

مکانیزم تشکیل دولومیت در سنگ‌های کربناته سازند الیکا در برش غزنوی جنوب آزاد شهر (استان گلستان)

ربانی فرد علی اصغر^۱، سنچولی الهام^۲

۱- دانشجوی دکترا، مدرس دانشگاه فرهنگیان و پیام نور گرگان، asgharrabani@yahoo.com

۲- دانشجوی ارشد دانشگاه آزاد واحد تهران شمال elham_sanchooli1370@yhooh.com

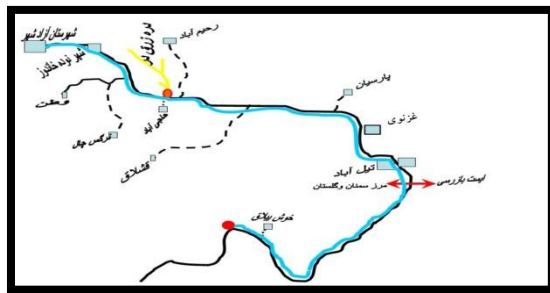
چکیده :

سازند الیکا (به سن تریاس پیشین تا میانی) در ناحیه غزنوی (جنوب آزادشهر) به ضخامت ۳۲۲ متر گسترش دارد. دولومیت در این کربنات‌ها بصورت اولیه و ثانویه و به اشکال مختلف قابل مشاهده است. این دولومیت‌ها شامل چهار نوع دولومیت‌های اولیه ریز بلور (D₁) فاقد هرگونه دانه، دولومیت‌های ثانویه جانیشینی ریز تا متوسط بلور (RD₁) و (RD₂)، و سیمان دولومیتی (CD) است. با توجه به شواهد موجود دولومیت‌های مورد مطالعه بصورت همزمان با رسوبگذاری و کمی پس از آن تا مراحل تدفین کم عمق تشکیل شده‌اند. مقادیر پایین استرانسیم و سدیم در دولومیت‌ها نسبت به گل آهکی میزبان نشانه تأثیر فرایندهای دیاژنتیکی تدفینی بر این نهشته‌ها است. همچنین مقادیر پایین تر منگنز و آهن دولومیت‌ها نسبت به سنگ آهک‌های مورد مطالعه تشکیل شده در محیط‌های کم اکسیژن می‌تواند حاصل از تمرکز پایین آن در محلول‌های دولومیتی شرایط نیمه اکسیدی در هنگام تشکیل آنها باشد. مقادیر ایزوتوپ اکسیژن سنگ آهک‌ها (متوسط ۳/۱ - VPDB %) و دولومیت‌ها (متوسط ۳/۹۱ - VPDB %) نیز تأثیر فرایندهای دیاژنتیکی تدفینی بر این نهشته‌ها را نشان می‌دهد. دمای تشکیل دولومیت‌های مورد مطالعه با توجه به مقادیر ایزوتوپ اکسیژن ۵۴ تا ۶۸ درجه سانتیگراد محاسبه شده است.

کلید واژه : دولومیتی‌شدن، تریاس پایین تا میانی، آزاد شهر، سازند الیکا، غزنوی

مقدمه :

ناحیه مورد مطالعه بخشی از زون البرز شرقی در محور مواصلاتی آزاد شهر - شاهرود با عرض جغرافیایی ۲۰ ۵۸ N۳۶ و طول جغرافیایی ۵۰ ۱۹ E۵۵ را شامل می‌شود. سازند الیکا در ناحیه غزنوی دارای دو بخش زیرین (به سن تریاس پیشین) و بالایی (به سن تریاس میانی) به ضخامت ۳۲۲ متر و به دلیل سنگ شناسی ویژه، آثار فسیلی فراوان مورد توجه قرار می‌گیرد. سازند الیکا در ناحیه غزنوی با یک افق ضخیم لاتریتی بر روی سازند روته قرار گرفته است. مرز بالایی این سازند با سازند شمشک نیز با افق ضخیم لاتریتی دیگری مشخص می‌شود. بخش زیرین سازند الیکا (به سن تریاس پیشین) به ضخامت ۱۲۳ متر که به طور عمده در برگیرنده تناوبی از شیل، سنگ آهک‌های نازک تا متوسط لایه دارای آثار زیستی فراوان (سنگ آهک ورمیکوله) با رنگ‌های متنوع است. لایه‌های کنگلومرای درون سازندی از ویژگی‌های بارز این بخش به شمار می‌رود. بخش بالایی سازند الیکا (به سن تریاس میانی) نیز به ضخامت ۱۹۹ متر است و با یک افق ضخیم ماسه سنگ از بخش زیرین خود تفکیک می‌شود. این بخش شامل تناوبی از شیل، سنگ آهک دولومیتی و دولومیت متوسط تا ضخیم لایه است. هدف از این مطالعه شناسایی انواع دولومیت و تفسیر مکانیزم تشکیل آنها است.



شکل ۱: نقشه موقعیت منطقه مورد مطالعه و راه‌های دسترسی به آن

روش مطالعه

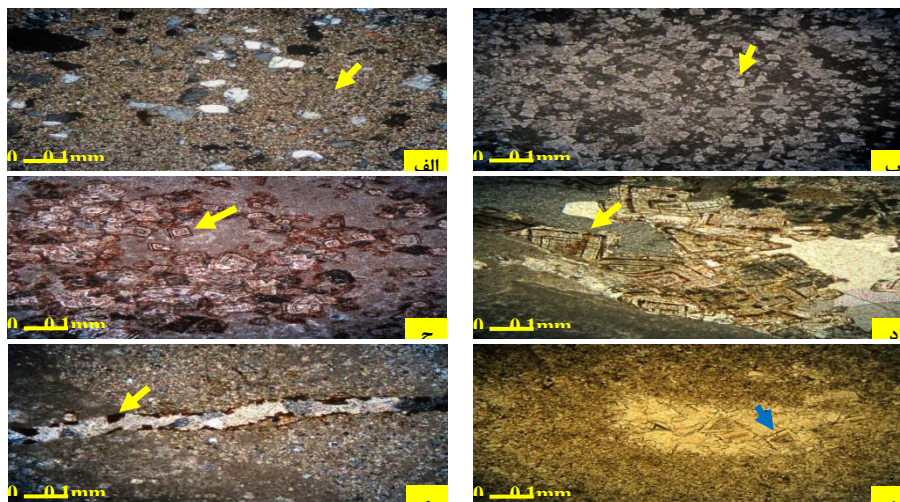
در این تحقیق تعداد ۱۲۰ مقطع نازک تهیه و پس از رنگ آمیزی با محلول آلیزارین قرمز از نظر پتروگرافی مطالعه شده‌اند. تعداد ۲۰ نمونه سنگ آهک حاوی دولومیت نیز توسط میکروسکوپ کاندولومینسانس و تعداد ۱۰ نمونه توسط میکروسکوپ الکترونی بررسی شده است. همچنین تعداد ۳۰ نمونه شامل ۲۰ نمونه سنگ آهک گلی، ۱۰ نمونه دولومیت برای تعیین عناصر فرعی (Na و Sr، Fe، Mn) در آزمایشگاه Acme کانادا به روش ICP-TS و ایزوتوپ پایدار اکسیژن و کربن در دانشگاه کورنل آمریکا با استفاده از اسپکترومتر جرمی مدل Thermo Delta V Advantage isotope ratio آنالیز شده‌اند. در این مطالعه طبقه‌بندی سیبلی و گرگ [۱] جهت تقسیم‌بندی انواع دولومیت‌ها مورد استفاده قرار گرفته است.

شواهد پتروگرافی

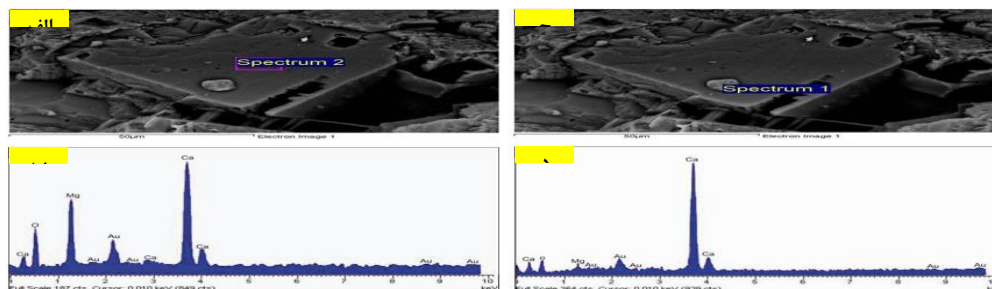
سنگ آهک‌های مورد مطالعه عمدتاً شامل گل‌سنگ‌های فاقد فسیل تا فسیل دار کم عمق تا عمیق و همچنین وکستون/پکستون و گرینستون‌های دارای آلوم‌های اسکلتی و غیر اسکلتی هستند. بسیاری از این سنگ آهک‌ها تحت تأثیر فرایند دولومیتی شدن قرار گرفته و بلورهای ریز و درشت دولومیت جانشین گل آهکی و آلوم‌های اسکلتی و غیر اسکلتی شده‌اند.

دولومیتی شدن

دولومیت‌های رسوبات ژوراسیک فوقانی ناحیه مورد مطالعه شامل چهار نوع است. D₁: این دولومیت‌ها ریز بلور، دارای مرز صفحه‌ای و بی‌شکل تا کاملاً شکل‌دار است (شکل ۲- الف). رخنمون صحرایی آن نخودی‌رنگ و متوسط تا ضخیم‌لایه بوده و بصورت بین‌لایه‌ای با گلسنگ‌های فاقد فسیل هستند. DR₁: این دولومیت‌ها بصورت پراکنده و گاه به مقدار ۳۰ تا ۴۰ درصد در گل‌سنگ‌ها، وکستون‌ها و پکستون‌ها قابل مشاهده هستند. اندازه آنها از ۱۰ تا ۵۰ میکرون متغیر است (شکل ۲- ب) و عمدتاً در زمینه سنگ دیده می‌شود. RD₂: متوسط تا درشت بلور، شکل‌دار با مرزهای صفحه‌ای و دارای زونینگ است. اندازه بلورها به بیش از ۲۰۰ میکرون می‌رسد (شکل ۲- ج). در مطالعات SEM این دولومیت‌ها حاوی اینکلوزیون‌هایی از کلسیت است (شکل ۲ الف تا د). بسیاری از این دولومیت‌ها (RD₂) دارای هسته ابری و حاشیه تمیز و شفاف هستند (شکل ۲- ج تا د). فراوانی این نوع دولومیت گاه تا ۹۰ درصد می‌رسد. CD: این دولومیت‌ها تا ۵۰۰ میکرون قطر دارند. نیمه شکل‌دار تا شکل‌دار و دارای زونینگ هستند. این نوع دولومیت بیشتر پرکننده حفرات بوده و بلورهای آن روی دیواره و از سمت حاشیه به سمت مرکز حفرات و شکستگی‌ها رشد کرده‌اند (شکل ۲- د، ه، و).



شکل ۲ - الف: دولومیت ریز بلور فاقد فسیل (D_1) (فلش زردرنگ) و دارای ذرات پراکنده کوآرتز ماسه‌ای (ب): دولومیت‌های متوسط تا درشت بلور (RD_1) در داخل گل آهکی (فلش زردرنگ) (ج): دولومیت‌های متوسط تا درشت بلور (RD_2) که دارای زوناسیون کاملاً مشخص هستند (فلش زردرنگ). (د): دولومیت‌های درشت بلور شکل‌دار و دارای زون‌بندی (CD) که در دیواره شکستگی‌ها تشکیل شده و بلورهای کلسیت را پوشانده است (فلش زردرنگ). (ه): دولومیت‌های متوسط بلور رشد یافته در دیواره شکستگی‌ها (CD) (فلش زردرنگ) (و): دولومیت‌های متوسط تا درشت بلور پر کننده حفرات و دارای زون‌بندی (فلش آبی‌رنگ) (CD)



شکل ۳- الف و ب: بلور کاملاً شکل‌دار دولومیت که جانشین گل‌های کلسیتی شده است. ج و د: وجود باقیمانده کلسیت اولیه در داخل بلور دولومیت که با توجه به آنالیز EDS تفاوت آن با بلور دولومیت اطراف آن کاملاً مشخص است.

ژئوشیمی

نتایج آنالیز عنصری

میزان استرانسیم در گل‌های آهکی مورد مطالعه ۱۵۲ تا ۳۸۰ پی‌پی‌ام، در دولومیت‌ها بین ۳۴ تا ۸۸ پی‌پی‌ام است. مقادیر آهن و منگنز در گل آهکی بترتیب ۹۰۰ تا ۶۳۰۰ پی‌پی‌ام (متوسط ۳۳۶۱ پی‌پی‌ام آهن) و ۱۳۰ تا ۶۲۸ پی‌پی‌ام (متوسط ۲۰۳ پی‌پی‌ام منگنز)، در دولومیت‌ها به ترتیب ۱۳۰۰ تا ۲۵۰۰ پی‌پی‌ام (۱۹۰۰ پی‌پی‌ام) و ۴۰ تا ۷۳ پی‌پی‌ام (متوسط ۵۴ پی‌پی‌ام). میزان سدیم در گل‌های آهکی ۱۱۰ تا ۱۳۳۰ پی‌پی‌ام (متوسط ۴۵۰ پی‌پی‌ام)، در دولومیت‌ها ۲۲۰ تا ۳۱۰ پی‌پی‌ام (میانگین ۲۷۷ پی‌پی‌ام) است.

نتایج آنالیز ایزوتوپی

میزان $\delta^{18}O$ در گل‌های آهکی مورد مطالعه $-4/22$ تا $-2/21$ ‰ VPDB (متوسط $-3/1$ ‰ VPDB) و مقادیر $\delta^{13}C$ ($0/49$ تا $3/26$ ‰ VPDB) متوسط $1/9$ ‰ VPDB است. میزان $\delta^{18}O$ دولومیت‌ها $-5/1$ تا $-2/78$ ‰ VPDB (متوسط $-3/91$ ‰ VPDB) و مقادیر $\delta^{13}C$ $1/88$ تا $2/75$ ‰ VPDB (متوسط $2/45$ ‰ VPDB) می‌باشند.

بحث

دولومیتی‌شدن

دولومیت‌های D_1 با توجه به اندازه ریز، فقدان فسیل، وجود دانه‌های ریز کوارتز و همراهی آنها با گلسنگ‌های فاقد فسیل در محیط‌های بالای جزر و مدی و تحت تأثیر سیالات دریایی تشکیل شده‌اند. دولومیت‌های RD_1 و RD_2 غالباً به صورت جانیشینی هستند. جانیشینی دولومیت‌ها در کربنات‌های مورد مطالعه به صورت جزئی، کامل، انتخابی و گاه غیر انتخابی و به حالت حفظ کننده و نابود کننده بافت بوده و در برخی توالی‌ها به صورت کامل جانشین کربنات‌ها شده است. گل‌های آهکی بیشتر از سایر قسمت‌ها تحت تأثیر دولومیتی‌شدن قرار گرفته است. یکی از دلایل آن وجود سطوح فراوان گل آهکی است [۲]. برخی از شواهد پتروگرافیکی نظیر افزایش اندازه بلورها، زوناسیون بلورها و مرزهای صفحه-ای بین آنها نیز مؤید جانیشینی بلورهای دولومیت است [۳، ۴]. همچنین بررسی تصاویر SEM و آنالیز EDS بلورهای دولومیت نوع RD_2 نشان دهنده وجود خرده‌های کلسیت اولیه در داخل بلورهای درشت دولومیت و جانیشینی بودن این نوع دولومیت است (شکل ۲- الف، ب، ج و د). دولومیت‌های RD_1 به دلیل اندازه کوچک و مرز بین کریستالی مسطح در اعماق کم و نزدیک به سطح و شرایط دمایی پایین تشکیل شده است، هر چند گاهی در دماهای بالاتر نیز می‌تواند تشکیل شوند [۵، ۱]. در بسیاری از موارد دولومیت‌ها توسط استیلولیت‌ها تحت تأثیر قرار گرفته‌اند که نشان دهنده تشکیل آنها قبل از تدفین خیلی زیاد و در اعماق کمتر است.

دولومیتی‌شدن انتخابی در رخساره‌های گریستنونی می‌تواند ناشی از اثر متقابل آب‌های دریا و متئوریک پس از تدفین کم عمق باشد [۶]. دولومیت‌های موزائیکی با بلورهای شکل‌دار و مرزهای صفحه‌ای در دماهای پائین حدود ۵۰ تا ۶۰ درجه سانتیگراد در مراحل اولیه تدفین کم عمق تشکیل می‌شوند [۱، ۷]. بعلاوه مرکز ابری و حاشیه شفاف که در بسیاری از دولومیت‌ها مشاهده می‌شود مؤید تشکیل در دماهای پائین و مراحل مختلف دیاژنز است [۷]. مرکز ابری نشان دهنده دولومیت‌های همزمان یا خیلی کم پس از رسوبگذاری و حاشیه شفاف در مراحل بعدی و در ادامه فرایندهای دیاژنتیکی تشکیل می‌شود [۸]. همچنین این حواشی شفاف می‌تواند حاصل سیمان رو رشدی در هنگام تدفین اولیه و دمای پائین باشد [۹]. وجود زون‌بندی در لومینسانس بلورهای دولومیت نشان‌دهنده تغییر شرایط تشکیل و ترکیب سیالات دولومیت‌ساز است [۱۰]. در برخی قسمت‌ها انحلال در درون بلورهای دولومیت صورت گرفته است که میزان کلسیم بالا، تمرکز بالای نقص رشدی و احتمالاً حضور اینکلوزیون با حلالیت بالا ممکن است علت این انحلال انتخابی در دولومیت‌های با کلسیم بالا باشد [۱۱]. منشأ Mg برای تشکیل دولومیت‌های ریز بلور آب دریا بوده و برای دولومیت‌های جانیشینی و سیمان‌های دولومیتی (RD_1 ، RD_2 و CD) علاوه بر آب دریا می‌تواند Mg حاصل از انحلال کلسیت HMC (پوسته‌های فسیلی و گل آهکی) و انحلال فشاری دولومیت‌های ریز بلور قبلی باشد. وجود استیلولیت در داخل دولومیت‌ها نشان‌دهنده انحلال و تأمین مقداری از منیزیم لازم برای تشکیل دولومیت‌های پرکننده حفرات است.

میزان استرانسیم دولومیت‌ها نسبت به گل آهکی در برگیرنده کمتر است، از اینرو می‌توان عنوان کرد که استرانسیم سیالات دولومیت‌ساز می‌تواند از انحلال گل آهکی اولیه تأمین شده باشد که ماهیت این سیالات را نیز تحت تأثیر قرار داده است [۳، ۱۲]. ضریب توزیع کمتر استرانسیم در دولومیت نسبت به کلسیت نیز می‌تواند یکی از دلایل کاهش میزان استرانسیم در دولومیت‌ها نسبت به گل آهکی میزبان باشد.

نزدیکی میزان سدیم دولومیت و گل آهکی نشانه تأمین آنها از انحلال گل کربناته پیشین بوده که دولومیت جایگزین آنها شده است. تمرکز نسبتاً پایین استرانسیم و سدیم و عدم وجود تبخیری‌ها در دولومیت‌های جانیشینی علاوه بر ضریب توزیع پایین این عناصر، مؤید عدم تشکیل این دولومیت‌ها بر اثر مکانیسم تبخیر شدید آب دریا است [۱۳].

مقادیر آهن و منگنز بر خلاف استرانسیم تحت تأثیر شرایط اکسیداسیون و احیا و در دسترس بودن آنها است و قدرت یونی سیال دولومیتی کننده تأثیر کمتری در میزان آن دارد [۳]. به نظر می‌رسد که آهن و منگنز دولومیت‌های مورد مطالعه می‌تواند از انحلال گل آهکی و خرده‌های کربناته تأمین شده باشد. انحلال گل آهکی و تبلور دولومیت در طی تدفین باعث کاهش میزان آهن و منگنز در دولومیت‌های مورد مطالعه نسبت به سنگ آهک میزبان شده است. میزان آهن و منگنز این دولومیت‌ها نسبت به دولومیت‌های تشکیل شده از آب دریای نرمال بالاتر است که می‌تواند نشان دهنده تشکیل این دولومیت‌ها در یک محیط کم اکسیژن و تحت تأثیر سیالاتی با میزان بالاتر آهن و منگنز نسبت به آب دریای نرمال باشد. وجود استیلولیت و شکستگی در این دولومیت‌ها نشان دهنده تشکیل برخی دولومیت‌ها قبل از تدفین عمیق‌تر بوده است.

اگرچه نسبت ایزوتوپی کربن سیالات دولومیتی کننده می‌تواند توسط ترکیب ایزوتوپی کانی‌های کربناته قبلی که جانشین آنها شده در نسبت پائین تبادل آب/سنگ یا سیستم دیاژنتیکی بسته تحت تأثیر قرار گیرد ولی ترکیب ایزوتوپ اکسیژن دولومیت بطور کلی منعکس کننده دمای ته‌نشست و ترکیب ایزوتوپی سیالات دولومیتی کننده است [۱۴]. مقدار متوسط ایزوتوپ اکسیژن در کلسیت‌های دریایی ژوراسیک ۱/۲- تا ۲- VPDB% بوده [۱۵] که نشانه تهی شدگی در نمونه‌های مورد مطالعه است. کاهش میزان $\delta^{18}\text{O}$ از دولومیت‌های ریز بلور (RD_1) به درشت بلورتر (RD_2) نیز می‌تواند در اثر افزایش دمای سیال باشد.

برای تعیین دمای تشکیل دولومیت‌ها از معادله فریدمن و اونیل [۱۶] استفاده شده است:

$$\delta^{18}\text{O}_D - \delta^{18}\text{O}_W = (3.2 \times 10^6 T^{-2}) - 1.5$$

در این معادله $\delta^{18}\text{O}_D$ نسبت ایزوتوپ اکسیژن دولومیت (۲۷/۱۶ ‰ SMOW و ۲۴/۷۵ ‰ SMOW)، $\delta^{18}\text{O}_W$ نسبت ایزوتوپ اکسیژن آب (۱/۲ ‰ SMOW) و T دما (°K) است. دمای تشکیل دولومیت‌های مورد مطالعه در محدوده بین ۵۴ تا ۶۸ درجه سانتیگراد تغییر می‌کند.

با توجه به مقادیر ایزوتوپ اکسیژن سنگ آهک‌ها (متوسط ۳/۱ ‰ VPDB) و دولومیت‌ها (متوسط ۳/۹۱ ‰ VPDB) تأثیر فرایندهای دیاژنتیکی بر این نهشته‌ها قابل تشخیص است. مقادیر ایزوتوپ $\delta^{13}\text{C}$ سنگ آهک اولیه بیشتر از سیالات حفره‌ای مقادیر ایزوتوپ $\delta^{13}\text{C}$ دولومیت‌های جانیشینی را تحت تأثیر قرار می‌دهد زیرا سیالات حفره‌ای دیاژنتیکی دارای مقادیر کربن خیلی کم بوده و در نتیجه مقادیر $\delta^{13}\text{C}$ کربنات کلسیم دولومیتی شده معمولاً منعکس کننده ترکیب ایزوتوپی سنگ آهک اولیه است [۱۶]. دولومیت‌های جانیشینی مورد مطالعه دارای مقادیر نزدیک تا کمی بیشتر $\delta^{13}\text{C}$ (۱/۸۸ تا ۲/۷۵ میانگین ۲/۴۵ ‰ VPDB) نسبت به سنگ آهک‌های اولیه (۰/۴۹ تا ۳/۲۶ میانگین ۱/۹ ‰ VPDB) هستند. این مقادیر مثبت می‌تواند تأثیر گسترده سیالات دیاژنتیکی را در این دولومیت‌ها منتفی سازد. دولومیتی شدن بر اثر مخلوط شدن آب شیرین و آب دریا یا تبلور دوباره توسط سیالات دیاژنتیکی می‌تواند میزان $\delta^{13}\text{C}$ را کاهش دهد ولی با توجه به میزان $\delta^{13}\text{C}$ در نمونه‌های مورد مطالعه، این نوع دولومیتی شدن انجام نشده است [۴، ۵]. بر اساس میزان ایزوتوپ اکسیژن دولومیت‌ها (۲/۷۸- تا ۵/۹۱ ‰ VPDB) و با توجه به نمودار آلن و ویگینز دولومیت‌های جانیشینی و سیمان دولومیتی (RD_1 ، RD_2 و CD) مورد مطالعه در محدوده بین دولومیت‌های دمای بالا و دمای پایین قرار دارد که نشان دهنده تشکیل آنها در دمای متوسط و شرایط تدفین نسبتاً کم عمق است. بنابراین با توجه به شواهد پتروگرافی و ژئوشیمیایی غالب دولومیت‌های مورد مطالعه در مراحل اولیه دیاژنز و شرایط تدفین نسبتاً کم عمق و تحت تأثیر محلول‌های منیزیم‌دار تشکیل شده‌اند.

نتیجه گیری :

نهشته‌های تریاس پایینی تا میانی در ناحیه غزنوی واقع در جنوب آزاد شهر عمدتاً از سنگ آهک‌های متوسط تا ضخیم‌لایه تشکیل شده است. در این مطالعه با توجه به بررسی‌های انجام شده ۴ نوع دولومیت شناسایی شده است که



شامل دولومیت‌های اولیه (D_1)، دولومیت‌های جانشینی (RD_1 و RD_2) و دولومیت‌های سیمان پرکننده حفرات و شکستگی‌ها (CD) هستند. این دولومیت‌ها با توجه به خصوصیات پتروگرافیکی بصورت همزمان با رسوبگذاری و همچنین در مراحل دیاژنز تدفینی کم عمق تشکیل شده اند. منشأ منیزیم برای تشکیل این نوع دولومیت‌ها منیزیم حاصل از آب دریا، انحلال کلسیت HMC و انحلال دولومیت‌های تشکیل شده در مراحل ابتدایی است. میزان پایین‌تر استرانسیم در دولومیت‌ها نسبت به کلسیت‌های میزبان نشان دهنده تأثیر فرایندهای دیاژنتیکی و کاهش آن در اثر تأثیر سیالات دیاژنتیکی است. نزدیکی میزان سدیم دولومیت و گل آهکی نیز نشانه تأمین آنها از انحلال گل کربناته پیشین بوده است. همچنین پایین بودن میزان استرانسیم و سدیم و عدم وجود تبخیری‌ها در این دولومیت‌ها نشانه عدم تأثیر فرایند تبخیر در تشکیل این دولومیت‌ها است. مقدار پایین‌تر آهن و منگنز دولومیت‌ها نشان دهنده خارج شدن این عناصر از محیط توسط سیالات دیاژنتیکی است. به نظر می‌رسد که منشأ آهن و منگنز در دولومیت‌های مورد مطالعه نیز حاصل از انحلال گل آهکی و خرده‌های کربناته قبلی دیگر باشد. انحلال گل آهکی و تبلور دولومیت در طی تدفین می‌تواند باعث کاهش میزان آهن و منگنز در این دولومیت‌ها بشود. مقادیر پایین‌تر ایزوتوپ اکسیژن دولومیت‌ها نسبت به سنگ آهک‌های میزبان نشانه تأثیر فرایندهای دیاژنتیکی بویژه تدفین بر این نهشته‌های مورد مطالعه است. مقادیر نسبتاً مشابه تا کمی بیشتر $\delta^{13}C$ دولومیت‌ها نسبت به آهک‌های اولیه می‌تواند تأثیر دیاژنز متئوریک را در آنها منتفی سازد. دمای تشکیل دولومیت‌های مورد مطالعه بر اساس مقادیر ایزوتوپ اکسیژن حدود ۵۴ تا ۶۸ درجه سانتیگراد محاسبه شده است.

References:

- [1] Sibley D. F., and Gregg J. M., (1987) "Classification of dolomite rock textures", *Journal of Sedimentary Petrology*, 57: 967-975.
- [2] Frisia S., "Mechanisms of complete dolomitization in a carbonate shelf: comparison between the Norian Dolomia Principale (Italy) and the Holocene of Abu Dhabi sabkha", In: Purser, B.H., Tucker, M., Zenger, D. (Eds.), *Dolomites, a Volume in Honour of Dolomieu*. Special Publication, International Association of Sedimentologists, 21 (1994) 55-74.
- [3] Budd D. A., "Cenozoic dolomites of carbonate islands: their attributes and origin", *Earth Science Review*. 42 (1997) 1-47.
- [4] Reinhold C., "Multiple episodes of dolomitization and dolomite recrystallization during shallow burial in Upper Jurassic shelf carbonates: eastern Swabian Alb, southern Germany", *Sedimentary Geology* 121 (1998) 71-95.
- [5] Gregg J. M., Shelton K.L., "Dolomitization and dolomite neomorphism in the back reef facies of the Bonnettere and Davis Formations (Cambrian), southeastern Missouri", *Journal of Sedimentary Petrology* 60 (1990) 549-562.
- [6] Al-Aasm I. S., Packard J. J., "Stabilization of early-formed dolomite: a tale of divergence from two Mississippian dolomites", *Sedimentary Geology* 131 (2000) 97-108.
- [7] Warren J., Dolomite: "occurrence, evolution and economically important associations", *Earth Science Review* 52 (2000) 1-81.
- [8] Machel H. G., "Concepts and models of dolomitization: a critical reappraisal", In: Braithwaite, C. J. R., Rizzi G, Darke G, (Eds.), *The Geometry and Petrogenesis of Dolomite Hydrocarbon Reservoirs*. Geol. Soc. London Spec. Publ. 235(2004) 7-63.
- [9] Choquette P. W., Hiatt E. E., "Shallow-burial dolomite cement: a major component of many ancient sucrosic dolomites", *Sedimentology* 55 (2008) 423-460.
- [10] Reeder, R. J., Prosky, J. L., "Compositional sector zoning in dolomite", *Journal of Sedimentary Petrology* 56 (1986) 237-247.
- [11] Jones B., Inside-out dolomite, *Journal of Sedimentary Research* 77 (2007) 539-551.
- [12] Banner, J. L., "Application of the trace element and isotope geochemistry of strontium to studies of carbonate diagenesis", *Sedimentology* 42 (1995) 805-824.
- [13] Touir J., Soussi Mohamed, and Troudi, 2009, Polyphased dolomitization of a shoal-rimmed carbonate platform: example from the Middle Turonian Bireno dolomites of central Tunisia, *Cretaceous Research* v. 30, p. 785-804.



-
- [14] Kirmaci M. Z., “Dolomitization of the late Cretaceous–Paleocene platform carbonates, Golkoy (Ordu), eastern Pontides, NE Turkey”, *Sedimentary Geology* 203 (2008) 289-306.
- [15] Friedman I., O'Neil J. R., “Compilation of stable isotope fractionation factors of geochemical interest. Data of Geochemistry”, *US Geol. Surv. Prof. Paper* 440 (1977) 1–12.
- [16] Tucker M. E., Wright V. P., “Carbonate Sedimentology”, Blackwell, Oxford. (1992) 482 pp.