



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

فرهاد آلیانی<sup>۱\*</sup>، رضا یونسی<sup>۲</sup>، آرنوموکه<sup>۳</sup>، میرمحمد میری<sup>۱</sup>

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 ماکروسکوپی 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 تولئیتی 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

نظر به اینکه زون سنندج-سیرجان نوعی کافت درون قاره-ای است و تکاپوی ماگمازایی و پدیده‌ی دگرگونی عواملی موثر

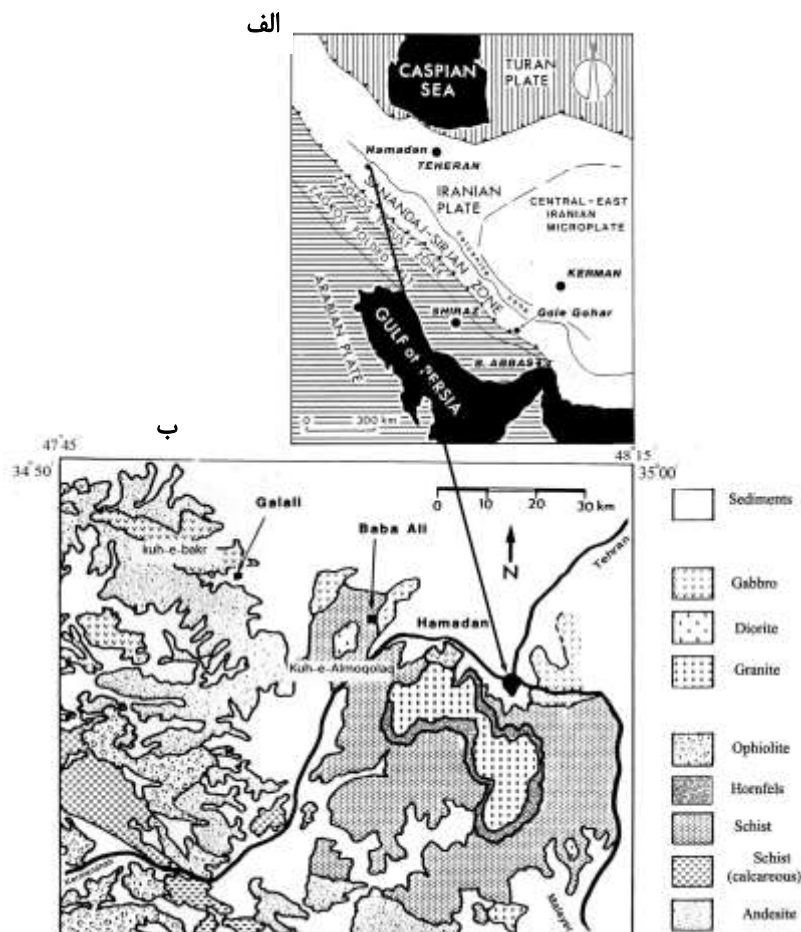
رودخانه‌ای سنگ‌های غالب این منطقه‌اند که روی سنگ‌های ژوراسیک قرار گرفته‌اند.

سنگ‌های کربناتیتهی که معمولاً بیان‌کننده‌ی یک کافت درون-قاره‌ای اند، (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.

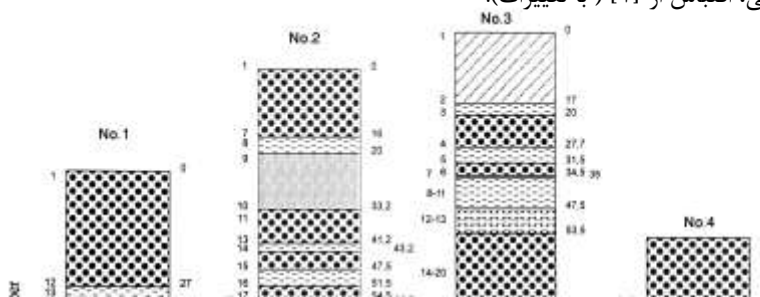
با استناد به حضور هورنبلندیت در مجموعه سنگ‌های مافیک و الترامافیک که نشان دهنده‌ی علائم برش و دگرگونی پس‌رونده است [۵] و با توجه به حضور این سنگ در ژرفاهای مختلف، از گمانه‌های پی‌جویی این دو نهشته (شکل ۱ و ۲) می‌توان گفت که خاستگاه نهشته‌های آهن این مناطق در ماگمازایی و عوامل زمین‌ساختی وابسته بوده است.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

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 آن‌را همراهی کنند.

گدازه‌های زاینده‌ی این نهشته‌ها می‌توانند از دو فرآیند مستقل از یکدیگر ریشه گرفته باشند: الف) به خاطر حضور



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



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

#### 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 ریزورق-های 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 انفعال‌ها و نیز ذوب‌بخشی پوسته‌ی اقیانوسی نئوتتیس، ولکانیسم و ماگماتیسم قاره‌ای کمربند

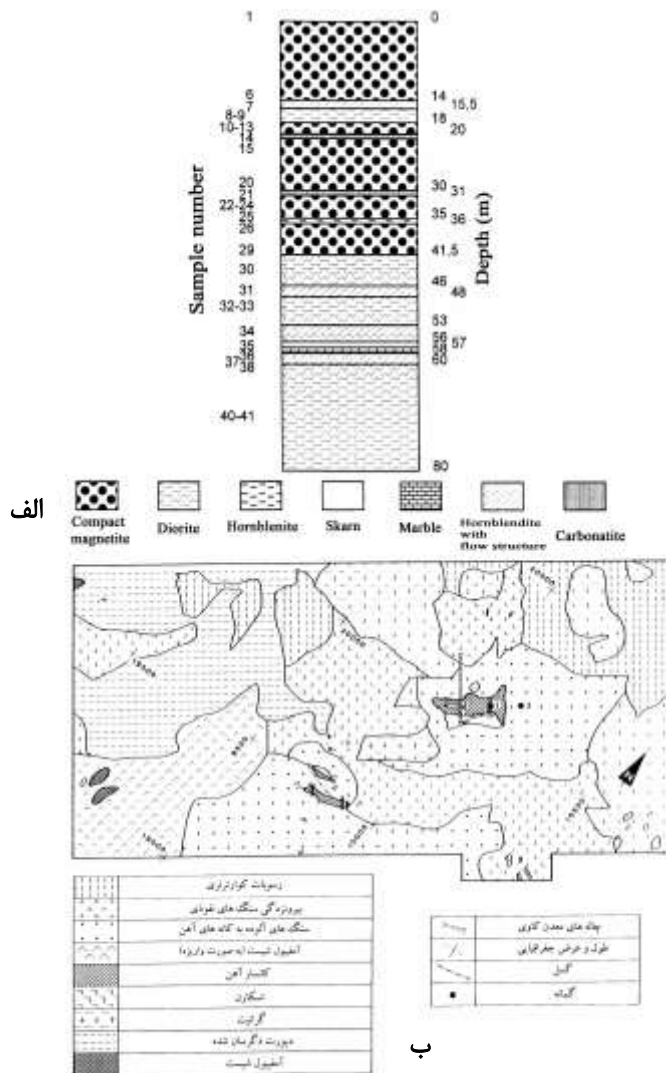
ارومیه-دختر طی دوره‌ی سنوزوئیک در شمال شرقی زون سنندج-سیرجان شکل گرفته است.

با توجه به اینکه منطقه‌ی مورد مطالعه در زون سنندج-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.

در بخش جنوبی کانسار و در کنار سنگ‌های نفوذی، اسکارن رخنمون دارد که به فراوانی اپیدوت و گارنت (۸۹/۸٪ مولی آندرادیت، ۷/۹٪ مولی گراسولار، ۰/۹٪ مولی اسپسارتین و

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 کوارتزنی 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 با ضخامت ۱٫۵، ۲، ۳ و ۲ متر و تنها یک افق هورنبلندیتی بدون بافت جریان‌ی با ضخامت یک متر مشاهده می‌شود (شکل ۳).

۱٪ مولی پیروپ) 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 به صورت ۴ گمانه‌ی پی‌جویی در کانسار گلالی گرفته شد، و موقعیت هر یک 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 گمانه‌ی چهارم G4H تنها ۲ افق هورنبلندیتی با ضخامت ۱ و ۲٫۵ متر ظاهر می‌شوند.



سی کانسار باباعلی [۱۰].

شکل ۳ الف) نیمرخ گمانه

روش بررسی

مجهز به ۶ طیفسنج ( $2 \times \text{LIF}$ ،  $2 \times \text{PET}$  و  $2 \times \text{TAP}$ ) با ولتاژ شتاب دهنده ۲۵ کیلو ولت، شدت جریان ۲۰-۲۵ نانوآمپر 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 فیلپس PW1480 با آند Rh و با ولتاژ ۶۰ کیلو ولت و جریان ۴۵ mA مستقر در همان دانشگاه انجام گرفت (جدول ۵).

پس از انتخاب نمونه‌های هورنبلندی از افق‌های متفاوت، مغزه‌های چهار گمانه از گلالی و یک گمانه‌ی از بابعلی 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

جدول ۱. نتایج تجزیه‌ی ریزپردازی از آمفیبول هورنبلندیت 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 <sub>2</sub>	۵۴٫۲۷	۵۵٫۳۷	۵۱٫۰۷	۵۰٫۹۹
TiO <sub>2</sub>	۰	۰	۰٫۰۲	۰
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	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 <sub>2</sub> O	۰	۰	۰٫۴۴	۰٫۲۹
K <sub>2</sub> O	۰	۰	۰٫۰۸	۰٫۱۳
H <sub>2</sub> O محاسبه شده	۲٫۰۷	۲٫۱۱	۲٫۰۱	۲٫۰۱۴
جمع محاسبه شده	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 <sup>2+</sup>	۱٫۳۵۸	۱٫۳۷۷	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 ریزپردازی از آمفیبول هورنبلندیت بابعلی.

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	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	Am
SiO2	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	
TiO2	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	
Al2O3	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	
Na2O	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	
K2O	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	
H2O 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
Al	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
Fe2+	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	۰,۰۲۶	۰,۰۳۲	۰,۰۳۴	۰,۰۳۶	۰,۰۲۹	۰,۰۳۱	۰,۰۳۳	۰,۰۳۵	۰,۰۳۵	۰,۰۳۴	۰,۰۳۲	۰,۰۳۲	۰,۰۲۲	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	۰,۰۶۵	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 ۴ نتایج تجزیه‌ی ریزپردازشی میانبرهای پیروکسنی در آمفیبول هورنبلندیت گلالی

شماره‌ی نمونه	8/G1H	8,G1 H	8,G1H
نقاط آنالیز	۵۲	۵۴	۵۶
کانی	Px	Px	Px
SiO <sub>2</sub>	۵۱,۴۴	۵۰,۵۲	۵۴,۲
Ti O <sub>2</sub>	۰,۲۹	۰,۲۲	۰,۲۲
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	۲,۰۳	۰,۰۲	۱,۹
آنالیز FeO	۶,۱۶	۶,۷۶	۴,۹۳
محاسبه شده Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	۶,۸۵	۷,۵۱	۴,۴۳
محاسبه شده 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 <sub>2</sub> O	۰,۲۳	۰,۱۳	۰,۱۶
جمع	۱۰۲,۶	۱۰۲,۵	۱۰۳,۸
*جمع محاسبه شده	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 <sup>+3</sup>	۰,۱۸	۰,۲۰	۰,۱۲
Fe <sup>+2</sup>	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 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 <sub>2</sub>	۶۶,۶	۶۷,۳	۶۷,۴	۶۶,۸
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	۲,۰۵	۱,۹۵	۱,۹۲	۱,۹۴
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 <sub>2</sub> O	۱۱,۱	۱۱,۱	۱۰,۷	۱۰,۴
K <sub>2</sub> 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 <sup>+2</sup>	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 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 <sub>2</sub>	۴۲٫۴	۴۶٫۹	۴۵٫۸	۳۰٫۴	۳۹٫۸	۵۲٫۱	۵۰٫۰	۵۰٫۷
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	۱۴٫۶	۱۶٫۲	۳٫۱۷	۵٫۲۸	۱۲٫۴	۳٫۰۳	۸٫۶۷	۱۶٫۸
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	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 <sub>2</sub> O	۲٫۶۲	۴٫۲	۳٫۹۹	<۰٫۲	۰٫۲۴	۰٫۶۲	۳٫۱۳	۳٫۶۴
K <sub>2</sub> O	۰٫۳۹	۱٫۳	۰٫۳۸	۰٫۱۲	۰٫۲۷	۰٫۱۳	۰٫۳۸	۱٫۷۱
H <sub>2</sub> O-	۰٫۱۵	۰٫۱۷	۳٫۶۶	۰٫۰۷	۰٫۲۶	۰٫۱۱	۰٫۱۵	۰٫۱۶
H <sub>2</sub> O+	۰٫۶۵	۱٫۹	۷	۱٫۳۸	۲٫۵۸	(۱٫۶۹)	(۱٫۲۷)	۱٫۶۰
TiO <sub>2</sub>	۳٫۰۸	۲٫۲۸	۱٫۷۲	۰٫۳۵	۱٫۰۱	۰٫۰۷	۱٫۷۸	٫۳
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	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

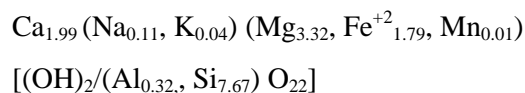
## کانسار گلالی

در کانسار گلالی، هورنبلندیت در همه ی 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 به طوری که بلورهای نیمه شکل‌دار با اندازه‌های متفاوت به صورت 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 نشست (مگنیتیت) تشکیل یافته است.

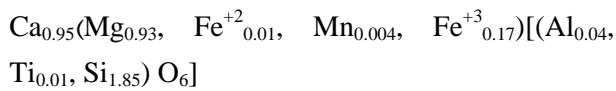
اکتینولیت به عنوان شکل دهنده‌ی اصلی هورنبلندیت غالباً به صورت نیمه شکل‌دار تا بی‌شکل با اندازه‌های متفاوت حداکثر (۰/۶ میلی‌متر) ظاهر می‌شود. رنگ آن سبز تا آبی و دارای پلوکروئیسیم واضح است. اکتینولیت گاهی بقایایی از دیوپسید نشان می‌دهد و برخی از اکتینولیت‌ها با رخ آمفیبولی مشخص می‌شوند. اکتینولیت متأثر از فرآیندهای دگر نهادی، اغلب با کلریت و اپیدوت جایگزین می‌شود، به طوری که 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 به صورت زیر است



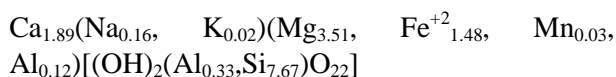
تیتانیت در هورنبلندیت به صورت نامنظم پراکنده است، اغلب بی‌شکل و گاهی به طور موضعی و جدا از هم و شکل‌دار رشد یافته است.

## کانسار باباعلی

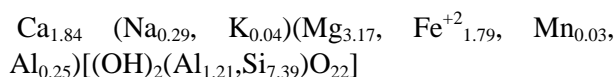
در طول تنها نیمرخ گمانه‌ی باباعلی (B1H) افق‌های هورنبلندیتی کاملاً متفاوتی دیده می‌شوند. افق باریک ۱ متری در ژرفای ۳۶-۳۵ متری هورنبلندیت از نوع گلالی (نوع دوم) [۱۱] حضور دارند. این افق دارای قطعات بیگانه‌ای از اپیدوت است که افق‌های مگنیتیتی فشرده‌ی بالا و پایین را قطع می‌کند. رگچه‌های هورنبلندیتی، در مرز مشترک نیز در افق‌های مگنیتیتی نفوذ کرده‌اند.

سنگ به رنگ سبز خاکستری، ریز تا میان دانه است و بافت دانه‌ای بدون راستای معینی رانشان می‌دهد (شکل ۵). اکتینولیت به عنوان تشکیل دهنده‌ی اصلی، غالباً شکل‌دار تا نیمه‌شکل‌دار 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 پلوکروئیسیم واضح است. دیگر کانی‌های موجود در این سنگ، تیتانیت (به صورت ناچیز)، کانی‌های فلزی (مگنیتیت و ایلمنیت) تورمالین در درز و شکاف هورنبلندیت ظاهر می‌شوند.

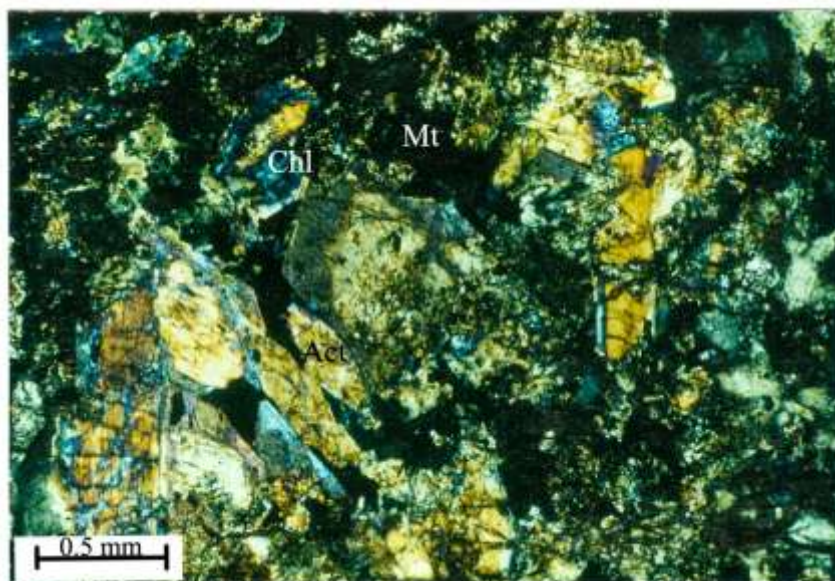
با توجه به داده‌های به دست آمده از ریزپرداز (جدول ۲) روی نمونه‌ها (25/B1H) با ۳۵ تا ۴۰ نقطه‌ی آنالیز و بر اساس شیوه‌ی رده‌بندی [۱۱] بر روی آمفیبول، ترکیب شیمیایی میانگین معادل اکتینولیت است.



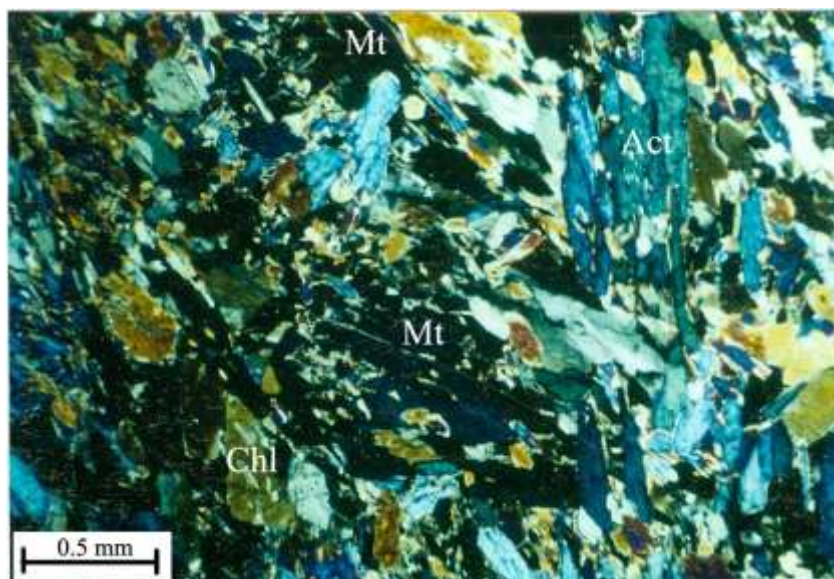
به عبارتی هورنبلند اکتینولیتی با میانگین فرمول



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 اکتینولیتی بدون بافت جریان‌ی کانسار باباعلی، نمونه‌ی 25/B1H، عمق ۳۶ متری.

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،

#### هورنبلندیت‌های با ساخت جریان‌ی

هورنبلندیت‌های با ساخت جریان‌ی یا هورنبلندیت نوع III [۱] با چهار افق در ژرفای ۱۴-۱۵/۵، ۴۶-۴۸، ۵۳-۵۶ 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

میانبرهای شکل دار در پلاژیوکلاز دیده می شود. از کانی های فلزی می توان 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 داده های ریزپرداز برای نمونه ی 38/B1H با ۵۹-۶۰ نقطه آنالیز (جدول ۲) میانگین فرمول آن به صورت زیر است  
 $Ca_{1.89}(Na_{0.16}, K_{0.02})(Mg_{3.51}, Fe^{+2}_{1.48}, Mn_{0.03}, Al_{0.12}, Ti_{0.01})[(OH)_2(Al_{0.33}, Si_{7.67})O_{22}]$   
 که بر اساس رده بندی [۱۱] معادل هورنبلند چرماکیتی است. همچنین محاسبه ی داده های ریزپرداز نمونه ی 31/B1H با ۹۳-۹۶ نقطه آنالیز (جدول ۲) با میانگین فرمول زیر تعریف می شوند

$Ca_{1.96}(Na_{0.29}, K_{0.05})(Mg_{2.94}, Fe^{+2}_{2.09}, Mn_{0.03}, Al_{0.11}, Ti_{0.01})[(OH)_2(Al_{0.64}, Si_{7.34})O_{22}]$

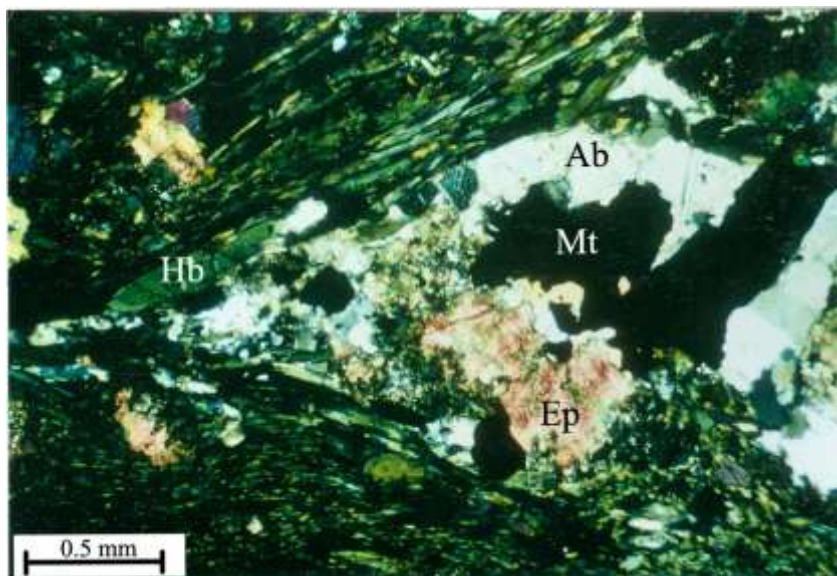
برای تعیین میانگین فرمول هورنبلند نسل دوم در نمونه های 31/B1H با ۹۴، ۹۷ و ۱۹۹ نقطه آنالیز و نیز 38/B1H با ۵۴ و ۵۶ نقطه آنالیز استفاده شد که میانگین فرمول زیر بدست آمد:

$Ca_{1.90}(Na_{0.49}, K_{0.11})(Mg_{2.5}, Fe^{+2}_{2.20}, Mn_{0.03}, Al_{0.41}, Ti_{0.03})[(OH)_2(Al_{1.51}, Si_{6.85})O_{22}]$

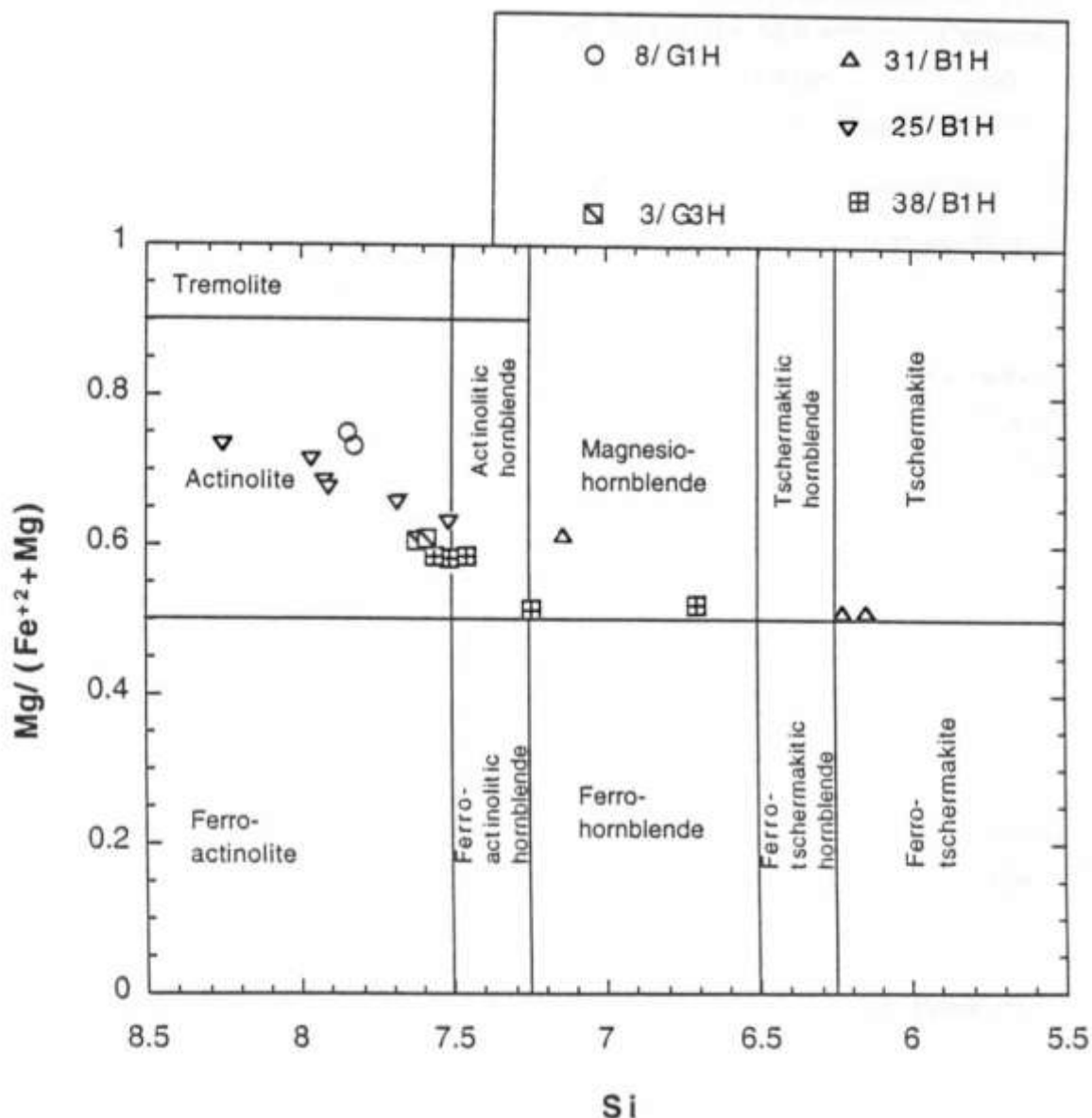
که معادل با مگنزیوهورنبلند است (شکل ۷).

نسل اول دارای بافت جریانیه است (شکل ۶). بلورهای ساقه ای به طور نیمه موازی منظم شده اند و اندازه ی دانه ها حداکثر تا به ۱ میلی متر می رسد. هورنبلند رنگ سبزآبی تا زرد مایل به سبز و چندرنگی واضح نشان می دهد.

هورنبلند نسل دوم ناشی از باز تبلور نسل اول است و برخی از آن ها بزرگ و شکل دارند. رنگ آن آبی تا زرد مایل به قهوه ای روشن با چندرنگی واضح است. از دیگر کانی های موجود در هورنبلندیت های جریانیه می توان از پلاژیوکلاز که هم به صورت بلورهای نسبتاً درشت و هم به صورت ریزدانه که زمینه را اشغال می کنند نام برد. پلاژیوکلازهای زمینه اغلب بی شکل و مدورند. درشت بلورهای پلاژیوکلاز معمولاً نیمه شکل دارند و گاهی شکل دار و به صورت دوقلو دیده می شوند. هورنبلند، درشت بلورهای پلاژیوکلاز را شبکه مانند پوشانده است و دارای میانبرهایی 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 ۰/۲۹-۰/۵۷ درصد مولی از ارتوکلاز تشکیل شده اند). تورمالین هم به صورت منشورهای نیمه شکل دار با منطقه بندی و چندرنگی واضح در سه افق بالای هورنبلندیت جریانیه ظاهر می شود به طوری که بیش از ۱۰٪ سنگ را اشغال می کند و در افق های پایینی تنها به صورت ناچیز دیده می شود. بیوتیت در هورنبلندیت های جریانیه تنها به طور موضعی در حد ناچیز ظاهر می شود. آپاتیت تنها به صورت



شکل ۶ تصویر میکروسکوپی از هورنبلندیت با بافت جریانیه کانسار باباعلی، نمونه ی 38/B1H، عمق ۳۸ متری.

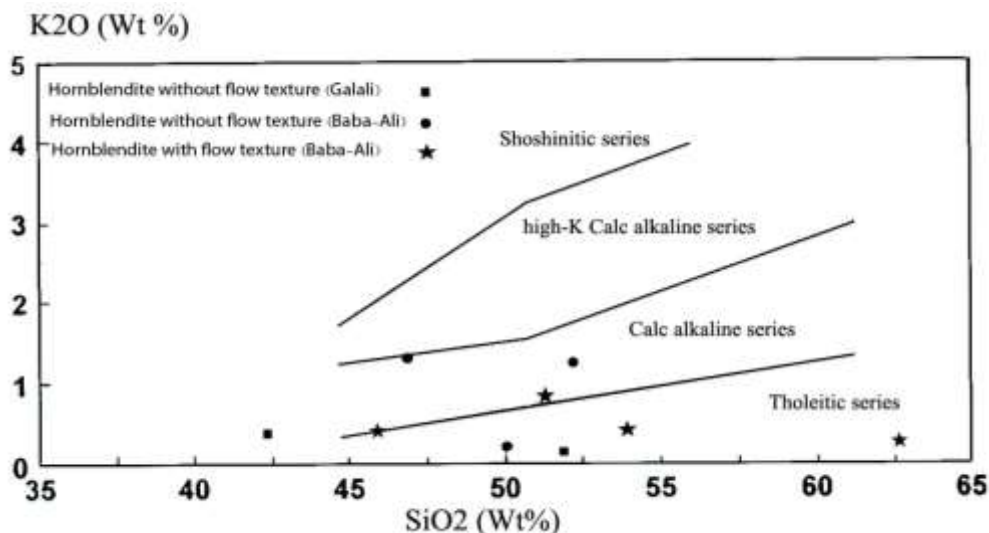


شکل ۷ تعیین ترکیب آمفیبول‌های موجود در هورنبلندیت‌های مناطق مورد بررسی گلالی و باباعلی براساس رده‌بندی [۱۱].

**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. رده بندی هورنبلندیت‌ها با استفاده از نمودار  $K_2O$  نسبت به  $SiO_2$  [۱۲].

جریانی مقداری  $Zr$ ،  $Sr$ ،  $V$  و  $Ba$  نسبت به هورنبلندیت‌های بدون بافت جریانی نشان می‌دهد. با تکیه بر تجزیه‌ی شیمیایی جدول ۵ و بر اساس رده بندی [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 تولییتی کم‌پتاسیم به حساب می‌آید.

#### برداشت

با توجه به بررسی‌های انجام شده 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 تولییتی هستند (شکل ۸) و همین‌طور به صورت میانبرهای تشکیل شده از مجموعه‌ای هورنبلند در مگنتیت ظاهر می‌شوند. در درون برخی از اکتینولیت‌ها که تنها کانی تشکیل دهنده‌ی هورنبلندیت بدون بافت جریانی است بقایای دیوپسید یافت می‌شود. از این رو شاید بتوان گفت که این هورنبلندیت‌ها از یک پیروکسینیت ناشی شده باشند. با مقایسه‌ی ترکیب پیروکسین (جدول ۴ متاثر از نمونه‌ی 8/G1H) با اکتینولیت‌های ناشی از آن (همان نمونه‌ی 8/G1H) آشکار می‌شود که از تبدیل پیروکسینیت به هورنبلندیت باید آهن افزایش یافته باشد (دیوپسید ۶ درصد وزنی  $FeO$  و اکتینولیت ۱۱ درصد وزنی

قابل مشاهده است. هورنبلندیت گلالی  $Na_2O$ ،  $MnO$ ،  $Fe$ ،  $Zn$ ،  $Ni$  و  $Co$  کمتری نسبت به هورنبلندیت باباعلی نشان می‌دهد. در مقابل مقادیر  $Al_2O_3$ ،  $CaO$ ،  $Fe_2O_3$ ،  $TiO_2$ ،  $Zr$ ،  $Sr$ ،  $V$ ،  $Cr$  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 مگنتیوهورنبلند 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  $Si_2O$ ،  $FeO$ ،  $CaO$  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] آقائباتی ع، "زمین‌شناسی ایران"، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور (۱۳۸۳)، ۷۰۹ صفحه.

[۷] درویش‌زاده ع، "زمین‌شناسی ایران"، انتشارات امیرکبیر (۱۳۷۰)، ۴۳۱ صفحه.

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

[۹] شرکت ملی فولاد ایران (NISCO)، "گزارش منتشر نشده در مورد کانسارهای 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 partitioning 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 می‌شود، در حالی که مقدار MgO ثابت باقی می‌ماند.

در مورد حضور مذاب‌های کربناتیته دو نظریه ارائه شده است:

- کربناتیت‌ها ناشی از ریفت قاره‌ای هستند [۱۳].
- کربناتیت‌ها علاوه بر محیط‌های ریفتی قاره‌ای می‌توانند در محیط‌های فرورانشی نیز ایجاد شوند [۱۴].

با توجه به اینکه در مناطق مورد بررسی در این پژوهش کربناتیت‌ها همراه با هورنبلندیت‌هایی یافت شده‌اند که بیشتر به سرهای ماگمایی آهکی - قلیایی و تولیتی کم‌پتاسیم وابسته اند، فرضیه ی دوم که ایجاد کربناتیت‌ها را در ارتباط با نواحی فرورانشی می‌داند با خاستگاه زمین‌ساختی منطقه‌ی مورد بررسی سازگاری بیشتری دارد.

#### قدردانی

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

#### 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، "دیباچه‌ای بر زمین‌شناسی اقتصادی ایران"، پایگاه ملی داده‌های ملی علوم زمین کشور (۱۳۶۰).

[۳] کریم‌پور م. ح، ملک‌زاده 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.