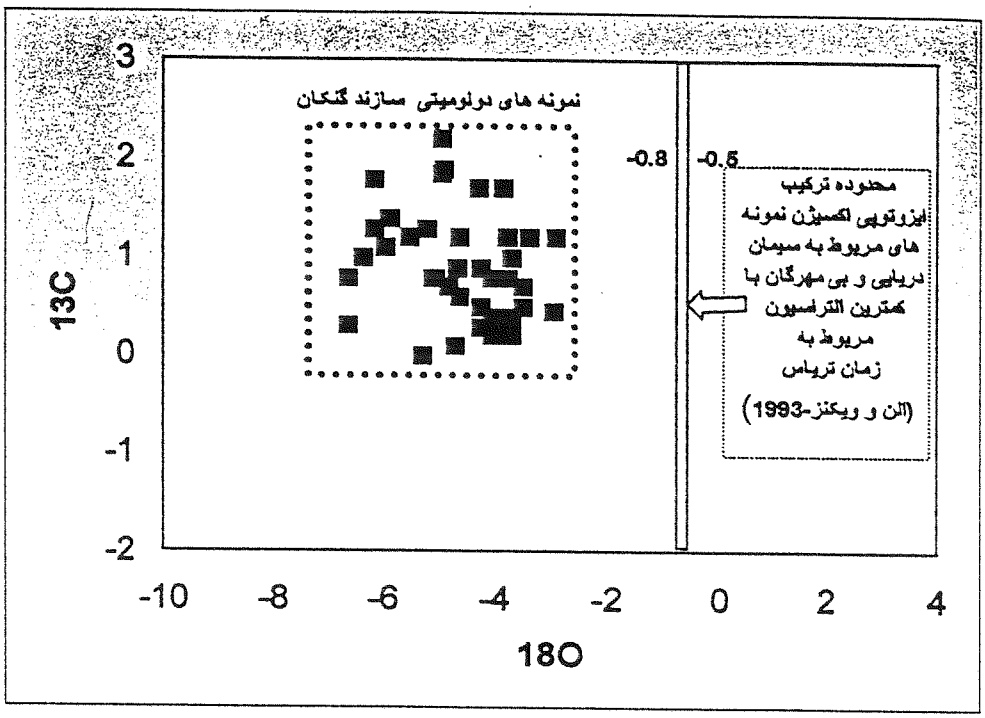
دولومیت‌های شکل گرفته در حرارت‌های نزدیک به سطح (محیط سوپراتایدال ،محیط سبخایی،رفلاکس، محیط دریایی و زون‌های مخلوط آب‌های شیرین و شور دریایی) که با عنوان دولومیت‌های حرارت پایین شناخته می‌شوند، بیشتر بر پایه سنّ زمین‌شناسی آنها، دارای ترکیب ایزوتوپیِ اکسیژن بین ۹+ تا ۲/۵- در مقیاس PDB هستند. ولی دولومیت‌های شکل گرفته در اعماق تدفینی که به دولومیت‌های حرارت بالا موسوم‌اند، دارای ترکیب ایزوتوپی سبکتر از ۲/۵- هستند[1]. بنابراین دولومیت‌های با ترکیب ایزوتوپی اکسیژن سنگینتر از ۲/۵- در نزدیکی سطح و در شرایط حرارتی نزدیک محیط شکل گرفته و دولومیت‌های دارای ترکیب ایزوتوپی سبکتر در عمق بیشتر و در طول تدفین رسوبات کربناته تشکیل شده‌اند. برای تعیین

درجه‌ی حرارتی محیط دولومیتیزاسیون می‌توان از رابطه‌ی پیشنهادی فریدمن و نیل استفاده کرد[11]:

$$\delta^{18}O_{dol.} - \delta^{18}O_{water} = [3.2*10^{6}T\ (^{0}K)^{-2}]-1.5 \qquad (۳)$$

بـر پایه‌ی رابطه‌ی پیشنهادی فریدمن و نیل، میزان حرارت محاسبه شده‌ی محیط شکل‌گیری دولومیت‌های سازند دالان به طور متوسط برابر با ۵۲ °C(از ۴۳ تا ۶۵ °C) است، در حالی که دولومیت‌های سازند کنگان به طور متوسط در درجه‌ی حرارت معادل ۷۰ °C (از ۵۹ تا ۸۲ °C) شکل گرفته‌اند.

بنابـراین سـازوکار دولومیتـی شـدن در ایـن دو سـازند کاملا با یکدیگر متفاوت است. دو لومیت‌های سازند دالان بیشتر در شـرایط خشـک و در محـیط فـوق جـزر و مـدّی و همـزمان بـا رسـو ب‌گـذاری شـکل گـرفته‌اند، در حالی که بخش عمده‌ی رخساره‌های دولومیتی در سازندکنگان در شرایط تدفینی تشکیل شده‌اند.



شکل (۴): مقایسه‌ی ترکیب ایزوتوپی دولومیت‌های سازند کنگان با مقادیر ترکیب ایروتوپ اکسیژن نمونه‌های صدف بی مهرگان و سیمان کلسیتی باسن تریاس که دچار کمترین تغییرات ثانویه شده‌اند(اقتباس از Allen and Wiggins,1993).

٤ـ بافت های مختلف دولومیتی

مهمترین بافت‌های دولومیتی قابل مشاهده در سازند کنگان و بخش فوقانی دالان که در این مطالعه، بررسی شده‌اند به قرار زیر است:

۴ـ۱ـ دولومـیت‌هـای ریز تا متوسط بلور نیمه خود شکل تا خود شکل که در آن بافت رسوبی، قبل از دولومیتی شدن قابل شناسایی است.

ایـن نـوع از دولومـیت‌هـا بـا تـوجّه بـه مطالعـات پتروگرافـی، جانشین رسوبات محیط‌های بالای مدّی تا بخش‌های فوقانی مـنطقه‌ی جزر و مدّی و گل‌های آهکی می‌شود و بیشتر تیره است و قالب بلورهای تبخیری و لامیناسیون‌های جلبکی و فابریک فنسـترال را بـه فراوانـی در آن می‌توان مشاهده کرد. با توجه به اندازه‌ی بلورها می‌توان تصوّر کرد که در مراحل نخستین تا حد واسط دیاژنز شکل می‌گیرد و از دولومیت‌های همزمان با رسوب‌گذاری درشت‌تر هستند (شکل (۵ـ الف)).

۴ـ۲ـ دولومیت‌های نیمه خود شکل تا خود شکل متوسط بلور دارای مراکز ابری و حاشیه شفاف

ایـن نـوع از دولومـیت‌هـا دارای حاشـیه‌ی شـفاف و مراکـز ابـری و تیـره هستند. حالت تیره و ابریِ بخش مرکزی بلورهای

دولومیت در نتیجه‌ی تمرکز انکلوزیون های کلسیت به سمت مرکز بلورهای دولومیت ایجاد شده‌اند و تمرکز بیشتر انکلوزیون‌های کلسیت به سمت مرکز بلورهای دولومیت برای این است که سیّال دولومیتی کننده در ابتدا، علاوه بر دولومیت، نسبت به کلسیت نیز حالت اشباع داشته و قادر به انحلال کامل کلسیت نبوده است. برای همین بلورهای اوّلیّه‌ی دولومیت در مرکز خود حاوی انکلوزیون‌های کلسیت هستند و به تدریج که محلول دیاژنتیک دولومیتی کننده نسبت به کلسیت زیر اشباع می‌شود، زون‌های دولومیتی اطراف بخش مرکزیِ این نوع دولومیت‌ها فاقد انکلوزیون‌های کلسیتی بوده وشفاف‌تر می‌شوند. از نظر شیمیایی بین زون داخلی و حاشیه خارجی این دولومیت‌ها اختلاف وجود دارد. در برخی اشکالِ این نوع مقاطع، می‌توان بافت اوّلیه‌ی قبل از دولومیتی شدن را مشاهده کرد که نشانگر جانشینی آهسته‌ی سنگ آهک قبلی در درجه حرارت کم است (شکل(۵-ب)).

۴ـ۳ـ دولومیت‌های دانه شکری خود شکل پلانار دانه متوسط

این نوع از دولومیت‌ها به صورت بلورهای هم بُعد همراه با تخلخل و نفوذپذیری بالا هستند و به ندرت می‌توان بافت اولیّه‌ی قبل از دولومیتی شدن را در این دولومیت‌ها مشاهده کرد. بلورهای این نوع دولومیت شفاف و روشن است و گاهی به شکل بلورهایی با مراکز ابری و حاشیه شفاف دیده می‌شوند. بلورهای دارای سطوح مسطّح نشانگر رشد بلورهای دولومیت در شرایط فوق اشباعی کم و یا حرارت کم هستند. در بالاتر از دمای حدّی مشخّص که احتمالاً بین ۵۰ تا ۱۰۰ درجه است، بلورهای غیر پلانار دولومیت، شکل می‌گیرند (شکل (۵ ـج)).

۴ـ۴ـ دولومیت‌های نیمه خودشکل ریز بلور مرتبط با فرآیند انحلال حاصل از فشار

این نوع از دولومیت‌ها به فراوانی در سطوح استیلولیت مشاهده می‌شوند که ظاهر نسبتاً روشن و تمیزی دارند که جانشین آهک‌های اطراف استیلولیت شده‌اند. به طور متوسّط این بلورها ۳۰ الی ۱۰۰ میکرون قطر دارند. احتمالاً سیّال‌های حاوی Mg حاصل از فرآیند انحلال فشاری، با آهک‌های مجاور سطوح استیلولیت واکنش داده و سبب تشکیل دولومیت در داخل یا در مجاورت رگه‌های استیلولیت شده‌اند. بیشتر محقّقین، این نوع دولومیت‌ها را مربوط به محیط تدفینی با عمق متوسط بعد از تشکیل رگه‌های استیلولیتی می‌دانند (شکل (۵ ـ د)).

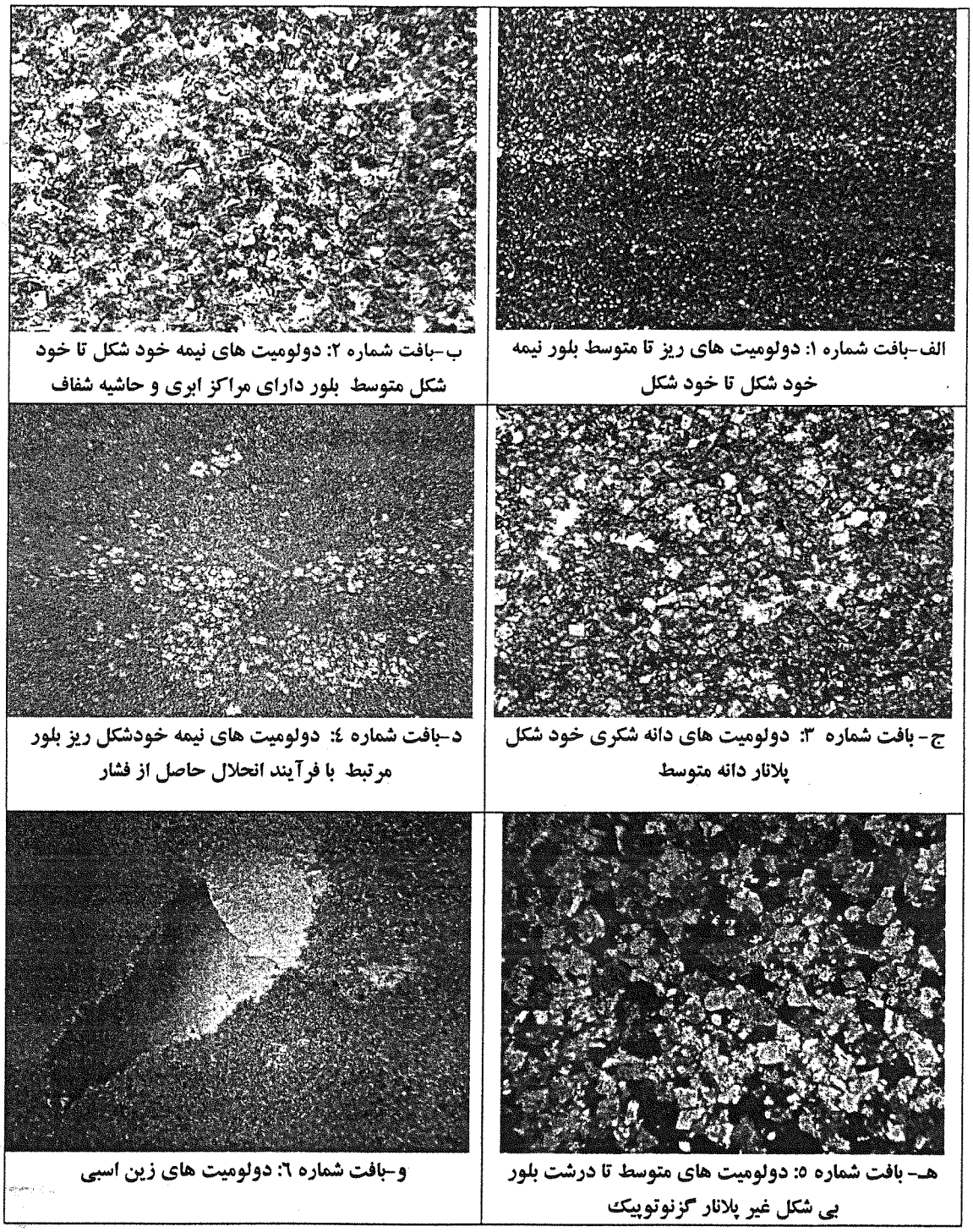
۴ـ۵ـ دولومیت‌های متوسّط تا درشت بلور بی‌شکل غیر پلانار گزنوتوپیک

برای تفکیک دولومیتی شدنِ مرتبط با مراحل اوّلیّه تا تاخیری دیاژنز، اندازه‌ی بلور دولومیت بسیار مفید است. اگر سنگ کربناته بطور کامل متشکل از دولومیت باشد، دولومیت‌های با اندازه‌ی درشت‌تر مربوط به مراحل تأخیری دولومیتی شدن هستند. اندازه‌ی بلورهای دولومیت هم زمان با رسوب‌گذاری عهد حاضردر حد چند میکرون است. برخی از محقّقین، درشتی بلورها را دارای منشأ تدفینی عمیق می‌دانند. بعضی از دولومیت‌های ریز بلور هم زمان با رسوب‌گذاری، ممکن است در پی نئومورفیسم به صورت بلورهای درشت‌تر دیده شوند که دولومیت‌های درشت حاصل، ممکن است بافت اوّلیّه‌ی رسوبی را نشان ندهند. بافت گزنوتوپیک در دولومیت‌ها در بالاتر از دمای حدی (CRT) شکل می‌گیرد که تصوّر می‌شود، این دما بین ۵۰ الی ۱۰۰ باشد. دولومیت‌های پلیوسن و عهد حاضرکه کلاً در معرض حرارت‌های نزدیک سطح (کمتر از ۵۰ درجه سانتی گراد) قرار داشته‌اند، تنها بافت‌های خود شکل یا ایدیوتوپیک از خود نشان می‌دهند. فرض بر این است که بافت گزنوتوپیک دولومیت‌ها حاصل تبلور مجدّد دولومیت‌هایی است که قبلاً شکل گرفته‌اند یا از جانشینی سنگ آهک توسط دولومیت در حرارت های بالا شکل می‌گیرد(شکل (۵ ـهـ)).

۴ـ۶ـ دولومیت‌های زین اسبی

این دولومیت‌ها به شکل سیمان یا به صورت جانشینی دیده شده‌اند و بیشتر در داخل شکستگی‌ها دیده می‌شوند. این تیپ از بلورهای دولومیت، دارای سطوح تبلوری و کلیواژهای منحنی شکل و خاموشی موجی بوده، معمولاً بزرگتر از ۱mm هستند و بیشتر متشکل از بلورهای ریزی است که حالت پلّه‌ای در سطوح بلور دولومیت به وجود آورده است. این بلورهای ریز با قرار گرفتن در کنار یکدیگر قطعه‌ای را به وجود می‌آورند که در آن بلورهای ریز، نسبت به یکدیگر اندکی جهت یافتگی دارند. تغییر افزایشی در میزان جهت یافتگیِ بلورهای ریز نسبت به هم باعث خاموشی موجی در بلور زین اسبی می‌شود. ظاهراً این نوع از دولومیت‌ها در حرارت بالاتر از 60^{o} الی 150^{o} تشکیل می‌شوند و به همین دلیل از آن به عنوان ژئوترمومتر استفاده می‌کنند. تصوّر می‌شود که منشأ دولومیت های زین اسبی از محلول‌های حاوی سولفات غنی از کلسیم در درجه حرارت بالاست [12].

دولومیت‌های زین اسبی در رسوبات عهد حاضر و سنگ‌های کواترنر دیده نشده‌اند. همراهی عمومی آنها با حفرات انحلالی و برش‌های حاصل از انحلال، نشانگر تشکیل آنها بعد از تحجیر و یا پس از تدفین است. ظاهر درشت بلورهای دولومیت، نشانگر تشکیل دولومیت در یک دوره‌ی زمانی طولانی و نیز نرخ آهسته رسوب‌گذاری هستند (شکل (۵ –و)).



الف-بافت شماره ۱: دولومیت های ریز تا متوسط بلور نیمه خود شکل تا خود شکل

ب-بافت شماره ۲: دولومیت های نیمه خود شکل تا خود شکل متوسط بلور دارای مراکز ابری و حاشیه شفاف

ج- بافت شماره ۳: دولومیت های دانه شکری خود شکل پلانار دانه متوسط

د-بافت شماره ٤: دولومیت های نیمه خودشکل ریز بلور مرتبط با فرآیند انحلال حاصل از فشار

هـ- بافت شماره ٥: دولومیت های متوسط تا درشت بلور بی شکل غیر پلانار گزنوتوپیک

و-بافت شماره ٦: دولومیت های زین اسبی

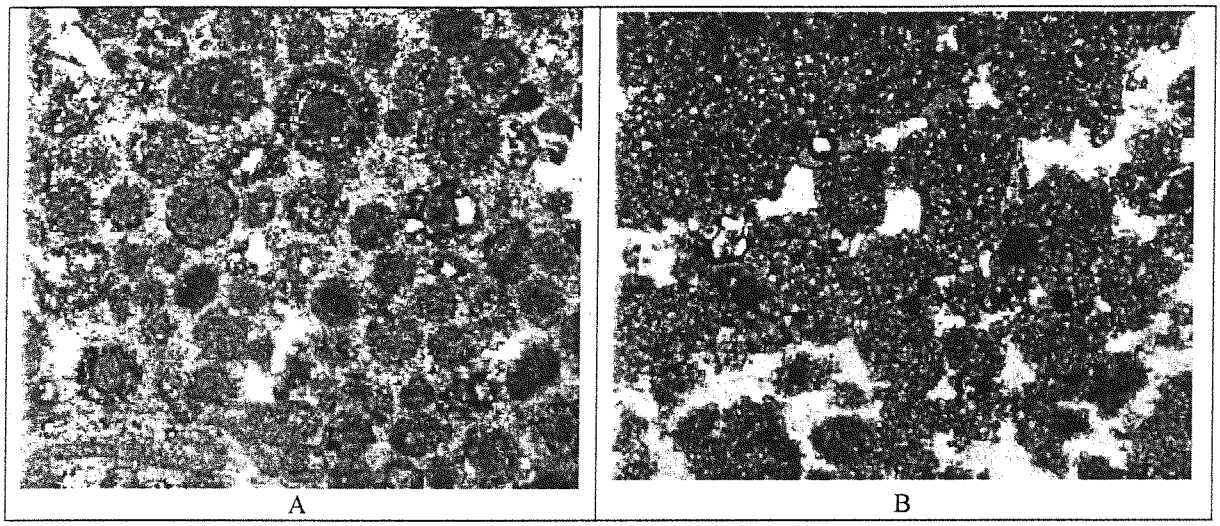
0 1mm

شکل (۵): بافتهای مختلف دولومیتی در سازندهای مورد مطالعه

۵- بررسی شدّت دولومیتی شدن

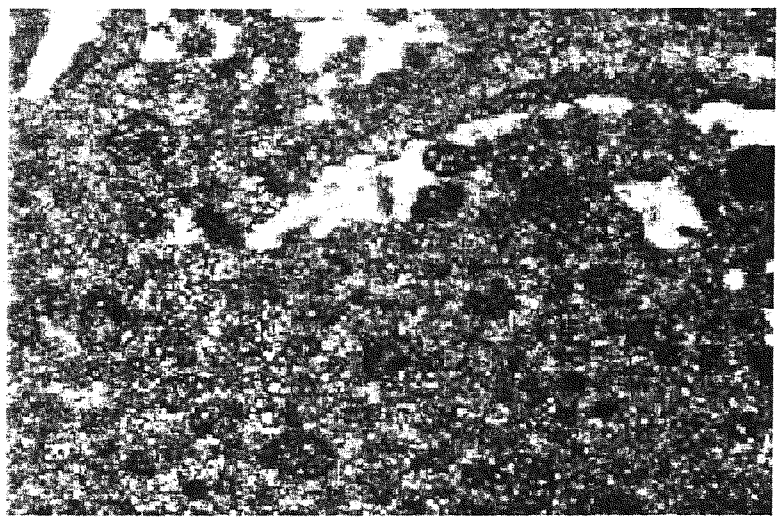
شدت دولومیتی شدن در سازندهای مخزنی مورد مطالعه را می‌توان به چهار گروه تقسیم نمود:

۱ــ در گروه اوّل دولومیتی شدن به صورت انتخابی (Selective Fabric) و به دو شکل جانشینی غیر تقلیدی و تقلیدی صورت گرفته است. جانشینی غیر تقلیدی اصطلاحی است برای حالتی که در اثر جانشینی دولومیت، ساختمان و بافت داخلی ذرّه‌ی جانشین شده از بین می‌رود و فقط شکل ذره باقی می‌ماند، در مقابل، اصطلاح جانشینی تقلیدی برای وقتی که شکل و ساختمان داخلی الوکم محفوظ می‌ماند و لازمه‌ی آن فراوانی هسته‌ی اوّلیّه دولومیت است، بکار برده می‌شود. در این گروه متن غیر دولومیتی، باقی مانده، ولی آلوکم‌ها بصورت انتخابی دولومیتی شده‌اند.



شکل (٦): دولومیتیزاسیون به صورت جانشینی انتخابی تقلیدی (A) و غیر تقلیدی (B) درسازند کنگان. در اثر جانشینی غیرتقلیدی دولومیت، بافت و ساختمان داخلی الیت از بین رفته و فقط فرم خارجی آنها قابل تشخیص است. در حالی که در جانشینی تقلیدی (A) در اثر جانشینی ساختار داخلی الیته محفوظ باقی مانده است.

۲ــ درگروه دوم زمینه و همچنین آلوکم‌ها تحت تاثیر دولومیتی شدن قرار می‌گیرند و آلوکم‌ها با درجات متفاوتی، شکل و ساختار ذره‌ای خود را حفظ کرده‌اند و بیشتر پوشش میکرایتی، سبب حفظ شکل آلوکم‌ها شده است.

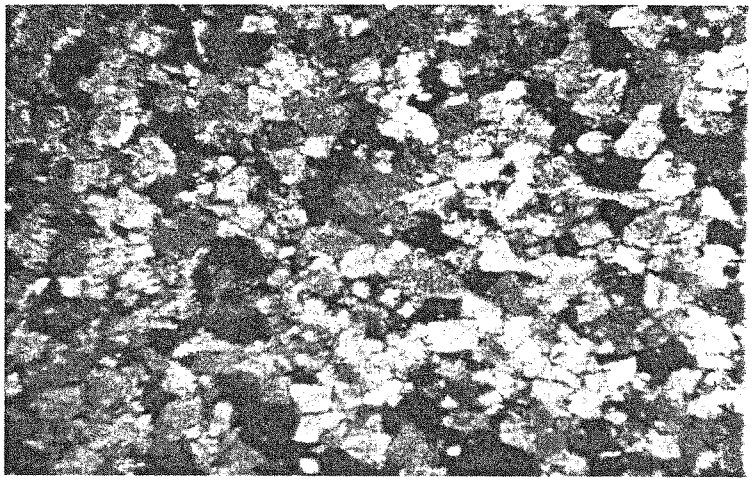


شکل (۷): زمینه و آلوکمها هر دو دولومیتی شده و قطعات اسکلتی، اائلیت و پلت دولومیتی شده را می‌توان براحتی تشخیص داد.

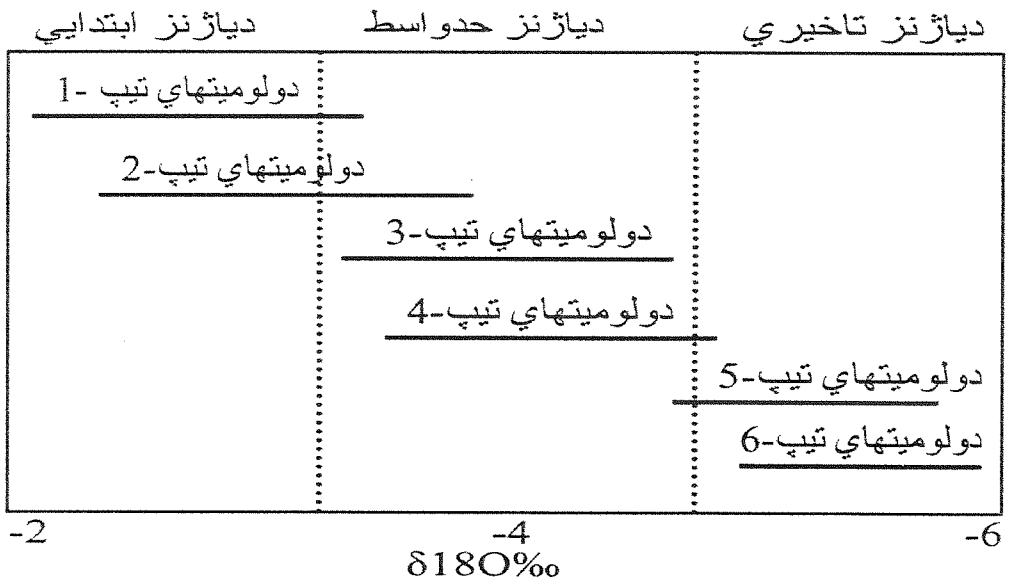
۳ـ گروه سوم مثل گروه قبلی است ولی در این دسته، بافت اوّلیّه‌ی سنگ آهک غیر مشخّص و محو شده است و آلوکم‌ها قابل تشخیص نیستند. این نوع از دولومیتی شدن، دولومیتی شدنِ فراگیر نام دارد.

تصور می‌شود که بافت‌های ذکر شده دارای پاراژنزهای زیر باشند(شکل۸).

دولومیت‌های دارای بافت‌های شماره ۱ و ۲ احتمالاً در اثر تبلور مجدّد دولومیت‌های مراحل اوّلیّه دیاژنز و یا در اثر جانشینی سنگ آهک‌های قبلی در مرحله تدفینی حدّ واسط شکل گرفته‌اند.
دولومیت‌های دارای بافت‌های ۳ و۴ در عمق بیشتر و در مرحله‌ی تدفینیِ حدّ واسط شروع به شکل‌گیری کرده‌اند و این روند تا اوایل مرحله‌ی تدفینی عمیق ادامه داشته است. در عمق بیشتر، این دولومیت‌ها توسط دولومیت با بافت شماره ۵ دنبال می‌شوند و در مرحله‌ی دیاژنز تأخیری که دوام بالایی دارد، برخی از شکستگی‌ها و حفرات توسط دولومیت زین اسبی دارای بافت شماره ۶ پر شده است.



شکل (۸): دولومیتی شدن فراگیر که زمینه و آلوکم‌ها دولومیتی شده اند ولی بافت اوّلیّه قابل شناسایی نیست.



شکل (۹): سکانس پاراژنتیکی بافت‌های رخساره‌های دولومیتی سازندهای مورد مطالعه از مرحله اولیه تا تاخیری دیاژنز به همراه مقادیر ایزوتوپی آنها.

۶ـ نتایج

ـ مطالعات ایزوتوپی نشان دهنده‌ی وجود مرز مشخّص بین سازندهای پرمین فوقانی (دالان) و تریاس زیرین (کنگان) در منطقه‌ی جنوب ایران است.
ـ نتایج مطالعات پتروگرافی و ژئوشیمیاییِ رخساره‌های دولومیتی سازندهای دالان وکنگان نشان می‌دهد، شیوه‌ی دولومیتی شدن در این دو سازند، کاملاً با یکدیگر متفاوت است. دولومیت‌های سازند دالان بیشتر در شرایط آریدی و در محیط سوپراتایدال به شکل همزمان با رسوب‌گذاری شکل گرفته‌اند در حالی که بخش عمده‌ی رخساره‌های دولومیتی در

سازندکنگان در شرایط تدفینی تشکیل شده‌اند.

ـ میـزان حرارت محاسبه شده در محیط شکل‌گیری دولومیتهای سازند دالان به طور متوسط برابر با $52^{o}C$ است در حالی که دولومیت‌های سازند کنگان به طور متوسط در درجه حرارتی معادل $70^{o}C$ شکل گرفته‌اند.

ـ مطالعـات پترو گرافی نشان دهنده وجود شش رخساره‌ی متفاوت دولومیتی در سنگ مخزن کنگان و دالان فوقانی بشرح زیر است:

۱- دولومیت‌های ریز تا متوسط بلور نیمه خود شکل تا خود شکل،

۲- دولومیت‌های نیمه خود شکل تا خود شکل متوسّط بلور دارای مراکز ابری و حاشیه شفاف،

۳ـ دولومیت‌های دانه شکری خود شکل پلانار دانه متوسّط،

۴- دولومیت‌های نیمه خودشکل ریز بلور مرتبط با فرآیند انحلال حاصل از فشار،

۵- دولومیت‌های متوسّط تا درشت بلور بی شکل غیر پلانار گزنوتوپیک،

۶ـ دولومیت های زین اسبی.

ـ تصور می شود که بافت‌های فوق، دارای پاراژنزهای ذکر شده در بخش ۵ باشند.

تقدیر و تشکر

از معاونت محترم پژوهشی دانشگاه صنعتی امیر کبیر به خاطر تأمین منابع مالی این پژوهش تشکر و قدردانی می‌شود.

مراجع

[1] Allen J.R and Wiggins, W.D.1993., Dolomite Reservoirs – Geochemical Techniques for Evaluating Origin and Distribution .AAPG Course note series#36

[2] Rabbani, A. R., 2001, Origin and mechanism of oil and gas generation in south of Iran and Persian Gulf areas, PhD. Thesis.

[3] Galimov, E. M., and Rabbani, A.R, 2001, Geochemical characteristics and origin of natural gas in southern Iran, Geochemistry International, Vol. 39, No. 8, pp. 780-792.

[4] MacCrea J.M. 1950. On the isotopic chemistry of carbonate and a paleotemperature scale//J.of Chem. Physic.Vol 18

[5] Galimov. E.M., and Magdisov. A.A., and Ronov. A.B.,1975.Variation of $^{13}C/^{12}C$ isotope in Carbonat and organic matter in the history of earth. Geochimia (Russia)

[6] Veizer J., Hosler W.T., Wilguse C.K.,1980.Corellation of $^{13}C/^{12}C$ and $^{34}S/^{32}S$ secular variation //Geochem. Cosmochem. Acta.V44.

[7] Galimov E.M.The causes of the global variation of the carbon isotope composition in the biosphere //Geochemistry international. Vol.37. No.8. 1999

[8] Tucker M.E., Wright,V.P. 1990. Carbonate sedimentology //Blackwell Scientific Publication . Oxford.p 482.

[9] Siebly, D. F., and Gregg, J.M., 1987, Classification of dolomite rocks texture: Journal of sedimentary perology, V.57, P.967-975.

[10] Joachim E.A. and Gerld M.F., 1992,Early to late diagenetic dolomitization of platform carbonate west Texas.//Jour. of Petrology V. 62. No.1

[11] Fridman, I. and Neil, J.R. 1977.Compilation of stable isotope fractionation factor of geochemical interest: USGS Professional Paper 440kk,12p

[12] Radke, B.M. and Mathis, R.l.(1980), On the formation and occurrence of saddle dolomite. Jour. Sed. Petrology.Vol.50., pp. 1146-1168