



ژئوشیمی و کانی‌شناسی افق‌های هورنبلندیتی در نهشته‌های آهن گلالی و باباعلی و مقایسه‌ی آن‌ها

فرهاد آلیانی^{۱*}، رضا یونسی^۲، آرنوموکه^۳، میرمحمد میری^۱

۱- گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه بوعلی سینا

۲- دانشکده معدن، دانشگاه شهید باهنر کرمان

۳- بخش پترولوژی کانی‌شناسی، دانشگاه گوتینگن آلمان

(دریافت مقاله: ۸۹/۱/۱۵، نسخه نهایی: ۸۹/۷/۲۹)

چکیده: نهشته‌های آهن گلالی و باباعلی دو کانسار نسبتاً مهم در غرب ایرانند که در زون سنندج-سیرجان قرار دارند. این نهشته‌ها همراه با سنگ‌های الترامافیک، آهکی-قلیایی، کربناتی و دیگر سنگ‌ها هستند. بررسی‌ها و مشاهدات میکروسکوپی روی نیمرخ گمانه‌ها نشان می‌دهد که یکی از سنگ‌های الترامافیک کمیاب (هورنبلندیت) در تمام نیمرخ‌ها به موازات افق‌های مگنتیتی حضور دارد. بررسی‌های سنگ‌شناسی و کانی‌شناسی با تکیه بر بررسی‌های میکروسکوپی نشان می‌دهد که، دو نوع هورنبلندیت، با بافت جریان و بدون بافت جریانی قابل تشخیص‌اند. هورنبلندیت‌های بدون بافت جریانی تنها یک نسل آمفیبول دارند و کانی تشکیل دهند-هی آن‌ها از نوع اکتینولیت است، که در آن بقایای دیوپسید وجود دارد. از این‌رو احتمال دارد که این هورنبلندیت از یک پیروکسنیت تشکیل شده باشد، که در آخرین مرحله یک آبگون ابر بحرانی بر آن اثر گذاشته است. در هورنبلندیت‌های با بافت جریانی دو نسل آمفیبول مشاهده می‌شوند که نسل اول سازنده ی بافت جریانی است. با توجه به داده‌های ریزپرداخته، کانی تشکیل دهنده، اکتینولیت یا هورنبلند اکتینولیتی و هورنبلند چرماکیتی است. آمفیبول نسل دوم که ناشی از باز تبلور نسل اول است و بر اساس داده‌های ریز پرداخته‌ی آمفیبول از نوع مگنزیوهورنبلند است. با نتایج آنالیزهای XRF، هورنبلندیت‌ها از سری آهکی-قلیایی تا تولیتی کم‌پتاسیم هستند.

واژه‌های کلیدی: هورنبلندیت، گلالی، باباعلی، آهکی-قلیایی، فرورانش.

مقدمه

در مرز بین همدان، کرمانشاه و کردستان قرار دارد. نهشته‌های آهن در مناطق باباعلی و گلالی در موقعیت جغرافیایی $34^{\circ}50'$ تا $35^{\circ}00'$ عرض شمالی و $47^{\circ}50'$ تا $48^{\circ}15'$ طول شرقی و به ترتیب با فاصله‌ی تقریبی ۳۰ و ۶۰ کیلومتر در شمال غربی همدان قرار گرفته‌اند. کانسار باباعلی در نزدیکی کوه آلموقولا، و گلالی در نزدیکی کوه‌بکر و حسین‌کوه قرار گرفته‌اند (شکل ۱). رسوب‌های آبرفتی، واریزه و رسوب‌های

در طول زون سنندج-سیرجان (از همدان تا گل‌گهر) با فاصله‌ی در حدود ۱۲۰۰ کیلومتر هم نهشته‌هایی از آهن وجود دارند. این نهشته‌ها به‌طور چشمگیری از نظر کانی‌شناسی و بافتی با هم شباهت دارند و در ارتباط با سنگ‌های الترامافیک، آهکی-قلیایی و کربناتیت هستند [۱]. منطقه‌ی مورد بررسی در بخش شمالی زون سنندج-سیرجان در ناحیه‌ی شمال غربی همدان و

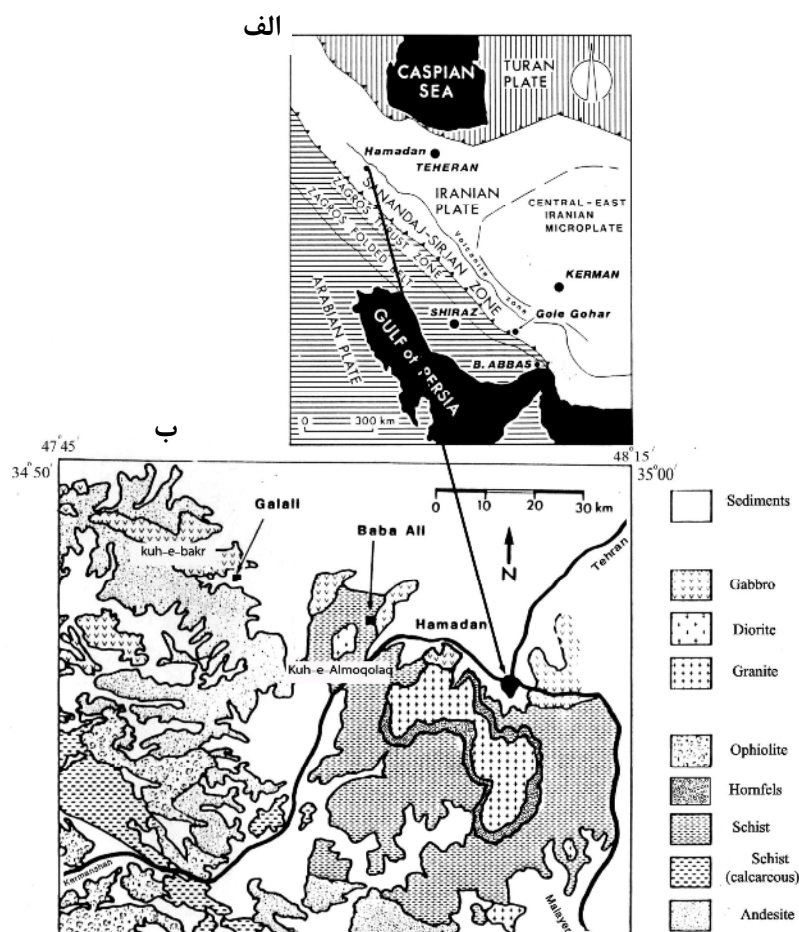
* نویسنده‌ی مسئول: تلفن: ۸۲۳۴۳۴۳ (۰۸۱۱)، نمابر: ۸۲۵۳۴۶۷ (۰۸۱۱)، پست الکترونیکی: alianifarhad@gmail.com

رودخانه‌ای سنگ‌های غالب این منطقه‌اند که روی سنگ‌های ژوراسیک قرار گرفته‌اند.

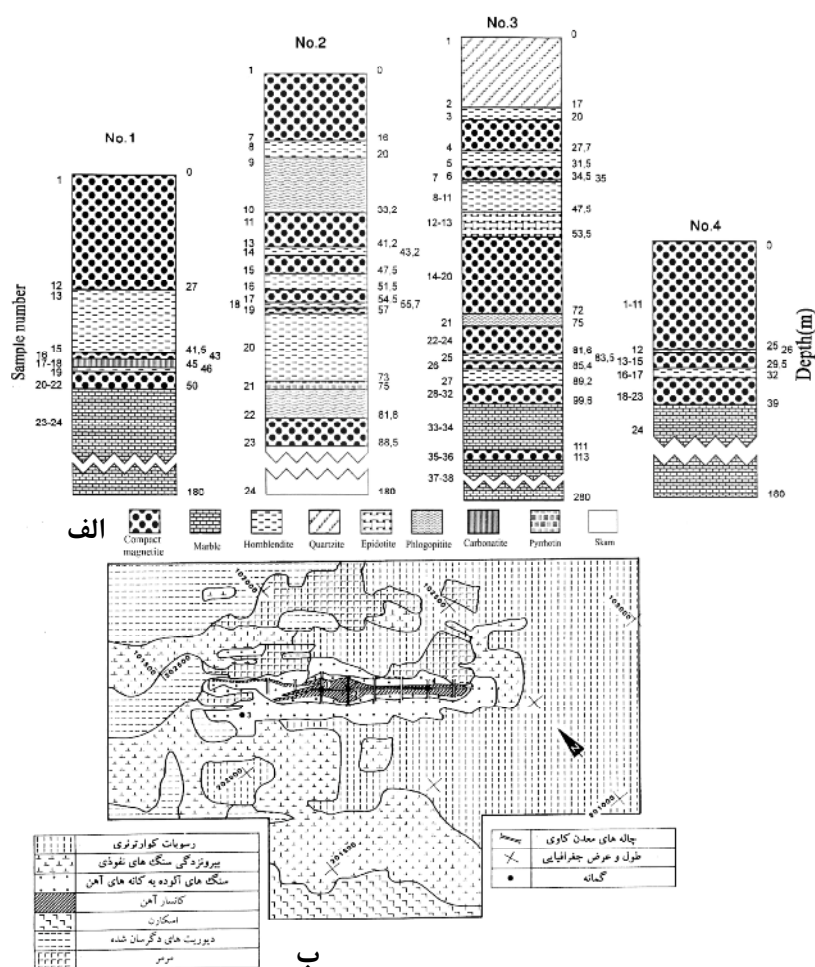
نظر به اینکه زون سندج-سیرجان نوعی کافت درون قاره-ای است و تکاپوی ماگمازایی و پدیده‌ی دگرگونی عواملی موثر در ایجاد نهشته‌های معدنی هستند، از این رو توان معدنی درخور توجهی در آن مشاهده می‌شود [۲]. طی تشکیل کافت درون قاره‌ای پس از مرحله‌ی گنبدی شدن، حرکت‌های چرخشی ماگما موجب ایجاد نیروی کششی شده که باعث شکسته شدن پوسته‌ی قاره‌ای می‌شود. ماگماتیسم در این مرحله از نوع قلیایی، ابر قلیایی، کربناتیت و کیمبرلیت است [۳]. هورنبلندیت‌ها یک ماگمای الترامافیکی کمیابند که تشکیل دهنده‌ی اصلی آن گونه‌های متفاوتی از کانی‌های گروه آمفیبول (هورنبلند - اکتینولیت) هستند [۴]. پلاژیوکلاز به-صورت فرعی و کانی‌های دیگر مانند الیوین، پیروکسن، فلوگوپیت، ایلمنیت، مگنتیت و پیریت به‌صورت ناچیز می‌توانند آن را همراهی کنند.

گدازه‌های زاینده‌ی این نهشته‌ها می‌توانند از دو فرآیند مستقل از یکدیگر ریشه گرفته باشند: الف) به خاطر حضور سنگ‌های کربناتیته که معمولاً بیان‌کننده‌ی یک کافت درون-قاره‌ای‌اند، ب) با وجود سنگ‌های آهکی-قلیایی و الترامافیکی که همراه با کانسار آهن مشاهده می‌شوند، فرآیندهای فرورانش که تا پایان پلیوسن فعال بوده است به احتمال زیاد در کانسارسازی موثر بوده است.

با استناد به حضور هورنبلندیت در مجموعه سنگ‌های مافیک و الترامافیک که نشان دهنده‌ی علائم برش و دگرگونی پس‌رونده است [۵] و با توجه به حضور این سنگ در ژرفاهای مختلف، از گمانه‌های پی‌جویی این دو نهشته (شکل ۱ و ۲) می‌توان گفت که خاستگاه نهشته‌های آهن این مناطق در ماگمازایی و عوامل زمین ساختی وابسته بوده است. در این پژوهش سعی شده است تا کانی‌شناسی، ژئوشیمی و چگونگی تشکیل این نهشته مورد بررسی قرار گیرد.



شکل ۱ الف) نقشه‌ی زمین ساختی ایران با موقعیت کانسارهای آهن از همدان تا گل‌گهر [۱۰]، ب) نقشه‌ی زمین‌شناسی منطقه‌ی همدان با موقعیت کانسارهای باباعلی و گلالی، اقتباس از [۱] (با تغییرات).



شکل ۲ الف) نمبرخ گمانه‌های ۱، ۲، ۳ و ۴ ب) موقعیت چاله‌های معدن کاوی در نقشه‌ی زمین‌شناسی کانسار گلالی [۱۰] (بافتیحات).

موقعیت زمین‌شناسی و پی‌جویی‌های صحرائی

زون سنندج-سیرجان (شکل ۱) یکی از مهمترین واحدهای زمین‌ساختی ایران محسوب می‌شود. باریکه‌ای واقع در جنوب باختری ایران مرکزی که در دنباله‌ی شمال خاوری راندگی اصلی زاگرس قرار دارد [۶]. بر اساس پژوهش‌های انجام گرفته توسط [۷، ۸] می‌توان گسترش زمین‌ساختی زون سنندج-سیرجان را اینگونه خلاصه کرد که در پالئوزوئیک پسین در اثر ایجاد کافت قاره‌ای، صفحه‌ی ایران از ابر قاره‌ی گندوانا جدا شده و در راستای شمال شرقی به سوی ابر قاره‌ی اوراسیا حرکت کرده و نئوتتیس (اقیانوس آلپی زاگرس) شکل گرفته است. طی ژوراسیک، ورق ایران جدا شده، و تشکیل ریزورق‌های ایران مرکزی- شرقی به وجود آورده ساختار دره‌ی کافتی همراه با ماگماتیسم را موجب شده است. در پایان کرتاسه و در بررسی‌های جدید در پایان الیگومیوسن- ورق عربی به زیر ورق ایران در راستای جنوب خاوری- شمال باختری در طول خط اصلی روراندگی زاگرس به صفحه‌ی قاره‌ای ایران دوخته شده است. در اثنای این فعل و انفعالات و نیز ذوب‌بخش‌ی پوسته‌ی

اقیانوسی نئوتتیس، ولکانیسم و ماگماتیسم قاره‌ای کمر بند ارومیه-دختر طی دوره‌ی سنوزوئیک در شمال شرقی زون سندج-سر جان شکل گرفته است.

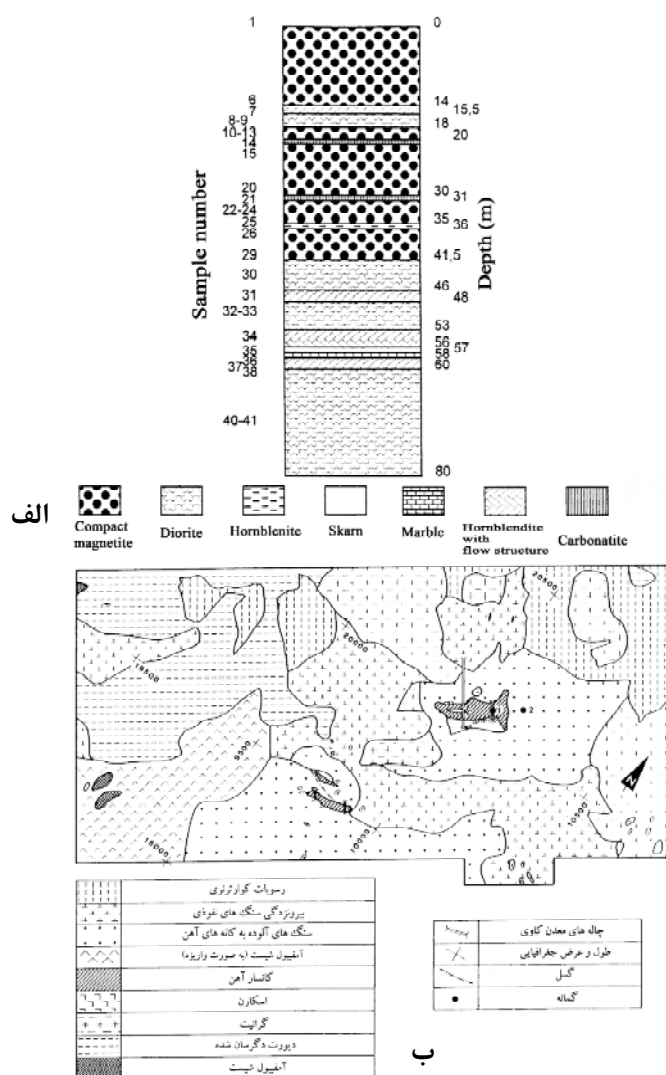
با توجه به اینکه منطقه‌ی مورد مطالعه در زون سندج-سیرجان قرار دارد، و با نظر اجمالی به چهار گمانه‌ی توسط [۹]، موقعیت زمین‌شناسی کانسار گلالی با ۵۰۰ متر طول و ۵۰ متر عرض در راستای شمال باختری-جنوب خاوری گسترش یافته است (شکل ۱). در گستره‌ی کانسار گلالی، نشانه‌های متعددی دال بر گذشته‌ی زمین‌ساختی پویا مانند گسل و آینه‌ی گسلی قابل رویت است. به‌عنوان قدیمی‌ترین سنگ در شمال کانسار، سنگ‌آهک‌های دگرگون شده و چین-خورده (مرمر) قرار دارد، که با کشیدگی به سمت شمال باختری-جنوب خاوری گسترده‌ی دارند. در برخی نقاط، این سنگ‌آهک‌ها با متاکوارتزیت‌های لایه‌ای همراهی می‌شوند. در اغلب نقاط نفوذ زائده‌های مگنتیتی به صورت رگه‌ای در این سنگ‌ها مشاهده می‌شوند.

گمانه‌ی چهارم G4H تنها ۲ افق هورنبلندیتی با ضخامت ۱ و ۲/۵ متر ظاهر می‌شوند.

بیکره‌ی اصلی کانسار باباعلی حدود ۲۵۰ متر طول و ۵۰ متر عرض دارد که تا عمق ۸۰ متری گمانه زده شد. در شمال باختری کانسار، آمفیبولیت‌شایست به عنوان قدیمی‌ترین سنگ فرعی خود نمایی می‌کند. سپس اسکارن، دیوریت دگرسان‌شده، گرانیت و رسوب‌های کوارتزری قرار گرفته‌اند (شکل ۳). در نیمرخ گمانه‌ی باباعلی که با BH1 مشخص می‌شود، ۱۴ افق متفاوت دیده می‌شود که به‌طور متناوب گونه‌های مختلفی از سنگ‌ها را با ضخامت‌های متفاوت ارائه می‌دهد. در طول نیمرخ چهار افق هورنبلندیت با بافت جریان‌ی به ضخامت ۱/۵، ۲، ۳ و ۲ متر و تنها یک افق هورنبلندیتی بدون بافت جریان‌ی به ضخامت یک متر مشاهده می‌شود (شکل ۳).

در بخش جنوبی کانسار و در کنار سنگ‌های نفوذی، اسکارن رخنمون دارد که به فراوانی اپیدوت و گارنت (۸/۸٪)، مولی‌آندرادیت، ۷/۹٪ مولی‌گراسولار، ۰/۹٪ مولی‌اسپسارتین و ۱٪ مولی‌پیروپ) با ساخت منطقه‌ای دیده می‌شوند. سنگ‌های نفوذی و دیوریت‌های دگرسان‌شده در بیشتر نقاط پیرامون کانسار به صورت برجای دیده می‌شوند.

بالغ بر ۸۲۰ متر حفاری به‌صورت ۴ گمانه‌ی پی‌جویی در کانسار گلالی گرفته شد، و موقعیت هریک از گمانه‌ها در شکل ۲ دیده می‌شود. گمانه‌های پی‌جویی گلالی به اختصار G1H، G2H، G3H و G4H نامیده می‌شوند. از گمانه‌های اشاره شده به ترتیب در گمانه‌ی G1H به صورت ماکروسکوپی ۵ افق هورنبلندیتی با ضخامت ۴، ۲، ۴، ۱/۲ و ۱/۶ متر در گمانه‌ی G2H ۲ افق هورنبلندیتی با ضخامت ۱۴/۵ و ۱ متر، در گمانه‌ی G3H ۵ افق با ضخامت ۳، ۳/۸، ۲/۵، ۱/۹ و ۱۳/۸ و در



شکل ۳ الف) نیمرخ گمانه‌ی حفاری باباعلی ب) موقعیت چاله‌های معدن کاوی در نقشه‌ی زمین‌شناسی کانسار باباعلی [۱۰].

روش بررسی

پس از انتخاب نمونه‌های هورنبلندیتی از افق‌های متفاوت، مغزه‌های چهار گمانه از گلالی و یک گمانه‌ی از باباعلی تهیه شده از سوی شرکت ملی فولاد ایران [۹] در اختیار این گروه پژوهشی قرار گرفتند. نخست به‌منظور بررسی‌های میکروسکوپی برش‌های نازک و صیقلی تهیه شدند. سپس جهت تعیین ترکیب شیمیایی کانی‌های اصلی تشکیل دهنده‌ی هورنبلندیت (آمفیبول‌ها) از طریق ریزپرداز ARL-SEM که

مجهز به ۶ طیف‌سنج ($2 \times \text{LIF}$ ، $2 \times \text{PET}$ و $2 \times \text{TAP}$) با ولتاژ شتاب‌دهنده‌ی ۲۵ کیلو ولت، شدت جریان ۲۰-۲۵ نانوامپر و زمان شمارش ۲۰ ثانیه برای هر قله، در بخش ژئوشیمی دانشگاه گئورک-آگوست گوتینگن آنالیز شدند (جدول‌های ۱ تا ۴). تعیین ترکیب عناصر اصلی و کمیاب نمونه‌های انتخاب شده با XRF فیلیپس PW1480 با آند Rh و با ولتاژ ۶۰ کیلو ولت و جریان ۴۵ mA مستقر در همان دانشگاه انجام گرفت (جدول ۵).

جدول ۱. نتایج تجزیه‌ی ریزپردازشی از آمفیبول‌هورنبلندیت گلالی.

شماره‌ی نمونه	8/G1 H	8/G1 H	3/G3H	3/G3H
نقاط آنالیز	۲۶	۲۷	۴۲	۴۳
کانی	Am	Am	Am	Am
SiO ₂	۵۴٫۲۷	۵۵٫۳۷	۵۱٫۰۷	۵۰٫۹۹
TiO ₂	۰	۰	۰٫۰۲	۰
Al ₂ O ₃	۰٫۹۱	۰٫۶	۲٫۳۰	۲٫۳۷
FeO	۱۱٫۲۶	۱۰٫۷۸	۱۶٫۰۲	۱۶٫۲۰
MnO	۰٫۱۸	۰٫۲	۰٫۱۷	۰٫۱۹
MgO	۱۷٫۴	۱۸٫۲۲	۱۳٫۸۴	۱۴٫۱۳
CaO	۱۲٫۹۹	۱۳٫۲۴	۱۲٫۴۱	۱۲٫۳۹
Na ₂ O	۰	۰	۰٫۴۴	۰٫۲۹
K ₂ O	۰	۰	۰٫۰۸	۰٫۱۳
H ₂ O محاسبه‌شده	۲٫۰۷	۲٫۱۱	۲٫۰۱	۲٫۰۱۴
جمع محاسبه‌شده	۹۹٫۱	۱۰۰٫۵	۹۸٫۴	۹۸٫۷
تعداد اکسیژن‌ها	۲۲	۲۲	۲۲	۲۲
OH	۲	۲	۲	۲
Si	۷٫۸۲۴	۷٫۸۴۵	۷٫۶۱۹	۷٫۵۸۷
Al	۰٫۱۷۶	۰٫۱۵۵	۰٫۳۸۱	۰٫۴۱۳
Al	۰٫۰۰۰	۰٫۰۰۰	۰٫۰۲۳	۰٫۰۰۳
Ti	۰٫۰۰۰	۰٫۰۰۰	۰٫۰۰۲	۰٫۰۰۰
Fe ²⁺	۱٫۳۵۸	۱٫۲۷۷	۱٫۹۹۹	۲٫۰۱۶
Mn	۰٫۰۲۲	۰٫۰۲۴	۰٫۰۲۱	۰٫۰۲۴
Mg	۳٫۷۴۰	۳٫۸۴۹	۳٫۰۷۸	۳٫۱۳۴
Ca	۲٫۰۰۶	۲٫۰۱۰	۱٫۹۸۴	۱٫۹۷۵
Na	۰٫۰۰۰	۰٫۰۰۰	۰٫۱۲۷	۰٫۰۸۴
K	۰٫۰۰۰	۰٫۰۰۰	۰٫۰۱۵	۰٫۰۲۵
جمع کاتیون‌ها	۱۵٫۱۰	۱۵٫۱۱	۱۵٫۲۵	۱۵٫۲۶
#Mg	۷۳٫۴	۷۵٫۱	۶۰٫۶	۶۰٫۹

جدول ۲ نتایج تجزیه‌ی ریزپردازشی از آمفیبول هورنبلندیت باباعلی.

شماره‌ی نمونه	25/B1 H	25/ B 1 H	25/ B 1 H	25/ B 1 H	25/ B 1 H	25/ B 1 H	31/ B 1 H	31/ B 1 H	31/ B 1 H	31/ B 1 H	31/ B 1 H	38/ B 1 H	38/ B 1 H	38/ B 1 H	38/ B 1 H	38/ B 1 H
نقاط آنالیز	۳۵	۳۶	۳۷	۳۸	۳۹	۴۰	۹۳	۹۴	۹۶	۹۷	۱۰۰	۵۴	۵۶	۵۹	۶۰	۶۱
کانی	Am	Am	Am	Am	Am	Am	Am	Am	Am	Am	Am	Am	Am	Am	Am	Am
SiO ₂	۵۵٫۲	۵۳٫۲	۵۱٫۳	۴۹٫۹	۵۲٫۷	۵۲٫۶	۴۱٫۴	۴۶٫۱	۴۱٫۸	۴۲٫۵	۴۲٫۳	۴۶٫۲	۱٫۴۵	۰٫۴۹	۴۸٫۸	۴۸٫۳
TiO ₂	۰٫۰۵	۰٫۰۵	۰٫۰۷	۰٫۱۰	۰٫۰۶	۰٫۰۷	۰٫۲۷	۰٫۱۸	۰٫۳۸	۰٫۳۵	۰٫۳۱	۰٫۱۸	۰٫۲۴	۰٫۲۰	۰٫۱۰	۰٫۰۹
Al ₂ O ₃	۱٫۴۵	۲٫۹۳	۴٫۵۵	۵٫۴۲	۳٫۰۶	۳٫۰۸	۱۲٫۱۵	۶٫۵۶	۱۱٫۵۱	۱۰٫۸۸	۱۰٫۴۲	۶٫۴۳	۸٫۵۳	۴٫۵۴	۴٫۵۵	۳٫۹۶
FeO	۱۱٫۱	۱۱٫۸	۱۴٫۱	۱۴٫۷	۱۳٫۱	۰٫۱۳	۱۶٫۹	۱۴٫۵	۱۷٫۲	۱۷٫۶	۱۶٫۴	۱۸٫۲	۱۸٫۷	۱۶٫۶	۱۶٫۸	۱۶٫۳
MnO	۰٫۲۶	۰٫۳	۰٫۲۹	۰٫۲۶	۰٫۲۸	۰٫۲۹	۰٫۲۲	۰٫۲۴	۰٫۲۵	۰٫۲۷	۰٫۲۶	۰٫۲۶	۰٫۲۵	۰٫۲۵	۰٫۲۵	۰٫۲۳
MgO	۱۷٫۳	۱۶٫۶	۱۵٫۱	۱۴٫۱	۱۶٫۰	۱۵٫۷	۹٫۷	۱۲٫۹	۹٫۹	۹٫۹	۹٫۷	۱۰٫۷	۱۱٫۳	۱۲٫۳۹	۱۳٫۴	۱۲٫۹
CaO	۱۲٫۶	۱۲٫۲	۱۱٫۷	۱۱٫۷	۱۲٫۱	۱۲٫۳	۱۱٫۴	۱۱٫۵	۱۱٫۳	۱۱٫۳	۱۱٫۷	۱۱٫۰	۱۱٫۹	۱۲٫۲	۱۲٫۱	۱۲٫۲
Na ₂ O	۰٫۳۵	۰٫۶۹	۰٫۹۵	۱٫۱۲	۰٫۶۳	۰٫۶۳	۲٫۱۶	۱٫۴۵	۲٫۰۹	۲٫۰۰	۲٫۰۱	۱٫۱۹	۱٫۶۲	۱٫۰۱	۰٫۹۲	۱٫۰۰
K ₂ O	۰٫۰۶	۰٫۰۸	۰٫۱۴	۰٫۱۹	۰٫۱۰	۰٫۱۰	۰٫۳۸	۰٫۲۷	۰٫۵۶	۰٫۶۱	۰٫۶۵	۰٫۶۵	۰٫۸۲	۰٫۳	۰٫۳۴	۰٫۱۸
H ₂ O محاسبه شده	۲٫۰۹	۲٫۰۳	۱٫۹۸	۱٫۹۲	۰٫۰۲	۲٫۰۱	۱٫۹۵	۱٫۹۷	۱٫۹۶	۱٫۹۷	۱٫۹۱	۱٫۷۹	۱٫۸۰	۱٫۹۰	۱٫۹۱	۱٫۸۸
جمع محاسبه شده	۱۰۰٫۵	۹۹٫۸	۱۰۰٫۱	۹۳٫۳	۱۰۰٫۰	۱۰۰٫۰	۹۶٫۵	۹۵٫۵	۹۶٫۹	۹۷٫۴	۹۵٫۵	۹۶٫۸	۱۰۰٫۲	۹۸٫۸	۰٫۹۹	۹۷٫۰

ادامه جدول ۲

تعداد اکسیژن‌ها	۲۲	۲۲	۲۲	۲۲	۲۲	۲۲	۲۲	۲۲	۲۲	۲۲	۲۲	۲۲	۲۲	۲۲	۲۲	۲۲
OH	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲
Si	۷٫۸۲۵	۷٫۶۴۳	۷٫۴۴۶	۷٫۳۴۰	۷٫۶۰۵	۷٫۶۰۴	۶٫۴۳۱	۷٫۰۹۰	۶٫۴۷۷	۶٫۵۵۸	۶٫۶۳۱	۷٫۱۶۱	۶٫۸۰۰	۷٫۳۳۷	۷٫۳۰۱	۷٫۳۶۹
Al	۰٫۱۷۵	۰٫۳۵۷	۰٫۵۵۴	۰٫۶۶۰	۰٫۳۹۵	۰٫۳۹۶	۱٫۵۶۹	۰٫۹۱۰	۱٫۵۲۳	۱٫۴۲۲	۱٫۳۶۹	۰٫۸۳۹	۱٫۲۰۰	۰٫۶۶۳	۰٫۶۹۹	۰٫۶۳۱
	۸٫۰۰۰	۸٫۰۰۰	۸٫۰۰۰	۸٫۰۰۰	۸٫۰۰۰	۸٫۰۰۰	۸٫۰۰۰	۸٫۰۰۰	۸٫۰۰۰	۸٫۰۰۰	۸٫۰۰۰	۸٫۰۰۰	۸٫۰۰۰	۸٫۰۰۰	۸٫۰۰۰	۸٫۰۰۰
Al	۰٫۰۶۷	۰٫۱۳۹	۰٫۲۲۴	۰٫۲۸۱	۰٫۱۲۵	۰٫۱۲۸	۰٫۶۲۵	۰٫۲۸۰	۰٫۵۸۰	۰٫۵۳۷	۰٫۵۵۸	۰٫۳۳۵	۰٫۳۱۷	۰٫۱۳۹	۰٫۱۰۴	۰٫۰۸۱
Ti	۰٫۰۰۵	۰٫۰۰۵	۰٫۰۰۸	۰٫۰۱۱	۰٫۰۰۷	۰٫۰۰۸	۰٫۰۳۲	۰٫۰۲۱	۰٫۰۴۴	۰٫۰۴۱	۰٫۰۳۷	۰٫۰۲۱	۰٫۰۲۷	۰٫۰۲۳	۰٫۰۱۱	۰٫۰۱۰
Fe ²⁺	۱٫۳۱۲	۱٫۴۲۲	۱٫۷۰۷	۱٫۸۰۴	۱٫۵۷۷	۱٫۶۰۳	۲٫۱۹۷	۱٫۸۶۰	۲٫۲۲۵	۲٫۲۷۰	۲٫۱۴۵	۲٫۳۶۲	۲٫۳۵۳	۲٫۰۷۵	۲٫۱۰۰	۲٫۰۸۶
Mn	۰٫۰۳۱	۰٫۰۳۷	۰٫۰۳۶	۰٫۰۳۲	۰٫۰۳۴	۰٫۰۳۶	۰٫۰۲۹	۰٫۰۳۱	۰٫۰۳۳	۰٫۰۳۵	۰٫۰۳۵	۰٫۰۳۴	۰٫۰۳۲	۰٫۰۳۲	۰٫۰۳۲	۰٫۰۳۰
Mg	۳٫۶۶۵	۳٫۵۵۱	۳٫۲۶۲	۳٫۰۸۵	۳٫۴۳۸	۳٫۳۸۰	۲٫۲۴۷	۲٫۹۵۱	۲٫۲۸۸	۲٫۲۸۴	۲٫۲۶۲	۲٫۴۷۷	۲٫۵۴۲	۲٫۸۹۲	۲٫۹۸۵	۲٫۹۴۱
Ca	۱٫۹۱۸	۱٫۸۷۳	۱٫۸۱۷	۱٫۸۴۵	۱٫۸۷۷	۱٫۹۰۴	۱٫۸۹۰	۱٫۸۹۷	۱٫۸۷۴	۱٫۸۷۳	۱٫۹۶۰	۱٫۸۳۲	۱٫۹۲۴	۱٫۹۵۴	۱٫۹۳۳	۱٫۹۹۵
Na	۰٫۰۹۶	۰٫۱۹۲	۰٫۲۶۷	۰٫۳۲۰	۰٫۱۷۶	۰٫۱۷۷	۰٫۶۵۱	۰٫۴۳۳	۰٫۶۲۸	۰٫۵۹۸	۰٫۶۱۱	۰٫۳۵۷	۰٫۴۴۷	۰٫۲۹۴	۰٫۲۶۷	۰٫۲۹۶
K	۰٫۰۱۱	۰٫۰۱۵	۰٫۰۲۶	۰٫۰۳۶	۰٫۰۱۸	۰٫۰۱۸	۰٫۰۷۵	۰٫۰۵۳	۰٫۱۱۱	۰٫۱۲۰	۰٫۱۳۰	۰٫۱۲۸	۰٫۱۵۸	۰٫۲۹۴	۰٫۶۵	۰٫۰۳۵
جمع کاتیون‌ها	۱۷٫۰۹	۱۷٫۱۸	۱۷٫۲۶	۱۷٫۳۰	۱۷٫۲۰	۱۷٫۱۹	۱۷٫۸۰	۱۷٫۵۵	۱۷٫۸۱	۱۷٫۷۸	۱۷٫۷۴	۱۷٫۴۰	۱۷٫۶۳	۱۷٫۳۶	۱۷٫۴۱	۱۷٫۳۹
#Mg	۷۳٫۵	۷۱٫۴	۷۱٫۴	۶۳٫۱	۶۸٫۶	۶۷٫۸	۵۰٫۶	۶۱٫۳	۵۰٫۷	۵۰٫۲	۵۱٫۳	۵۱٫۲	۵۱٫۹	۵۸٫۲	۵۸٫۷	۵۸٫۵

جدول ۳ نتایج تجزیه‌ی ریزپردازشی از فلدسپات‌ها در آمفیبول هورنبلندیت.

شماره‌ی نمونه	31/B1H	31/B1H	31/B1H	31/B1H
نقاط آنالیز	۹۲	۹۵	۹۸	۹۹
کانی	Fp	Fp	Fp	Fp
SiO ₂	۶۶٫۶	۶۷٫۳	۶۷٫۴	۶۶٫۸
Al ₂ O ₃	۲۰٫۵	۱۹٫۵	۱۹٫۲	۱۹٫۴
FeO	۰٫۱۳	۰٫۲	۰٫۲	۰٫۵۳
MnO	۰	۰	۰	۰
MgO	۰٫۰۱	۰٫۱	۰	۰
CaO	۰٫۹۲	۰٫۴	۰٫۹۱	۱٫۳۹
Na ₂ O	۱۱٫۱	۱۱٫۱	۱۰٫۷	۱۰٫۴
K ₂ O	۰٫۱	۰٫۱	۰٫۰۵	۰٫۰۹
جمع	۹۹٫۲	۹۸٫۷	۹۸٫۴	۹۸٫۷
تعداد اکسیژن‌ها	۸	۸	۸	۸
Si	۲٫۹۴	۲٫۹۸	۲٫۹۹	۲٫۹۷
Al	۱٫۰۷	۱٫۰۲	۱٫۰۰	۱٫۰۲
Fe ⁺²	۰٫۰۰۵	۰٫۰۰۷	۰٫۰۰۷	۰٫۰۲۰
Mg	۰٫۰۰۱	۰٫۰۰۷	۰	۰
Ca	۰٫۰۴۴	۰٫۰۱۹	۰٫۰۴۳	۰٫۰۶۶
Na	۰٫۹۵	۰٫۹۵	۰٫۹۲	۰٫۹۰
K	۰٫۰۰۶	۰٫۰۰۶	۰٫۰۰۳	۰٫۰۰۵
Mn	۰	۰	۰	۰
تعداد کاتیون‌ها	۵٫۰۱	۴٫۹۹	۴٫۹۷	۴٫۹۷
Mol-% an;				
Albite	۹۴٫۵۷	۹۶٫۱۱	۹۴٫۵۰	۹۰٫۸۱
Anorthite	۴٫۸۷	۳٫۳۲	۵٫۲۱	۸٫۶۸
Orthoclase	۰٫۵۶	۰٫۵۷	۰٫۲۹	۰٫۵۲

جدول ۴ نتایج تجزیه‌ی ریزپردازشی میانبارهای پیروکسینی در آمفیبول هورنبلندیت گلالی

شماره‌ی نمونه	8/G1H	8/G1 H	8/G1H
نقاط آنالیز	۵۲	۵۴	۵۶
کانی	Px	Px	Px
SiO ₂	۵۱٫۴۴	۵۰٫۵۲	۵۴٫۲
Ti O ₂	۰٫۲۹	۰٫۲۲	۰٫۲۲
Al ₂ O ₃	۲٫۰۳	۰٫۰۲	۱٫۹
FeO آنالیز	۶٫۱۶	۶٫۷۶	۴٫۹۳
محاسبه‌شده Fe ₂ O ₃	۶٫۸۵	۷٫۵۱	۴٫۴۳
محاسبه‌شده FeO	۰٫۰۰	۰٫۰۰	۰٫۹۴
MnO	۰٫۱	۰٫۱۷	۰٫۱۳
MgO	۱۷٫۰۹	۱۷٫۵۳	۱۷٫۹۶
CaO	۲۵٫۲۳	۲۴٫۸	۲۴٫۳۱
Na ₂ O	۰٫۲۳	۰٫۱۳	۰٫۱۶
جمع	۱۰۲٫۶	۱۰۲٫۵	۱۰۳٫۸
× جمع محاسبه‌شده	۱۰۳٫۳	۱۰۲٫۹	۱۰۴٫۳
تعداد اکسیژن‌ها	۶	۶	۶
Si	۱٫۸۴	۱٫۸۲	۱٫۹۰
Al	۰٫۰۹	۰٫۰۹	۰٫۰۸
Fe ⁺³	۰٫۱۸	۰٫۲۰	۰٫۱۲
Fe ⁺²	۰٫۰۰	۰٫۰۰	۰٫۰۳
Mg	۰٫۹۱	۰٫۹۴	۰٫۹۴
Ca	۰٫۹۷	۰٫۹۶	۰٫۹۱
Na	۰٫۰۰۸	۰٫۰۰۹	۰٫۰۱۱
Ti	۰٫۰۰۸	۰٫۰۰۶	۰٫۰۰۶
Mn	۰٫۰۰۳	۰٫۰۰۵	۰٫۰۰۵
جمع کاتیون‌ها	۴٫۰۲	۰٫۰۳	۴٫۰۰
#Mg	۱۰۰٫۰	۱۰۰٫۰	۹۷٫۱
Mol-% an:			
Enstatite	۴۸٫۵۲	۴۹٫۵۹	۴۹٫۹۴
Ferrosilite	۰٫۰۰	۰٫۰۰	۱٫۴۷
Wollastonite	۵۱٫۴۸	۵۰٫۴۲	۴۸٫۵۹

* منظور از جمع محاسبه شده FeII و FeIII است.

جدول ۵ نتایج تجزیه‌ی XRF از آمفیبول هورنبلندیت.

شماره‌ی نمونه	34/B1 H	31/B1 H	7/B1 H	3/G3H	8/3H	25/B1 H	38/B1H	9/G1 H
% وزنی	باباعلی	باباعلی	باباعلی	گلالی	گلالی	باباعلی	باباعلی	گلالی
SiO ₂	۴۲٫۴	۴۶٫۹	۴۵٫۸	۳۰٫۴	۳۹٫۸	۵۲٫۱	۵۰٫۰	۵۰٫۷
Al ₂ O ₃	۱۴٫۶	۱۶٫۲	۳٫۱۷	۵٫۲۸	۱۲٫۴	۳٫۰۳	۸٫۶۷	۱۶٫۸
Fe ₂ O ₃	۱۰٫۷	۴٫۲	۱۱٫۰	~۲۰	۵٫۸۴	۳٫۶۷	۴٫۰۸	۱٫۶۶
FeO	۴٫۵	۷٫۰۵	۳٫۷	~۳۳	۸٫۰۹	۱۰٫۰	۹٫۱۹	۵٫۴۳
CaO	۱۵٫۸	۶٫۷۷	۴٫۱۳	۱۰٫۳	۱۸٫۲	۱۲٫۴	۱۰٫۷	۱۰٫۱
MgO	۲٫۲	۶٫۶۱	۳٫۵۳	۵٫۶	۸٫۸۳	۱۵٫۵	۷٫۹۵	۵٫۳۶
Na ₂ O	۲٫۶۲	۴٫۲	۳٫۹۹	<۰٫۲	۰٫۲۴	۰٫۶۲	۳٫۱۳	۳٫۶۴
K ₂ O	۰٫۳۹	۱٫۳	۰٫۳۸	۰٫۱۲	۰٫۲۷	۰٫۱۳	۰٫۳۸	۱٫۷۱
H ₂ O-	۰٫۱۵	۰٫۱۷	۳٫۶۶	۰٫۰۷	۰٫۲۶	۰٫۱۱	۰٫۱۵	۰٫۱۶
H ₂ O+	۰٫۶۵	۱٫۹	۷	۱٫۳۸	۲٫۵۸	(۱٫۶۹)	(۱٫۲۷)	۱٫۶۰
TiO ₂	۳٫۰۸	۲٫۲۸	۱٫۷۲	۰٫۳۵	۱٫۰۱	۰٫۰۷	۱٫۷۸	٫۳
P ₂ O ₅	۰٫۸۷	۰٫۳۶	۰٫۳۵	۰٫۰۴	۰٫۱۲	۰٫۰۳	۰٫۲۶	۰٫۱۷
MnO	۰٫۱۵	۰٫۱۴	۰٫۱۵	۰٫۰۸	۰٫۱۶	۰٫۲۶	۰٫۱۸	۰٫۱۶
جمع	۹۸٫۰۱	۹۸٫۰۸	۱۰۲٫۷۱	۱۰۶٫۸۲	۹۷٫۸	۹۹٫۶۱	۹۷٫۷۴	۹۸٫۷۹
ppm								
Nb	۶۰	۱۷	۱۹	۱۶	۱۲	<۵	۲۳	۱۱
Zr	۴۶۲	۱۸۷	۱۴۶	۱۱۸	۱۱۹	۲۹	۱۶۱	۱۲۹
Y	۷۱	۳۳	۲۸	<۵	۱۷	<۵	۳۰	۲۷
Sr	۳۷۵	۲۳۳	۲۱۴	۷۸	۱۸۶	۱۹	۸۷	۳۰۶
Rb	۵	۴۴	۲۶	<۵	۱۴	<۵	۵	۱۴۰
Pb	<۵	<۵	۱۳	<۵	<۵	<۵	<۵	<۵
Ga	۱۹	۱۷	۱۳	۱۲	۸	<۵	۱۱	۱۹
Zn	۳۸	۷۴	۷۴	۳۸	۳۷	۹۰	۸۸	۴۰
Ni	<۵	۵۳	۵۴	۱۶۴	۱۱۳	۶۵۰	۲۱	۱۳
Co	۱۵	۲۵	۶۲	۲۳۸	۱۴	۳۷	۴۱	۱۷
Cr	<۵	۸۶	۷۱	۴۰	۱۷۶	<۵	۶۸	۲۲۸
V	۲۴۵	۲۸۳	۱۶۷	۶۸	۹۷	۱۸	۱۲۴	۲۰۶
Ba	۵۱	۳۴۵	۱۰۲	۸	<۵	۷	۱۸	۱۱۰
Sc	۲۵	۲۹	۳۶	۱۲	۲۹	<۵	۳۲	۳۱
ملاحظات	هورنبلندیت با بافت جریانی	هورنبلندیت با بافت جریانی	هورنبلندیت با بافت جریانی	هورنبلندیت	هورنبلندیت	هورنبلندیت	هورنبلندیت با بافت جریانی	گابرو

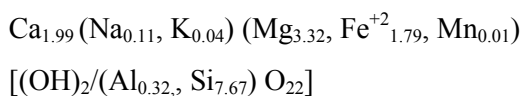
سنگ‌نگاری و شیمی کانی‌های هورنبلندیت

کانسار گلالی

در کانسار گلالی، هورنبلندیت در همه‌ی چهار گمانه‌ی اکتشافی در ژرفاهای مختلف ظاهر می‌شود. این سنگ به رنگ سبز خاکستری تا سبز تیره است، بافت آن دانه‌ای و بدون سمت و سوی معینی است به‌طوری‌که بلورهای نیمه شکل‌دار با اندازه‌های متفاوت به‌صورت فشرده در کنار یکدیگر قرار دارند. اجزای اصلی هورنبلندیت در این کانسار، آنچه که توسط [۱۰، ۱۱] در مقایسه با کانسار گل‌گهر هورنبلندیت نوع دوم نامگذاری شد، بیش از ۸۵ درصد آن اکتینولیت و به‌طور پراکنده اندکی تیتانیت نیز دیده می‌شود. بقیه‌ی ترکیب کانی-شناسی تقریباً ۱۵ درصد آن از فراورده‌های تبدیلی اکتینولیت (کلریت، اپیدوت) و جوان ناشی از نشت (مگنتیت) تشکیل یافته است.

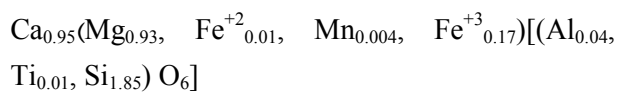
اکتینولیت به عنوان شکل دهنده‌ی اصلی هورنبلندیت غالباً به صورت نیمه شکل‌دار تا بی‌شکل با اندازه‌های متفاوت حداکثر (۰/۶ میلی‌متر) ظاهر می‌شود. رنگ آن سبز تا آبی و دارای پلوکروئیسم واضح است. اکتینولیت گاهی بقایایی از دیوپسید نشان می‌دهد و برخی از اکتینولیت‌ها با رخ آمفیبولی مشخص می‌شوند. اکتینولیت متأثر از فرآیندهای دگر نهادی، اغلب با کلریت و اپیدوت جایگزین می‌شود، به‌طوری‌که برخی از بقایای اکتینولیت در آن‌ها دیده می‌شود (شکل ۴). به دلیل تنش‌های زمین‌ساختی (سطح گسل) و دگرسانی، هورنبلندیت دگرسان را می‌توان به عنوان سنگ نفوذی قدیمی در میان نیمرخ گمانه‌ها دانست.

با توجه به داده‌های به دست آمده از ریزپرداز (جدول ۱) روی نمونه‌های 8/G1H با ۲۶ و ۲۷ نقطه‌ی آنالیز و 3/G3H با ۴۲ و ۴۳ نقطه‌ی آنالیز و بر اساس شیوه‌ی رده‌بندی توسط [۱۱] برای آمفیبول‌ها، ترکیب کانی مورد نظر با فرمول میانگین اکتینولیت همخوانی دارد (شکل ۷).



دیوپسیدهای باقی‌مانده در اکتینولیت با توجه به داده‌های ریزپرداز روی نمونه‌ی 8/G1H با ۵۲ و ۵۴ و ۵۶ نقطه‌ی آنالیز

(جدول ۴) میانگین فرمول شیمیایی آن به‌صورت زیر است



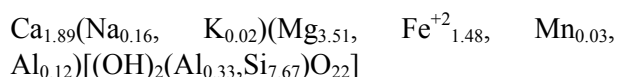
تیتانیت در هورنبلندیت به‌صورت نامنظم پراکنده است، اغلب بی‌شکل و گاهی به‌طور موضعی و جدا از هم و شکل‌دار رشد یافته است.

کانسار باباعلی

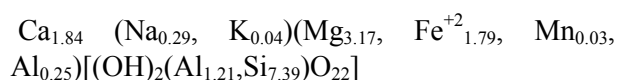
در طول تنها نیمرخ گمانه‌ی باباعلی (B1H) افق‌های هورنبلندیتی کاملاً متفاوتی دیده می‌شوند. افق باریک ۱ متری در ژرفای ۳۵-۳۶ متری هورنبلندیت از نوع گلالی (نوع دوم) [۱] حضور دارند. این افق دارای قطعات بیگانه‌ای از اپیدوت است که افق‌های مگنتیتی فشرده‌ی بالا و پایین را قطع می‌کند. رگچه‌های هورنبلندیتی، در مرز مشترک نیز در افق‌های مگنتیتی نفوذ کرده‌اند.

سنگ به رنگ سبز خاکستری، ریز تا میان دانه است و بافت دانه‌ای بدون راستای معینی رانشان می‌دهد (شکل ۵). اکتینولیت به‌عنوان تشکیل دهنده‌ی اصلی، غالباً شکل‌دار تا نیمه شکل‌دار است. اندازه‌ی دانه‌ها متفاوت‌اند، ولی هرگز بزرگتر از ۲ میلی‌متر نیستند. برخی از بلورهای اکتینولیت منطقه‌بندی یا دو قلبی و برخی هم رخ خوب نشان می‌دهند. رنگ اکتینولیت سبزآبی تا زرد روشن با پلوکروئیسم واضح است. دیگر کانی‌های موجود در این سنگ، تیتانیت (به صورت ناچیز)، کانی‌های فلزی (مگنتیت و ایلمنیت) تورمالین در درز و شکاف هورنبلندیت ظاهر می‌شوند.

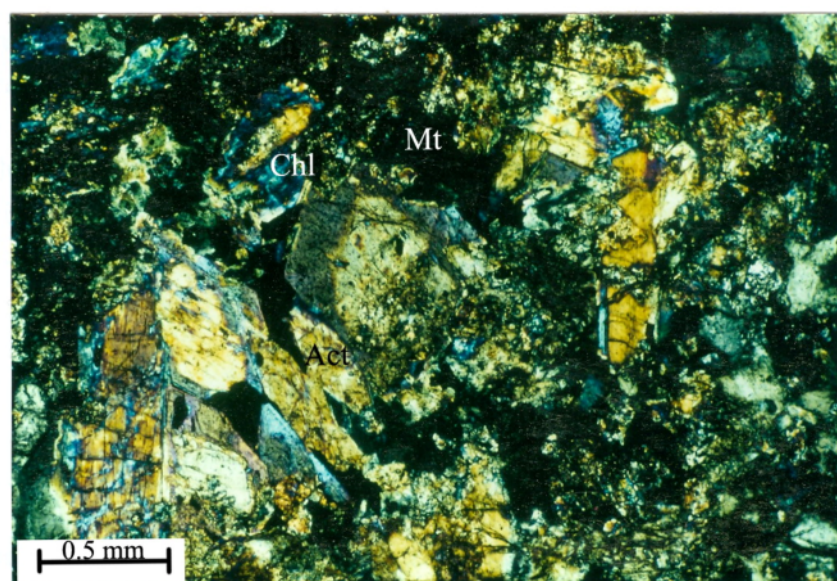
با توجه به داده‌های به دست آمده از ریزپرداز (جدول ۲) روی نمونه‌ها (25/B1H) با ۳۵ تا ۴۰ نقطه‌ی آنالیز و بر اساس شیوه‌ی رده‌بندی [۱۱] بر روی آمفیبول، ترکیب شیمیایی میانگین معادل اکتینولیت است.



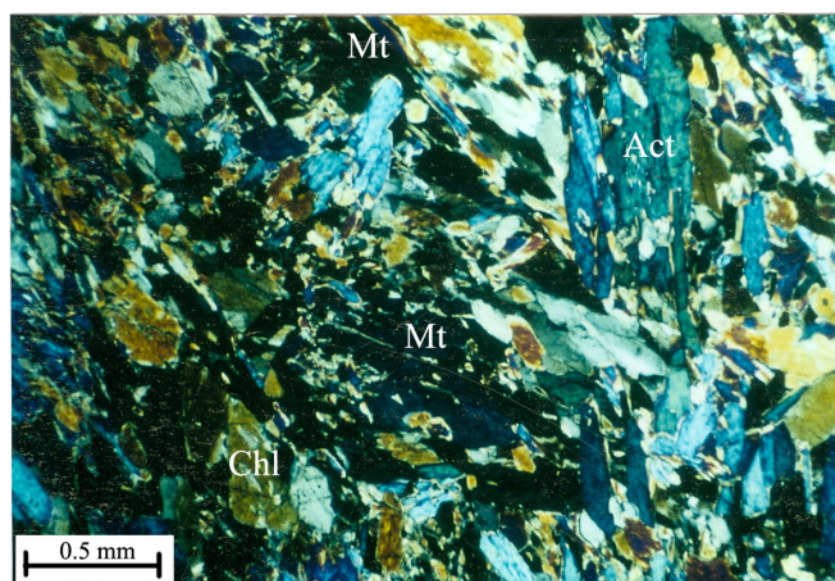
به عبارتی هورنبلند اکتینولیتی با میانگین فرمول



تعیین می‌شود.



شکل ۴ تصویر میکروسکوپی از هورنبلندیت با اکتینولیت بدون بافت جریان‌ی کانسار گلالی، نمونه‌ی 3/G3H، افق ۱۹ متری.



شکل ۵ تصویر میکروسکوپی از هورنبلندیت آکتینولیتی بدون بافت جریان‌ی کانسار باباعلی، نمونه‌ی 25/B1H، عمق ۳۶ متری.

هورنبلندیت‌های با ساخت جریان‌ی

هورنبلندیت‌های با ساخت جریان‌ی یا هورنبلندیت نوع III [۱] با چهار افق در ژرفای ۱۵/۵-۱۴، ۴۸-۴۶، ۵۶-۵۳ و ۵۸-۶۰ متری در نیمرخ گمانه‌ی باباعلی بین افق‌های دیوریتی نفوذ کرده‌اند. سنگ، فشرده و به رنگ سبز دیده می‌شود. کانی‌های تشکیل‌دهنده‌ی آن عبارتند از آمفیبول، بیوتیت، پلاژیوکلاز، تورمالین، اپیدوت، کلسیت و کانی‌های فلزی. پراکندگی این کانی‌ها در افق‌های مختلف متفاوت است. در سه افق بالایی

بیشتر بیوتیت، پلاژیوکلاز و تورمالین دیده می‌شوند، به‌طوری که سنگ بافت پورفیری نشان می‌دهد. در زمینه‌های ریزدانه تا میان‌دانه بلورهای سفیدرنگ ظاهر می‌شوند که به پلاژیوکلاز وابسته‌اند. در افق‌های زیرین (۵۸-۶۰) کانی غالب (۹۵٪) آمفیبول است که اندکی پلاژیوکلاز آن را همراهی می‌کند. علاوه بر این هورنبلندیت‌های جریان‌ی بیگانه، سنگ‌هایی از دیوریت‌هایی با دگرسانی دگرنه‌ادی بوده و عدسی‌های مگنتیت در خود دارند (شکل ۶). هورنبلند در دو نسل ظاهر می‌شود،

میانبارهای شکل‌دار در پلاژیوکلاز دیده می‌شود. از کانی‌های فلزی می‌توان از مگنتیت، پیروتین، کالکوپیریت و ایلمنیت همراه با تیتانیت نام برد. ایلمنیت به وسیله ی تیتانیت در بر گرفته شده است. در نهایت کلسیت به عنوان پرکننده ی درز و شکاف وجود دارد. با توجه به نتایج ریزپرداز، کلسیت تنها به طور ناچیزی کربنات آهن، کربنات منیزیم و منگنز دارد.

با توجه به داده‌های ریزپرداز برای نمونه‌ی 38/B1H با ۵۹-۶۰ نقطه آنالیز (جدول ۲) میانگین فرمول آن به صورت زیر است

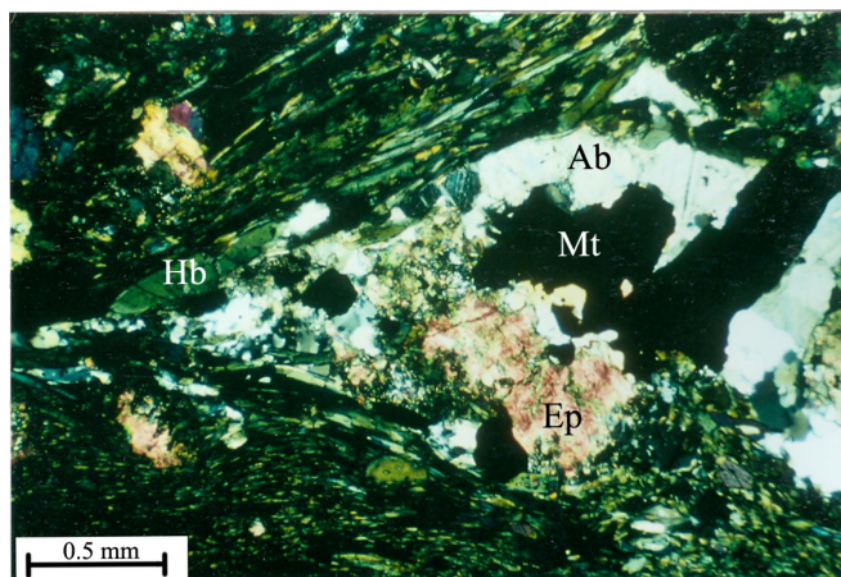
$$\text{Ca}_{1.89}(\text{Na}_{0.16}, \text{K}_{0.02})(\text{Mg}_{3.51}, \text{Fe}^{+2}_{1.48}, \text{Mn}_{0.03}, \text{Al}_{0.12}, \text{Ti}_{0.01})[(\text{OH})_2(\text{Al}_{0.33}, \text{Si}_{7.67})\text{O}_{22}]$$
 که بر اساس رده‌بندی [۱۱] معادل هورنبلند چرماکیتی است. همچنین محاسبه‌ی داده‌های ریزپرداز نمونه‌ی 31/B1H با ۹۳-۹۶ نقطه آنالیز (جدول ۲) با میانگین فرمول زیر تعریف می‌شوند

$$\text{Ca}_{1.96}(\text{Na}_{0.29}, \text{K}_{0.05})(\text{Mg}_{2.94}, \text{Fe}^{+2}_{2.09}, \text{Mn}_{0.03}, \text{Al}_{0.11}, \text{Ti}_{0.01})[(\text{OH})_2(\text{Al}_{0.64}, \text{Si}_{7.34})\text{O}_{22}]$$
 برای تعیین میانگین فرمول هورنبلند نسل دوم در نمونه‌های 31/B1H با ۹۴، ۹۷ و ۱۹۹ نقطه آنالیز و نیز 38/B1H با ۵۴ و ۵۶ نقطه آنالیز استفاده شد که میانگین فرمول زیر بدست آمد:

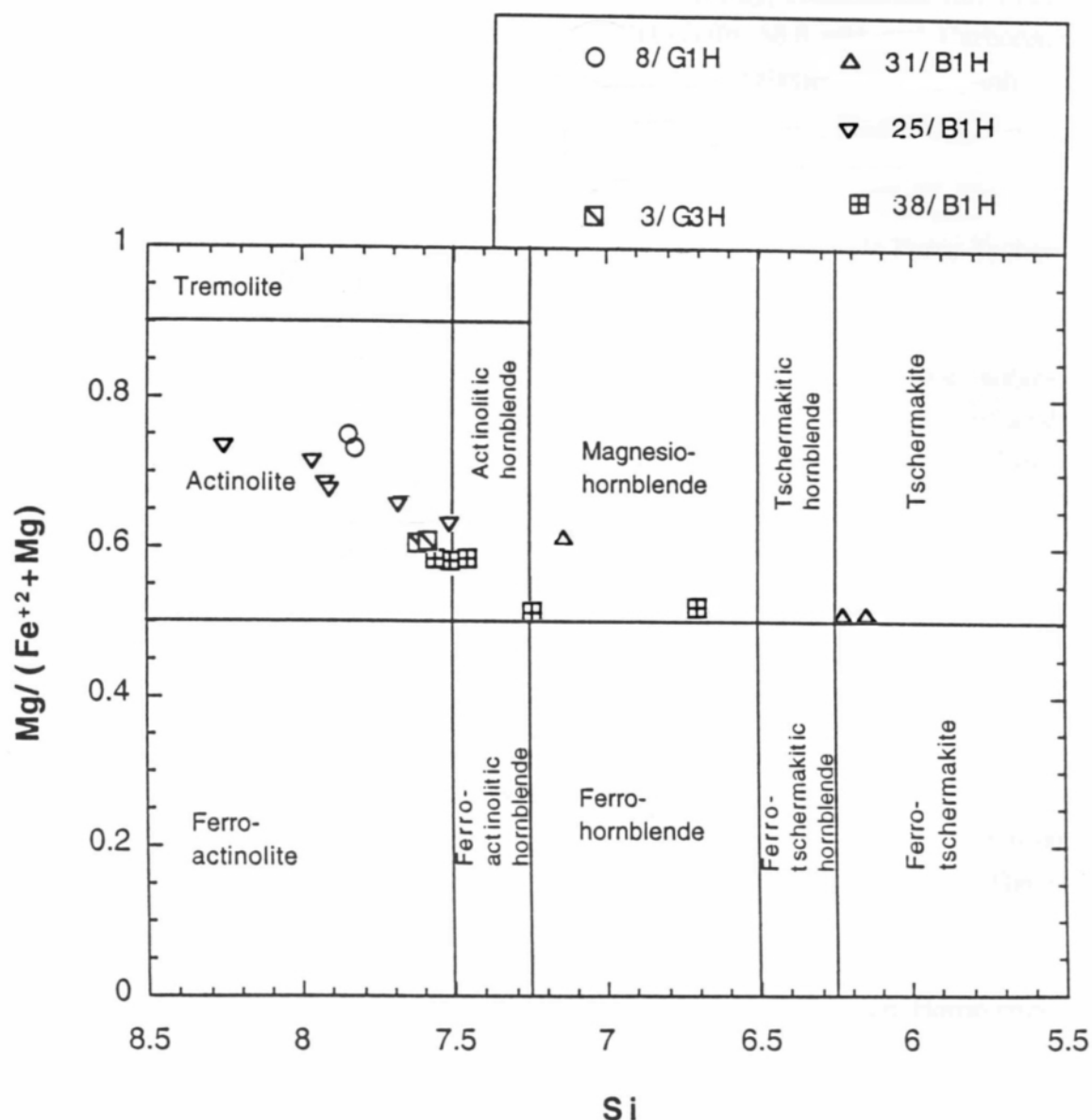
$$\text{Ca}_{1.90}(\text{Na}_{0.49}, \text{K}_{0.11})(\text{Mg}_{2.5}, \text{Fe}^{+2}_{2.20}, \text{Mn}_{0.03}, \text{Al}_{0.41}, \text{Ti}_{0.03})[(\text{OH})_2(\text{Al}_{1.51}, \text{Si}_{6.85})\text{O}_{22}]$$
 که معادل با مگنزیوهورنبلند است (شکل ۷).

نسل اول دارای بافت جریان‌ی است (شکل ۶). بلورهای ساقه‌ای به‌طور نیمه موازی منظم شده‌اند و اندازه‌ی دانه‌ها حداکثر تا به ۱ میلی‌متر می‌رسد. هورنبلند رنگ سبزآبی تا زرد مایل به سبز و چندرنگی واضح نشان می‌دهد.

هورنبلند نسل دوم ناشی از باز تبلور نسل اول است و برخی از آن‌ها بزرگ و شکل‌دارند. رنگ آن آبی تا زرد مایل به قهوه‌ای روشن با چندرنگی واضح است. از دیگر کانی‌های موجود در هورنبلندی‌های جریان‌ی می‌توان از پلاژیوکلاز که هم به صورت بلورهای نسبتاً درشت و هم به صورت ریزدانه که زمینه را اشغال می‌کنند نام برد. پلاژیوکلازهای زمینه اغلب بی‌شکل و مدورند. درشت‌بلورهای پلاژیوکلاز معمولاً نیمه‌شکل‌دارند و گاهی شکل‌دار و به صورت دوقلو دیده می‌شوند. هورنبلند، درشت‌بلورهای پلاژیوکلاز را شبکه مانند پوشانده است و دارای میانبارهایی از هورنبلند و آپاتیت است (براساس جدول ۳ پلاژیوکلازها از ۹۶/۱۱-۹۰/۸۱ درصد مولی از آلبیت، ۸/۶۸-۳/۳۲ درصد مولی آنورتیت و ۰/۵۷-۰/۲۹ درصد مولی از ارتوکلاز تشکیل شده‌اند). تورمالین هم به‌صورت منشورهای نیمه‌شکل‌دار با منطقه‌بندی و چندرنگی واضح در سه افق بالای هورنبلندیت جریان‌ی ظاهر می‌شود به‌طوری که بیش از ۱۰٪ سنگ را اشغال می‌کند و در افق‌های پایینی تنها به‌صورت ناچیز دیده می‌شود. بیوتیت در هورنبلندی‌های جریان‌ی تنها به طور موضعی در حد ناچیز ظاهر می‌شود. آپاتیت تنها به‌صورت



شکل ۶ تصویر میکروسکوپی از هورنبلندیت با بافت جریان‌ی کانسار باباعلی، نمونه‌ی 38/B1H، عمق ۳۸ متری.

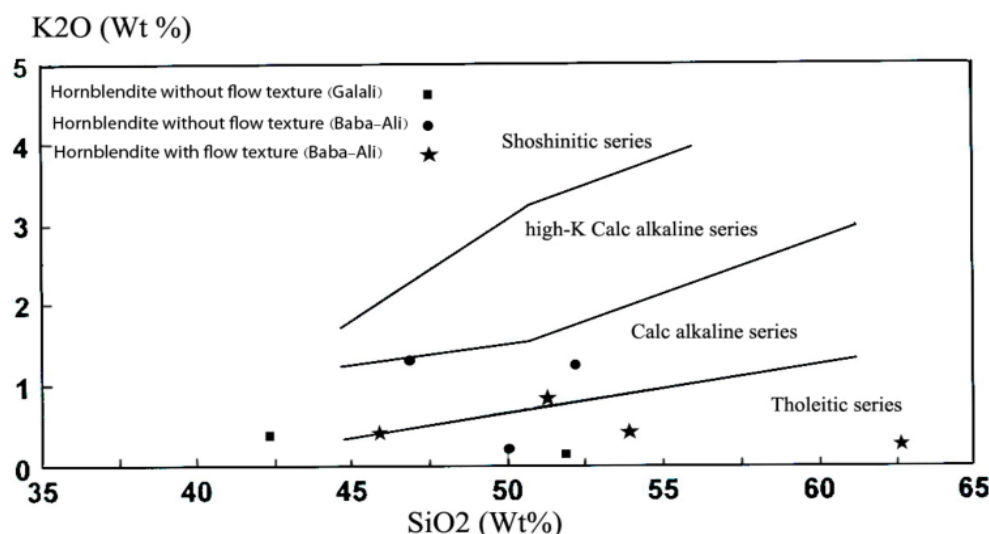


شکل ۷ تعیین ترکیب آمفیبول‌های موجود در هورنبلندیت‌های مناطق مورد بررسی گلالی و باباعلی براساس رده‌بندی [۱۱].

ژئوشیمی هورنبلندیت

با تکیه بر تجزیه‌های شیمیایی (جدول ۵) و بر اساس رده‌بندی [۱۲] (شکل ۸)، هورنبلندیت‌های با بافت جریان‌ی باباعلی غالباً در گستره‌ی آهکی-قلیایی و نیز در گستره‌ی سری تولییتی کم‌پتاسیم قرار می‌گیرند. هورنبلندیت‌های بدون بافت جریان‌ی گلالی در گستره‌ی سری آهکی-قلیایی هستند در حالی که هورنبلندیت بدون بافت جریان‌ی باباعلی در گستره‌ی سری تولییتی کم‌پتاسیم قرار می‌گیرد.

برای بررسی ژئوشیمیایی این سنگ‌ها هفت نمونه (مطابق جدول ۵) با XRF تجزیه شدند و هریک از گونه‌ها به‌طور مستقل مورد تحلیل قرار گرفتند. نمونه‌های 3/G3H، 8/G1H و 25/B1H وابسته به هورنبلندیت بدون بافت جریان‌ی و تنها یک نسل آمفیبول دارند. این هورنبلندیت با هورنبلندیت نوع II همخوانی دارد و بر اساس شیمی کانی و رده‌بندی [۱۱] اساساً از نوع اکتینولیت و به مقدار ناچیز هورنبلند اکتینولیتی است. با مقایسه‌ی ترکیب شیمیایی هورنبلندیت (نمونه‌ی 8/G1H) از گلالی و نمونه‌ی 25/B1H از باباعلی تفاوت‌هایی به شرح زیر



شکل ۸. رده‌بندی هورنبلندیت‌ها با استفاده از نمودار K_2O نسبت به SiO_2 [۱۲].

جریانی مقداری Zr ، Sr و Ba نسبت به هورنبلندیت‌های بدون بافت جریانی نشان می‌دهد.

با تکیه بر تجزیه‌ی شیمیایی جدول ۵ و بر اساس رده‌بندی [۱۲] K_2O نسبت به SiO_2 (شکل ۸)، هورنبلندیت‌های بدون بافت جریانی باباعلی غالباً در گستره‌ی سری آهکی-قلیایی قرار می‌گیرند. در حالی که هورنبلندیت با بافت جریانی در سری تولئیتی کم‌پتاسیم به حساب می‌آید.

برداشت

با توجه به بررسی‌های انجام‌شده روی نمونه‌های دو کانسار آهن گلالی و باباعلی، می‌توان نتیجه گرفت که هورنبلندیت‌ها (با بافت جریانی و بدون بافت جریانی) از سنگ‌های آهکی-قلیایی و تولئیتی هستند (شکل ۸) و همین‌طور به‌صورت میانبارهای تشکیل‌شده از مجموعه‌ای هورنبلند در مگنتیت ظاهر می‌شوند. در درون برخی از اکتینولیت‌ها که تنها کانی تشکیل‌دهنده‌ی هورنبلندیت بدون بافت جریانی است بقایای دیوپسید یافت می‌شود. از این‌رو شاید بتوان گفت که این هورنبلندیت‌ها از یک پیروکسنیت ناشی شده باشند. با مقایسه‌ی ترکیب پیروکسن (جدول ۴ متأثر از نمونه‌ی ۸/G1H) با اکتینولیت‌های ناشی از آن (همان نمونه‌ی ۸/G1H) آشکار می‌شود که از تبدیل پیروکسنیت به هورنبلندیت باید آهن افزایش یافته باشد (دیوپسید ۶ درصد وزنی FeO و اکتینولیت ۱۱ درصد وزنی

قابل مشاهده است. هورنبلندیت گلالی Fe ، MnO ، Na_2O ، Zn ، Ni و Co کمتری نسبت به هورنبلندیت باباعلی نشان می‌دهد. در مقابل مقادیر CaO ، Al_2O_3 ، Fe_2O_3 ، TiO_2 ، Zr ، Sr و Cr ، V و Sc در هورنبلندیت گلالی به مراتب بیشتر از هورنبلندیت باباعلی است.

هورنبلندیت با بافت جریانی که تنها در کانسار باباعلی یافت می‌شود، دو نسل از هورنبلند در آن قابل اثبات است که نسل قدیمی‌تر از هورنبلندهای اکتینولیتی یا چرماکیتی تشکیل یافته است. هورنبلند نسل جوان که ناشی از باز تبلور نسل اول است از نوع مگنزیه‌هورنبلند است.

با توجه به مقایسه‌ی ترکیب سنگ‌ها، نوسان‌هایی در ترکیب اصلی آن مشاهده می‌شود و می‌توان نتیجه گرفت که نوسان مقادیر Ca ، Ti ، Zr ، Sr تابع ژرفا هستند. به عبارتی سنگ‌ها با افزایش ژرفا در مقادیر عناصر نام برده افزایش نشان می‌دهند، در حالی که مقدار H_2O در نمونه‌ی روندی عکس نشان می‌دهد.

با مقایسه‌ی ترکیب شیمیایی هورنبلندیت‌های باباعلی با هم (با بافت جریانی و بدون بافت جریانی) می‌توان نتیجه گرفت که میانگین هورنبلندیت‌های با بافت جریانی کمتر از SiO_2 ، FeO ، CaO و MgO نسبت به هورنبلندیت بدون بافت جریانی است، ولی مقدار بیشتری از Al_2O_3 ، Fe_2O_3 ، Na_2O و TiO_2 نسبت به هورنبلندیت بدون بافت جریانی دارند. عناصر کمیاب با بافت

[5] Mandal A., Ray A., "Petrology of mafic-ultramafic rocks along north purulya shear zone west Bengal", Journal of the Geological Society of India, 74 (2009).

[۶] آقانباتی ع، "زمین شناسی ایران"، سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور (۱۳۸۳)، ۷۰۹ صفحه.

[۷] درویش زاده ع، "زمین شناسی ایران"، انتشارات امیرکبیر (۱۳۷۰)، ۴۳۱ صفحه.

[8] Stoekline J., "Structural history and tectonic of Iran, are view", American Association of Petroleum Geology Bullein, 52 (1968).

[۹] شرکت ملی فولاد ایران (NISCO)، "گزارش منتشر نشده در مورد کنسارهای آهن غرب کشور- همدان"، (۱۹۹۱).

[10] Younessi R., "Erzmikroskopische und geochemische Untersuchungen an der Magnetit-Apatit-Lagerstätte (kiruna-Typ) von Hamadan (Sananadaj-Sirjan zone, west-Iran)", Dissertation zur Erlangung des Doktorgrades der Mathematisch-naturwissenschaftlichen Fachbereiche der Georg-August-universität, Zu. Goettingen.

[11] Leake B. E., Woolley A. R., Birch W. D., et al., "Nomenclature of amphiboles, report of the Subcommittee on Amphiboles of the international mineralogical association commission on new minerals and mineral names", European Journal of Mineralogy, 9 (1997) 623-651.

[12] Peccerillo A., Taylor S. R., "Geochemistry of Eocene calc-alkaline volcanic rocks from the Kastamonu area, northern Turkey", Contributions to Mineralogy and Petrology, 58(1976) 63-81.

[13] Wooley A. R., "The spatial and temporal distribution of Carbonatites, genesis and evolution", Acad. Div. Unwin Hyma Ltd, London, 15-37 (1989).

[14] Sweeney R. j., Green D. H., Sie S.H., "Trace and minor element portioning between garnet and amphibole and carbonatitic melt", Earth and Planetary Science Letters, 113 (1992) 1-14.

FeO دارند). علاوه بر این برای تشکیل اکتینولیت باید H_2O لازم در محیط برای واکنش وجود داشته باشد. در مقابل باید CaO انتقال یافته باشد (دیوپسید $۲۴/۶$ درصد وزنی CaO و اکتینولیت $۱۳/۱$ درصد وزنی CaO دارند). در مقدار SiO_2 و Al_2O_3 تنها اندکی، در حدود $۱/۲$ درصد وزنی، تفاوت دیده می شود، در حالی که مقدار MgO ثابت باقی می ماند.

در مورد حضور مذاب های کربناتیته دو نظریه ارائه شده است:

- کربناتیت ها ناشی از ریفت قاره ای هستند [۱۳].
- کربناتیت ها علاوه بر محیط های ریفتی قاره ای می توانند در محیط های فرورانشی نیز ایجاد شوند [۱۴].

با توجه به اینکه در مناطق مورد بررسی در این پژوهش کربناتیت ها همراه با هورنبلندیت هایی یافت شده اند که بیشتر به سرهای ماگمایی آهکی - قلیایی و تولیتی کم پتاسیم وابسته اند، فرضیه ی دوم که ایجاد کربناتیت ها را در ارتباط با نواحی فرورانشی می داند با خاستگاه زمین ساختی منطقه ی مورد بررسی سازگاری بیشتری دارد.

قدردانی

از آقای پروفیسور آرنو موکه و بخش ژئوشیمی دانشگاه گوتینگن جهت انجام آزمایشات سپاسگزاری می شود.

مراجع

[1] Muecke A., Younessi R., " Magnetite-apatite deposit (Kirona-type) along the Sannandaj-Sirjan in the Bafq area, Iran, associated with ultramafic and calc-alkaline rocks and carbonatites", Mineralogy and Petrology, 50 (1994).

[۲] قربانی م، "دیباچه ای بر زمین شناسی اقتصادی ایران"، پایگاه ملی داده های ملی علوم زمین کشور (۱۳۶۰).

[۳] کریم پور م. ح، ملک زاده آ، حیدریان م. ر، "اکتشاف ذخایر معدنی"، انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد. (۱۳۸۴)، ۴۵۳ صفحه.

[4] Ehlers E. G., Blatt H., "Petrology of igneous, sedimentary and metamorphic rocks", W.H. Freeman and company, sanFrancisco, 732pp.