خاستگاه کانیهای صنعتی منیزیمدار (بروسیت - هیدرومنیزیت) در مرمرهای چندزادی باقیآباد، یزد

بتول تقیپور* استادیار بخش علوم زمین، دانشگاه شیراز

تاریخ دریافت: ۸۹/٤/۱۳ تاریخ پذیرش: ۸۹/۹/۲۳

چکیدہ

منطقه مورد مطالعه در ٤٠ کیلومتری جنوب باختر یزد و در حاشیه خاوری شیرکوه قرار دارد. ماگماتیسم در این منطقه بصورت دایک و استوکهای کوچکی مشخص است. ترکیب شیمیایی این تودهها گرانودیوریت، دیوریت تا گابرو متغیر است. ماهیت ماگمای تشکیلدهنده این تودهها کلسیمی – قلیایی است و در یک محیط کوهزایی شکل گرفتهاند. نفوذ این تودهها در کربناتهای کرتاسه سبب دگرگونی مرموها و شکل گیری کانیهای کمیابی شده است. مجموعه کانیایی زیر در این مرموها شاخص است: forsterite + serpentine + talc + brucite + hydromagnesite + calcite + dolomite

در این میان تنها رخداد پرفیروبلاستهای بروسیت به شکل فراگیر در مرمرها عادی است. اوج دگرگونی همجواری با رویداد پریکلاز و فورستریت (< C °700) مشخص است و آنگاه در مراحل بعدی، تشکیل پاراژنزهای دما پائین، همانند کانیهای کربناتی و آبدار (C °25) اتفاق افتاده است. تسلسل رویدادهای کانیسازی این مرمرها را چند زادی نشان میدهد.

واژههای کلیدی: مرمر، شیرکوه، بروسیت، هیدرومنیزیت

مقدمه

حاشیه خاوری باتولیت گرانیتی شیرکوه توسط یک زون گسلی شمالی – جنوبی (تفت – منشاد) مشخص است. فعالیتهای ماگمایی بعد از کرتاسه در این منطقه سبب تشکیل معادن سنگ ساختمانی از نوع مرمر شده است. در این زون گسلی، مرمرها که به خرج کربناتهای کرتاسه تشکیل شدهاند حاوی کانیهای کمیاب می باشند. این منطقه بخشی از زون زمین ساختی ایران مرکزی است که در ٤٠ کیلومتری جنوب باختر یزد واقع شده است.

اولین مطالعه بر روی دگرگونیهای همبری چهارگوش زمین شناسی یزد، توسط نبوی (۱۹۷۲) انجام گرفته است. سبزهئی و همکاران (۱۳٦۵) ویژگیهای زمینشناختی و سنگشناختی مرمرها و اسکارنهای منطقه ده بالا را گزارش کردهاند. در این

بروسیت کانی ورقهای، با ترکیب شیمیایی هیدروکسید منیزیم (Mg (OH)) است و از گروه کانی های صنعتی است. این کانی در طی واکنش های برگشتی ضمن آبگیری پریکلاز در مرمرهای دما بالا شکل می گیرد (Bucher and Nurminen, 1982). هیدرومنیزیت دیگر کانی شاخص این مرمرها با ترکیب

مطالعه نخستین بار به پیدایش کانی های کمیاب مرمر و اسکارن نظیر ملیلیت، مونتی سیلیت، فلو گوپیت، پریکلاز و بروسیت اشاره شده است. داوودی (۱۳۷۷) به تفضیل مطالعات سنگ نگاری اسکارن های منطقه شیر کوه را انجام داده است و این اسکارن ها را چندزادی معرفی کرده است. مکی زاده (۱۳۸۷) نیز به مطالعه سنگنگاری و کانی شناسی بخشی از این مرمرها پرداخته است. در مطالعات نامبرده نخستین بار به کانی هیدرومنیزیت در مرمرها اشاره شده است.

^{*} نویسنده مرتبط taghipour@shirazu.ac.ir

خاستگاه کانی های صنعتی منیزیمدار...

شیمیایی کربنات آبدار منیزیم (₃(CO₃)₂ (Mg₄ (OH) است. این کانی معمولا با رخداد رگچهای گاه گاهی مرمرها را قطع کرده است (مکی زاده، ۱۳۸۷).

با توجه به کمیاب بودن دو کانی بروسیت و هیدرومنیزیت و همچنین کاربردهای صنعتی آنها (دارا بودن پتانسیل مواد اولیه صنایع نسوز و همچنین منبع منیزیم) (Simandl and Paradis) (2008 در این پژوهش با نگرشی ویژه خاستگاه این دو کانی مورد توجه قرار گرفته است.

روش مطالعه

در ابتدا به دنبال مطالعات صحرایی و تعیین ایستگاههای مناسب، ۲۰ نمونه از توده نفوذی و سنگهای دگرگون شده برداشت شد. پس از آن ۲۰ نمونه مقطع نازک تهیه شد، مطالعات پتروگرافی نیز با استفاده از میکروسکوپ نوری مدل BH2 انجام گرفت.

برای تعیین ترکیب شیمیایی تودههای نفوذی منطقه باقی آباد، تعداد ۵ نمونه برای تجزیه XRF به آزمایشگاه مرکزی دانشگاه اصفهان (دستگاه 4-S بروکر) ارسال شد. همچنین ٦ نمونه مرمر بروسیت دار برای انجام آزمایش XRF انتخاب شد و ۹ نمونه از رگچههای هیدرومنیزیت نیز پس از خالص سازی به روش دست چینی و اسید شویی ضعیف، مورد آزمایش XRF قرار گرفت.

محاسبات برای رسم نمودارهای مورد نیاز توسط نرم افزار minpet صورت گرفته است.

زمين شناسي عمومي منطقه

گستره مورد مطالعه در فاصله ٤٠ کیلومتری جنوب غربی یزد (شکل ۱)، در حاشیه شرقی کوهستان شیر کوه (جنوب تفت) واقع شده است. این منطقه از دیدگاه تقسیمات زمین شناختی و ساختاری ایران بخشی از زون ایران مرکزی را شامل می شود.

کهنترین واحد سنگ شناسی باتولیت گرانیتی شیرکوه با سن ژوراسیک میانی (Forster, 1978) و شامل سنگهای گرانودیوریت، مونزوگرانیت، سینوگرانیت و تونالیت است. بر روی این باتولیت سازند تخریبی سنگستان (کرتاسه زیرین) با ناپیوستگی آذرین پی قرار گرفته است. سازند تفت شامل سنگ آهکهای اربیتولیندار با سن بارمین – آپتین به طور تقریبی بر روی سازند سنگستان نشسته است.

سنگ آهکها با چینخوردگی بسیار ملایم و در مواردی به صورت یک تک شیب دیده می شوند (سبزهئی و همکاران، ۱۳٦۵). این سنگها در پارهای از نقاط به سنگ آهک دولومیتی تا دولومیتی تبدیل شده اند. حرکات زمین ساختی بعد از کرتاسه سبب پیدایش گسل تفت – منشاد با روند شمالی – جنوبی در

Geological Map of Dehbala-Baghi Abad



شکل ۱– نقشه زمین شناسی و راههای دسترسی به محدوده مورد مطالعه بر پایه تصاویر ماهوارهای (برگرفته از مکی زاده، ۱۳۸۷).

محدوده مورد مطالعه شده است که نفوذیهای متعدد آذرین به شکل دایک، آپوفیز و تودههای نفوذی کوچک (باقیآباد – ده بالا) در سنگ آهکهای دولومیتی و دولومیتهای سازند تفت در اثر دگرگونی همبری متاسوماتیسم اسکارنها و مرمرهای گوناگونی پدید آمده است (شکل ۱).

بحث ماگماتیسم منطقه باقی آباد

ماگماتیسم منطقه بیشتر توسط رخنمون دایک، آپوفیز و زبانههای نفوذی کوچک متعدد مشخص است. و تنها در یک نقطه این ماگماتیسم به شکل گنبد نفوذی (گرانیت باقی آباد) دیده میشود. امتداد دایکها و این تودهها منطبق بر زون گسلی منطقه (شمالی – جنوبی) است. سنگهای نفوذی این منطقه بر اساس مشاهدات میکروسکوپی و زمین شیمیایی از بازیکترین تا اسیدیترین حضور دارند و شامل گابرو، مونزونیت، سینیت، دیوریت، گرانودیوریت و گرانیت است. این سنگها عمدتاً با بافت پرفیروئید تا دانهای ریز تا متوسط مشخص هستند. تیپ

سنگهای بازیک منطقه کمیات ر است (سبزهئی و همکاران، ۱۳٦٥) و بیشتر در مجاورت بخش های اسکارنی مشاهده می شوند. این سنگها دارای بافت دانهای متوسط تا درشت هستند. با توجه به ضخامت اندک این سنگها (تا ۱۰ سانتیمتر) ارتباط نزدیک آنها با اسکارنها و مرمرها به نظر میرسد نوعی اندو اسکارن با بخش هایی از توده نفوذی سیلیس زدایی شده (هضم سنگهای کربناتی) است. سنگهای اسیدی منطقه عمدتاً با کانیهای پلاژیوکلاز، ارتوز، هورنبلند و اندکی بیوتیت مشخص است. بافت چیره این سنگها دانهای دانه ریز تا متوسط است و گاه بافت پورفیروئید نیز در آنها دیده میشود. بافت پورفیری نیز به ویژه در دایکهای آندزیتی دیده میشود. با توجه به نتایج تجزیه زمین شیمیایی انجام شده بر سنگهای نفوذی منطقه (جدول ۱) و نتایج موجود (مکٰیزادہ، ۱۳۸۷) ترکیب شیمیایی این سنگھا در محدوده گرانیت، گرانودیوریت، دیوریت تا گابرو است (شکل ۲-الف). ماهیت شیمیایی ماگمای منطقه نیز کلسیمی - قلیایی است (شکل ۲–ب) و محیط زمین ساختی آنها در کمانهای فرورانش قرار مي گيرد (شكل ۲-ج).



شكل ۲- الف) تقسيمبندى سنگهاى آذرين با استفاده از نمودار (QAP (Streckeisen, 1974)، تركيب شيميايى نمونهها از گرانوديوريت تا گابرو تغيير مىكند. ب) نمودار مثلثى AFM , (Irvine and Baragar, 1971) نمونهها تركيب كلسيمى – قلپايى دارند. ج) جايگاه زمين ساختى نفوذىهاى منطقه در نمودار R1/R2 (De La Roche et al., 1980).

									I			<u> </u>
Sample	SiO ₂	TiO ₂	Al_2O_3	FeO	Fe_2O_3	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	P_2O_5	LOI	Total
M1												
INI I	٥٨/٨٠	•/٦٧	17/1.	٣/٧٤	۲/۳٥	٧/٦٢	٤/٤٧	r/7v	۲/۷۲	• /٣٤	٣/٤٨	٩٨/٣٨
M2												
	07/12	•/٩٢	10/V1	0/VE	1/1	٥/٩٨	7/70	r/1V	1/07	•/2V	7/79	99/17
M3				.								
	29/10	•/٩٥	17/71	۰ ۲ /۲	1/17	11/51	٦/٩١	11/17	• / ٨٢	•/٦٢	17/7	9/177
M4												
	72/19	•/07	٩/١٧	5/21	1/10	7/17	٤/٧٠	0/7 •	7/17	•/£V	۴/۳۹	9//79
M5												
	00/91	•/٨١	17/17	V/77	•/٧٢	٨/٥٤	٥/٨٣	٤/١٩	۱/۰۷	•/٤١	۲/۷۹	٩٨/٩٢

جدول ۱- ترکیب شیمیایی سنگهای نفوذی منطقه باقی آباد شامل دایکها و استوکها

سنگشناختی مرمرها رخداد صحرایی

سنگ میزبان مرمرها عمدتاً آهکهای دولومیتی هستند، تجزیه شیمیایی این سنگها (جدول ۲) نیز ترکیب آهکی – دولومیتی را برای سنگهای میزبان منطقه باقیآباد نشان میدهد.

در رخنمون صحرایی مرمرها دارای منطقهبندی واضحی در ارتباط با جایگاه اسکارن و توده نفوذی هستند (شکل ۳).

در مجاورت بلافصل توده نفوذی بخش اندواسکارن با کانی های غالب پلاژیوکلاز، ارتوکلاز، دیوپسید و اسفن های درشت دانه مشخص است. در این بخش دایک های سینیتی نیز شکل گرفته اند. در ادامه اسکارن های تودهای با همیافتی شاخص گارنت، کلینوپیروکسن به رنگ حنائی دیده می شوند. اسکارن ها گاه شامل کانی های متنوع وزوویانیت، ملیلیت، اسپینل، فلو گوپیت، کلیتونیت هستند (Taghipour et al., 2010).

زون مرمرها با رخداد تدریجی اولیوین و به دنبال آن سرپانتین آغاز می شود. مرمرهای بروسیت دار با رنگ سفید و ظاهر تودهای گسترده ترین واحد سنگ شناختی هستند. رخداد صحرایی این مرمرها در همیافتی سرپانتین های رنگارنگ مشخص است. سرپانتین ها درون مرمرها به شکل رگههای منقطع، بودین مانند و پرکننده سطوح استیلولیتی (شکل های ٤ الف، و ب) دیده می شوند. در این مرمرها بروسیت علاوه بر رخداد پراکنده و خال خال در زمینه سنگ به شکل رگچههای آبی کم رنگ تا سفید و با جلای شیشهای تا مرواریدی نیز دیده می شوند. بلورهای ورقهای بروسیت

بر سطوح شکستگی مرمرهای بروسیتدار دیده می شوند. رخداد هیدرومنیزیت بیشتر رگچهای با بافت شانهای است که تجمع رشتهای سفید رنگ با جلای شیشهای دارد. آخرین بخش از این منطقهبندی سنگ آهکهای دولومیتی با رنگ قهوهای روشن هستند.

سنگنگاری مرمرها

مطالعات تفضیلی میکروسکوپی همیافتی کانیهای زیر را در مرمرها نشان داده است.

Forsterite + serpentine + talc + brucite + hydromagnesite + dolomite + calcite

بلورهای نیمه گرد شده و پراکنده فورستریت با بافت پویی کیلوبلاستیک در زمینه کربناتها (کلسیت – دولومیت) حضور دارند (شکل ۵–الف). در برخی موارد فورستریتها کاملاً بی شکل تا تودهای دیده میشوند که در امتدادهای خاصی رشد کردهاند. دگرسانی فورستریت به طور بخشی تا کامل به سرپانتین به شکل دروغین و محفوظ ماندن شبه اولیوین (بافت شبحی) فراگیر است (شکل ۵–ب). بافت شبکهای در سرپانتینهای

سرپانتین علاوه بر جانشینی فرستریت بصورت مستقل نیز تشکیل شده است. این کانی به شکل کاملاً نامنظم (انتشاری) در زمینه مرمرها و یا بصورت رگچهای و پرکننده فضاهای سطوح استیلولیتی (شکل ۵-ج) نیز دیده می شود که نشاندهنده انتشار آبگونهای داغ در راستای رگچهها و فضاهای خالی است.

CaO	٣٤/٩٢	٣٤/•٦	۳٥/٧٢	٣٧/٥٦	۳٥/٦٦
MgO	25/22	۲۳/٦.	۲۳/۷۰	۲۱/۲٦	۲۳/۱۹
CO ₂	۲۸/٥٨	٣٠/٣٩	٣٠/١٤	٣./٤٩	۲۹/۸۹
H ₂ O	1./29	٩/١٠	٩/٨٠	٩/١٧	٩/٧.
Calcite	٦١/٧٠	02/28	०९/८९	07/27	71/12
Dolomite	٣/٦١	10/7	٨/١٠	٣/٤٥	٦/٨٥
Brucite	٣٤/٦٨	٣./٣٦	٣١/٩٩	m)/•V	31/12

جدول ۲- ترکیب شیمیایی مرمرهای بروسیت دار و تجزیه مودال آنها (اقتباس از سبزهئی و همکاران، ۱۳٦٥)



30 cm

شکل ۳- منطقهبندی از توده نفوذی، اسکارن و مرمرها در باقیآباد

پویی کیلوبلاستهای پراکنده تالک کمتر در زمینه مرمرها فراگیر هستند (شکل ۵-د) در موارد کمیاب، بلورهای خود شکل این کانی به شکل پرکننده فضاهای خالی در شکافهای برشی مرمرها دیده شده است. همیافتی فرستریت – سرپانتین با تالک کمتر عادی است. به طور قطع این گونه تالک به خرج فرستریت و سرپانتین شکل گرفته است (شکل ۲-الف). فرآیند کربناته شدن سبب شکل گیری تاخیری کربناتها در این همیافتی شده است. به گونهای که دگرسانی تدریجی سرپانتین به کربنات و یا تالک به کربنات به روشنی قابل مشاهده است. در مورد اخیر کلسیت – دولومیت به طور کامل شکل دروغین فنوبلاستهای درشت تالک را حفظ نمودهاند.

رخداد بروسیت در میکروسکوپ به شکل مجموعههای نیمه مدور و پراکنده در زمینه کربناتهای گرانوبلاستیک زمینه مرمر است که با بافت یرفیروبلاستیک (شکل ٦–ب) شاخص است. بروسیت

عادی ترین و مهم ترین رخداد کانی شناختی مرمرها است. این کانی در ppl بی رنگ و با برجستگی ضعیف، در xpl با رنگهای تداخلی خاکستری متمایل به غیر عادی (دوشکستی ضعیف)، رخهای ضعیف و خاموشی موجی دیده می شود. در همراهی با این کانی پریکلاز نیز گزارش شده است (داوودی، ۱۳۷۷) که این امر بیانگر دگرسانی پریکلاز در اثر آبگیری به بروسیت است.

هیدرومنیزیت بیشتر به شکل رگچهای و کمتر به صورت جانشینی در زمینه سنگ دیده می شود (شکل ۲-ج). رگچههای هیدرومنیزیت از بلورهای سوزنی این کانی بطور کامل تشکیل شدهاند. در همیافتی هیدرومنیزیت، بازمانده های تحلیل نرفته کربنات نیز هنوز دیده می شود. بطور کلی کربنات زایی تاخیری منجر به تشکیل کربنات به خرج بروسیت نیز شده است. این گونه کربنات های تاخیری با حفظ شکل بروسیت در زمینه کربنات واضح هستند (شکل ۲-د).



شکل٤- الف. پیدایش سرپانتین به شکل رگهای در مرمرهای بروسیت دار (نگاه به شمال)، ب) سرپانتین استیلولیت اولیه دولومیت را دنبال کرده است.

خاستگاه کانی های صنعتی منیزیم دار...



شکل ۵-.الف) مرمر فورستریتدار با بافت پویی کیلوبلاستیک (xpl). ب) سرپانتینهای جانشین شده اولیوین که خود به شکل پویی کیلوبلاست در زمینه کربنات هستند، سرپانتینی شدن اولیوین با آزاد شدن مقداری کم اکسید آهن نیز همراه بوده است xpl. ج) رخداد سرپانتین رگچهای در مرمر، به نظر میآید که سیالهای سطح استیلولیتی را برای کانیسازی انتخاب کردهاند (xpl). د) فنوبلاست تالک با حواشی نا متعادل در زمینه کربنات که نشان از شکل گیری آن به خرج روسال میالهای سطح استیلولیتی را برای کانیسازی انتخاب کردهاند (xpl). د) فنوبلاست تالک با حواشی نا متعادل در زمینه کربنات که نشان از شکل گیری آن به خرج

سانتی متر هستند. شکل گیری بروسیتهای رگهای حاصل تشکیل آنها از محلولهای گرمابی بوده است. بروسیتهای پراکنده به صورتهای شکلدار، نیمه شکل و بی شکل دیده می شوند. بر اساس شواهد سنگ نگاری، همراهی این نوع بروسیتها با پریکلاز دیده شده است که به نظر می رسد این نوع بروسیتها از آبگیری پریکلاز تشکیل شده اند (مکی زاده، ۱۳۸۷).

بررسی شیمیایی نمونههای مرمرهای بروسیتدار و همچنین آنالیز مدال برخی از آنها در جدول ۲ آمده است (سبزهئی و همکاران، ۱۳٦۵).

سازوکار شناخته شده برای تشکیل بروسیت به صورت زیر است (Øvereng, 2000):

در دگرگونی مجاورتی دولومیت با سنگ آهک منیزیمدار کانی پریکلاز (MgO) تشکیل میشود و آن گاه در حضور آب بلافاصله آبدار میشود.

 $CaMg(CO_3)_2 = CaCO_3 + MgO + CO_2$ پريكلاز دولوميت

بافت چیره مرمرها موزائیکی است. زمینه گرانوبلاستیک مرمرها شامل بلورهای درشت کلسیت – دولومیت است که با دوقلوییهای مرکب شاخص هستند. شکل هندسی این دوقلوها بر اساس زدهبندی (Passchier and Trouw, 1996) میتواند یک نشانگر دما نیز باشد (شکل ۷). تطبیق چند نمونه از این دوقلوها با نمودار بالا نشان میدهد، بیشینه دمای این کلسیتها در گستره دمای بیش از نشان میدهد که از کاسیتها در گستره دمای بیش از خاستگاه چند مرحلهای کانیسازی هستند؛ به این صورت که در بعضی موارد کلسیتهای نیمه گرد قطره مانند درون کلسیتهای درشت دیده میشود که ظاهراً بازماندههای قدیمی تر هستند. بافت کنسرتال نیز در کلسیتها عادی است. بافت درهم رشدی دانه ریز از هم رشدی دو گونه کلسیت نیز مشاهده میشود.

سنگ زایی بروسیت در مرمرهای منطقه باقیآباد به دو صورت رگهای و پراکنده دیده میشود. بروسیتهای رگهای دارای ضخامت ۱ تا ۳۰ بتول تقى پور

(شکل ۸). از طرفی بر پایه پاراژنز کانیایی بروسیت + کلسیت سنگهای دولومیتی رخساره پیروکسن هورنفلس را تحمل کرده است. این سنگها محدوده دمایی زیر [°]C ۷۰۰ را پس از تشکیل در اوج دگرگونی به سوی پایداری فورستریت و آن گاه بروسیت (مرهای دار منطقه باقی آباد با روش XRF تجزیه شیمیایی شدند (جدول ۳). نتایج حاصل از این آزمایشها با نتایج بدست آمده توسط سبزه ی و همکاران (۱۳٦٥) مشابهت دارد. $MgO + H_2O = Mg (OH)_2$

بروسيت پريكلاز

مطالعات (1994) Bucher and Fery در فشار زیر ۲ کیلوبار، پایداری بروسیت در مرمرها را ٤٥٠ تا ۲٥٠ درجه سانتی گراد نشان داده است. همچنین (1976) Winkler معتقد است که دولومیت در دمای بالای دگرگونی (بیش از ۲۰۰ درجه سانتی گراد) به مجموعه Bucher and بروسیت + کلسیت + $_{2}CO$ تجزیه می شود. مطالعات Bucher and (1982) مین محدوده دما را نشان داده است

% Element	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MgO	CaO	Na ₂ O	H ₂ O	CO ₂
Bru-1	1/••7	•/71	• /٣٣	22/25	۳۳/۳۲	-	9/71	77/71
Bru-2	•/0٦	•/•0	•/1V	۲۱/۳٦	rr/1v	•/• 1	٩/٨٦	20/27
Bru-3	•/\A	•/• ٤	•/70	۲./٤٨	32/21	•/•7	٩/١٧	۳۰/۳۱
Bru-4	١/٠٥	•/•0	٠/١٩	22/21	۳۲/۸٥	•/•)	1./72	29/12
Bru-5	• /AV	•/•٦	• /٣٤	١٩/٨٧	۳٥/٦٠	•/•٣	٩/١١	۳۰/۲٦
Bru-6	•/7٦	•/11	•/٣٢	١٨/٤٩	TO/AV	•/•٢	٩/٣٤	29/VE

جدول ۳- ترکیب شیمیایی مرمرهای بروسیت دار و سنگهای کربناتی مرتبط با آن







شکل ٦- الف) همیافتی تالک-سرپانتین-اولیوین و حضورکربنات به عنوان فاز تاخیری (xpl). ب) پرفیروبلاستهای نیمه مدور از بروسیت (xpl). ج) پیدایش هیدرومنیزیت به شکل انبوهههای رشته ای، بازمانده تحلیل نرفته بلور دولومیت با حاشیه گرد شده هنوز دیده می شود xpl د) کربناته شدن تاخیری انبوهههای نیمه گرد بروسیت به طور کامل (xpl).



شکل۷- دوقلوهای دگرشکلی کلسیت در دماهای متفاوت (Passchier and Trouw, 1996).

شیمیایی زیر مشخص است.

بنابراین واکنشهای زیر پیشنهاد میشود:

در منطقه مورد مطالعه نمونه رگچهای خالص و متبلور آن با ترکیب

با دیدگاه مطالعات بافتی کانیها، بلورهای هیدرومنیزیت به حرج کانیهای دولومیت، سرپانتین و بروسیت شکل گرفتهاند،

4CaMg(CO₃)₂+4H₂O=Mg₄(OH)₂(CO₃)₃.3H₂O+4CaO+5CO₂

هيدرومنيزيت

 $CaMg (CO_3)_2 + Mg_3Si_2O_5(OH)_4 + CO_2 + 2H_2O + 5/2O_2 =$

هيدرومنيزيت

 $4 \text{ Mg (OH)}_{2} + 3\text{CO}_{2} = \text{Mg}_{4} (\text{OH})_{2} (\text{CO}_{3})_{3} \cdot 3\text{H}_{2}\text{O}$

 $Mg_4(OH)_2(CO_3)_3.3H_2O + CaO+2SiO_2$

MgO = 41.35

 $CO_{2} = 37.02$

 $H_2O^+ = 19.25$ Others = 2.45

دولوميت

بروسيت

هیدرومنیزیت یک کانی کمیاب است که با دیگر کانیهای دما پایین (کلسیت، دولومیت، بروسیت، منیزیت، آرتینیت و آراگونیت) به شکل پوستهای و رگچههای کوچک در سرپانتینیت یافت میشود (Palache et al., 1951). پریکلاز در محیط دریاچهای توسط تهنشینی مستقیم از آبهای شور تشکیل میشود که در همیافتی با آراگونیت، کلسیت، دولومیت و غیره است Vonder) همیافتی با آراگونیت، کلسیت، دولومیت و غیره است Vonder) محمیافتی با آراگونیت، کلسیت، دولومیت و نور است Vonder) میدرومنیزیت به تازگی در ساحل دریاچه سالدای ترکیه نیز گزارش شده است (Coban et al., 1965). به عبارتی در سامانه MgO-H₂O-CO₂ و در 25 °C فشار فراگیر ۱ اتمسفر برای پایداری این کانی لازم است (Langmuir, 1965).

تعداد ۷ نمونه از رگچههای هیدرومنیزیت خالص منطقه باقی آباد پس از انجام مراحل جداسازی توسط روش XRF تجزیه شدند که نتایج آن در جدول ٤ نشان داده شده است. همانگونه در جدول دیده می شود اکسید منیزیم و عامل OH از تشکیل دهندههای اصلی این کانی هستند. هیدروکربنات هیدرومنیزیت دارای فرمول شیمیایی آرمانی (Mg₄(OH)₂(CO)₃,3H₂O])است که

جدول ٤- تجزیه زمین شیمیائی ۹ نمونه کانی هیدرومنیزیت

%Sample	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	LOI
Hy-1	• / 2 •	•/••£	•/•£	•/•٣	٤١/٦	•/•٣	•/٢•	•/•1	•/• 1V	٥٧/٣
Hy-2	•/27	•/••٣	•/•0	•/•£	٤٢/٥	•/•0	•/17	•/•7	•/•1٨	٥٧/١
Hy-3	•/٢•	•/••٦	•/•٣	•/•٣	٤٢/٣	• / • ٤	•/12	•/•1	•/•1٦	٥٦/٧٨
Hy-4	•/71	•/••£	•/•٦	•/•٢	٤١/٨	•/•۲	•/\A	•/•1	•/•1٣	٥٧/٣٠
Hy-5	•/7٣	•/••0	•/•۲	•/•0	٤٢/٣	•/•٣	•/17	•/•7	•/•17	٥٧/٢
Hy-6	• /٣•	•/••1	•/•٣	•/•٣	٤٢/٠	•/•1	•/10	•/•1	•/•11	٥٧/٤
Hy-7	•/20	•/••٣	n.d	•/•٤	٤١/٢	•/•0	•/12	•/•٣	•/• ١ •	٥٧/٦
Hy-8	• /٣٧	*/**2	•/•7	•/•0	٤٢/٥	•/•£	•/17	•/•1	•/•17	07/92
Hy-9	•/YV	•/••1	•/•1	•/•£	٤٣/٠١	•/•1	•/10	•/•۲	•/•12	07/3.

بتول تقى پور



شکل۸- روابط فازی TX و مجموعه کانی های موجود در مرمرهای دولومیتی دارای کانی های سیلیکاتی (Bucher and Nurminen, 1982).

همانگونه که در واکنشهای فوق دیده میشود. رخداد یک مرحلهای کربناتی شدن پسین CO₂ به خرج فرآوردههای واکنشهای پیشین برای شکل گیری این کانی لازم است.

نتايج

۱- بر پایه دادههای روابط پاراژنتیکی کانیها، مرمرهای باقی آباد
از منشأ چندزادی معرفی می شوند. بر اساس دادههای سنگانگاری
کانیسازی در ٤ مرحله کربناتی شدن، آبگیری، کربناته شدن
مجدد و آبگیری نهایی انجام شده است که نتایج در جدول ٥
دیده می شود.

۲- نحوه شکل گیری پاراژنزهای آبدار مرمرها یعنی بروسیت، سرپانتین، هیدرومنیزیت و تالک، در رخنمون صحرایی نوعی پرشدگی ساده شکستگیها، درزهها، شکافها و سطوح استیلولیتی مرمرها را تداعی میکند. یعنی سیالها تنها مناطق نفوذپدیر را دنبال کردهاند، بنابراین میتوان اینگونه مرمرها را مرمرهای

تراوشی نامید. از طرفی مجاورت بسیار واضح این کانی ها با سنگ دیواره (بدون واکنش تدریجی) می توان این گونه خاستگاه کانی ها را از دیدگاه ریختشناسی و نحوه جای گیری را پرشدگی کارستی نامید. لذا نهشت کانی ها از سیال هنگامی بوقوع پیوسته است که سنگ میزبان در تعادل فیزیکوشیمیایی آنها بوده است.

PH, Eh, نیبرات دورهای در ویژگیهای فیزیکو-شیمیایی ,PH, Eh می تغییرات دورهای در ویژگیهای فیزیکو-شیمیایی ,PH, Eh می تواند ناشی از تغذیه دورهای منابع سیالها باشد، برای مثال شکل گیری سلولهای همرفت از آبهای جوی در و طلای ایی ترمال مورد بحث هستند. این جریانهای همرفت از آبهای مس پورفیری از آبهای سرشار از اکسیژن چون متأثر از شرایط جوی هستند بازی سازی در باقی آبها می تواند سبب ایجاد دورههای مستمر کانی سازی در باقی آبگیری، کربناتی شدن و آبگیری دوباره مسده باشد. این فیزیک دوباره مستمر باشد، این نکته لازم به ذکر است که سنگهای کربناتی پر خاندی بسته باشد، این فیزی دوباره تده باشد. این نکته لازم به ذکر است که سنگهای کربناتی پر شده باشد. این فرآیند است.



شکل ۹– منحنی تعادل واکنش ها در سامانه MgO-SiO₂-H₂O که روابط فازی در فشار سیال یک کیلوبار به عنوان تابعی از دما و غلظت سیلیس آبگین (Hemley et al., 1977).

کانی	Prograde metamorphism	Retrograde metamorphism						
	Decarbonation	First stage hydration	Carbonation	Second stage hydration				
پريکلاز	****							
فورستريت	*****							
سرپانتين		*****						
تالک		*****						
بروسيت		*****						
دولوميت			****					
كلسيت			*****					
هيدرومنيزيت				****				

جدول ۵- روابط متقابل کانیها بر پایه مشاهدات میکروسکوپی مرمرهای باقی آباد

٤- از آنجا که مرمرهای باقیآباد و ماگماتیسم زاینده آنها درست در زون گسلی تفت – منشاد واقع شده است. می توان جنبشهای گسلی در طول حیات این زمان را مسبب حرکات ضربانی بر سامانه گرمابی دانست یعنی این حرکات دورهای می توانند تغییرات فشار بر سامانه گرمابی را به دنبال داشته باشند و تغییرات فشار خود یک عامل کینتیکی بر واکنشها و جریان سبالها است.

٥- برای تامین آب مورد نیاز در واکنش های آبپوشی مرحله دوم میتوان در نظر گرفت که در طی فرآیندهای کربناتزایی آب آزاد شده، چون سامانه بازخود واکنش های مرحله دوم را سبب شود.

۲- بعد از کربناتی شدن و جانشینی مجدد کلسیت - دولومیت بر کانی های سرپانتین - تالک بروسیت، هجوم دوباره آبهای اطراف (XH₂O)، هیدرومنیزیت در دمای پایین تر شکل گرفته است که این مرحله یعنی پایین آمدن 2CO₂ و بالا رفتن XH₂O پایان کانی سازی در مرمرها بوده است.

تشكر و قدردانی

از حمایتهای مالی دانشگاه شیراز برای فراهم آوردن امکانات مورد نیاز برای انجام این پژوهش تشکر و قدردانی میشود. همچنین از آقای دکتر محمدعلی مکیزاده (دانشگاه اصفهان) برای راهنمایی علمی و ارائه برخی نتایج آزمایش تشکر میشود.

منابع

- داوودی، ف.، ۱۳۷۷. پژوهش های سنگ شناختی اسکارن های منطقه شیرکوه، استان یزد (ده بالا، باقی آباد) پایاننامه کارشناسی ارشد، دانشگاه اصفهان، ۲۹٦.

– سبزهئی، م.، روشن روان، ج.، ناظمزاده شعاعی، م و علائی مهابادی، س، ۱۳٦۵. گزارش اکتشافات فلدسپات و کائولن در منطقه یزد، مدیریت زمینشناسی منطقه جنوب خاوری مرکز کرمان، ٦٢.

- مکیزاده، محمدعلی، ۱۳۸۷. بررسی کانیشناسی و پترولوژیکی اسکارنهای ایران مرکزی (استان یزد)، رساله دکتری، دانشگاه شهید بهشتی، ۱۸۸. - نبوی، م. ح.، ۱۹۷۲. نقشه چهارگوش یزد، مقیاس ۱۰۲۵۰/۰۰۰ سازمان زمینشناسی کشور.

- Bucher, K. and Fery, M., 1994. Petrogenesis of Metamorphic Rocks, New York, Springer-Verlag, 220.

- Bucher, K. and Nurminen, K., 1982. On the mechanism of contact aureole formation in dolomitic country rock in the Adamello intrusion (north Italy); American Mineralogist, 67, 110-117.

- Coban, F. Derya, M. and Sedat K, 1995. Recent hydromagnesite occurrences, the Salda Lake, Rotterdam, 561-564.

- De La Roche, H., Leterrier, J., Grandclaude, P. and Marchal, M., 1980. A classification of volcanic and plutonic rocks using R1- R2-diagram and major element analyses--Its relationships with current nomenclature: Chemical Geology, 29, 183-210.

- Foster, R. D., 1996, Gold Metallogeny and Exploration, Chapman and Hall, 432.

بتول تقى پور

- Forster, H., 1978, Mesozoic-Cenozoic metallogenesis in Iran, Journal of the Geological society of London, V. 135, 443-445.

- Irvine, T. N. and Baragar, W. R. A., 1971. A guide to the chemical classification of the common volcanic rocks, Canadian Journal of Earth Sciences, 8, 523-548.

- Langmuir, D. 1965, Stability of carbonates in the system MgO-CO₂-H₂O, Journal of Geology, 73, 730-754.

- Hemley, J.J., Montoya, J.W., Shaw D.R. and Luce, R.W., 1977. Mineral equilibria in the MgO-SiO₂-H₂O system, II.

- Øvereng, O., 2000. Granasen, a dolomite-brucite deposit with potential for industrial development, NGU-Bulletin, 436, 75-84.

- Palache, C., Berman, H. and F. Cliffora, 1951. The system of Mineralogy. London, John Wiley and Sons.

- Passchier, C. W. and Trouw, R. A. J., 1996. Microtec-

tonis. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, 289.

- Simandl, G. J. and Paradis, S., 2008. Brucite — uses, exploration guidelines and selected grass-root exploration targets, Industrial Mineral, CIM Bulletin, 101, 1106.

- Streckeisen, 1974. Classification and nomenclature of plutonic rocks Ged rdsch, 63, 773-786.

- Taghipour, B., Mackizadeh, M. A. and Moore, F., 2010. Clintonite-spinel paragenetic relationships in Central Iran skarns as evidences of clintonite formation, Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie, in press.

- Vonder Borch, C. 1965. The distribution and preliminary geochemistry of modem carbonate sediments of the Coorong area, South Australia, Geochimica et Cosmochimica Acta, 29, 781-799.

- Winkler, H.G.F, 1976. Petrogenesis of Metamorphic Rocks, Springer-Verlag, New York, 348.