

کرونا CORONA TEXTURES و کاربردها در تعیین شرایط فیزیکی شیمیایی حاکم بر محیط تشکیل آنها

دکتر صدرالدین امینی

گروه زمین شناسی - دانشکده علوم - دانشگاه تربیت معلم تهران

و پوسته تحتانی بوسیله ماگمای بازالتی آلکالن در جزایر اقیانوسی (اقیانوس اطلس) به سطح آورده شده اند. بافتهای کرونا یا تاجوار عبارت از بافتهای خاصی هستند که در نتیجه واکنشهای شیمیایی متقابل بین فازهای جامد درگیر و یا جامد و مایع در تحت شرایط جامد و یا نیمه جامد در اثر تغییر شرایط فیزیکی (حرارت و فشار) یا فیزیکی شیمیایی محیط تشکیل در طی زمانی طولانی و با نرخ تدریجی بوجود می آیند و دارای تنوع بسیار زیاد و غالباً پیچیده می باشند. با توجه به ساختمان و بافت خاص موجود در این کروناها و واکنشهایی که منجر به تشکیل آنها شده است می توان نتایج جالبی از سرگذشت آنها در سیری که تا سطح زمین طی کرده اند بدست آورد. به عبارت دیگر کروناها دارای ویژگیهای بافتی خاصی هستند که همچون آینه می توانند انجام واکنشهای شیمیایی و نیز شرایط ترمودینامیکی حاکم بر محیط تشکیل خود را در مسیر عبور از عمق تا سطح منعکس کنند.

کروناهای مورد مطالعه در این مقاله یا دارای هسته ای از اولیوین غنی از میزیم Forsteritic هستند و یا بخش مرکزی آنها از اسپینل های غنی از آلومینیوم تشکیل شده است. در هر دو حالت تغییرات فیزیکی شیمیایی حاکم بر محیط تشکیل آنها در جهت ناپایداری این دو فاز پیش رفته است و با توجه به انجام واکنشهای انجام شده بین

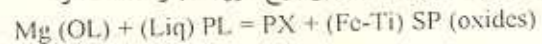
بافتهای کرونا براساس تجزیه شیمیایی نقطه ای. به طریقه B.S.E.I و تهیه نقشه های توزیع عناصر با یکهای قابل انجام با دستگاه الکترون میکروپراب بر وجود مورد بررسی. حدس زده می شود که بین بستری و پلازموکلازهای آنورتیتی واکنشی عمیق حاصل آن تشکیل فازهای جدید از جمله پیروکسن و تا بافتهای کرونا می باشد. بهرحال، یک امکان برای کرونا واکنشهای انجام یافته در شرایط زیر جامد (S) میان فازهای درگیر موجود است. این مورد تغییر و فشار با نرخ مستمر و در طی یک دوره زمانی باب می نماید. امکان دیگر برای تشکیل بافتهای کرونا درگیری فاز مایع ماگمایی تاخیری به تله افتاده در ماگمایی با فازهای جامد قبلی باشد. واکنشی که در چیزی معمول و عادی است.

این مقاله مطالعه بافتهای کرونا Corona textures لیتهای اولترامافیک و مافیکی است که از مانتو فوقانی

فازهای قدیمی یا اولیه با همدیگر و یا با مایع بین بافتی ماگمایی منجر به تشکیل کروناها گردیده است.

در زینولیت‌های نوع گابرونی (یافت شده در جزیره سائومیگل (Sao Miguel) بنظر می‌رسد که تغییرات شرایط ترمودینامیکی بعضا باعث ذوب بخشی قسمتهائی از زینولیتها گردیده که شرایط را برای تشکیل کروناها تسهیل نموده است. اولیون در شرایط جدید ناپایدارترین فاز بوده و لذا با پلاژیوکلازها و مایعهای ماگمایی بین بافتی و یا حاصل از ذوب مواد بین بافتی Interstitial material (Scoria) دچار واکنش و تبادل یونی شده که نهایتا انجام این واکنشها منجر به تشکیل بافت و ساخت کروناهای موجود گردیده است.

واکنش انجام شده در این نوع کرونا عبارت است از:



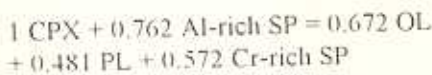
این نوع کروناها که مربوط به زینولیت‌های نوع گابرونی می‌باشد مربوط به اعماق کم بوده برای تشکیل آنها فشار ۸/۵ - ۸ کیلوبار و حرارت $1160^{\circ}\text{C} - 850^{\circ}\text{C}$ محاسبه شده است.

نوع دیگر کرونا که مربوط به شرایط ترمودینامیکی قوی تری است دارای مرکزیت یا هسته اسپینل غنی از آلومینیوم می‌باشد و در زینولیت‌های اولترامافیک نوع ورلایت و دونایت، Wehrlite, Dunite یافت شده است. در این نوع زینولیتها شرایط برای پایداری اسپینل‌های غنی از آلومینیوم مناسب نبوده و نهایتا منجر به ایجاد واکنشهایی از نوع محلول جامد Solid - solution و تحت جامد Sub - solidus بین اسپینل غنی از آلومینیوم از یکطرف و فازهای اطراف آن (پیروکسها و احتمالا مایعهای ماگمایی بین بافتی) از طرف دیگر و انجام واکنشهایی در جهت تشکیل کروناها گردیده است.

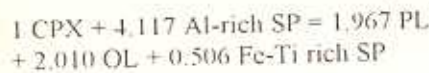
مطالعات انجام شده با الکترون میکروپراب (Electron Micro - Probe) تجزیه شیمیائی نقطه به نقطه فازهای مربوطه، تصاویرهای گرفته شده بطریقه B.S.I (Back Scattering Image) و تهیه دپزی مپ Digimaps از کروناها ما را قادر ساخته است تا کلیه جزئیات واکنشهایی را که منجر به تشکیل چنین ساخت و بافتی شده است بازشناسی کنیم. همچنین با استفاده از کارهای تجربی دیگران بر روی شرایط پایداری

فازهای مختلف می‌توان شرایط ترمودینامیکی حاکم بر محیط تشکیل کروناها را پیش بینی نمود، که این شرایط می‌تواند به کل سنگ دربرگیرنده نیز تعمیم یابد. به عبارت دیگر وجود کروناهای مختلف می‌تواند به عنوان شاخصهائی عمل نماید که حداکثر و حداقل شرایط فشار و حرارت و نیز تغییرات شیمیائی حاکم بر محیط تشکیل آنها را قابل پیش بینی می‌نماید.

واکنشهای انجام شده در این نوع کروناها که با مشاهدات مستقیم و نیز شرایط ترمودینامیکی قابل انطباق است عبارتست از (کروناي شماره ۱) *



(کروناي شماره ۲)



ضرایب واکنش با استفاده از متد گوسین Gaussian که بوسیله پاول R. Powell, 1978 بکار برده شده است محاسبه گردیده است.

بحث:

بعضی از فازهای کانی موجود در درون زینولیت‌های اولترامافیک و مافیک می‌توانند با مایعهای ماگمایی کومولوس تاخیری (Postcumulus) یا شیشه های بین بافتی واکنشهایی از نوع SS (Sub - Solidus) را نشان دهند. بنظر می‌رسد که واکنشهای انجام شده میان فازهای درگیر باید زمانی قبل از مرحله توقف ناگهانی حرارت (Quenching) به پایان رسیده باشد. گاهی اوقات این مجموعه ها آثار و نشانه هایی از نوع ذوب بخشی زینولیتها به همراه دارد.

مسئله مهم در مورد کروناها یا بافت‌های کرونا (Corona Textures) این است که آنها قادرند آثار و نشانه های حاصله از

پلاژیوکلاز = PL، اولیون = OL، اسپینل = SP، کلینوپیروکسن = CPX

اولیون غنی از منیزیم = Mg (OL)، پیروکسن = PX، مایع = Liq

اسپینل غنی از کرم = Cr - rich SP، اسپینل غنی از آهن و تیتانیوم = Fe-Ti

Spinel، اسپینل غنی از Al = Al - rich SP

$$\ln K_D = \ln[(X_{Ulv} \cdot X_{hem}) / (X_{mt} \cdot X_{ilm})] = -8155/T + 4.59$$

معادله ۲:

2

$$\ln a_{O_2} = \ln[(X_{mt})^2 (X_{ilm})^6 / (X_{Ulv})^6 \cdot (X_{Ulv} \cdot X_{hem} / X_{mt} \cdot X_{ilm})^{10/2}] - 4.94$$

همچنین با استفاده از معادله ۲ اکسیژن فیوگاسیتی بر مبنای $\log(I)$ برابر با ۱۳ محاسبه شده است. با توجه به وجود فاز آمفیبول نوع کرسوتایت (Kaersutite) در این زینولیت و با استفاده از روش پیشنهادی (Hammarstrom & Zen, 1986) درجات حرارت و فشار 930°C و بیش از ۷ kb (فشار) را می‌توان محاسبه نمود. با توجه به کلیه عوامل و فاکتورها و درجات حرارت و فشاری که در فوق بدان اشاره شد پذیرش فشارهای زیر ۱۰ کیلو بار یعنی $9/5 - 8$ و حرارت‌های $1120^\circ\text{C} - 850^\circ\text{C}$ را برای تشکیل این گونه ساخت و بافت‌های کرونا می‌توان پذیرفت. این فشارها از نظر عمق معادل با اعماق ۲۰ تا ۳۰ کیلومتری زمین می‌باشد که با توجه به وضعیت ساختمانی جزیره ساو میگل Sao Miguel می‌تواند بالاترین قسمت‌های مانتو فوقانی باشد.

شروع یک چنین واکنش‌هایی می‌تواند از اعماق بیشتر شروع و تا اعماق کمتر ادامه داشته باشد و هر چند وقت یک بار واکنش‌های مناسب در جهت تشکیل پایدارترین فازهای ممکن ادامه خواهد یافت. ولی در زمانی مناسب بر اثر خروج سریع ماگما و اتفاق پدیده توقف یکباره واکنشها (Quenching) از ادامه و تکمیل واکنشها در بعضی قسمت‌ها جلوگیری بعمل آمده است که نتیجه آن تشکیل بافت و ساخت کرونا است. اینگونه بافتها می‌تواند بر اثر کاهش فشار و ایجاد نوعی ذوب بخشی در شرایطی که محیط جدید برای فازهای پایدار قبلی مخصوصاً اولیون بیشتر از این قابل تحمل نبوده اتفاق بیفتد. آنچه مسلم است در نمونه‌های زینولیت با ترکیب گابرونی فازهای اولیون غنی از منیزیم و اسپینل‌های غنی از Mg, Al, Cr شدت ناپایدار بوده و ناچاراً با انجام واکنش‌های مناسب در تحت شرایط Sub - Solidus بخشا از بین رفته است، و نهایتاً منجر به تشکیل بافت‌های متداخل و کرونا گردیده است.

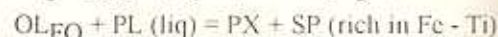
تغییرات فیزیکو شیمیایی محیط تشکیلشان را در خود محفوظ نگه‌دارند. مخصوصاً که این آثار و نشانه‌ها غالباً در اشکال و فرم‌های قابل رویت و قابل نقشه برداری الکترونی (Digimapping) محفوظ مانده اند. یعنی اینکه فازهای موجود در محیط غالباً برای مقابله با تغییرات فیزیکوشیمیایی محیط جدید در جهت تشکیل پایدارترین فازها و فرم‌های لازم. درگیر واکنش‌هایی مناسب با تغییرات گردیده و بر اثر انجام فرآیند اطفاء، سریع (Quenching) اشکال و فرم‌هایی با بافت کرونا بر جای می‌گذارند. (شکل ۱).

بدین ترتیب زمانی که شرایط لازم برای پایداری اولیون‌های فورستریتی (Forsteritic Olivines) فراهم نبوده، آنها با پلاژیوکلازهای اطراف و مجاور و یا مایع بین باقی (با ترکیب مشابه) وارد واکنش شده و بر طبق معادله

+ اولیون (غنی از فورستریت)

(یا مایع مشابه پلاژیوکلاز) پلاژیوکلاز غنی از An

(غنی از Ti, Fe) اسپینل + پیروکسن =



منجر به تشکیل بافت و ساخت کرونا و مخصوصاً تشکیل فازهای جدید پایدار یعنی پیروکسها و اسپینل‌های غنی از Fe-Ti شده است. این بافت نوعی رشد متداخل یا (Symplectitic Texture) مجموعه فازهای درگیر را نشان می‌دهد (شکل ۱). دلایل عینی و شواهد فیزیکی و شیمیایی موبد این واقعیت است که واکنش بشکل مذکور اتفاق افتاده است.

محاسبات زمین گرماسنجی و زمین فشارسنجی Geothermometry & Geobarometry بر اساس اکسیدهای آهن و بنایوم دار یا اسپینل‌های همراه و همزیست با استفاده از روش پوینگتون - لیندزلی و مخصوصاً پاوول و پاوول (Powell & 1977) انجام گرفته است. از دو معادله زیر قادر به حساب درجات حرارتی بین $1120^\circ\text{C} - 850^\circ\text{C}$ درجه برای اینگونه زینولیتها و درجه حرارت متوسط 852°C برای این نمونه و نمونه مشابه آن گردیده ایم.

معادله ۱:

2- mt = magnetite, hem = haematite, Ulv = Ulvospinel.

ilm = ilmenite, a_{O_2} = Oxygen activity.

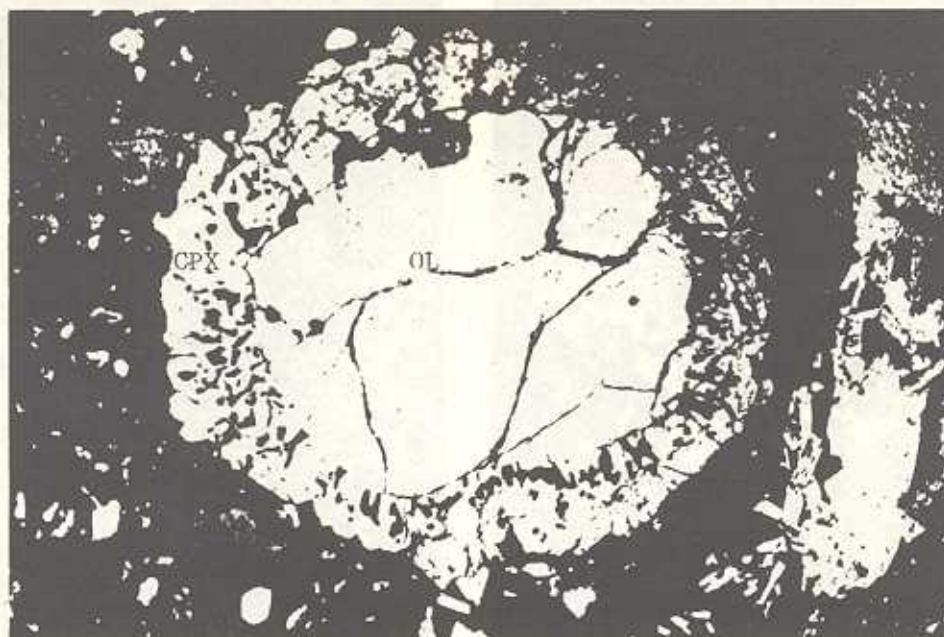


- نوع دوم از ساختهای کرونا مربوط به زینولیت‌های یافت شده از انواع اولترامافیک و اختصاصاً دونایت و ورلایت (Wehrlite) (Dunitite) هستند. تشکیل این نوع ساختهای کرونا چه از نظر شرایط فشار و حرارت و نتیجتاً عمق تشکیل و چه از نظر نوع واکنش و مقیاس انجام آن با نوع اول یعنی نمونه‌های گابرونی متفاوت است. در نمونه‌های اخیر یعنی اولترامافیک‌ها، فازهای اصلی تشکیل دهنده عبارتند از اولیون، کلینوپروکسن همراه با تیغه‌های اورتوپروکسن و کرم اسپینل هم بصورت تیغه‌هایی در داخل کلینوپروکسن‌ها (بیشتر از نوع کرم دیوسید) و هم بصورت بلورهای تمام شکل در داخل مخصوصاً اولیون‌ها است. در نمونه‌های قبلی، فاز ناپایدار اصلی یعنی مرکز کروناها اولیون بود در حالیکه در اینجا فاز ناپایدار اصلی بلورهای اسپینل غنی از Al است که در اثر واکنش از نوع Solidus - Sub با فازهای اطراف خود مخصوصاً کلینوپروکسن (کرم دیوسید) و احتمالاً فاز سیلیکاته دیگری مربوط به مرحله تاخیری فازهای کومولوس (Post Cumulus) با ترکیب پروکسن وارد واکنش شده و تبادل یون نموده است.

فلسفات پلاژیوکلاز در هیچ مقیاس و میزان قابل ذکری در این نمونه‌ها موجود نیست، مگر در داخل همین بافت‌های کرونا که مطمئناً بر اثر انجام واکنش میان فازهای مختلف مذکور حاصل شده است و نسبت به فازهای کومولوس و اولیه کاملاً تاخیری و ثانوی است. و لذاست که فقط بصورت فاز حاصل از واکنش فازهای اولیه با همدیگر و احتمالاً با مایع‌های بین بافتی احتمالی تشکیل بافت‌های متداخل از نوع Symplectitic Textures و نتیجتاً (Corona Textures) بافت کرونا را می‌دهد، که مجموعه‌ای از فازهای اولیون، پروکسن و اسپینل خواهد بود. (شکل ۲).

از نظر اندازه نیز این کروناها با کروناهای قبلی تفاوت دارند، به عبارت دیگر اندازه کروناهای قبلی در حد درشتی و بزرگی دانه‌های اولیون یعنی ۲ - ۵ mm است در حالیکه کروناهای دسته دوم در حد و اندازه اسپینل‌ها یعنی ۱۴۰ - ۵۰ میکرون خواهد بود و لذا

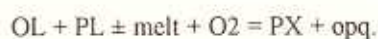
مطالعه آنها در حد درشتی‌های زیاد و حد استفاده از الکترون میکروپراب خواهد بود. در نوع اول به علت وجود آب (عاماً پایین آمدن درجه ذوب و انجماد ذوب بخشی نمی‌توان ندیده گرفت در حالیکه در نوع وجود کانیه‌های هیدروکسیل دار وجود ندارد ذوب بخشی و دخالت آن در تشکیل بافت‌های این نمونه‌ها علیرغم درجه حرارت بالاتر و کم که تشکیل کرونا فقط از طریق واکنش یون‌ها از طریق انتشار (Diffusion) و از در گرفته است. این موضوع بنابر دلایل قابل مشاهده‌های شیمیایی نقاط مختلف فازهای درگیر در آنها بر روی نمودارها و نیز نقشه‌های ترمو-عناصر مختلف در فازهای موجود در بافت بخوبی قابل اثبات است (شکل‌های ۳ و ۴). تبادل کاتیون‌ها چه دو ظرفیتی و یا سه ظرفیتی تمرکز هر یک در بخش‌های مختلف کروناها است. این جانشینی اتمی با توجه به میزان تشکیل اسپینل‌های غنی از کرم از اسپینل‌های واکنش انجام شده میان اسپینل‌های اولیه غنی مربوط به مراحل تاخیری بعد از کومولوس عدسی مانند‌ها یا جیب‌ها و پاکت‌های ماگما مربوط به فازهای کومولوس به تله افتاده است. انجام این واکنش‌ها هم از طریق درز و شکستگی‌های موجود و هم از طریق درز و شکستگی‌های موجود و جامد از میان فاز جامد پروس انتشار یافته است. بهترین حالت جانشینی اتمی در اسپینل‌ها از یکطرف و بین Mg^{2+} و Fe^{2+} از طرف دیگر و سایر کاتیون‌ها یعنی Fe^{3+} ، Ti^{4+} و Al^{3+}

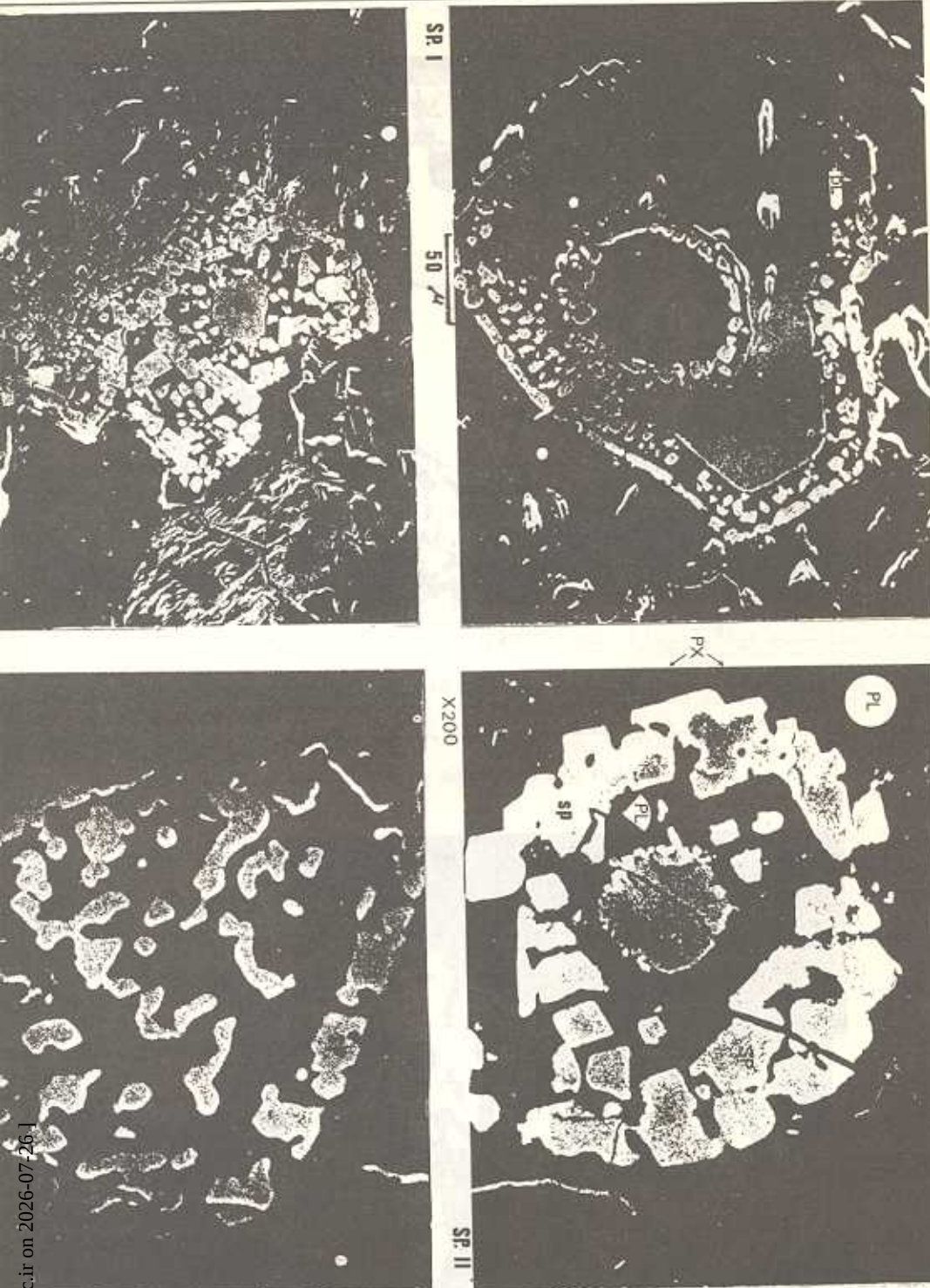


شکل شماره ۱a: نمایش بافت کرونا در کرسوتیت - پیروکسن - پلاژیوکلاز - اسپنل - اولیوین - گابرو نوریت زینولیت شماره ۴۳۹۶ از جزیره سانومیگل ناحیه پونتا د فراریا (Sao Miguel ; Ponta de Ferraria). بطوریکه مشاهده می شود ناپایداری اولیوین بسبب انجام واکنش میان آن و پلاژیوکلازهای اطراف و یا مایع بین بافتی مشابه ترکیب در جهت تشکیل پیروکسن و اکسیدهای غنی از آهن و تیتانیوم و نهایتاً بافت کرونا گردیده است. هسته اولیوین بوسیله رشد متداخل و Symplectic سایر فازها نگین وار در بر گرفته شده است.



شکل 1.b: قسمتی از بافت کرونا با بالا با بزرگنمایی بیشتر. $\times 200$ در نور پلاریزه. مشاهدات فیزیکی و شیمیایی نشان می دهند که واکنش زیر به احتمال زیاد انجام پذیرفته است.





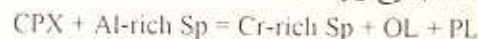
شکل ۲: I-IV : تصاویر نشان دهنده الگوها و طرحهای مختلفی از بافت های کروماتین و فازهای مختلف در مجموع های کروماتین I-IV می باشد. این کروماتین اسپینل ها در فاز I و II و III و IV وجود دارد. توجه کنید که مجموع های I-IV هر اخل مختلف به بافت کروماتین از I به IV نشان می دهد. تصاویر به طریق BSI (Backscattered Image) با الکترون میکروویز تهیه شده است و شدت و ضعف رنگها از نظر تراکم (در اینجا روشنایی) متناسب با شدت تغییر ترکیب شیمیایی در اسپینل ها است. سعی شده است تا سترخداها مختلف بر روی هر شکل نامگذاری مشخص گردد.

داشته و کمبودهای ناشی از تبادل کاتیونی میان فازهای اصلی (Fe^{2+} , Mg, Cr, Al) را جبران می‌کرده‌اند.

در کرونا انتخاب شده برای بررسی که کرونی شکل است انجام واکنش احتمالا از طریق تماس مستقیم با کلینوپروکسن شماره ۲ CPX₄ (که خود این کلینوپروکسن محتوی تیغه‌هایی از اورتوپروکسن OPX و نیز اسپینل می‌باشد) یا با مایع بین بافتی با همین ترکیب در دو جبهه یعنی هم از خارج اسپینل و هم از درون آن انجام شده است و نهایتا منجر به تشکیل بافت و ساخت کرونائی مطابق شکل ۲ شده است. که از لایه‌های نسبتا متحد المکز با بخش مرکزی محو شده (احتمالا هنگام تهیه مقطع قسمت مرکزی آن حذف شده است) که تقریبا شبیه به تقسیمات داخلی زمین است گردیده است. بخشهای مختلف این بافت به ترتیب از داخل به خارج شرح زیر است:

- ۱- هسته یا مغزه که از بین رفته است. به ضخامت تقریبا ۳۰ میکرون و ترکیب اولیه اسپینل غنی از Al.
 - ۲- پوشش داخلی Inner Shell به ضخامت ۲۰ میکرون و ترکیب اولیه اسپینل غنی از Al و ترکیب فعلی غنی از کرم.
 - ۳- پوشش میانی Middle Shell به ضخامت ۶۰ میکرون و ترکیب اولیه غنی از Al و ترکیب فعلی غنی از Cr و Al.
 - ۴- پوشش خارجی Outer Shell به ضخامت ۲۰ میکرون با ترکیب اولیه غنی از Al و ترکیب فعلی غنی از Cr.
 - ۵- حاشیه Rim به ضخامت ۲۰ میکرون.
- واکنش انجام شده در کرونا فعلی که منجر به تشکیل بافت

موجود شده بشرح زیر است:



= اسپینل غنی از Al + کلینوپروکسن (کرم دیوسید)

پلاژیوکلاز + اولوین + اسپینل غنی از Cr =

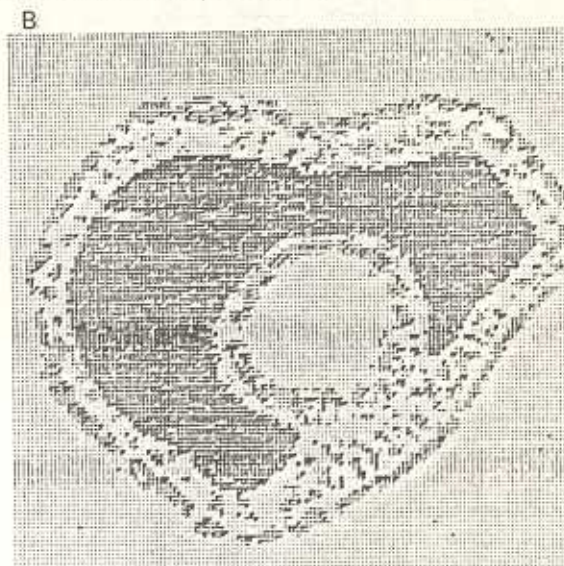
تغییرات و ترکیب کانی شناسی فازهای درگیر در واکنش‌های فوق در جدول شماره یک نشان داده شده است که با توجه به همه شواهد موجود بدون هیچ تردیدی واکنش تبدیل اسپینل‌های غنی از Al به اسپینل‌های غنی از کرم Cr انجام شده است و دامنه تغییرات

عناصر مربوط در بخشهای مختلف کرونا تابع میزان جانشینی کاتیونهای مربوط در هر مورد بوده است. با توجه به نحوه توزیع عناصر در بخشهای مختلف کرونا می‌توان نتیجه گرفت که اسپینل‌های غنی از Al^{3+} دارای پایداری بیشتری در مقابل حرارت و فشار نسبت به اسپینل‌های غنی از کرم است. بدین ترتیب به هنگام کاهش فشار و حرارت کاتیونهای Al^{3+} در ترکیب اسپینل جای خود را به کاتیونهای Cr^{3+} داده، خود بخشا در جهت تشکیل پلاژیوکلاز (PL) وارد عمل می‌شوند. با توجه به کارهای تجربی (Ringwood et. al.) رینگوود و همکاران امکان پایداری فلدسپاتهای پلاژیوکلاز از اعماق منطبق بر فشار بیش از ۱۰ کیلوپار یعنی حدود ۲۰ کیلومتر بیشتر نیست و لذا شروع این واکنش باید در چنین اعماقی باشد. شروع و خاتمه اینگونه واکنش‌ها و تشکیل ساختهای کرونا بستگی به شرایطی چند دارد که در صورت وجود شرایط ایده آل دامنه گسترش ساخت کرونا می‌تواند به همه قسمت‌های آن ادامه یابد یعنی اینکه کلیه فازهای پایدار قبلی که در شرایط جدید ناپایدارند با یکدیگر و با مایع بین بافتی و یا حتی ماگمای میزبان وارد واکنش شده در جهت تشکیل فازهای پایدار جدید پیشرفت خواهد نمود.

- نتایج حاصله از ژئوترموستری و ژئوبارومتري برروری ژئولیت‌های حاوی این بافتهای مخصوص کرونا براساس روش اولوین - اسپینل حرارت سنجی که توسط روندرو و همکاران ۱۹۷۹ (Roeder et. al.) پیشنهاد شده درجرات حرارتی $1146^{\circ}C$ - $1350^{\circ}C$ (بطور متوسط $1220^{\circ}C$) برای تشکیل این فازها حساب شده است. این بدان معنی است که حرارت تشکیل اسپینل‌های غنی از Al باید در حرارتی حتی بالاتر از $1350^{\circ}C$ اتفاق افتاده باشد. چه آنچه که هم اکنون بررسی‌ها بر مبنای آن انجام می‌شود در واقع شرایط قبلی بسیاری را پشت سر گذاشته و این نتایج در واقع منعکس کننده آخرین شرایط تحمل شده از سوی ترکیبات موجود است. این مسئله می‌تواند بدلیل تبادلات یونی گاه محدودی باشد که در بخشهای کم عمق تر لیتوسفر احتمالا اتفاق افتاده است.

نقشه توزیع Al منهای Ca برای کرم اسپینل ۱ نمونه ۴۹۳۷

نقشه توزیع کسرم در کرم اسپینل ۱



نقشه توزیع Si در کرم اسپینل ۱ شمال

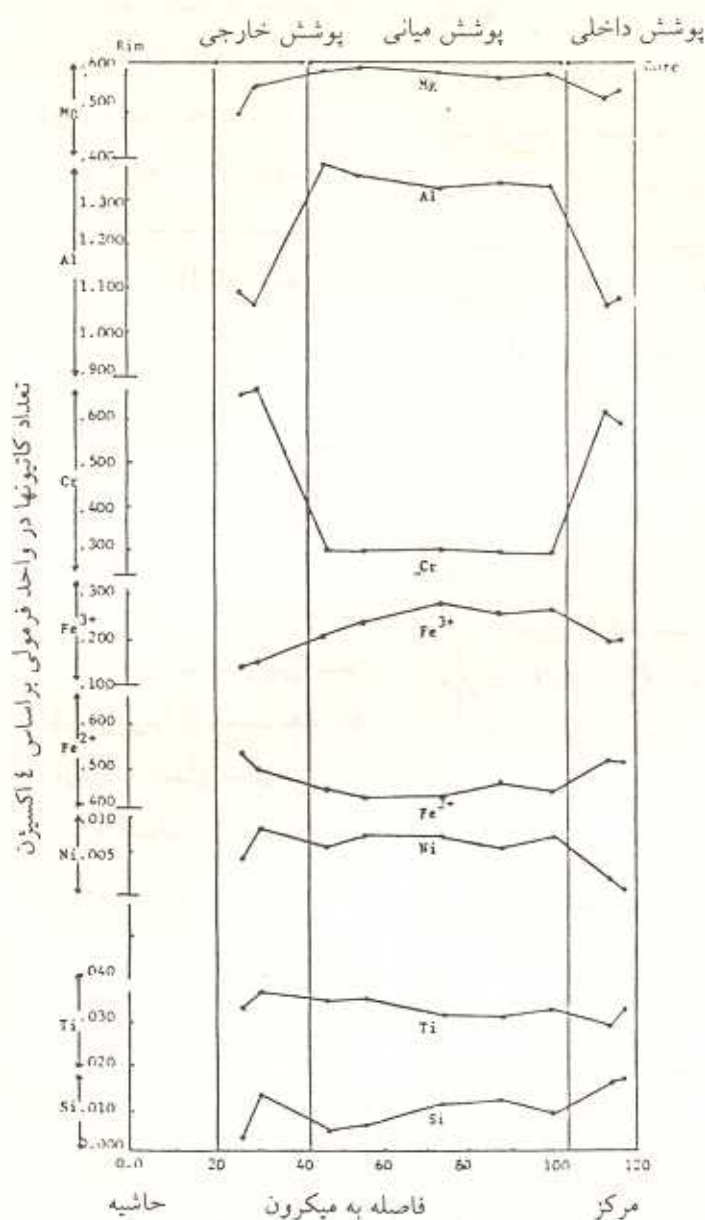


نقشه توزیع Mg در کرم اسپینل ۱ نمونه ۴۹۳۷



شکل ۳ a-d: نمایش دیزیمپهانی برای کرومای شماره ۲ از زینولیت فوق مافیک ورلینی ۴۹۳۷ مادیرا، که در آن ترتیب تو (فقط برای فاز اسپینل)، Si (برای فازهای سیلیکاته)، Mg (برای کلیه فازهای مورد بحث) نشان داده شده است. توجه داشت که تراکم نقاط بر روی دیزیمپ تقریباً متناسب با میزان تمرکز آن عنصر بخصوص در فاز یا فازهای مورد نظر است. نقاطی که فازهای مختلف بر روی آن انجام شده بوسیله دواپر توپر مشخص شده است.

- ۱- هسته (بخش مرکزی که خالی است و ترکیبش نامعلوم است) ۲- حلقه داخلی: a = اسپینل غنی از Cr، b = پلازاکلاز
- ۳- بخش ضخیم و حجیم میانی (mantle) = اسپینل نسبتاً غنی از Al و فقیر از Cr
- ۴- قشر خارجی (حلقه خارجی تر) شامل: a' = اسپینل غنی از Cr، b' = پلازاکلاز، c' = آثار اولیوین و پیروکسن.
- ۵- حلقه اولیوین ۶- حلقه کلینو پیروکسن (کلینو پیروکسن، اورتوپروکسن، اسپینل اکسلوشن). دیزیمپها (groups) الکترون میکروپراب تهیه شده است. درشتنمایی $\times 600$



شکل ۴: نمایش ترتیب توزیع عناصر و روند تغییراتشان از مرکز به حاشیه مطابق نقاطی که بر روی شکل ۳ مشخص شده است. این نقاط مربوط به کرونیای شماره ۲ از زینولیت اولترامافیک ورلیتی شماره ۴۹۳۷ می باشد که از جزیره مادیرا برداشت شده است. به انطباق عالی (منفی) میان تمرکز مقادیر Al^{3+} و Cr^{3+} که نشاندهنده جانشینی کامل این کاتیونها در ترکیب بخشهای مختلف اسپینل در مجموعه می باشد توجه کنید. روند کلی تغییرات برای کاتیونها و فقط برای اسپینل نشان داده شده است. با توجه بیشتر به نمودار درخواهیم یافت که نحوه انطباق مثبت یا منفی کاتیونها مخصوصاً بر روی جفت کاتیونهای $Al^{3+} + Mg^{2+}$ در مقابل $Cr^{3+} + Fe^{2+}$ نسبت به بقیه کاتیونها مشخص تر است. مجموعه این تغییرات با شرایط فیزیکی شیمیایی حاکم بر محیط تشکیل کرونا بستگی دارد.

نتیجه :

- ۱- بافتهای کرونا بر اثر ناپایداری بعضی از فازهای اولیه غنی از منیزیم و اسپینل‌های غنی از Al و نتیجه کاهش فشار و حرارت و کلاً تغییر شرایط فیزیکی زینولیتها بر اثر انجام واکنش با فازهای ناپایدار مجاور مایعهای بین بافتی مربوط به کومولوس تاخیری (amulus) حتی ماگمای میزبان از طرق تماس مستقیم نفوذ و انتشار Sub - Solidus اتفاق می افتد.
- ۲- بافتهای کرونا در زینولیت‌های گابرونیتری کرونا هسته و مرکزیت اولیه و در مقیاس ۵ - ۳ میلی متر مطابق معادله $OL + Liq = PX + SP$ حاصل می شود.
- ۳- شرایط تشکیل بافتهای کرونا در زینولیت‌های گابرونیتری حرارت $1120^{\circ}C$ تا $850^{\circ}C$ و فشار کمتر از ۹ کیلو بار
- ۲- کروناهای موجود در زینولیت‌های اولترامافیک ناپایدار اسپینل غنی از Al^{3+} , Mg^{2+} و Fe^{2+} , Cr^{3+} و سپس غنی از Fe^{2+} , Ti^{4+} , Fe^{3+} این تغییر تدریجی کاتیونها از Mg^{2+} , Al^{3+} به Fe^{2+} , Ti^{4+} , Fe^{3+} و سپس به Fe^{2+} , Fe^{3+} هم‌هنگام با جهت حرارت و فعالیت بیشتر یون اکسیژن (a_{O_2}) می باشد. جهت کاهش عمق پیش خواهد رفت.
- ۵- نتایج ژئوترموتری و ژئوبارومتري عمق تشکیل اسپینلها و پیروکستهای اولیه را اعماق منطبق بر فشار ۱۰ kb و تا ۳۰ kb تعیین می کند. حرارت تشکیل اسپینلها ماگمایی بوده تا $1350^{\circ}C$ می رسد یعنی ماتو یا حوضچه
- ۶- تشکیل بافتهای کرونا در این زینولیتها بر اساس Sub - Solidus و اعماق منطبق بر فشارهای کمتر از ۱۰ کیلو بار و حرارت تشکیل آنها نیز تابع شرایط این

- وجود کالینوپروکستهای از نوع کرم دیوسید که محتوی تیغه های اورتوپروکسن Exsolved Orthopyroxene Lamellae از نوع پروگزیت که مجاور اسپینلها و کروناهای مورد بحث است امکان محاسبه درجه حرارت تشکیل و در واقع شرایط تعادل پیروکستها در زمان تشکیل را فراهم می سازد. در این محاسبات مناسبترین روش چیزی است که بوسیله لنزلی (D.H. Lindsley) ۱۹۸۳ پیشنهاد شده است. بر طبق این روش چنانچه فشار ۱۰ کیلو بار را بپذیریم درجات حرارتی بدست آمده دارای دامنه ای بین $1000^{\circ}C$ تا $1150^{\circ}C$ خواهد بود. این درجات حرارتی شرایط تعادلی Sub - Solidus را ایجاد می کند. در حالیکه درجات حرارتی محاسبه شده برای همین نمونه ها و نمونه های مشابه با استفاده از روش اولیه - اسپینل حرارت سنجی درجات حرارتی ماگمایی یعنی تا $1350^{\circ}C$ را نشان می دهد که چنانچه این درجه حرارت را بر روی نمودارهای هم فشار پیروکستها منتقل کنیم معادل فشار تا ۳۰ کیلو بار می تواند بدست دهد. به عبارت دیگر عمق تشکیل زینولیتها مربوط به اعماق معادل فشار ۱۰ تا ۳۰ کیلو بار است. در حالیکه شرایط تشکیل کروناها احتمالاً مربوط به اعماق معادل و منطبق بر فشار ۱۰ کیلو بار تا کمی بالا و پایین این مقدار است. بهرحال بهمان ترتیب که زینولیت در اعماق کمتر و در نتیجه در شرایط فشار و حرارت پایین تری مستقر می گردد مسئله غنی شدن اسپینل از آهن Fe^{2+} و Ti و فقیر شدن آن از Al^{3+} , Cr^{3+} , Mg^{2+} ادامه خواهد یافت و بر میزان تشکیل پلاژیوکلاز افزوده خواهد شد. مسئله تبادل یون در بافتهای کرونا تا تبدیل اسپینل‌های کاملاً غنی از Mg, Cr, Al به اکسیدهای آهن و تیتانیوم ادامه خواهد یافت که تشکیل این اکسیدها موبد فشار و حرارت‌های بسیار پایین تر است (شکل ۳) و دلیلی بر فعالیت بیشتر اکسیژن در این محیط ها است.

[illegible]

جدول شماره ۲- نمایش نتایج تجزیه شیمیایی فازهای موجود در زینولیت (۴۹۳۷) نوع وریلت که محتوی کروانی ۲

درصد اکسید ها در اولین	اوزتو پیروکسن		پلازیوکلار		کلیتو پیروکسن		اسپینل از کمپلکس II	
	درصد اکسید ها	تعداد کاتیون بر مبنی O ₆	درصد اکسید ها	تعداد کاتیون بر مبنی O ₈	SA378 درصد اکسید ها	تعداد کاتیون بر اساس O ₆	حلقه داخلی SA2516	بخش ضخیم Mantle SA2517
38.60	53.35	1.893	52.36	2.391	51.863	1.861	0.58	0.30
0.05	0.31	0.003	0.18	0.006	0.492	0.013	1.28	1.54
0.39	3.45	0.144	28.99	1.561	5.292	0.223	29.93	39.53
0.3	0.43	0.012	0.40	0.014	0.534	0.015	25.88	13.24
17.99	Fe ₂ O ₃ 1.93 9.35 FeO	0.051 0.277	1.14	0.039	8.895	0.267	8.34 Fe ₃ ⁺ 20.42 FeO	12.44 18.66 FeO
0.27	0.21	0.006	0.03	0.001	0.190	0.006	0.30	0.14
41.77	29.54	1.562	0.01	0.000	24.114	1.290	11.92	14.00
0.15	0.96	0.037	11.79	0.577	7.974	0.307	0.13	0.00
0.22	0.06	0.000	0.01	0.000	0.030	0.001	0.09	0.30
-	0.11	0.007	4.51	0.399	0.753	0.052	V=0.53	0.40
-	0.02	0.001	0.27	0.016	0.000	0.000	Zn=0.10	Zn=0.33
99.46	99.67	3.999	99.69	5.005	100.109	4.034	99.71	100.88
80.3	82.3		An%		82.5			
			59.3					

References :

1. Allegre, C.J. (1985) 'Geodynamic mixing in the mesosphere boundary layer and the origin of oceanic islands. *Geophys. Res. Lett.* 12, No.4, 207 - 210.
2. Davies G.R., Norry M.J., Geralch D.C. and Cliff R.A. (1987). A combined chemical and Pb - Sr - Nd isotope study of the Azores and cope Verde Hot - Spots: the geodynamic implications (personal communication).
3. Davies G.R. 1988 (Personal Communication).
4. Hammarstrom J.C., & Zen, E-An 1986. Aluminum in hornblende: an empirical igneous geobarometer, *Am. Mineral.* 71, 1293 - 1313.
5. Hofman, A.W., & White, W.M. (1982). Mantle Plumes from ancient oceanic crust, *Earth Planet. Sci. Lett.* 57, 421 - 436.
6. Lindsley, D.H. (1983) Pyroxene Thermometry, *Am. Mineral.* 68, 477 - 493.
7. McKenzie, D. & O'Nions, R.K. (1983) Mantle reservoirs and ocean island basalts, *Nature*, Vol. 301, 229 - 230.
8. Norry, M.J. and Saunders, A.D. 1988 (personal communication) The Significance and consequence of Pb and Ta anomalies in Terrestrial magmas.
9. Powell, R. 1978 *Equilibrium Thermodynamics in Petrology: an introduction*. London, Harper & Row.
10. Powell, R., & Powell, M. (1977 a) Geothermometry and oxygen barometry using coexisting iron - titanium oxides: a reappraisal, *Mineral. Mag.* 41, 257 - 263.
11. Ringwood R.E. (1982) *J. Geol.*, 90(6), 611 - 43.
12. Roeder, P.L. et. al. (1979) A re-evaluation of the olivine spinel geothermometer, *Contrib. Mineral. Petrol.* 68, 115.
13. Schilling, J.G. (1975) *Earth, Planet. Sci. Lett.* 25, 103 - 115.
14. Schilling, J.G. 1977, Initial Reports of the DSDP 38, 741 - 750.
15. Zindler, A., & Hart, S. (1986) chemical geodynamics, *Ann. Rev. Earth Planet. Sci.* 14, 493 - 571.

Corona textures and their applications in the determination of the physico - chemical conditions governing their environment of formation

Amini, Sadreddin

Department of Geology, Tarbiyat Moallem University, Tehran, Iran

Abstract :

From the corona texture and upon the basis of chemical analysis it is suggested that a Forsteritic olivine has reacted extensively with plagioclase, resulted in the formation of new phases, PX and SP. However, one possibility for the formation of corona textures is sub - solidus reactions between the involved phases present. This implies changes of pressure and temperature conditions at a continuous rate, over a long period of time. Another possibility is the involvement of postcumulus trapped magmatic liquid, as small pockets of magma, which is common in cumulate materials.

میکروفاسیس ها و محیط رسوبی سازند مبارک در خاور تهران

یعقوب لاسی - رحیم مهاری

گروه زمین شناسی - دانشگاه تربیت معلم تهران

چکیده

سازند مبارک که مربوط به زمان کربونیفر زیرین (Viscan, Tournaisian) می باشد بیشتر از سنگهای کربناته پلانفرمی تشکیل شده است. بررسی دقیق پتروگرافی این سازند در مقاطعی از پال جنوبی تا قدیس آینه و رزان - دلچای (در البرز مرکزی) به شناسایی ۹ میکروفاسیس مشخص و ۲ گروه میکروفاسیس منجر گردید. این میکروفاسیس ها و زیرمحیط های تشکیل دهنده آنها که بصورت کمربندهای موازی ساحل قرار داشته اند از دریا به سمت خشکی شامل میکروفاسیس های دریایی باز، سدی، لاگونی و پهنه کشندی می باشند.

مدل رسوبی سازند مبارک بیانگر یک دریای وسیع و کم ژرفایی است که از کنار هم قرار گرفتن میکروفاسیس هایی که با یکدیگر ارتباط نزدیک داشته اند ساخته شده است. حرکت جانبی زیرمحیط های رسوبی از خشکی به سمت دریا به همراه رسوبگذاری میکروفاسیس های مربوطه موجب تشکیل سیکل های کم ضخامت پس رونده گردیده است که بر روی یک سیکل بزرگ مقیاس کم عمق شوند قرار گرفته اند.

با توجه به نوع میکروفاسیس ها و زیرمحیط های مربوط به آنها، وجود بلورهای دروغین کلسیتی بعد از کانیهایی تبخیری، چگونگی توالی میکروفاسیس ها و سیکل های رسوبی تشکیل شده و مقایسه آنها با محیط های کربناته عهد حاضر.

محیط رسوبی سازند مبارک دریای کم ژرفای گرمسیری (Ramp) با شرایط آب و هوایی گرم و خشک. مشابه سواحل جنوبی خلیج فارس (Trucial Coast) در نظر گرفته شده است.

مقدمه

رشته کوه های البرز از نظر زمین شناسی از منظر ای شمار می آید. ارائه پالئوژئوگرافی دقیق در زمانه و ارتباط آنها و نیز مقایسه قسمتهای مختلف البرز بدون مطالعات محیط های رسوبی امکان پذیر نخواهد بود. این راستا مطالعه محیط های رسوبی هر کدام از جهت بوجود آمدن دانش پایه ای برای حل و توضیح زمین شناسی و تکتونیکی ایران و نیز مشخص کردن اقتصادی لازم و ضروری است.

سازند آهکی مبارک با سن کربونیفر زیرین رسوبی قبل از شروع فاز هرسی نین در حوضچه واحد ساختمانی - رسوبی البرز - آذربایجان می باشد که بر روی طبقات سازند خوش ییلاق قرار گرفته است و سرز بالایی آن با ناپیوستگی مشخص می شود.