

Application of geochemical data in recognizing origin of Soltanieh dolomite and determining temperature of dolomite formation, in North of Semnan

Mirab Shabestari, Gh.

Department of Geology, Faculty of Science, Birjand University.

mirabshabestari@yahoo.com

Adabi, M.H.

Department of Geology, Faculty of Earth Science, Shahid Beheshti University

Key Words: *Dolomite, Oxygen Isotope, Soltanieh Fm., Shahmirzad.*

Abstract: Shahmirzad village is located on the southern parts of the Eastern Alborz Mountain Ranges. One of the sedimentary rock units that crops out in this area is Soltanieh Formation (Upper Precambrian – Lower Cambrian). Thin section and oxygen isotope studies have been used in order to determine the petrological characteristics and the temperature of Soltanieh dolomites formation environment. Examination of the petrographic properties of the dolomite samples, along with geochemical data reveals that all of the dolomite samples are diagenetic (secondary) and were formed under reducing conditions in shallow to deep phreatic environment. The heaviest and lightest ^{18}O values illustrate that temperature of early to late diagenetic dolomites range from 72 °C to 113.5 °C respectively.

پژوهشی

کاربرد اطلاعات ژئوشیمیایی در تشخیص منشأ و تعیین دمای محیط تشکیل دولومیت‌های سازند سلطانیه در شمال سمنان

غلامرضا میراب شبستری

دانشگاه بیرجند - دانشکده علوم - گروه زمین‌شناسی

محمد حسین آدابی

دانشگاه شهید بهشتی - دانشکده علوم زمین - گروه زمین‌شناسی

(دریافت مقاله ۱۳۸۰/۳/۲۸ دریافت نسخه نهایی ۱۳۸۰/۱۲/۶)

چکیده: روستای شه‌میرزاد در دامنه‌های جنوبی بخش شرقی رشته کوه البرز واقع است. از جمله سنگ‌های رسوبی رخنمون یافته در این ناحیه، طبقات سازند سلطانیه متعلق به زمان پرکامبرین بالایی-کامبرین زیرین است که در این پژوهش مورد بررسی قرار گرفته است. به منظور مطالعه ویژگی‌های سنگ‌شناسی و تعیین دمای محیط تشکیل دولومیت‌های سازند سلطانیه، از مقاطع نازک میکروسکوپی و نیز بررسی مقادیر ایزوتوپ اکسیژن ۱۸ در این سنگ‌ها استفاده شده است. مطالعه خصوصیات سنگ‌شناسی دولومیت‌ها مویده آن است که کلیه نمونه‌ها حاصل از دیاژنز و از نوع ثانویه بوده و اندازه بلورهای آنها از متوسط تا درشت در تغییر است. همچنین با توجه به مقادیر ایزوتوپ اکسیژن در نمونه‌های مزبور، دمای محیط تشکیل دولومیت‌ها بین ۷۲ تا ۱۱۳/۵ درجه سانتیگراد محاسبه شده است، لذا چنین استنباط می‌شود که دولومیت‌های سازند سلطانیه در محیط‌های دیاژنتیکی تدفینی کم عمق تا عمیق تشکیل یافته‌اند.

واژه‌های کلیدی: دولومیت، ایزوتوپ اکسیژن، سازند سلطانیه، شه‌میرزاد.

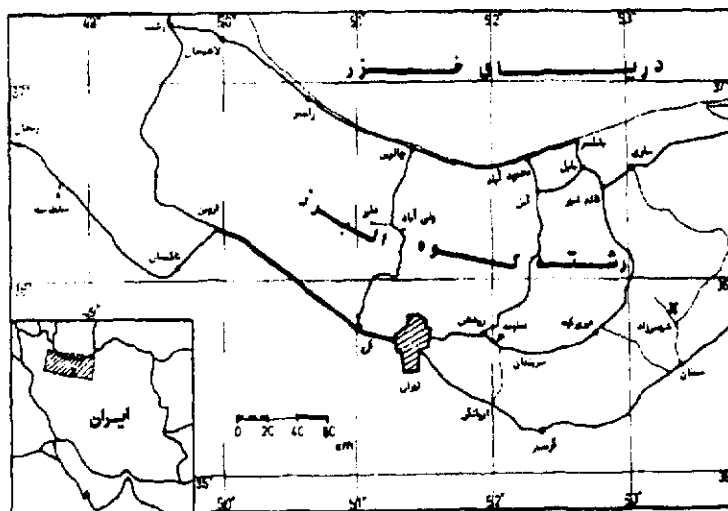
پیشگفتار

چگونگی تشکیل کانی دولومیت به عنوان یک کانی دیاژنزی سالیان متمادی مورد توجه سنگ شناسان رسوبی بوده است. از این رو همواره کوشش شده است تا بدین منظور از روشهای جدیدتری استفاده شود. یکی از روشهایی که در دهه‌های اخیر بسیار متداول شده است بهره بردن از روشهای ژئوشیمیایی و ایزوتوپی است.

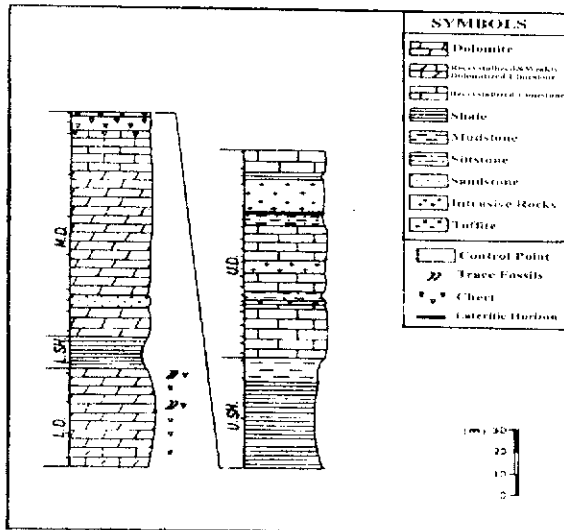
در این پژوهش، دولومیت‌های سازند سلطانیه در شمال سمنان با استفاده از داده‌های حاصل از مطالعه ایزوتوپ پایدار اکسیژن و تلفیق این اطلاعات با مشاهدات سنگ‌شناسی مورد بررسی قرار گرفته است.

سازند سلطانیه که برش الگوی آن در جنوب شرقی زنجان (در حوالی روستای سلطانیه) قرار دارد، تقریباً در سراسر کوههای البرز و نیز در بخشی از شرق و مرکز ایران گسترش دارد. یکی از رخنمونهای سازند سلطانیه در شمال شهرستان سمنان و در حوالی بخش شه‌میرزاد واقع است که ویژگیهای سنگ‌شناسی، چینه‌شناسی، و محیط رسوبی از سوی میراب شهبستری در سال ۱۳۷۳ مورد مطالعه قرار گرفته است [۱].

روستای شه‌میرزاد از جنوب به مهدیشهر و سمنان و از شمال با گذر از ارتفاعات البرز به استان مازندران متصل می‌شود. مختصات جغرافیایی منطقه مورد مطالعه ۳۵ درجه و ۵۰ دقیقه عرض شمالی و ۵۳ درجه و ۱۷ دقیقه طول شرقی است (شکل ۱).



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی و راههای دسترسی به منطقه مورد مطالعه [۱].

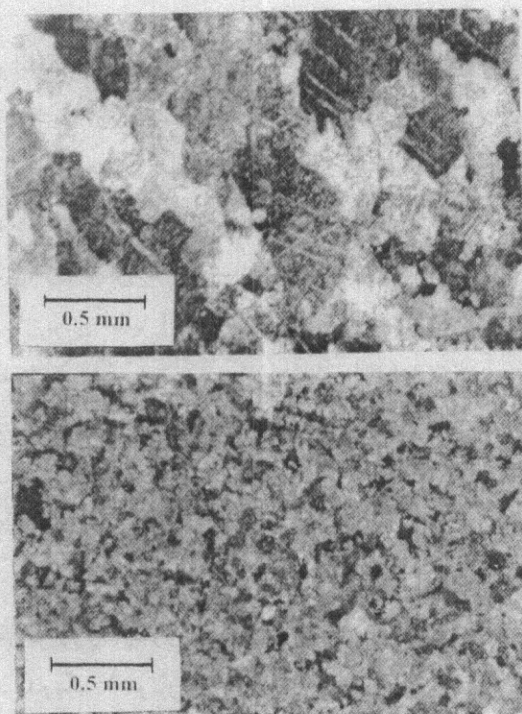


شکل ۲- ستون چینه شناسی سازند سلطانیه در منطقه شمال شه‌میرزاد [۱].

چینه شناسی و سنگ شناسی

برونزد سازند سلطانیه (پرکامبرین بالایی-کامبرین زیرین) در شمال شه‌میرزاد با ضخامتی در حدود ۳۰۰ متر شامل پنج بخش متمایز است که به ترتیب عبارتند از: دولومیت زیرین، شیل زیرین، دولومیت میانی، شیل بالایی، و دولومیت بالایی. با اینکه تمام بخشهای کربناته این سازند به نام دولومیت خوانده می‌شوند، اما در توالی مورد مطالعه تنها بخشهای دولومیت زیرین و میانی از دولومیت‌های ثانویه تشکیل یافته اند چنانکه اشاره شد، ویژگیهای سنگ شناسی و چینه شناسی این توالی قبلاً مطالعه شده است (شکل ۲). بررسی مقاطع نازک میکروسکوپی تهیه شده از نمونه‌های دولومیتی سازند سلطانیه نشان می‌دهد که کلیه دولومیت‌های مورد مطالعه از نوع ثانویه (دیازنتیکی) است. البته اندازه بلورهای این نمونه‌ها اندکی متفاوت است و از متوسط تا درشت بلور تغییر می‌کند (شکل ۳).

نمونه‌های کربناته بخش انتهایی توالی مورد مطالعه شامل سنگ آهک‌های متبلوراند و اثری از دولومیت در این بخش به چشم نمی‌خورد. برای اطمینان بیشتر از ترکیب شیمیایی نمونه‌های انتخاب شده، فراوانی عناصر کلسیم و منیزیم در آنها به وسیله دستگاه جذب اتمی اندازه‌گیری شده است (جدول ۱).



شکل ۳- عکس میکروسکوپی از دو نمونه دولومیت متعلق به توالی سازند سلطانیه در شمال شه میرزاد:

بالا) دولومیت با بلورهای درشت پایین) دولومیت با بلورهای متوسط

جدول ۱- درصد فراوانی عناصر کلسیم و منیزیم و نیز درصد همین عناصر پس از کسر مواد غیرقابل حل در اسید (Revised) در نمونه های دولومیتی سازند سلطانیه.

Sample No.	Ca (%)	Mg (%)	REV. Ca (%)	REV. Mg (%)
D1	22	12.948	25	14.6
D2	22	12.636	22	12.6
D3	21	12.076	21	12.1
D4	23	12.596	23	12.6
D5	23	12.468	23	12.5
D6	23	14.720	23	14.7
D7	23	12.616	23	12.6
D8	23	12.468	25	13.6
D9	21	11.436	25	13.8
D10	22	11.760	22	11.9
D11	18	9.608	20	10.5
D12	22	12.348	24	13.1
D13	24	12.900	27	14.7

روش مطالعه

از آنجا که برای آنالیز ایزوتوپی دولومیتها به نمونه‌های خاصی نیاز بود، کار نمونه برداری به دقت و تنها از بخشهای دولومیتی توالی سازند سلطانیه انجام گرفت. در نخستین بخش از این پژوهش، مقاطع نازک میکروسکوپی تهیه شده از این نمونه‌ها، به دقت مورد مطالعه قرار گرفتند و نمونه‌های دولومیتی مزبور از نظر ویژگیهای سنگ شناسی دسته‌بندی، و سپس نمونه‌های مناسبی برای آنالیز ایزوتوپی انتخاب شدند. نمونه‌های مورد نیاز برای آنالیز ایزوتوپی می‌بایست حتی‌الامکان از دولومیت‌های نسبتاً ریز بلورتر و فاقد شکستگی و پرشدگی باشند. با توجه به این نکته جمعاً ۱۳ نمونه دولومیتی از مناطق با تغییرات سنگ شناسی مشخص و از توالی چینه‌ای سازند سلطانیه جمع آوری شدند که از این تعداد نمونه‌های (D۱) تا (D۷) از بخش دولومیت میانی و نمونه‌های (D۸) تا (D۱۳) از دولومیت زیرین بودند.

برای تهیه پودر، از نمونه‌های دستی حاصل از صیقل کاری با مته‌های دندانپزشکی مستقر بر روی میکروسکوپ دوچشمی استفاده شد. پودر این نمونه‌ها در محلول اسید کلریدریک ۱ مولار به مدت دو ساعت حل شدند و سپس با استفاده از یک دستگاه طیف سنج جذب اتمی عناصر اصلی کلسیم، منیزیم، و عناصر فرعی نظیر استرانسیم، سدیم، آهن، و منگنز، تجزیه شدند. برای آنالیز ایزوتوپیهای پایدار اکسیژن موجود در دولومیتها، در حدود ۱۵ میلی‌گرم از پودر به دست آمده را به مدت ۲۴ ساعت و در دمای ۵۰°C در خلا و در مجاورت اسید فسفریک قرار داده و ایزوتوپ اکسیژن ۱۸ آزاد شده از گاز دی‌اکسیدکربن (CO₂)، با یک دستگاه طیف سنج جرمی مدل (۶۰۲D) آزمایشگاه مرکزی علوم دانشگاه تاسمانیای استرالیا اندازه‌گیری شدند. دقت تجزیه‌های ایزوتوپی %۰٫۱± است که برحسب (PDB) گزارش شده است.

استانداردی که برای نشان دادن ایزوتوپ اکسیژن در کربناتها به کار می‌رود، استاندارد «VPDB» (استاندارد تعیین شده در وین مربوط به بلمنیت‌های موجود در سازند پی دی کرتاسه بالایی) است. ایزوتوپ اکسیژن آب دریا را می‌توان براساس «SMOW» گزارش کرد.

بحث و بررسی

اصولاً بررسیهای سنگ‌شناسی راهنمای خوبی برای درک محیطهای رسوبی و دیاژنتیکی است. اما تلفیق این اطلاعات با داده‌های حاصل از مطالعات ژئوشیمیایی (عناصر اصلی

و فرعی و ایزوتوپهای اکسیژن و کربن) می‌تواند اطلاعات ارزشمندی را در خصوص تاریخچه دیاژنتیکی رسوبها در اختیار قرار دهد [۲، ۳، ۴، ۵ و ۶].

ژئوشیمی دولومیت‌های سازند سلطانیه

در سالهای اخیر برای شناخت نحوه تشکیل و فرایندهای موثر بر دولومیتها، علاوه بر مطالعات سنگ‌شناسی از اطلاعات ژئوشیمیایی نیز استفاده می‌شود [۷].

الف) عناصر اصلی و فرعی دولومیتها

به دلیل آنکه تشخیص فرایندهای دیاژنتیکی در دولومیتها به ترکیب شاره دولومیت ساز بستگی دارد [۳ و ۸]، لذا شناسایی ترکیب عناصر کلسیم، منیزیم، استرانسیم، سدیم، منگنز، و آهن در دولومیتها می‌تواند ترکیب شاره‌های دولومیت ساز را روشن سازد.

کلسیم (Ca) و منیزیم (Mg): نتایج به دست آمده نشان می‌دهند که مقدار کلسیم (Rev.Ca%) بین ۲۰ تا ۲۴ درصد (میانگین ۲۳٫۳۱ درصد) و مقدار منیزیم (Rev.Mg%) بین ۱۰٫۵ تا ۱۴٫۷ درصد (میانگین ۱۳٫۰۲ درصد) در نوسان است (جدول ۱). میزان عناصر کلسیم و منیزیم در این دولومیتها تقریباً مشابه نمونه‌های خالص استاندارد بوده و لذا اغلب این نوع دولومیتها از نظر ترکیبی خالص‌اند.

استرانسیم (Sr): میزان استرانسیم در دولومیتهای دریایی که در حالت تعادلی با آب دریا (در دمای ۲۵°C) است، نصف مقدار استرانسیم در کلسیت‌های دریایی است [۹]. وجود مقادیر بالای استرانسیم در دولومیتها می‌تواند حاکی از دولومیتی شدن آهکهای آراگونیتی در محیطهای نسبتاً بسته دیاژنتیکی باشد [۱۰]. میزان استرانسیم در دولومیتها با افزایش حالت استیوکیومتری ۴ دولومیتها کاهش می‌یابد [۱۱]. دولومیت‌های استیوکیومتریک (حاوی ۵۰ مول درصد $MgCO_3$) دارای ۵۰ پی‌پی‌ام استرانسیم بوده است. در حالی که مقدار استرانسیم در دولومیت‌هایی که دارای ۴۰ مول درصد $MgCO_3$ باشند به ۲۵۳ پی‌پی‌ام می‌رسد. فراوانی استرانسیم به ترکیب شاره‌ها بستگی دارد. از این رو مقدار استرانسیم در دولومیت‌های منطقه آمیخته کم و در دولومیت‌های تشکیل شده در محیط‌های خیلی شور به مراتب بیشتر از دولومیت‌های دریایی است.

دامنه تغییرات استرانسیم (Rev.Sr) در دولومیت‌های سازند سلطانیه کم و بین ۳۳ تا ۵۶ پی‌پی‌ام (میانگین ۶۲/۴۲ پی‌پی‌ام) است (جدول ۲). مقدار استرانسیم در این

دولومیتها نزدیک به مقدار این عنصر در دولومیت‌های استیوکیومتریک با حدود ۵۰ مول درصد $MgCO_3$ است [۱۱]. لذا چنین نتیجه می‌شود که بخش اعظم دولومیت‌های تشکیل دهنده سازند سلطانیه از نوع استیوکیومتریک است. همچنین، کاهش شدید استرانسیم در دولومیت‌های سازند سلطانیه را می‌توان به فقیر بودن شاره دیازتیکی سازنده دولومیت از نظر مقدار استرانسیم [۱۲]، سرعت کند رشد بلورهای دولومیت، و ضریب توزیع پایین استرانسیم (کمتر از یک) نسبت داد [۱۳].

سدیم (Na)، مقدار سدیم (Rev.Na) در نمونه‌های دولومیتی مورد مطالعه بین ۵۵ تا ۱۹۹ پی‌پی‌ام (میانگین ۱۲۰/۲۳ پی‌پی‌ام) در نوسان است (جدول ۲). میزان سدیم در دولومیت‌های منطقه آمیخته به مراتب کمتر از محیط‌های دریایی و آب‌های خیلی شور است [۸]. بررسی‌ها نشان داده است که مقدار سدیم در مراحل نهایی دیازنز نظیر محیط‌های تدفینی کاهش می‌یابد. همچنین، مقدار سدیم همانند استرانسیم در دولومیت‌های استیوکیومتریک بسیار پایین است [۸]. لذا کاهش میزان سدیم در این دولومیت‌ها را می‌توان به حالت استیوکیومتریک آنها و تشکیل در شرایط منطقه آمیخته یا در مراحل نهایی دیازنز نسبت داد. ترسیم تغییرات سدیم در برابر منیزیم یک روند نسبتاً منفی را نشان می‌دهد (شکل ۴-الف). این روند منفی حاکی از این است که با افزایش مقدار

جدول ۲ فراوانی عناصر استرانسیم، سدیم، آهن و منگنز (برحسب پی پی ام) پس از کسر مواد غیرقابل حل در اسید (Revised) در نمونه‌های دولومیتی سازند سلطانیه.

Sample No.	REV. Sr (ppm)	REV. Na (ppm)	REV. Fe (ppm)	REV. Mn (ppm)
D1	56	154	7577	1720
D2	45	104	5532	1266
D3	48	105	5878	1436
D4	45	199	6878	1498
D5	45	143	10198	1971
D6	38	55	7994	2025
D7	38	99	7738	2031
D8	38	180	9859	2265
D9	42	164	9563	2124
D10	36	105	12590	3073
D11	33	59	8613	2150
D12	40	78	9212	1963
D13	50	118	10579	2795

منیزیم میزان سدیم کاهش می‌یابد. علت این امر جانشینی سدیم به جای کلسیم - و نه منیزیم - است.

آهن (Fe) و منگنز (Mn): اطلاعات اندکی در خصوص مقادیر منگنز و آهن در دولومیت‌های زمان ما وجود دارد. از آنجا که ضریب توزیع منگنز و آهن در دولومیت مانند کلسیت بیشتر از یک است [۳ و ۱۴] و منگنز و آهن معمولاً جانشین منیزیم می‌شوند، مقدار این عناصر در دولومیت بیشتر از کلسیت است. چون میزان آهن و منگنز در آبهای شیرین بیشتر از آب دریاست، لذا مقادیر زیادتری از این عناصر در دولومیت‌های تشکیل شده در منطقه آمیخته به ویژه در شرایط احیایی یافت می‌شود.

آنالیز دولومیت‌های سازند سلطانیه نشان می‌دهد که مقدار آهن (Rev.Fe) بین ۵۵۳۲ تا ۱۲۵۹۰ پی‌پی‌ام (میانگین ۸۶۳۱٫۶۲ پی‌پی‌ام) و میزان منگنز (Rev.Mn) بین ۱۲۶۶ تا ۳۰۷۳ پی‌پی‌ام (میانگین ۲۰۲۴٫۳۸ پی‌پی‌ام) در نوسان است (جدول ۲). رسم تغییرات آهن در برابر منگنز نشان می‌دهد که بین این دو عنصر یک روند خطی مثبت با ضریب همبستگی $r^2 = 0.73$ وجود دارد (شکل ۴-ب). افزایش همزمان مقدار آهن و منگنز در دولومیت‌های سازند سلطانیه می‌تواند به دلیل افزایش آهن و منگنز در شارهای دیاژنتیکی منطقه اختلاط و شرایط احیایی حاکم بر محیط تشکیل آنها باشد. ترسیم مقادیر سدیم نسبت به منگنز در دولومیت‌ها، یک روند خطی منفی را نشان می‌دهد (شکل ۴-ج). این روند خطی منفی حاکی از این است که به دلیل تاثیر فرایندهای دیاژنتیکی (منطقه آمیخته) با افزایش مقادیر منگنز میزان سدیم کاهش می‌یابد. اما ترسیم مقادیر استرانسیم در مقابل منگنز هیچ روند مشخصی را نشان نمی‌دهد (شکل ۴-د). رسم مقادیر منگنز و آهن در مقابل منیزیم (شکل‌های ۴-ه و ۴-و) حاکی از این است که با افزایش مقدار درصد منیزیم، میزان آهن و منگنز افزایش می‌یابد. این افزایش به دلیل جانشینی آهن و منگنز به جای منیزیم و تشکیل آنها در شرایط احیایی و به احتمال زیاد در ناحیه آمیخته بوده است.

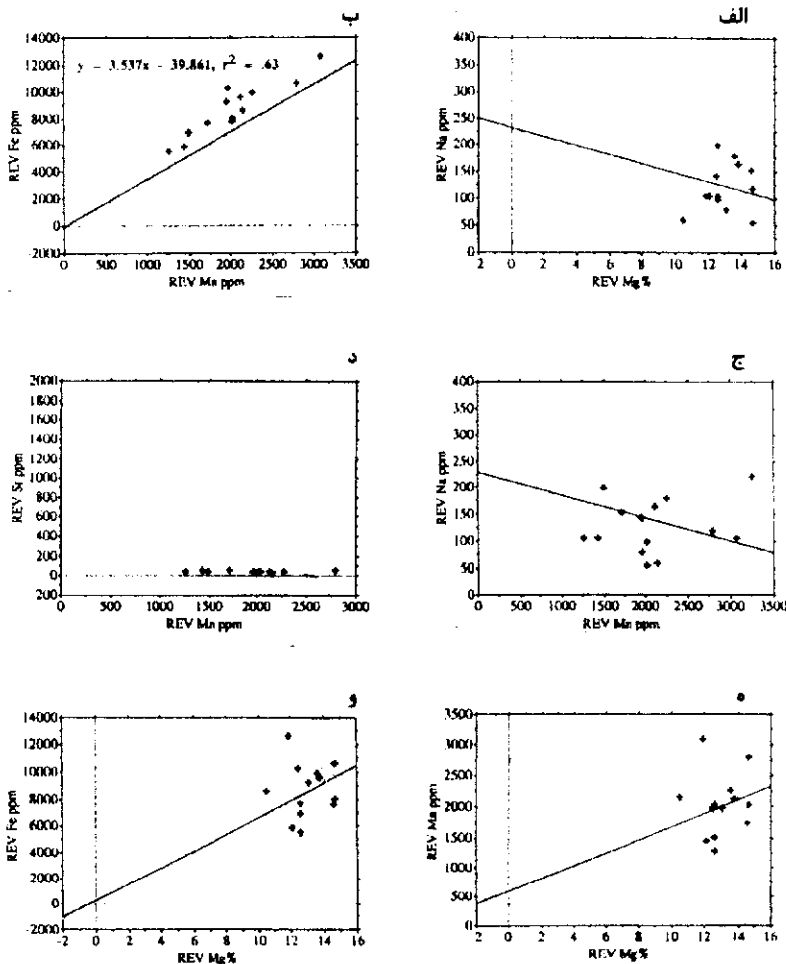
ب) مطالعات ایزوتوپی اکسیژن

از آنجا که در ایزوتوپ‌های پایدار هر عنصر تعداد پروتون‌ها برابر و تعداد نوترون‌ها متفاوت است، این امر موجب بروز تغییراتی در ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی آنها می‌شود [۶]. تغییر در نسبت ایزوتوپ‌های پایدار نظیر ایزوتوپ اکسیژن به طور مطلق قابل

اندازه‌گیری نبود، و به همین دلیل اختلاف نسبت ایزوتوپی (مثلاً نسبت $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$) و مقایسه آنها با استانداردهای تعیین شده و از طریق رابطه زیر محاسبه می‌گردد:

$$\delta^{18}\text{O} = \frac{[(^{18}\text{O}/^{16}\text{O})_{\text{sample}} - (^{18}\text{O}/^{16}\text{O})_{\text{standard}}] * 1000}{(^{18}\text{O}/^{16}\text{O})_{\text{standard}}}$$

گرچه آثار جنبشی و تغییرات فشار گاز کربنیک و دما در اثر تحویل‌پذیری بیوشیمیایی موجب تغییرات ایزوتوپی در کربناتها می‌گردد، اما با این حال مطالعات



شکل ۴ - تغییرات عناصر اصلی و فرعی موجود در دولومیت‌های سازند سلطانیه.

جدول ۳ - مقادیر ایزوتوپ اکسیژن ۱۸ در نمونه های دولومیت سازند سلطانیه.

Sample No.	$\delta^{18}\text{O} \text{ ‰ VPDB}$
D1	-9.48
D2	-9.01
D3	-7.18
D4	-8.53
D5	-11.36
D6	-7.60
D7	-7.82
D8	-8.46
D9	-7.77
D10	-7.36
D11	-6.07
D12	-8.33
D13	-8.29

ایزوتوپی یکی از ابزارهای مفید برای شناخت محیطهای رسوبگذاری و دیاژنتیکی گذشته و حال است [۶، ۱۵ و ۱۶].

نتایج به دست آمده از آنالیزهای ایزوتوپی اکسیژن نشان می دهد که مقدار ایزوتوپ $\delta^{18}\text{O}$ بین -6.07 تا -11.36 (بر حسب VPDB) در نوسان است (جدول ۳). مقدار ایزوتوپ اکسیژن ۱۸ در دولومیت های عهد حاضر بین -1 تا $+8$ (VPDB) در نوسان بوده و به مراتب از مقدار ایزوتوپ اکسیژن آهکهای مناطق حاره ای (حدود -2) سنگین تر است، هر چند که مقدار ایزوتوپ اکسیژن ۱۸ در آهکهای حاره ای با افزایش شوری بالا می رود [۱۵ و ۸].

با استفاده از ایزوتوپ اکسیژن ۱۸ می توان دمای تشکیل دولومیتها را با استفاده از رابطه لند [۷] و با دانستن ایزوتوپ اکسیژن آب دریا (δw) در زمان تشکیل به قرار زیر مشخص کرد:

$$T^{\circ}(\text{C}) = 16.4 - 4.3([\delta^{18}\text{O}_{\text{dol}} - 3.8] - \delta w) + 0.14([\delta^{18}\text{O}_{\text{dol}} - 3.8] - \delta w)^2$$

در این معادله ایزوتوپ اکسیژن سنگ دولومیت با علامت $\delta^{18}\text{O}_{\text{dol}}$ و ایزوتوپ شماره ها با δw نشان داده شده است. اصولاً دولومیت های دیاژنتیکی اولیه که در محیطهای نزدیک به سطح (نظیر محیطهای سبخایی یا سوپراتایدال) تشکیل می شوند در دمای پایین و دولومیت های دیاژنتیکی تاخیری که در محیطهای عمیق تر بوجود می آیند در دمای بالاتری هستند [۸].

آلن و ویگینز [۱۷] بر این عقیده‌اند که دولومیت‌های دمای پایین دارای ایزوتوپ اکسیژن سنگین‌تر از PDB ۲٫۵- و دولومیت‌های دمای بالا دارای ایزوتوپ اکسیژن سبک‌تر از PDB ۶٫۵- هستند. البته این اظهارات نمی‌تواند کاملاً دقیق باشد، زیرا برای تعیین دما باید مقدار ایزوتوپ اکسیژن ۱۸ آب دریا در زمان تشکیل را بدانیم و سپس پارینه دما را محاسبه کنیم. اما از آنجا که کلیه ایزوتوپ‌های اکسیژن ۱۸ در نمونه‌های مورد مطالعه (به استثنای یک نمونه) سبک‌تر از PDB ۶٫۵- بودند، لذا این دولومیت‌ها احتمالاً در دمای بیشتری حاصل شده‌اند. ذکر این نکته لازم است که در خصوص مقدار ایزوتوپ اکسیژن آب دریا (δw) در زمان پرکامبرین اختلاف نظرهای زیادی وجود دارند و تغییرات ایزوتوپ اکسیژن ($\delta^{18}O$) آب دریا بین صفر تا PDB ۱۱- (میانگین ۴-) توسط دانشمندان مختلف در نظر گرفته شده و لذا محاسبه دقیق دما در مورد دولومیت‌های پرکامبرین دشوار است. با این وجود در صورتی که ایزوتوپ اکسیژن ۱۸ آب دریا را در مورد پرکامبرین معادل صفر فرض کنیم و سنگین‌ترین ایزوتوپ $\delta^{18}O$ دولومیت‌ها معادل PDB ۶- را در رابطه لند [۷] قرار دهیم، کمینه دمای تشکیل دولومیت‌ها $72^{\circ}C$ به دست می‌آید. در صورتی که سبک‌ترین ایزوتوپ اکسیژن ۱۸ یعنی PDB ۱۱٫۳۶- را در رابطه لند قرار دهیم، بیشینه دمای تشکیل دولومیت‌ها (دمای دیاژنتیکی) معادل $113,5^{\circ}C$ حاصل می‌شود. لذا چنین استنباط می‌شود که دولومیت‌های سازند سلطانیه در محیط‌های دیاژنتیکی کم عمق تا عمیق یعنی در دو مرحله دیاژنتیکی اولیه و تاخیری تشکیل شده است.

برداشت

در این پژوهش، بررسی ویژگی‌های سنگ شناسی دولومیت‌های سازند سلطانیه در شمال شهمیرزاد نشان داده است که کلیه دولومیت‌های موجود از نوع دیاژنتیکی و ثانویه‌اند و با چشم‌پوشی از اختلاف اندکی که در اندازه بلورهای این دولومیت‌ها وجود دارد به‌طور کلی می‌توان همگی را درشت بلور توصیف کرد.

آنالیزهای عناصر منگنز و آهن موید وجود یک روند خطی مثبت بین این عناصر بود، و نشان می‌دهد که این دولومیت‌ها در شرایط احیایی و تحت تأثیر آب‌های متیوریکی یا آمیخته شدن آب‌های شیرین و دریایی تشکیل شده است.

ترسیم سدیم نسبت به منیزیم نشان دهنده یک روند معکوس است که این می‌تواند به دلیل تأثیر دیاژنز فریاتیک متیوریکی عمیق در این دولومیت‌ها باشد.

همچنین، با اندازه گیری مقدار ایزوتوپ اکسیژن موجود در ۱۳ نمونه دولومیتی و به کار بردن رابطه لند، دمای محیط دیاژنتیکی تشکیل این دولومیتها محاسبه شد. که با قرار دادن مقدار سنگین ترین ایزوتوپ $\delta^{18}\text{O}$ معادل -6PDB در این رابطه، کمینه دمای تشکیل دولومیتها 72°C به دست آمده و با در نظر گرفتن سبک ترین ایزوتوپ اکسیژن ۱۸ یعنی $11,36\text{ PDB}$ ، بیشینه دمای تشکیل دولومیتها $113,5^\circ\text{C}$ بوده است. لذا چنین استنباط می شود که دولومیتهای سازند سلطانیه در دو مرحله دیاژنتیکی اولیه و دیاژنتیکی تأخیری به ترتیب در محیطهای کم عمق تا عمیق تر تشکیل شده اند.

مراجع

- ۱- میراب شبستری، غلامرضا، (۱۳۷۳)، مطالعه سنگ شناسی و محیط رسوبی سنگهای هم ارز سازند سلطانیه (پرکامبرین فوقانی - کامبرین زیرین) در مناطق سربندان (شرق دماوند) و شه میرزاد (شمال سمنان)، دانشگاه تربیت معلم تهران، پایان نامه کارشناسی ارشد، ۱۸۱ صفحه.
- 2 - Lohmann, K.C., (1988) Geochemical patterns of meteoric diagenetic systems and their application to studies paleokarst, in: N.P. James & P.W. Choquette (eds.), Paleokarst, Springer-Verlag, New York, p.58-80.
- 3 - Veizer, J., (1983) Chemical diagenesis of carbonates, theory and application of trace element technique M.A. Arthur (ed.), Stable Isotopes in Sedimentary Geology, p.3-100, Society of Econ. Paleon. and Mineral. Short Course 10
- 4- Adabi, M.H. & Rao, C.P., (1991) Petrographic and geochemical evidence for original aragonite mineralogy of Upper Jurassic carbonates (Mozduran Fm.), Sarakhs area, Iran: Sediment. Geol., vol.72, p.235-267.
- 5- Rao, C.P., (1996) Geochemical differences between subpolar (Permian), temperate (Recent and Pleistocene) and tropical (Ordovician) carbonates, Tasmania, Australia: Carbonates and Evaporites, Vol.6, p.83-106.
- 6- Morse, J.W. & MacKenzie, F.T., (1990) Geochemistry of Sedimentary Carbonates: Developments in Sedimentology, Elsevier, Vol.48, 707p.
- 7- Land, L.S., (1985) The origin of massive dolomite Jour. Geol. Education, Vol.33, p.112-125.
- 8- Rao, C.P., (1996) Modern Carbonates: tropical, temperate and polar Introduction to Sedimentology and Geochemistry: University of Tasmania, Hobart, 206.

- 9- Land, L.S., (1980) The isotope and trace element geochemistry of dolomite, the state of the art; in: D.H. Zenger, J.B. Dunham & R.L. Ethington (eds.), Concepts and Models of Dolomitization in: Soc. Econ. Paleont. Mineral. Spec. Publ., Vol.35, p.327-384.
- 10- Humphrey, J.D., (1998) Late Pleistocene mixing zone dolomitization, Southeastern Barbados, West Indies, *Sedimentology*, Vol.35, p.87-110.
- 11- Vahrenkamp, V.C. & Swart, P.K., (1990) New distribution coefficient for the incorporation of strontium into dolomites and its implication for the formation of ancient dolomites: *Geology*, Vol.18, p.87-110.
- 12- Woo, K.S. & Moore, C.H., (1996) Burial dolomitization and dolomitization of the Late Cambrian Wagok Formation, Yeongweol, Korea: *Carbonates and Evaporites*, Vol.11, No.2, p.104-112.
- 13- Moore, C.H., (1996) Upper Jurassic cements; A case history, in N.Schneidermann and P.M. Harris (eds.), *Carbonate Cements: Soc. Econ. Paleont. Mineral., Spec. Publ., No.36*, p.291-308.
- 14- Pingitore, N.E., (1978) The behavior of Zn²⁺ and Mn²⁺ during carbonate diagenesis, theory and application: *J. Sediment. Petrol.*, Vol.48, p.799-814.
- 15- Hudson, J.D., (1977) Stable isotope studies and limestone lithification: *Jour. Geol. Soc., London*, Vol.133, p.637-660.
- 16- James, N.P. & Choquette, P.W., (1983) Diagenesis of limestone-the seafloor diagenetic environment: *Geosci. Canada*, Vol.10, p.162-179.
- 17- Allan, J.R. & Wiggins, W.D., (1993) Dolomite reservoirs: Geochemical techniques for evaluating origin and distribution: *Am. Assoc. Petrol. Geol., Continuing education course note series, No.36*, 129p.