

## بررسی تغییرات جرمی در پهنه های ولکانیک - ولکانی کلاست دگرسان

### منطقه ی قمصر

کبیری، سمانه<sup>1\*</sup>، خلیلی، محمود<sup>2</sup>

<sup>1</sup> دانشجوی مقطع کارشناسی ارشد گرایش پترولوژی،

<sup>2</sup> گروه زمین شناسی دانشگاه اصفهان

### چکیده

به منظور بررسی رفتار عناصر در پهنه های دگرسان منطقه ی قمصر از محاسبه ی تغییرات جرمی در طی دگرسانی استفاده شده است. غنی شدگی از Si به دلیل حضور سیلیس هیدروترمال، غنی شدگی از Ti به دلیل حضور اکسیدهای آهن - تیتان، غنی شدگی از Al به دلیل حضور آلومینوسیلیکاتهای همچون اپیدوت و کلریت، غنی شدگی از Fe به دلیل حضور کلریت، اپیدوت و اکسیدهای آهن - تیتان، غنی شدگی از Mn به دلیل حضور احتمالی مؤلفه ی پیدمونیتی در اپیدوتها و جذب این عنصر توسط گوئتیت و کانی های رسی، غنی شدگی از Mg به دلیل حضور کلریت، اسمکتیت و سیمان کربناته ی غنی از منیزیم، غنی شدگی از Ca به دلیل حضور اپیدوت هیدروترمال، کلسیت، اسمکتیت و کانی های رسی، غنی شدگی از Na به دلیل آلبیتی شدن پلاژیوکلازها و حضور اسمکتیت های غنی از سدیم، غنی شدگی از K به دلیل رخداد متاسوماتیسم پتاسیک، غنی شدگی از HFSE و TRTE به دلیل حضور کانی های اپاک و غنی شدگی از LREE به دلیل حضور کانیهای ثانویه ی میزبان این عناصر مانند اپیدوت، کلریت، گوئتیت و پلاژیوکلازها در پهنه های دگرسانی حاصل شده است. غنی شدگی پهنه ی زئولیتی از HREE

با توجه به تمایل این عناصر در تشکیل کمپلکس با سیالات اسیدی، حاکی از تأثیر محدود سیالات اسیدی در پهنه‌ی مذکور می‌باشد، با توجه به این که زئولیت‌ها نیز در pH معادل 9-10 ایجاد می‌شوند.

## مقدمه

بررسی تغییرات جرمی حاصل از دگرسانی با از دست دادن و یا کسب عناصر از جمله اهدافی می‌باشد که در ضمن مطالعه‌ی پهنه‌های دگرسانی دنبال می‌شود. در این مقاله به منظور بررسی نحوه‌ی رفتار عناصر و غنی‌شدگی - تهی‌شدگی آنها از فرمول ارائه شده توسط مک‌لین (1990) استفاده شده است که در زیر به آن اشاره شده است.

$$R-C = \% \text{Component, altered rock} \times \\ \text{Material Change} = R-C - \text{precursor composition}$$

منظور از 1-M در معادله‌ی فوق عنصر غیرمتحرک می‌باشد. با محاسبه‌ی ضریب همبستگی بین سایر عناصر در میان پهنه‌های دگرسانی مورد مطالعه، عنصر Dy دارای بیشترین تعداد و بالاترین میزان همبستگی مثبت در میان سایر عناصر بوده که بنابراین به عنوان عنصر غیرمتحرک در طی دگرسانی در نظر گرفته شده است. همچنین منظور از precursor نمونه‌ی سالم و منظور از 1-M(precursor) میزان عنصر غیرمتحرک در نمونه‌ی سالم می‌باشد.

## بحث

از ترسیم نمودارهای غنی‌شدگی - تهی‌شدگی عناصر در پهنه‌های دگرسان منطقه‌ی قمصر نتایج زیر بدست آمده است:

- غنی شدگی از  $\text{SiO}_2$  در پهنه ی اپیدوتی - سیلیسی به دلیل حضور سیلیس پرکننده ی حفرات در همراهی با بلورهای اپیدوت حاصل شده است. شستشوی نمونه های متعلق به پهنه ی مذکور بوسیله ی سیالات اسیدی، باعث شده است که سنگ اولیه به صورت یک سنگ دگرسان متشکل از سیلیس باقیمانده همراه با بقایایی از فازهای اولیه دگرسانی (بلورهای اپیدوت) نمایان گردد.

- غنی شدگی از  $\text{TiO}_2$  که در بیشتر پهنه ها مشاهده می شود، به دلیل تشکیل اکسیدهای آهن - تیتان ثانویه می باشد. کانی اپاک پهنه ی کلریتی - اپیدوتی به دلیل داشتن ده درصد وزنی  $\text{TiO}_2$ ، به عنوان تیتانومگنتیت در نظر گرفته شده اند و این امر می تواند غنی شدگی بیشتر از اکسید تیتان را در این پهنه نسبت به سایر پهنه ها توجیه نماید. میزان بالای  $\text{TiO}_2$  در تیتانومگنتیت های پهنه ی کلریتی - اپیدوتی می تواند به اکسولوشن هایی از ایلمنیت، روتیل و یا اولواسپینل در آنها اشاره کند (مونتیرو و همکاران، 2008). در دیگر پهنه های دگرسانی با توجه به میزان تیتانیوم کمتر، نوع کانی های اپاک از نوع مگنتیت تشخیص داده شده است. میزان پائین تیتانیوم در کانی های اپاک آنالیز شده حاکی از تشکیل این کانی ها در واکنش های ساب سولیدوس بوده و بر منشأ ثانویه ی آنها تأکید می کند (کیت و همکاران، 1989).

- غنی شدگی از  $\text{Al}_2\text{O}_3$  در پهنه ی اپیدوتی - سیلیسی به دلیل حضور فراوان آلومینوسیلیکاتهایی همچون اپیدوت و در پهنه ی کلریتی - اپیدوتی علاوه بر اپیدوت و کلریت، معلول حضور فراوان اکسیدهای آهن - تیتان می باشد. در ساختار کانی های مگنتیت به عنوان یک اسپینل آهن و تیتان دار، بخشی از آهن می تواند توسط دیگر عناصر دو و سه ظرفیتی مانند  $\text{Mg}$ ،  $\text{Al}$  و  $\text{Mn}$  جانشین بشود. این مسئله می تواند غنی شدگی از منیزیوم، آلومینیوم و منگنز را در پهنه ی کلریتی - اپیدوتی توجیه نماید. تهی شدگی از اکسید آلومینیوم در پهنه ی هماتی با توجه به رخداد فرآیند پالاگونیتزاسیون

در این پهنه، با تحقیقات استادیگل و هارت (1983) مبنی بر تهی شدگی از این عنصر در طی فرآیند پالائونیتیزاسیون مطابقت می کند.

- غنی شدگی از  $FeO_T$  در پهنه ی کلریتی - اپیدوتی به دلیل حضور ماتریکس کلریتی و کلریت حاصل از دگرسانی بلورهای فرومنیزین، بلورهای کلینوپیروکسن مصون مانده از دگرسانی و تیتانومگنتیت ها و در پهنه ی اپیدوتی - سیلیسی به دلیل حضور فراوان کانی های اپیدوت پرکننده ی حفرات حاصل شده است.

- غنی شدگی از  $MnO$  در پهنه ی اپیدوتی می تواند معلول هواز دگی در این سنگها و تشکیل دندریت های پیرولوسیت در این پهنه و از جهتی حضور احتمالی منگنز به صورت مؤلفه ی پیدمونیتی در بلورهای اپیدوت باشد. همچنین غنی شدگی از اکسید فوق در پهنه ی کلریتی - اپیدوتی به دلیل جذب این عنصر توسط کانی های اپاک و در پهنه ی هماتیتهی به دلیل حضور در ساختار گوئیت و استقرار در موقعیت های بین لایه ای در کانی های رسی حاصل شده است (موچانگاز، 2006).

- غنی شدگی از  $MgO$  در پهنه ی کلریتی - اپیدوتی به دلیل حضور فراوان بلورهای کلریت و در پهنه ی هماتیتهی به دلیل حضور کلریت در زمینه، کانی های گروه اسمکتیت و سیمان کربناته ی غنی از منیزیوم در حد فاصل قطعات لیتیک توف سازنده ی این پهنه می باشد.

- غنی شدگی از  $CaO$ ، در پهنه ی اپیدوتی، اپیدوتی - سیلیسی و کلریتی - اپیدوتی معلول حضور اپیدوت هیدروترمال و کلسیت و در پهنه ی هماتیتهی علاوه بر حضور سیمان کربناته، به دلیل حضور کانی های گروه اسمکتیت و از جهتی حضور کلسیم در موقعیت های بین لایه ای در کانی های رسی حاصل شده است (واگت و کاستنر، 1978).

- غنی شدگی از  $Na_2O$  در پهنه ی کلریتی - اپیدوتی معلول دگرسانی بلورهای پلاژیوکلاز به آلپیت هیدروترمال و در پهنه ی هماتیتهی علاوه بر آلپیتی شدن بلورهای

پلاژیو کلاز به دلیل حضور اسمکتیت های غنی از سدیم تشخیص داده شده توسط آنالیز XRD مانند هکتوریت و بیدلیت حاصل شده است.

- غنی شدگی از  $K_2O$  در پهنه ی کلریتی - اپیدوتی به دلیل رخداد سریستیزاسیون محدود و رخداد متاسوماتیسم پتاسیک و تشکیل حاشیه ی فلدسپار پتاسیم پیرامون بلورهای پلاژیو کلاز (بافت آنتی راپاکیوی) و در پهنه ی ژئولیتی حاصل تشکیل رگه های فلدسپار پتاسیم قطع کننده ی بلورهای پلاژیو کلاز می باشد. همچنین غنی شدگی از پتاسیم در پهنه ی هماتی می تواند در نتیجه ی جذب پتاسیم از محیط دریایی توسط پالاگونیت ها و ابقای پتاسیم در ساختار کانی های رسی حاصل شده باشد.

- غنی شدگی از HFSE که در غالب پهنه ها مشاهده می شود، اساساً به دلیل استقرار این عناصر در ساختار کانی های اپاک حاصل شده است.

- غنی شدگی از LILE غالباً در پهنه هایی مشاهده می گردد که در آنها آثاری از رخداد متاسوماتیسم پتاسیک مشاهده شده است. این امر حاکی از احتمال جانشینی عناصر این گروه به جای پتاسیم می باشد. از جهتی تهی شدگی غالبی که در بیشتر پهنه ها از LILE رخ داده است، می تواند حاصل تحرک زیاد عناصر این گروه در طی دگرسانی باشد.

- غنی شدگی از TRTE در پهنه ی کلریتی - اپیدوتی به دلیل استقرار این عناصر در ساختار اکسیدهای آهن - تیتان حاصل شده است. تشکیل فراوان اپیدوت در پهنه ی اپیدوتی - سیلیسی اساساً توسط سیالات با درجه ی شوری پائین صورت گرفته است که این سیالات دارای غلظت بالایی از نیکل، کبالت، آلومینیوم، آهن و کروم می باشند (ویلر و همکاران، 2001). این امر می تواند با توجه به حضور فراوان اپیدوت در پهنه ی اپیدوتی - سیلیسی، غنی شدگی این پهنه از TRTE را توجیه نماید.

- غنی شدگی از LREE در پهنه ی اپیدوتی به دلیل حضور بلورهای میزبان این عناصر همچون اپیدوت، کلریت و بلورهای پلاژیو کلاز و در پهنه ی کلریتی - اپیدوتی

علاوه بر کانی های مذکور حاصل جانشینی به جای پتاسیم در سریستیزاسیون محدود در این پهنه (تراکادو و فوجیتانی، 1998) و در پهنه ی زئولیتی حاصل حضور اپیدوت، کلریت و هیدروکسیدهای آهن می باشد. همچنین در پهنه ی هماتیته جذب LREE توسط گوئیت و کانی های رسی منجر به غنی شدگی از عناصر مذکور شده است.

- HREE تمایل شدیدی به تشکیل کمپلکس با سیالات اسیدی دارند و همین امر منجر به فروشت آنها در غالب پهنه های دگرسانی شده است. تشکیل زئولیت در pH معادل 9-10 حاکی از تأثیر کم این سیالات در پهنه ی زئولیتی بوده که می تواند غنی شدگی از عناصر فوق را در پهنه ی مذکور توجیه نماید.

### نتیجه گیری

غنی شدگی - تهی شدگی عناصر در پهنه های دگرسان منطقه ی قمصر با استفاده از روش ارائه شده توسط مکین (1990) مورد بررسی قرار گرفت. به طور کلی رفتار عناصر در پهنه های دگرسانی از طریق حضور کانی های ثانویه میزبان این عناصر و فازهای اولیه ی ماگمایی کنترل شده است. به طور خلاصه، غنی شدگی از سیلیسیوم به سیلیسیفیکاسیون، غنی شدگی از آلومینیوم به رخداد کانی های اپیدوت و کلریت، غنی شدگی از آهن به حضور اکسیدهای آهن - تیتان، غنی شدگی از منیزیوم به حضور کلریت، سیمان کربناته ی غنی از منیزیوم و اسمکتیت، غنی شدگی از کلسیم به تشکیل اپیدوت، اسمکتیت و کلسیت هیدروترمال، غنی شدگی از سدیم به متاسوماتیسم سدیک و تشکیل اسمکتیت های غنی از سدیم و غنی شدگی از پتاسیم به رخداد متاسوماتیسم پتاسیک نسبت داده شده است. تهی شدگی از HREE که در اکثر پهنه ها به غیر از پهنه ی زئولیتی مشاهده شده است، به دلیل تأثیر سیالات اسیدی و تمایل این عناصر به تشکیل کمپلکس و فروشت از پهنه های دگرسانی حاصل شده است.

### منابع

- Keith, J. D., Van Middelaar, W., Clark, AH., Hodgson, C. J., 1989, Granitoid textures, compositions and volatiles

fugacities associated with the formation of tungsten-dominated skarn deposits, In: Whitney, J. A., Naldrett, A. J., (Eds.), Ore deposition associated with magmas, *Rev. Econ. Geol.* 4, 235-250.

- MacLean, W. H., 1990, Mass changes calculations in altered rock series, *Miner. Depos.*, 44-49.

- Monteiro, L. V. S., Xavier, R. P., Hitzman, M. W., Juliani, C., De Souza Filho, C. R., Carralho, E. R., 2008, Mineral chemistry of ore and hydrothermal alteration at the sossego iron oxide-copper-gold deposits, Carajas mineral province, Brazil, *Ore Geol. Rev.* 34, 317-336.

- Muchangos, A. C., 2006, The mobility of rare earth and other elements in process of alteration of rhyolitic rocks to bentonite (Lebombo Volcanic Mountains Chain, Mozambique), *Geochemical Exploration*, 88, 300-303.

- Staudigel, H., Hart, S. R., 1983, Alteration of basaltic glass. Mechanisms and significance for the oceanic crust-seawater budget, *Geochim. Cosmochim. Acta.* 47, 337-350.

- Terakado, Y., Fujitani, T., 1998, Behavior of the rare earth elements and other trace elements during interactions between acidic hydrothermal solutions and silicic volcanic rocks, Southwestern Japan, *Geochim. Cosmochim. Acta* 62(11), 1903-1917.

- Vogt, K., Kostner, H. M., 1978, Zur Mineralogie, Kristallchemie and Geochemie einiger Montmorillonite and Bentonite, *Clay Minerals*, 13, 25-43.

- Wheeler, R. S., Browne, P. R. L., Rodgers, K. A., 2001, Iron-rich and iron-poor prehnites from the way Linggo epithermal Au-Ag deposits, Southwest Sumatra and the Heber geothermal field, California, *Mineral. Mag.* 65(3), 397-406.

