مطالعه ژئوشیمیایی و پتروگرافی رخساره های دولومیتی سنگ مخزن گازی دالان و کنگان درجنوب ایران

احمد رضا ربانی
دانشگاه صنعتی امیر کبیر، دانشکده معدن، متالوژی و نفت
Rabbani@aut.ac.ir

چکیده

رخساره های دولومیتی در سیستم های کربناته غالبا بهترین بخش مخازن هیدروکربنی می باشند. افقهای دولومیتی سازندهای مخزنی دالان(پرمین فوقانی) و کنگان(تریاس زیرین) مهمترین بخش مخازن گازی جنوب ایران را تشکیل می دهند. این سازندها در جنوب ایران و خلیج فارس شدتهای مختلفی از دولومیتی شدن را از خود نشان می دهند. فرایند دولومیتی شدن بیشتر سبب افزایش تخلخل و نفوذ پذیری در سنگهای کربناته شده و سبب شکل گیری مخازن هیدرو کربنی با کیفیت مطلوب می شود. به لحاظ اینکه دولومیت ها در مقابل فشردگی در مقایسه با طبقات کربناته مقاومت بیشتری از حود نشان می دهد ،مخازن دولومیتی دالان و کنگان در منطقه جنوب ایران حتی در اعماق بیش از ۴ کیلومتر تخلخل و نفوذ پذیری خود را حفظ کرده اند.نتایج مطالعات ژئوشیمیایی این دو سازند نشان می دهد ترکیب ایزوتوپی آنها با یکدیگر متفاوت بوده و روند تغییرات ایزوتوپی در مرز سازندهای پرمین فوقانی و تریاس زیرین توام با تغییرات ناگهانی است که نشانه اختلاف محیط رسوبی و شرایط آب و هوایی در زمان تشکیل این دو سازند می باشد. این تغییرات به صورت سنگینتر شدن ترکیب ایزوتوپی اکسیژن و کربن در مرز دو سازند از کنگان به دالان خود را نشان می دهد.نتایج مطالعات پتروگرافی و ژئوشیمیایی رخساره های دولومیتی سازندهای دالان وکنگان بیانگر مکانیسم کاملا متفاوت دولومیتی شدن در این دو سازند است. دولومیت های سازند دالان غالبا تحت شرایط آریدی و در محیط سوپراتایدال به شکل همزمان با رسو ب گذاری شکل گرفته اند در حالی که بخش عمده رخساره های دولومیتی در سازندکنگان در شرایط تدفینی تشکیل شده اند .

Geochemical and Prtrographical Study of Dolomite Facies in the Dalan and Kangan Gas Reservoirs in the South of Iran

A.R.Rabbani
Amirkabir University of Technology
Faculty of Mining, Metallurgical &Petroleum Engineering

ABSTRACT

In Carbonate systems, dolomites often form the best reservoirs .The dolomitized part of Dalan(Upper Permian) and Kangan(Lower Triassic) formations makes up the essential part of gas reservoirs in the South of Iran. The Dalan and Kangan Formations were dolomitized to various degrees in the areas of south of Iran and- Persian Gulf.In most cases, dolomitization enhanced porosity and permeability of the unit, leading to the formation of excellent hydrocarbon reservoirs. Because dolomite is more resistant to compaction than limestone, Dalan and Kangan dolomite reservoirs remain porous and permeable to the depths more than 4 km in this area. The transition from Dalan to Kangan denotes a period of drastic changes 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 forms in two stages by different mechanisms: in Dalan formation

dolomitization occurs in the early phase of syngenetic (penecontemporaneous) replacement of the pre-existing carbonate in an arid climate on a supratidal flat whereas Kasngan's dolomite forms during deep burial.

مقدمه

مخازن دولومیتی حدود نیمی از مخازن کربناته دنیا را در بر می گیرند. رخساره های دولومیتی در سیستم های کربناته غالبا بهترین بخش مخازن هیدروکربنی را تشکیل می دهند[۱]. مطالعات مربوط به فرایند دولومیتی شدن در مخازن کربناته می تواند نقش مستقیمی در مطالعات مربوط به استراتژی اکتشافی و توسعه میادین هیدروکربنی ایفاء کند. دانستن پروسه های کنترل کننده دولومیتی شدن ابزار بسیار مهمی برای پیش بینی موقعیت مخزن ،بررسی ژئومتری و تداوم یا پیوستگی مخزن می باشد. دولومیت بر خلاف کلسیت دارای پایداری شیمیایی بیشتری است و هم چنین واحدهای دولومیتی با افزایش عمق میزان کاهش تخلخل آنها در مقایسه با واحدهای کلسیتی کمتر است و در اعماق بیشتری نسبت به طبقات کلسیتی می توانند به لحاظ محفوظ ماندن تخلخل و نفوذپذیری خود به عنوان واحدهای اقتصادی در بحث نفت و گاز عمل کنند [۱] . غالب مخازن هیدروکربنی موجود در اعماق زیاد، محدود به افقهای دولومیتی شده سازند های کربناته است . بررسی محدوده های دولومیتی شده این سازند های کربناته نقش مهمی در تعیین محدوده های مخزنی آنها دارد. رسوبات کربناته تحت شرایط مختلف هیدرولوژیکی ومحیط های مختلف می توانند دولومیتی شوند.پروسه های هیدرولوژیکی موثر در فرایند دولومیتی شدن کربنات ها نقش مهمی درکنترل مورفولوژی واحد های دولومیتی شده ایفاء می کنند. به عنوان مثال دولومیتزاسیون در محیط سوپراتایدال سبب شکل گیری مخازن نازک دارای لایه بندی نازک و با گسترش جانبی وسیع می شود، در حالی که فرایند دولومیتی شدن کنترل شده توسط گسل های تحت الارضی تولید مخازن هیدروکربنی نازک ،خطی و دارای گسترش و جهت یافتگی به موازات خط گسل می کند. بنابراین برای پیش بینی محدوده گسترش خاص مخازن دولومیتی باید فرایند های دولومیتی شدن ، مورد شناسایی قرار گیرند . سازندهای دالان و کنگان مهمترین سنگ مخرن گازی در جنوب ایران و خلیج فارس بوده وبالغ بر ۱۸ درصد منابع گازی دنیا را در خود جا داده است [۲و۳]. مرز این دوسازند مخزنی در جنوب ایران چندان مشخص نبوده و نظرات مختلفی در ارتباط با تدریجی بودن آن ارایه شده است.یکی از اهداف این مطالعه بررسی روند تحول پرمین فوقانی به تریاس و شناسایی عوامل و فرایندهای دولومیتی شدن در سازند های مخزنی کربناته دالان و کنگان در میدان سلمان خلیج فارس می باشد.

زمین شناسی سازندهای دالان و کنگان

رسوبات پرمین -تریاس متشکل از رسوبات آهک شلفی کم عمق به همراه رسوبات تبخیری و تخریبی است که در منطقه خلیج فارس بنام سازند خوف(Khuff) معروف می باشد. این نام اولین بار توسط Bramkamp در سال ۱۹۵۸ برای رسوبات کربناته دارای ضخامت معادل ۱۷۲ متر با سن اواخر پرمین در عربستان سعودی به کار گرفته شد ، واز آن پس این نام توسط شرکتهای نفتی در منطقه خلیج فارس برای نام گذاری رسو بات کربناته با سن اواخر پرمین مورد استفاده قرار گرفت.بر اساس مطالعات پالئونتولوژی بخش فوقانی این سازند در جنوب ایران دارای سن تریاس تشخیص داده شده وبنام سازند کنگان و بخش زیرین آن دالان نامیده می شود. سازند کنگان حدود ۲۰۰ متر ضخامت داشته و از نظر سنگ شناسی به دو قسمت فو قانی و تحتانی تقسیم می شود.قسمت پایینی شامل تناوب آهک و دولومیت و قسمت فو قانی شامل شیلهای قهوه ای قرمز تا سبز است که به صورت متناوب با دولومیت های متبلور کرم تا خاکستری روشن قرار دارد.

سازند دالان(پرمین بالایی) متشکل از کربنات ها و تبخیری هایی است که تحت شرایط دریایی کم عمق و ساحلی سبخا رسوب کرده اند. این سازند عمدتا از میکریت های دولومیتی شده و گرین استون های با تبخیری های بین لایه ای تشکِیل شده

است. از نظر چینه شناسی این سازند از پایین به بالا به سه بخش تقسیم می شود:

بخش کربناته پایینی

دارای ضخامت حدود ۲۵۰ متر بوده که متشکل از افقهای شیلی در بخش زیرین ،دولومیت و آهک های خاکستری تا تیره فسیل دار است.

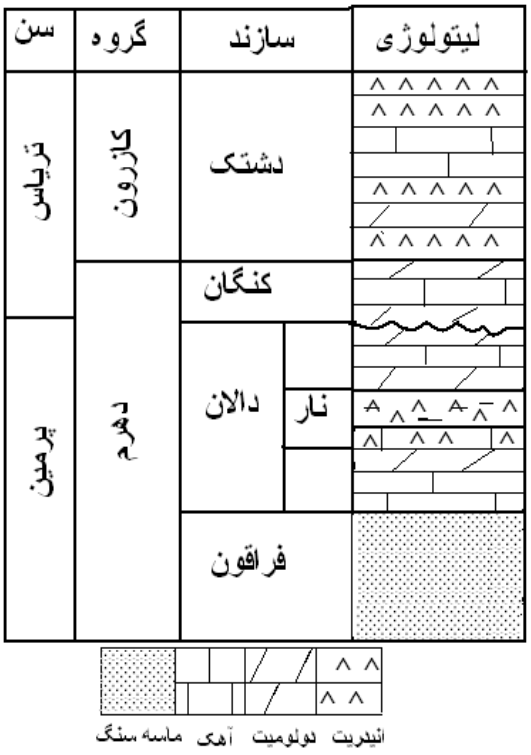
بخش نار

این بخش ضخامتی حدود ۲۶۰ متر داشته و متشکل از انیدریت ،لایه های دولومیتی همراه با آهک های االیتی دولومیتی شده است.این بخش متشکل از انیدریت های درشت بوده و نقش جدا کننده هیدرودینامیکی دالان فوقانی و تحتانی را دارد.دربعضی از نمونه های این افق، آغشتگی بالا به مواد آلی دیده می شود ، تصور بر این است که این مواد سهم مهمی در زایش گاز در مخازن دالان و کنگان داشته اند.

بخش کربناته بالایی

این بخش دارای ضخامتی معادل ۲۷۰ متر بوده و متشکل از گرین استون های االیتی –بیوکلستی ، میکرایت –دولومیت و افقهای انیدریتی است (نمودار ۱).

به طور کلی میزان تخلخل اولیه و نفوذ پذیری در سنگ ها دالان و کنگان کم بوده ولی تحت تاثیر شکستگی های ایجاد شده در اثر نیروهای تکتونیکی و همچنین عملکرد فرایند دولومیتیزاسیون میزان تخلخل در این سازند ها افزایش یافته است . سازند کنگان به طور متوسط دارای٪ ۵ و دالان به ویژه در نقاط چین خورده به طور متوسط تا٪ ۱۰تخلخل در آن قابل اندازه گیری است. نفوذ پذیری از کمتر از ۱ تا چند ده میلی دارسی متغیر می باشد.



نمودار۱–لیتولوژی پرمین–تریاس در جنوب ایران

موقعیت میدان سلمان

این میدان در حد فاصل ۱۴َو ۵۳° تا ۲۰َو۵۳ طول شرقی و ۲۷َو ۲۵° تا ۳۸َو۲۵ عرض شمالی مرز مشترک ایران و امارات متحدة عربی در خلیج فارس قرارداشته و یک میدان مشترک با ابوظبی است و بخش عربی آن ابولبوخوش نامیده می‌شود.میدان سلمان در سال ۱۳۴۴ کشف و تولید نفت از آن در سال ۱۳۴۷ آغاز گردید. از سال ۱۳۶۲ از مخزن گازی این میدان در امارات متحده عربی بهره‌برداری صورت گرفته است. این میدان به صورت یک تاقدیس گنبدی بسته بوده که محور آن در جهت شمال ۱۰درجه شرقی می‌باشد و به نظر می‌رسد همان راستای گسل پی‌سنگ باشد که عاملی برای بالا آمدن توده نمک بوده است.

این میدان دارای سه مخزن نفتی جداگانه بوایب (معادل گدوان)، عرب فوقانی(معادل سورمه) و عرب تحتانی(معادل سورمه) و دو مخزن گازی در سازندهای کنگان و دالان می باشد که در این مطالعه، وضعیت ژئوشیمیایی سازندهای کنگان و بخش فوقانی دالان مورد بررسی قرار گرفته است

روشهای مورد استفاده

اسپکتروسکوپی جذب اتمی

اسپکتروسکوپی جذب اتمی یک روش آنالیز با گستره وسیع است که امکان تعیین مقدار بسیاری از عناصر را در نمونه های جامد،مایع و گاز فراهم می کند.اساس این روش جذب پرتوهایی با انرژی مشخص توسط اتم های عنصر مورد اندازه گیری است .اتمهای هر عنصر طول موجهای خاصی را می توانند جذب کنند که با عناصر دیگر تفاوت دارد. بدین ترتیب می توان عناصر مختلف را از یکدیگر تشخیص داد (آنالیز کیفی) .همچنین در یک طول موج مشخص ، میزان جذب نور (یا شدت جذب نور) به تعداد اتمهای عنصر مورد نظر بستگی دارد، بنابراین می توان غلظت آن عنصر را تعین نمود (آنالیز کمی).

ابتدا باید عنصر مورد اندازه گیری را به صورت اتم های مجزا درآورد. یک روش ساده و موثر برای این منظور استفاده از شعله است. این شعله در غالب موارد با استفاده از مخلوط هوا و استیلن ایجاد می شود که دمایی در حدود ۲۳۰۰°C دارد. نمونه (محلول) مورد اندازه گیری به همراه هوا و استیلن به داخل شعله پاشیده می شود. دردمای مذکور بسیاری از عناصر از ترکیب خود جدا شده به صورت اتمی در می آیند. اندازه گیری های جذب اتمی نمونه های سازند دالان و کنگان در آزمایشگاه جذب اتمی دانشگاه اصفهان انجام شده است.

مطالعه ایزوتوپی کربن و اکسیژن

تعداد ۵۸ نمونه مغزه از میکروفاسیس های مختلف و رخساره های دولومیتی سازندهای دالان و کنگان میدان سلمان برای آنالیز ایزوتوپی کربن و اکسیژن انتخاب و در آزمایشگاه انستیتوی ژئوشیمی مسکو مقادیر ایزوتوپی آنها اندازه گیری شد. برای مطالعه ایزوتوپی کربن و اکسیژن نمونه ها، از روش استاندارد استفاده شده است [۴]. مقدار ۱۰۰ گرم از۵۸ نمونه کلسیتی و دولومیتی سازند های کنگان و دالان انتخاب و کاملا پودر شد. برای حذف تاثیر مواد آلی موجود درنتایج حاصله ، نمونه ها به مدت زمان یک ساعت به آرامی تا ۲۰۰ درجه حرارت داده شدند . نمونه مورد مطالعه تحت تاثیر اسید ارتو فسفریک(H_3PO_4) به مدت یک ساعت تحت شرایط خلاء قرارگرفته (البته برای نمونه های دولومیتی از حرارت غیر مستقیم نیز استفاده شد) و CO_2حاصله در دستگاه، در آمپول های شیشه ای مخصوص جمع آوری و برای اندازه گیری مقادیر ایزوتوپی کربن و اکسیژن نمونه ها از دستگاه طیف سنج جرمی Varian-Mat-230 استفاده شد. مقادیر ایزوتوپ های پایدار کربن و اکسیژن نمونه های مورد مطالعه با علامت دلتا(δ) و به صورت قسمت در هزار نمایش داده شده و به صورت زیر محاسبه و نسبت به استاندارد PDBوSMOW سنجیده می شود.

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

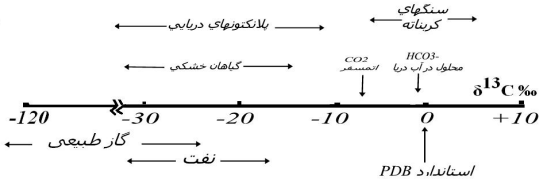
$$\delta^{18}O = \frac{(^{18}O/^{16}O)sample - (^{18}O/^{16}O)SMOW}{(^{18}O/^{16}O)SMOW}.1000$$

بررسی روند تغییرات عناصر درمرز پرمین-تریاس سازندهای دالان و کنگان

کربن موجود در بیوسفر و پوسته زمین غالبا به دوفرم کربن آلی و کربن موجود در رسوبات کربناته دیده می شود. تفریق ایزوتوپی

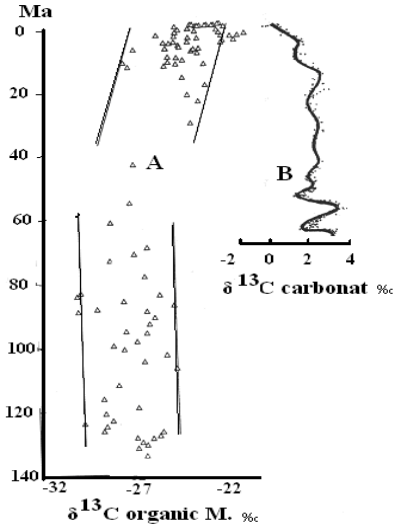
موجود در سیستم CO_2-$CO3_3^{-2}$ در جهتی است که ایزوتوپ های سنگین کربن^{13}C در سنگهای کربناته تجمع می یابد و سنگهای کربناته در مقایسه با CO_2 محلول در آب دریا از نظر ایزوتوپی سنگینتر می شوند. در حالی که تفریق ایزوتوپی در محیط در جهت سبکتر شدن ترکیب ایزوتوپی مواد آلی و تجمع کربن سبک در مواد آلی در مقایسه با CO_2 اولیه می شود. نمودار۲ محدوده های ترکیب ایزوتوپی ترکیبات کربن دار موجود در بیوسفر و سنگهای کربناته را نشان می دهد .

مطالعات انجام شده نشان می دهد سنگهای کربناته از زمان پرکامبرین به سمت عهد حاضر ترکیب ایزوتوپی کربن آنها سبکتر می شود. ترکیب ایزوتوپی سنگهای کربناته عهد حاضر به طور متوسط حدود صفر$\delta 13C \approx 0$ می باشد (نمودار۳).علت اصلی سبکتر شدن ترکیب ایزوتوپی سنگهای کربناته با کاهش سن زمین شناسی آنها ،کاهش تدریجی نقش صدف های کربناته موجودات پلاژیک در مقایسه با صدف های کربناته موجودات بنتیک در سنگهای کربناته می باشد . صدف های کربناته موجودات پلاژیک و بنتیک از مهمترین متشکله های سنگهای کربناته می باشند. صدف های کربناته موجودات پلاژیک در مقایسه با صدف های بنتیک از نظر ایزوتوپی سنگینتر می باشد. مهمترین منشاء صدف های کربناته پلاژیک CO_2 اتمسفر محلول در آب دریا بوده در حالی که صدف های کربناته موجودات کف زی یا بنتیک از CO_2حاصل از فساد مواد آلی کف دریا که از نظر ایزوتوپی سبکتر از CO_2 اتمسفراست منشاءگرفته اند[۵].



نمودار۲-محدوده های ترکیب ایزوتوپی ترکیبات کربن دار در بیوسفر و سنگهای کربناته پوسته زمین

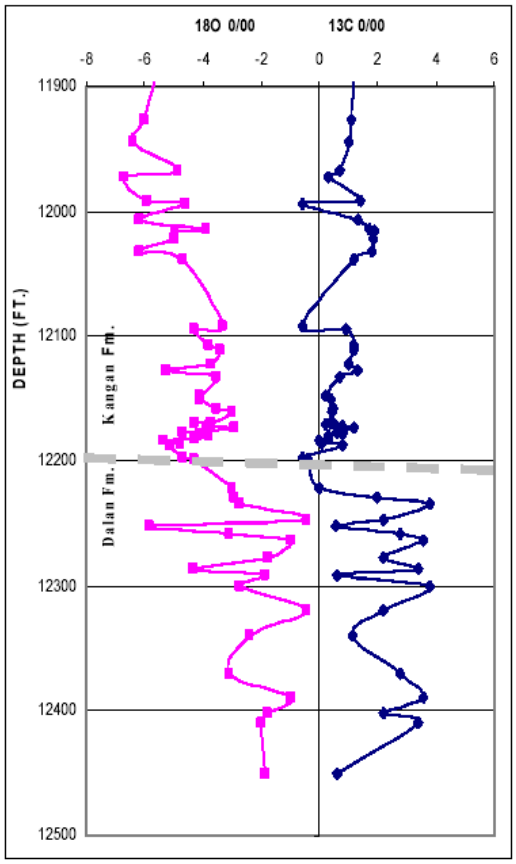
از زمان پرکامبرین به سمت عهد حاضر به تدریج موجودات پلاژیک با صدف های کربناته جای خود را به پلاژیک های دارای صدف سیلیسی نظیر دیاتومه ها و رادیولرها می دهند و میزان مشارکت آنها در ترکیب سنگهای کربناته کاهش می یابد، و این امر یکی از مهمترین دلایل سبکتر شدن ترکیب ایزوتوپی سنگهای کربناته جوانتر در مقایسه با کربنات های دورانهای قدیمتر می باشد. این حالت کاملا بر خلاف روند تغییرات ترکیب ایزوتوپی مواد آلی و نفت می باشد که باکاهش سن زمین شناسی از پرکامبرین به سمت عهد حاضر ترکیب ایزوتوپی آنها سنگینتر می شود [۵].



نمودار۳ -مقایسه روند تغییرات مقادیر ایزوتوپی مواد آلی(A) و سنگهای کربناته (B) در طول تاریخ زمین شناسی (اقتباس از گالیمف ۵).

نمودار ۴ روند تغییرات ایزوتوپ های پایدار کربن و اکسیژن در مقطع قائم سازند های کنگان و دالان در میدان سلمان را نشان می دهد. بررسی روند تغییرات ایزوتوپی کربن و اکسیژن در مقطع مورد مطالعه نشان می دهد که با افزایش عمق میزان ترکیب ایزوتوپی نمونه ها سنگینتر شده و در عمق معادل ۱۲۲۰۰ فوتی ترکیب ایزو توپی دچار تغییر ناگهانی شده و به سمت اعماق بیشتر مقادیر ایزوتوپی سنگینتر می شود. این حد را می توان به عنوان مرز بین سازند کنگان و دالان فوقانی در میدان سلمان در نظر گرفت، که با توجه به شباهتهای زیاد پتروگرافی بین مقاطع نازک

این دو سازند تعیین مرز دقیق بامطالعه سنگ شناسی امکان پذیر نبوده است. در مجموع سازند دالان (پرمین فوقانی)دارای ترکیب ایزوتوپی اکسیژن و کربن سنگینتری نسبت به نمونه های سازند کنگان (تریاس زیرین)می باشد. روند تغییرات مقادیر ایزوتوپی سنگهای سازند دالان (پرمین فوقانی) و کنگان (تریاس تحتانی) از روند کلی و عمومی ترکیب ایزوتوپی سنگهای کربناته در طول تاریخ زمین شناسی تبعیت می نماید[۶و۷].ترکیب ایزوتوپی سنگهای کربناته با کاهش سن زمین شناسی آنها سبکتر می شود.



نمودار۴-تغییرات مقادیر ایزوتوپی کربن و اکسیژن در سازند های کنگان و دالان در میدان سلمان

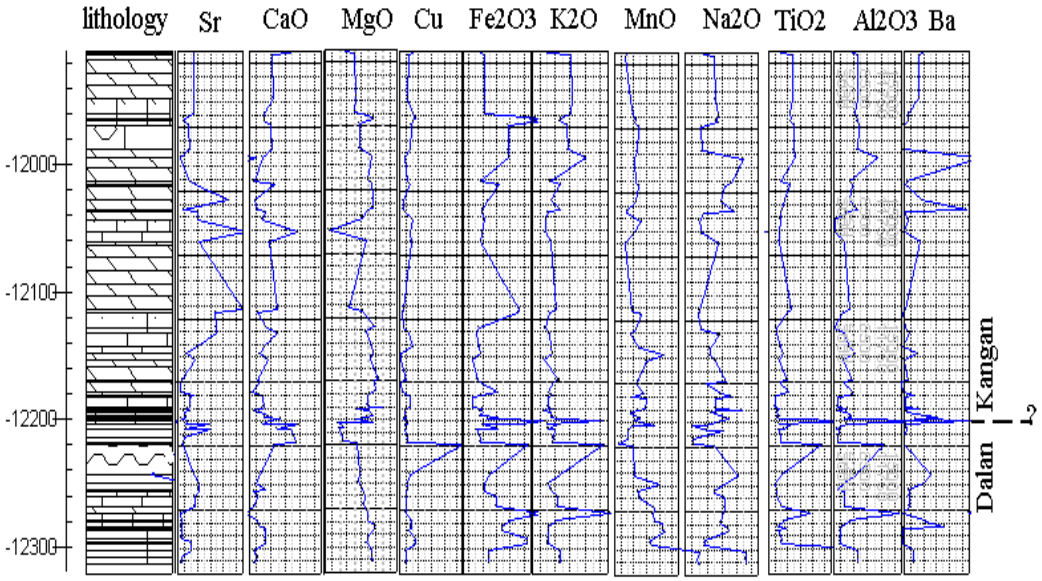
ترکیب ایزوتوپی کربن سنگهای کربناته به فاکتورهای مختلفی از جمله به میزان مشارکت دو مخزن یا منشاء اصلی کربن در طبیعت یعنی کربن غیر ارگانیکی که غالبا کربن موجود در رسوبات کربناته از آن تامین می شود وکربن ارگانیکی بستگی دارد. در دوره های زمانی، که در محیط های دریایی حیات گسترش داشته است بخش عمده ایزوتوپ های سبک کربن توسط فیتوپلانکتون ها جذب شده واز آب خارج می گردد و رسوبات کربناته از نظر ایزوتوپی سنگیتر می شوند[۵و۸]، افت ناگهانی یا سبکتر شدن مقادیر ایزوتوپی کربن نمونه ها در مرز دالان و کنگان می تواند در نتیجه پس روی 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 می باشد حاصل شود و متعاقب آن رسوبات کربناته نهشته شده در دریای کنگان از نظر ایزوتوپی سبکتر شده است.

افقهای حاوی کانی های تبخیری در سازند های دالان و کنگان از نظر ایزوتوپ کربن بسیار سنگینتر از بقیه افقها هستند .

روند تغییرات ایزوتوپ اکسیژن نیز مشابه ایزوتوپ کربن بوده و سازند کنگان دارای ترکیب ایزوتوپی $\delta^{18}O$ سبکتری نسبت به دالان می باشد. علت آن می تواند بدلیل افزایش حرارت در زمان تریاس زیرین یا تاثیر آبهای جوی بر روی رسوبات کنگان باشد. ترکیب ایزوتوپی اکسیژن سنگهای کربناته در محیطهای رسوبی توسط دو فاکتور درجه حرارت و ترکیب ایزوتوپی آب کنترل میگردد. نوسانات درجه حرارت محیط آبی مرتبط با تغییرات کلی درجه حرارت زمین می باشد .ترکیب ایزوتوپی آب دریا با میزان شوری آب نیز می تواند تغییر نماید، افزایش میزان شوری آب دریا سبب سنگینتر شدن ترکیب ایزوتوپ اکسیژن رسوبات کربناته می شود [۵].

به طور کلی در کانی های کربناته نسبت به سیالی که در آن شکل گرفته اند، تمرکز بیشتری از ایزوتوپ سنگین اکسیژن ^{18}O دیده می شود ، به این معنی که نسبت ^{18}Oبه ^{16}O در کانی کربناته رسوب کرده بیشتر است .

روند تغییرات عناصر مختلف حاصل از روش جذب اتمی نتایج حاصله از مطالعات ایزوتوپی را تائید و در عمق معادل ۱۲۲۰۰ فوتی دچار تغییر ناگهانی می شوند و وجود مرز این سازند را در این عمق تائید می کنند (نمودار ۵). از روی تغییرات مقادیر Mg Ca , در مقطع قائم کنگان به دالان می توان افق های دولومیتی را شناسایی کرد.

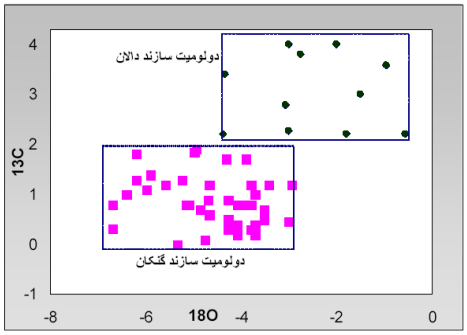


نمودار۵-روند تغییرات عناصر مختلف در سازند کنگان و بخش فوقانی دالان

بررسی فرایند دولومیتی شدن در سازندهای مخزنی مورد مطالعه

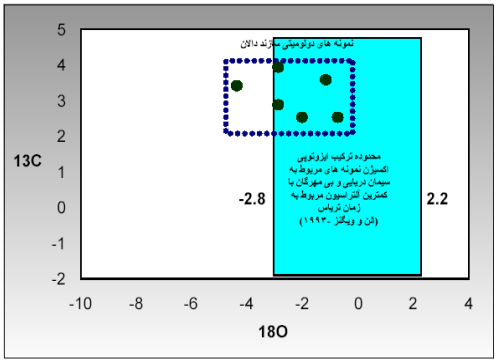
فرایند دولومیتی شدن، شدیدا این دو سازند را تحت تاثیر قرار داده و بر روی خواص مخزنی آنها تاثیر گذاشته است .از نظر بافتی، بلورهای دولومیت در این سازندها ویژگیهای کاملا متفاوتی نشان می دهند .اختلاف در بافت و اندازه دولومیت ها نشان دهنده اختلاف در زمان و شرایط شکل گیری ، محلول دولومیتی کننده و حتی اختلاف در نوع رسوبات دولومیتی شده می باشد. برای بررسی مکانیسم دولومیتیزاسیون رخساره های دولومیتی سازندهای کنگان و بخش فوقانی دالان ترکیب ایزوتوپی نمونه های دولومیتی و بافت آنها مورد مطالعه قرار گرفتند. ابعاد بلورهای دولومیت و نوع سطوح آنها می تواند نشان دهنده شرایط تشکیل آنها باشد. دولومیت های شکل گرفته در مراحل نهایی دیاژنز که در اعماق زیاد شکل می گیرند غالبا متشکل از بلورهای متوسط تا درشت بلور هستند(۹). این تیپ از دولومیت ها از نظر ایزوتوپی سبکتر بوده و میزان درصد عناصر Fe, Mn آنها در مقایسه با دولومیت هایی که در مراحل ابتدایی دیاژنز شکل می گیرند بیشتر می باشد (۱۰). دولومیت های سازند دالان غالبا به صورت دانه ریز تا دانه متوسط و دارای ترکیب ایزوتوپی اکسیژن (‰ - 4.3لغایت $\delta^{18}O$= -0.4) وایزوتوپ کربن(4+لغایت$\delta^{13}C$=+2.3) بوده و در سازند کنگان ابعاد بلور های دولومیت به طور متوسط درشتتر ودارای ترکیب ایزو توپی کربن(‰2+ لغایت$\delta^{13}C$= -0.6) و ترکیب ایزوتوپی اکسیژن (‰7- لغایت $\delta^{18}O$=-2.9) می باشند. در نمودار۶ ترکیب ایزوتوپی نمونه های دولومیتی این دو سازند با یکدیگر مقایسه شده است. سازند کنگان دارای ترکیب ایزوتوپی کربن و اکسیژن سبکتری نسبت به دالان می باشد.

مطالعات نشان می دهد ترکیب ایزوتوپی اکسیژن رسوبات کربناته در طول تاریخ زمین شناسی متغییر می باشد که می تواند به علت تغییر درجه حرارت یا تغییرات ترکیب شیمیایی و ایزوتوپی آب باشد.افزایش حرارت محیط تشکیل دولومیت و یا تاثیر آبهای جوی بر روی دولومیت ها سبب سبکتر شدن ترکیب ایزوتوپی دولومیت ها می شود. برای شناسایی شرایط و میزان حرارت محیط تشکیل دولومیت می توان ترکیب ایزوتوپی اکسیژن دولومیت مورد مطالعه را با ترکیب ایزوتوپی کانی های کلسیتی و

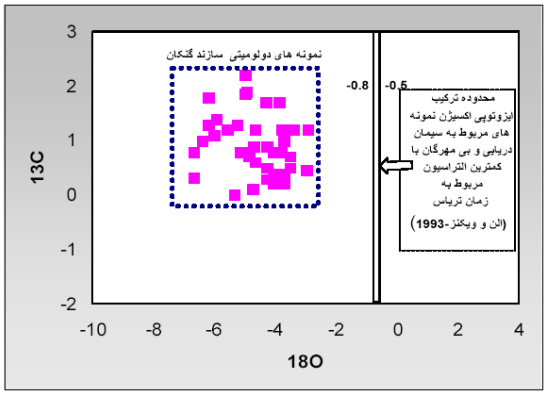


نمودار۶-مقایسه مقادیر ایزوتوپی دولومیت های سازند دالان و کنگان در میدان سلمان

صدف آلتره نشده مربوط به سن سازند مورد مطالعه را مقایسه نمود[۱]. این کانی ها و صدف ها آلتره نشده اولیه در تعادل ایزوتوپی با آب دریا تحت شرایط حرارت محیطی بوده اند و می توانند گویای شرایط حاکم در زمان تشکیل خود باشند. در نمودار های ۷و۸ ترکیب ایزوتوپی دولومیت های سازند دالان وکنگان با مقادیر ترکیب ایزوتوپی اکسیژن نمونه های صدف بی مهرگان و سیمان کلسیتی باسن پرمین و تریاس که دچار کمترین تغییرات ثانویه بوده اند مقایسه شده است. نتایج حاصله نشان می دهد رخساره های دولومیتی سازند کنگان در مقایسه با سازند دالان در شرایط حرارتی بالاتری شکل گرفته اند. به لحاظ این که مقادیر ایزوتوپی دولومیت های سازند دالان در محدوده ترکیب ایزوتوپ اکسیژن نمونه های صدف بی مهرگان و سیمان کلسیتی باسن پرمین که دچار کمترین تغییرات ثانویه شده اند قرارگرفته است و نشان می دهد حرارتی که تحت آن این دولومیت ها شکل گرفته اند اختلاف چندانی با حرارت محیطی دریای پرمین نداشته است. در حالی که دولومیت های سازند کنگان اختلاف زیادی با ترکیب ایزوتوپی اکسیژن نمونه های صدف بی مهرگان و سیمان کلسیتی با سن تریاس که دچار کمترین تغییرات ثانویه شده اند از خود به نمایش می گذارند و مقادیر ایزوتوپی آن منفی تر شده است، که گویای شکل گیری آن تحت شرایط دمایی بالاتر از حرارت محیطی دریای تریاس می باشد.



نمودار۷- مقایسه ترکیب ایزوتوپی دولومیتهای سازند دالان با مقادیر ترکیب ایزوتوپ اکسیژن نمونه های صدف بی مهرگان و سیمان کلسیتی باسن پرمین که دچار کمترین تغییرات ثانویه شده اند(اقتباس از Allen and Wiggins,1993).



نمودار۸- مقایسه ترکیب ایزوتوپی دولومیتهای سازند کنگان با مقادیر ترکیب ایزوتوپ اکسیژن نمونه های صدف بی مهرگان و سیمان کلسیتی باسن تریاس که دچار کمترین تغییرات ثانویه شده اند(اقتباس از Allen and Wiggins,1993) .

دولومیت های شکل گرفته در حرارتهای نزدیک به سطح (محیط سوپراتایدال ،محیط سبخایی،رفلاکس ، محیط دریایی و زونهای مخلوط آبهای شیرین و شور دریایی) که تحت عنوان دولومیت های حرارت پائین معروف می باشند غالبا بر حسب سن زمین شناسی آنها دارای ترکیب ایزوتوپی اکسیژن بین ۹+ لغایت ۲/۵- در مقیاس PDBبوده ولی دولومیت های شکل گرفته در اعماق تدفینی که تحت عنوان دولومیت های حرارت بالا نامیده می شوند دارای ترکیب ایزوتوپی سبکتر از ۲/۵- می باشند[۱۰]. بنابراین دولومیت های با ترکیب ایزوتوپی اکسیژن سنگینتر از ۲/۵- در نزدیکی سطح و در شرایط حرارتی نزدیک محیط شکل گرفته و دولومیت های دارای ترکیب ایزوتوپی سبکتر در اعماق بیشتر و در طول تدفین رسوبات کربناته تشکیل شده اند. برای تعیین درجه حرارتی محیط دولومیتیزاسیون می توان از رابطه پیشنهادی فریدمن و نیل استفاده کرد (۱۱).

$$\delta^{18}Odol. - \delta^{18}Owater = [3.2*106T\ (0K)-2]-1.5$$

بر حسب رابطه پیشنهادی فریدمن و نیل، میزان حرارت محاسبه شده محیط شکل گیری دولومیت های سازند دالان به طور متوسط برابر با ^{o}C ۵۲(از ۴۳ تا ^{o}C ۶۵) بوده در حالیکه دولومیت های سازند کنگان به طور متوسط در درجه حرارتی معادل^{o}C ۷۰ (از ۵۹ تا ^{o}C ۸۲) شکل گرفته اند.

بنابراین مکانیسم دولومیتی شدن در این دو سازند کاملا با یکدیگر متفاوت است. دولومیت های سازند دالان غالبا تحت شرایط آریدی و در محیط سوپراتایدال به شکل همزمان یا اندکی بعد از رسو ب گذاری شکل گرفته اند در حالی که بخش عمده رخساره های دولومیتی در سازندکنگان در شرایط تدفینی تشکیل شده اند.

بافت های مختلف دولومیتی

مهمترین بافتهای دولومیتی قابل مشاهده در سازند کنگان و بخش فوقانی دالان که در این مطالعه مورد بررسی قرار گرفته اند به شرح زیر می باشد:

۱-دولومیت های ریز تا متوسط بلور نیمه خود شکل تا خود شکل که در آن بافت رسوبی قبل از دولومیتی شدن قابل شناسایی است.

این تیپ از دولومیت ها با توجه به مطالعات پتروگرافی جانشین رسوبات محیطهای بالای مدی تا بخشهای فوقانی منطقه جزر و مدی و گلهای آهکی شده و غالبا تیره بوده و قالب بلورهای تبخیری و لامیناسیون های جلبکی و فابریک فنسترال را می توان به فراوانی در آن مشاهده کرد.با توجه به اندازه بلورها می توان تصور کرد که در مراحل اولیه تا حد واسط دیاژنز شکل گرفته و درشت تر از دولومیت های همزمان با رسوب گذاری می باشند. این تیپ از دولومیت از نظر ایزوتوپی بسیار سنگینتر از بقیه انواع دولومیت ها بوده و همان طورکه قبلا بحث شد در محیط های تبخیری که درجه شوری آب دریا بالا است میزان انحلال CO_2در آب کاهش می یابد، ودر نتیجه تفریق ایزوتوپی در سیستم CO_2- CO_3^{-2} به حداقل مقدار خود می رسد و رسوبات کربناته و دولومیت های شکل گرفته در این محیطها از نظر ایزوتوپی سنگین می باشند.

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

این تیپ از دولومیت ها دارای حاشیه شفاف و مراکز ابری و تیره می باشند. حالت تیره و ابری بخش مرکزی بلورهای دولومیت در نتیجه تمرکز انکلوزیون های کلسیت به سمت مرکز بلورهای دولومیت ایجاد شده است وتمرکز بیشتر انکلوزیون های کلسیت به سمت مرکز بلورهای دولومیت به این خاطر است که سیال دولومیتی کننده در ابتدا علاوه بر دولومیت نسبت به کلسیت نیز حالت اشباع داشته و قادر به انحلال کامل کلسیت نبوده است لذا بلورهای اولیه دولومیت در مرکز خود حاوی انکلوزیون های کلسیت می باشند و به تدریج که محلول دیاژنتیک دولومیتی کننده نسبت به کلسیت زیر اشباع می شود زونهای دولومیتی اطراف بخش مرکزی این نوع دولومیت ها فاقد انکلوزیون های کلسیتی بوده و شفاف تر می شوند. از نظر شیمیایی بین زون داخلی و حاشیه خارجی این دولومیت ها اختلاف وجود دارد. در برخی اشکال این نوع مقاطع می توان بافت اولیه قبل از دولومیتی

شدن را مشاهده کرد که نشانگر جانشینی آهسته سنگ آهک قبلی در درجه حرارت کم می باشد.

۳- دولومیت های دانه شکری خود شکل پلانار دانه متوسط

این تیپ از دولومیت ها به صورت بلورهای هم بعد همراه با تخلخل و نفوذپذیری بالا می باشند و به ندرت می توان بافت اولیه قبل از دولومیتی شدن را در این دولومیت ها مشاهده کرد. بلورهای این نوع از دولومیت به صورت شفاف و روشن بوده و گاهی اوقات به صورت بلورهایی با مراکز ابری و حاشیه شفاف دیده می شوند. بلورهای پلانار نشانگر رشد بلورهای دولومیت تحت شرایط فوق اشباعی کم ویا حرارت کم می باشند.در حرارتهای بالاتر از دمای حدی مشخص که احتمالا بین ۵۰ تا ۱۰۰ درجه می باشد بلورهای غیر پلانار دولومیت شکل می گیرند. در رخساره های حاوی این تیپ از دولومیتها میزان تخلخل افزایش قابل توجهی از خود نشان می دهد و غالبا تخلخل ها از نوع بین کریستالی می باشند.

۴- دولومیت های نیمه خودشکل ریز بلور مرتبط با فرآیند انحلال حاصل از فشار

این تیپ از دولومیت ها به فراوانی در طول سطوح استیلولیت مشاهده می شوند که ظاهر نسبتا روشن و تمیزی دارند که جانشین آهکهای اطراف استیلولیت شده اند. بطور متوسط این بلورها ۳۰ الی ۱۰۰ میکرون قطر دارند. احتمالا سیال های حاوی Mg حاصل از فرآیند انحلال فشاری،با آهکهای مجاور سطوح استیلولیت واکنش کرده و سبب تشکیل دولومیت در داخل یا در مجاورت رگه های استیلولیت شده اند.اکثر محققین این نوع دولومیت ها را مربوط به محیط تدفینی با عمق متوسط بعد از تشکیل رگه های استیلولیتی می دانند.

۵- دولومیت های متوسط تا درشت بلور بی شکل غیر پلانار گزنوتوپیک

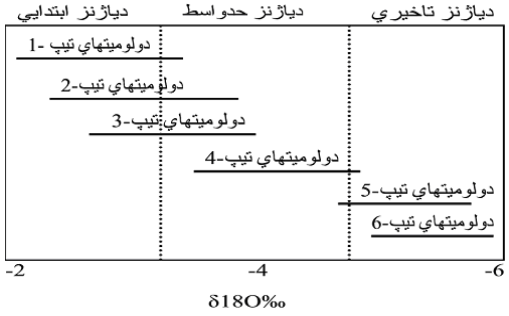
برای تفکیک بین دولومیتی شدن مرتبط با مراحل اولیه تا تاخیری دیاژنز, اندازه بلور دولومیت بسیار مفید است. اگر سنگ کربناته به طور کامل متشکل از دولومیت باشد, دولومیت های با اندازه درشت تر مربوط به مراحل تاخیری دولومیتی شدن می باشند. اندازه بلورهای دولومیت هم زمان با رسوب گذاری عهد حاضر در حد چند میکرون می باشند. برخی از محققین درشتی بلورها را دارای منشاء تدفینی عمیق می دانند. بعضی از دولومیت های ریز بلور هم زمان با رسوبگذاری ممکن است در پی نئومورفیسم به صورت بلورهای درشت تر دیده شوند که دولومیت های درشت حاصل, ممکن است بافت اولیه رسوبی را نشان ندهند. بافت گزنوتوپیک در دولومیت ها در بالاتر از دمای حدی (CRT) شکل می گیرد که تصور می شود این دما بین ۵۰ الی۱۰۰ باشد. دولومیت های پلیوسن و عهد حاضرکه کلا در معرض حرارت های نزدیک سطح (کمتر از ۵۰ درجه سانتیگراد) قرار داشته اند تنها بافت های خود شکل یا ایدیوتوپیک از خود نشان می دهند. فرض بر این است که بافت گزنوتوپیک دولومیت ها حاصل تبلور مجدد دولومیت هایی است که قبلا شکل گرفته اند یا از جانشینی سنگ آهک توسط دولومیت در حرارت های بالا شکل می گیرد.این تیپ از دولومیت ها با توجه به شکل گیری در مراحل تدفینی و درجه حرارت بالا ،ترکیب ایزوتوپ اکسیژن سبکتری نسبت به ایزوتوپ های قبلی از خود نشان می دهد.

۶- دولومیت های زین اسبی

این دولومیت ها به صورت سیمان یا به صورت جانشینی دیده شده و غالبا در داخل شکستگی ها دیده می شوند.این تیپ از بلورهای دولومیت دارای سطوح تبلوری و کلیواژهای منحنی شکل و خاموشی موجی بوده و معمولا بزرگتر از ۱mmمی باشند. بلورهای دولومیت زین اسبی اغلب متشکل از بلورهای ریزی است که یک حالت پله ای در سطوح بلور دولومیت به وجود می آورند. این بلورهای ریز با قرار گرفتن در کنار یکدیگر قطعه ای را به وجود می آورند که در آن بلورهای ریز نسبت به یکدیگر مقداری جهت یافتگی دارند. تغییر افزایشی در میزان جهت یافتگی بلورهای ریز نسبت به هم باعث خاموشی موجی در بلور زین اسبی می شود. ظاهرا این تیپ از دولومیت ها در حرارت بالاتر از۶۰ تا۱۵۰ تشکیل شده و لذا از آن به عنوان ژئوترمومتر زمین شناسی استفاده می شود. تصور می شود که منشاء دولومیت های زین اسبی از محلول های حاوی سولفات غنی از کلسیم در درجه حرارت بالا باشد[۱۲].

دولومیت های زین اسبی در رسوبات عهد حاضر و سنگهای کواترنر دیده نشده اند. همراهی عمومی آنها با حفرات انحلالی و برشهای حاصل از انحلال نشانگر تشکیل آنها بعد از تحجیر و یا پس از تدفین می باشد. ظاهر درشت بلورهای دولومیت نشانگر تشکیل دولومیت در یک دوره زمانی طولانی و نیز نرخ آهسته رسوب گذاری می باشند.

تصور می شود که بافت های دولومیتی ذکر شده دارای پاراژنتهای زیر می شود(نمودار ۹)



نمودار۹-سکانس پاراژنتیکی بافتهای رخساره های دولومیتی سازند های مورد مطالعه از مرحله اولیه تا تاخیری دیاژنز به همراه مقادیر ایزوتوپی آنها

نتایج

ترکیب ایزوتوپی رسوبات سازند کنگان (تریاس زیرین) در مقایسه با سازند دالان (پرمین فوقانی)سبکتر بوده و از روند کلی تغییرات ایزوتوپی رسوبات کربناته در طول تاریخ زمین شناسی تبعیت می کند.

-مطالعات ایزوتوپی نشاندهنده وجود مرز رقیق و مشخص بین سازندهای پرمین فوقانی (دالان) و تریاس زیرین(کنگان) در منطقه جنوب ایران می باشد.

-افق های نهشته شده در محیطهای تبخیری و حاوی کانی های انیدرت در سازند های مورد مطالعه از نظر ایزوتوپی بسیار سنگینتر از بقیه رخساره های موجود در دالان و کنگان می باشد.

- نتایج مطالعات پتروگرافی و ژئوشیمیایی رخساره های دولومیتی سازندهای دالان وکنگان نشان می دهد مکانیسم دولومیتی شدن در این دو سازند کاملا با یکدیگر متفاوت است. دولومیت های سازند دالان غالبا تحت شرایط آریدی و در محیط سوپراتایدال و لاگون به شکل همزمان یا اندکی پس از رسو ب گذاری شکل گرفته اند در حالی که بخش عمده رخساره های دولومیتی در سازندکنگان در شرایط تدفینی تشکیل شده اند.

- درجه حرارت محاسبه شده محیط شکل گیری دولومیت های سازند دالان به طور متوسط برابر با ^{o}C ۵۲ بوده در حالی که دولومیت های سازند کنگان به طور متوسط در درجه حرارتی معادل ^{o}C ۷۰ شکل گرفته اند.

-مطالعات پترو گرافی نشان دهنده وجود شش رخساره متفاوت دولومیتی در سنگ مخزن کنگان و دالان بالایی به شرح زیر است:

۱- دولومیت های ریز تا متوسط بلور نیمه خود شکل تا خود شکل.

۲-دولومیت های نیمه خود شکل تا خود شکل متوسط بلور دارای مراکز ابری و حاشیه شفاف.

۳- دولومیت های دانه شکری خود شکل پلانار دانه متوسط.

۴- دولومیت های نیمه خود شکل ریز بلور مرتبط با فرایند انحلال حاصل از فشار.

۵- دولومیت های متوسط تا درشت بلور بی شکل غیر پلانار گزنوتوپیک.

۶- دولومیت های زین اسبی.

-ترکیب ایزوتوپ کربن دولومیت های فوق از شماره ۱به ۶ سبکتر می شود.

- تصور می شود که بافت های ذکر شده دارای پاراژنزهای زیر باشند.

دولومیت های دارای بافت شماره ۱ همزمان یا اندکی بعد از رسوب گذاری در رخساره های ساحلی و کم عمق شکل گرفته دولومیت های نوع ۲و۳ احتمالا در اثر تبلور مجدد دولومیت های مراحل اولیه دیاژنز و یا در اثر جانشینی سنگ آهک های قبلی در مرحله تدفینی حد واسط شکل گرفته اند.

دولومیت های دارای بافت ۴ در اعماق بیشتر و در مرحله تدفینی حد واسط شروع به شکل گیری کرده واین روند تا اوایل مرحله تدفینی عمیق ادامه داشته است. در اعماق بیشتر این دولومیت ها توسط دولومیت با بافت ۵ دنبال می شود و در مرحله دیاژنز تاخیری که دوام بالایی داشته برخی از شکستگی ها و حفرات توسط دولومیت زین اسبی دارای بافت شماره ۶ پر شده است.

توضیح

در شماره ۴۷ تابستان ۱۳۸۲مجله تحقیق در علوم و مهندسی نفت مقاله ای از این نویسنده تحت عنوان **"بررسی منشاء گازهای پرمین و ترياس جنوب ایران "**به چاپ رسیده که حاوی اشتباهات چاپی بوده است که به شرح زیر اصلاح می شود:

- تمامی اعداد و ارقام موجود در مقاله که در ارتباط با ترکیب ایزوتوپی نمونه های مورد مطالعه ذکر شده است بر حسب واحد پرمیل(‰) واز نظر مقدار منفی (-) بوده اند که در مراحل چاپ به صورت مثبت و بر حسب درصد(٪) چاپ شده اند.

منابع

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

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

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

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

[5]-Galimov E.M.The causes of the global variation of the carbon isotope composition in the biosphere Geochemistry international.Vol.37.No.8.1999.

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

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

[8]-Tucker M.E., Wright,V.P. Carbonate sedimentology //Blackwell Scientific Publication .Oxford .p482,1990.

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

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

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

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

[13]-Adam,J.E.and Rhodes,M.l.Dolomitization by seepage refluxion: AAPG.,Vol.44.,p.1912-1920,1960.