Vol. 13, No. 2, 1384/2005 Fall & Winter

Petrography and Geochemistry of minerals in Feldspathoid - bearing rocks, located in north Shahr - babak, west Meiduk village

A. Moradian

Department of geology, University of Kerman, Kerman, Iran
E-mail: moradian@mail.uk.ac.ir

(Received: 7/12/2004, received in revised form: 9/4/2005)

Abstract: The studied volcanic alkaline rocks with 32.7±6 Ma years age are croped out along the south – east of Urumiyeh - Dokhtar Volcanic Belt in Kerman province. Based on the TAS classification these rocks are divided in to tephriphonolite and phonolite which belong to high-K alkaline rocks. These rocks are composed of pyroxene, plagioclase, sanidine, nepheline, analcime and titanomagnetite minerals. Diopside is the only pyroxene identified in the study area. In the most of the phenocrysts the amount of MgO in the core is more than the rims while the amount of FeO is high in the rims. This trend shows a normal fractionation during magmatic evolution. The composition of pyroxene phenocrysts is from $WO_{47.8}$ $En_{38.8}$ $FS_{13.4}$ to $WO_{45.6}$ $En_{35.7}$ $FS_{18.8}$. Sanidine is the only K-feldspar present in these rocks and has a composition ranges from $Or_{62.7}$ to $Or_{93.8}$. Most of the plagioclase phenocrysts have Ca-rich cores and more Na-rich rims which is attributed to normal magmatic fractionation. The composition range of plagioclase is $An_{50.83}$ to $An_{59.2}$. Trapezohedrs of analcime comprise up to 40% of the rocks and the composition of the analcime trapezohedrs are remarkably homogeneous. The analcime is interpreted as having formed by ion-exchange pseudomorphous replacement of primary leucite, either during cooling of the lava or shortly afterwards. Titanomagnetite is a very common equant grain in groundmass of all the studied samples. The Fe-Ti oxide crystals are relatively Ti-rich and are classified as titanomagnetite.

Keywords: *Alkaline rocks, Diopside, Sanidine, Plagioclase, Titanomagnetite.*

[Downloaded from ijcm.ir on 2025-07-03]

[Downloaded from ijcm.ir on 2025-07-03]

سال سیزدهم، شمارهٔ ۲، پاییز و زمستان ۸۴، از صفحهٔ ۲۱۵ تا ۲۲۸

سنگ‌شناسی و ژئوشیمی کانی‌های سنگ‌های فلدسپاتوئیددار غرب روستای میدوک واقع در شمال شهر بابک

عباس مرادیان

گروه زمین شناسی دانشگاه شهید با هنر کرمان
پست الکترونی: moradian@mail.uk.ac.ir

(دریافت مقاله ۱۳۸۳/۹/۱۶ ، دریافت نسخه نهایی ۱۳۸۴/۱/۲۰)

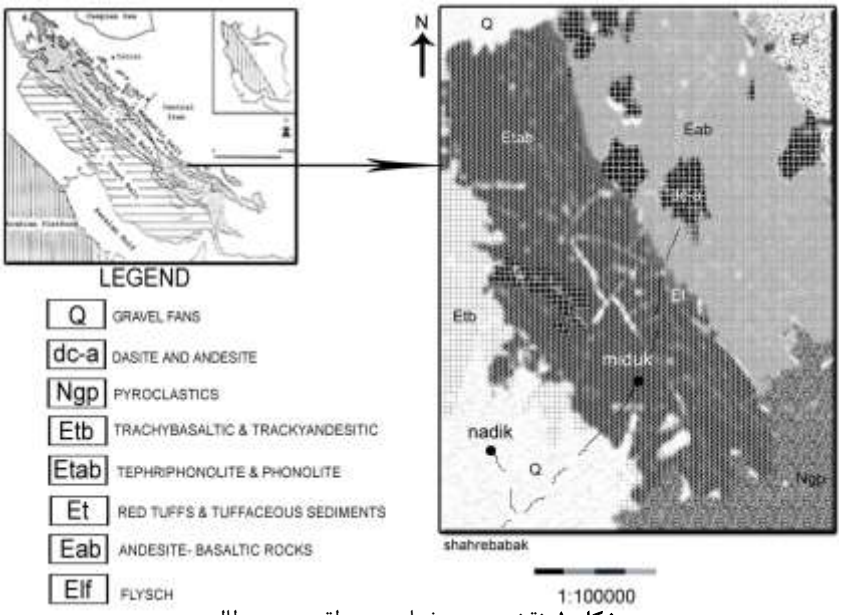
چکیده : سنگ‌های آتشفشانی مورد مطالعه به سن ۶ ± ۳۲/۷ میلیون سال در جنوب شرقی کمربند آتشفشانی ارومیه - دختر واقع در استان کرمان رخنمون دارند. براساس تقسیم بندی TAS این سنگ‌ها به تفری فنولیت و فنولیت تقسیم می‌شوند و جزء رشته سنگ‌های قلیایی غنی از پتاسیم هستند. کانی‌های اصلی تشکیل دهندهٔ سنگ‌های منطقهٔ مورد مطالعه عبارتند از: پیروکسن، پلاژیوکلاز، سانیدین، نفلین، آنالسیم، و تیتانومگنتیت. اوژیت تنها پیروکسن موجود در منطقه است; در اغلب فنوکریست‌های این کانی، MgO در مرکز بلور بیشتر از حاشیه آنهاست؛ در حالیکه مقدار FeO در حاشیه‌ها بیشتر است. این روند نشانگر تفکیک معمولی ماگما در شکل گیری مغناطیس است. ترکیب فنوکریست‌های پیروکسن از $WO_{45.6}\ En_{35.7}\ FS_{18.7}$ تا $WO_{47.8}\ En_{38.8}\ FS_{13.4}$ است. سانیدین تنها فلدسپار پتاسیم موجود در سنگ‌های مورد مطالعه است و دارای ترکیب $Or_{62.7}$ تا $Or_{93.8}$ است. بیشتر فنوکریست‌های پلاژیوکلاژ در مرکز غنی از Ca و در حاشیهٔ غنی از Na است که این به تفکیک معمولی ماگما مطابقت دارد و ترکیب آنها از $An_{50.83}$ تا $An_{59.2}$ متغیر است. ذوذنقه وجهیهای آنالسیم حدود ۴۰ درصد سنگ‌ها را تشکیل می‌دهند و از نظر ترکیب شیمیایی تقریباً همگن هستند. در زمان سرد شدن ماگما یا پس از آن فنوکریست‌های آنالسیم در اثر جابجایی یونی از لوسیت‌های اوّلیه تشکیل شده‌اند .تیتانومگنتیت‌ها به صورت دانه‌هائی گرد در زمینه پراکنده‌اند و به خاطر بالا بودن مقدار TiO_2 و FeO به آنها تیتانومگنتیت می‌گویند.

واژه‌های کلیدی: *سنگ‌های قلیایی، دیوپسید، سانیدین، پلاژیوکلاز، تیتانومگنتیت.*

[Downloaded from ijcm.ir on 2025-07-03]

مقدمه

سنگ‌های فلدسپاتوئیددار به علت گسترش کم و سرشنی‌های کانیهایشان و اظهار نظرهای گوناگونی که دربارهٔ منشأ آنها عنوان شده و نیز ارزش اقتصادی فوق العاده‌ای که دارند همواره مورد توجه زیادی قرار گرفته‌اند. سنگ‌های آتشفشانی مورد مطالعه به سن ۶ ± ۳۲٫۷ میلیون سال در جنوب شرقی کمربند آتشفشانی ارومیه - دختر واقع در استان کرمان رخنمون دارند (شکل ۱). سنگ‌های ولکانیک مورد مطالعه در جنوب شرقی کمربند ولکانیکی ارومیه - دختر نوار هج - ساردوئیه و جزئی از مجموعهٔ هزار متعلق به ائوسن بالائی - الیگوسن زیرین، محدوده‌ای به طول جغرافیایی ′۵۵°۴ و′۵۵°۱۵ شرقی و عرض جغرافیایی ′۳۰°۲۰ و′۳۰°۲۸ شمالی را در استان کرمان با سن ۷ ± ۳۲٫۶ میلیون سال می‌پوشاند (۱). رشتهٔ هزار اساساً از سنگ‌های تفری فنولیت و مقدار کمی گدازه تراکی آندزیت، آندزیت و پیروکلاستیک تشکیل شده است. این رشته از سنگ‌های آتشفشانی فاقد بیوتیت و آمفیبول است. ولی حاوی آنالسیم-های درشت پسودومرف بعد از لوسیت که در زمینه‌ای از فلدسپات پتاسیم ریز دانه قرار دارند. مقدار SiO_2 آنها بین۵۳٫۰۶ تا ۵۶٫۱۴ درصد است و به صورت گدازه رخنمون دارند. اکثر سنگ‌های مورد مطالعه از نظر کانی شناسی و بافت تقریباً مشابه هستند. سانیدین، پلاژیوکلاز و آنالسیم فراوانترین فنوکریست‌های تشکیل دهنده اغلب سنگ‌های مورد مطالعه هستند. برای مطالعات سنگ‌شناسی و ژئوشیمیایی نمونه‌هائی با حداقل التزاسیون انتخاب شده و مودال نمونه‌ها در جدول ۱ و ترکیب شیمیایی سنگ‌های مورد مطالعه در جدول ۲ آورده شده‌اند .



شکل ۱ نقشه زمین شناسی منطقه مورد مطالعه.

[Downloaded from ijcm.ir on 2025-07-03]

جدول ۱ سنگ‌شناسی سنگهای تفری فنولیت شهربابک

اندازه دانه ها میلی‌متر	مودال (درصد حجمی)		کانیها
	دامنه تغییرات	میانگین	
			فنوکریستها
۲-۱/۵	۰/۶-۲/۳	۱/۲	**دیوپسید**
۵-۲	۵/۳-۲۲/۳	۱۰/۱	**سانیدین**
۱/۵-۲/۸	۸-۱۶/۶	۱۰/۵	**پلاژیوکلاز**
۳۰-۵	۲۲- ۳۸	۳۰	**آنالسیم**
۱/۲-۵/۵	۴-۱۰	۳	**نفلین**
			زمینه
۰/۰-۳/۶	۰/۴-۳/۱	۱/۵	**دیوپسید**
۰/۰-۱/۳	۷/۶۰-۳	۴۱/۱	**سانیدین**
۰/۱-۰۱	۱/۵-۰/۲	۳/۱	**تیتانومگنتیت**

جدول۲ ژئوشیمی سنگهای تفری فنولیت شهربابک (اکسیدها Wt % فرعی ها PPm).

	تعداد نمونه	میانگین	حداقل	حداکثر
SiO_2	۱۰	۵۴/۴۴	۵۳/۰۶	۵۶/۱۴
TiO_2	۱۰	۰/۷۵	۰/۶۰	۰/۸۱
Al_2O_3	۱۰	۱۹/۱۰	۱۸/۰۴	۱۹/۹۸
Fe_2O_3	۱۰	۵/۶۵	۴/۲۵	۶/۳۹
MnO	۱۰	۰/۱۲	۰/۰۹	۰/۱۴
MgO	۱۰	۱/۶۹	۰/۹۴	۲/۲۸
CaO	۱۰	۳/۸۲	۲/۷۱	۴/۸۲
Na_2O	۱۰	۴/۴۶	۲/۴۷	۵/۳۹
K_2O	۱۰	۶/۳۱	۴/۶۸	۹/۵۸
P_2O_5	۱۰	۰/۴۱	۰/۲۶	۰/۵۵
L.O.I	۱۰	۳/۵۹	۲/۹۹	۴/۱۶
Total	۱۰	۱۰۰/۳۴	۱۰۰/۱۷	۱۰۰/۶۱
Rb	۱۰	۲۱۸	۸۹	۳۸۳
Sr	۱۰	۶۳۱	۴۵۵	۸۰۷
Th	۱۰	۱۸	۱۵	۱۹
Zr	۱۰	۱۹۱	۱۷۴	۲۰۵
Nb	۱۰	۱۰	۹	۱۰
Y	۱۰	۲۴	۲۲	۲۵
La	۱۰	۳۰/۵۰	۲۹/۸۰	۳۳/۲۰
Ce	۱۰	۶۴/۹۴	۵۹/۹۰	۷۵/۰۰
Nd	۲	۳۰/۶۰	۲۹/۷۰	۳۱/۵۰
Sm	۲	۶/۱۹	۵/۹۴	۶/۴۳
Eu	۲	۱/۵۱	۱/۵۰	۱/۵۲
Yb	۲	۲/۶۶	۲/۵۳	۲/۷۸
Lu	۲	۰/۳۹	۰/۳۸	۰/۴۰
Cr	۱۰	۶	۱	۲۲
Ni	۱۰	۵	۲	۱۶
Mg#		۴۲/۱	۳۵/۴	۴۹/۴

[Downloaded from ijcm.ir on 2025-07-03]

سنگ‌های فلدسپاتوئیددار به علت گسترش کم و سرشنی کانیهایشان و نظرهای گوناگونی که درباره منشاء آنها عنوان شده و نیز ارزش اقتصادی فوق العاده‌ای که دارند همواره مورد توجه زیاد زمین شناسان قرار گرفته است. به این دلیل تصمیم گرفته شد گردید تا توده‌های آتشفشانی فلدسپاتوئیددار اطراف میدوک را که برپایه مطالعات انجام شده حاوی آنالسیم است مورد مطالعه قرار گیرد. در بعضی نقاط منطقه مورد مطالعه حدود ۴۰ درصد سنگ‌ها از فنوکریست‌های آنالسیم تشکیل شده است. وسعت و کیفیت سنگ‌های فلدسپاتوئیددار نامبرده و نیزکاربرد آنها در صنایع سرامیک، آلومینیوم و شیشه سازی مطالعه آنها را توجیه می‌کند. مطالعات قبلی محدود به تهیهٔ نقشه زمین شناسی منطقه مورد مطالعه است که توسط یوگوسلاوها انجام شده است [۱].

روش مطالعه

در این پژوهش نمونه برداری بطور منظم از ۱۰ مقطع مشخص شده که عمود بر امتداد لایه‌ها بوده است صورت گرفت. وزن هر نمونه جمع آوری شده در حدود یک کیلوگرم است، و از ۱۰ مقطع پیموده شده جمعاً ۹۰ نمونه برداشت شدکه از مجموع این نمونه‌ها ۷۰ مقطع نازک جهت بررسی میکروسکوپی، ۲۰ مقطع نازک صیقلی جهت آنالیز شیمیایی کانی‌ها با میکروپروب الکترونی و ۱۰ نمونه برای تجزیه شیمیایی کل سنگ به روش XRF انتخاب شدند. آنالیز شیمیایی عناصر اصلی به روش میکروپروب برای کلیه کانی‌ها بر حسب درصد وزنی ارائه شد و آهن کل به صورت FeO گزارش شده است. آنالیز کانی‌ها بر مقاطع نازک صیقلی با دستگاه Cameca Sx 50 electron microprob و برنامه کامپیوتری (Geochemical Data Analysis) GDA [۲] صورت گرفت. همچنین تقسیم‌بندی پیروکسن‌ها با برنامه کامپیوتری [۳] انجام شده است.

بحث و بررسی

براساس سنگ‌شناسی سنگ‌های تفری فنولیت منطقهٔ مورد مطالعه (جدول ۱)، میانگین ضخامت لایه‌های تشکیل دهنده سنگ‌های تفری فنولیت در حدود یک کیلومتر است. این سنگ‌ها بیشتر از ذوذنقه وجهی‌های آنالسیم با قطر تا cm ۳ تشکیل شده است و درصد آنها در بخش جنوب واحد تفری فنولیت بیشتر است. بیشترین ارتفاع سنگ‌های نامبرده از سطح دریا ۲۰۰۰ متر است و روند لایه‌های تشکیل دهنده آنها شمال غرب - جنوب شرق است. این سنگ‌ها حاوی فنوکریست‌هایی از اوژیت، سانیدین، پلاژیوکلاز و مقدار زیادی آنالسیم است که جانشین لوسیت‌های اولیه شده‌اند. زمینه آنها تمام بلورین است و حاوی کانی‌های آپاتیت، تیتا نومگنتیت، کلسیت، اپیدوت و زئولیت است.

سنگ‌های نفری فنولیت شهر بابک با مقدار پائین $Mg^{\#}$, TiO_2 , Y وعناصر سازگار Ni, Cr و نیز مقدار بالای Al_2O_3 و K_2O و عناصر ناسازگار Sr و Rb مشخص‌اند (جدول ۲). عیار

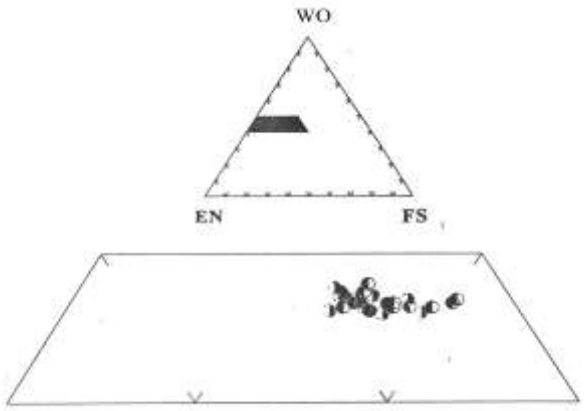
[Downloaded from ijcm.ir on 2025-07-03]

پائین عناصر Ni و Cr در سنگ‌های تفری فنولیت احتمالاً به علت جدایش کانی‌های الیوین و کلینوپیروکسن است و نیز در صد بالای فنوکریست‌های آنالسیم و فلدسپار پتاسیم سبب بالا رفتن مقدار Al_2O_3 و K_2O در این سنگ‌ها شده است [۴]. عیار بالای عناصر خاکی نادر سبک و مقدار پائین و نزدیک به هم عناصر خاکی نادر سنگین نشانگر منشاء اسپینل لرزولیتی آنهاست [۵]. براساس تعیین سن ایزوتوپی به روش Ar - Ar و Rb - Sr برای واحدهای رشته هزار سن‌های مختلفی بدست آمده‌اند که این تغییرات سن احتمالاً مربوط به پسودومورف و جانشینی آنالسیم به جای لوسیت است. سن سنگ‌های تفری فنولیت منطقهٔ مورد مطالعه $\pm$ ۶ ۷/ ۳۲ میلیون سال و برابر سن بلوری شدن در نظر گرفته شده است [۶] .

پیروکسن‌ها

اوژیت تنها پیروکسن نمونه‌های منطقهٔ مورد مطالعه است (شکل ۲). رنگ فنوکریست‌ها و دانه‌های ریز اوژیت در زمینه، سبز کم رنگ تا بیرنگ بود و شکل کامل تا نیمه شکل دارند. ابعاد متوسط آنها ۲/۵ میلیمتر با حاشیه خورده شده و اغلب منطقه بندی از خود شده‌اند و در مواردی دارای انکلوزیونهائی از تیتانومگنتیت و آپاتیت هستند. ترکیب فنوکریستها از $WO_{47.8}$ $En_{38.8}$ $FS_{13.4}$ تا $WO_{45.6}$ $En_{35.7}$ $FS_{18.7}$ متغیر است. در اغلب فنوکریست‌های اوژیت مقدار MgO در مرکز بلور بیشتر از حاشیه است؛ در حالیکه میانگین مقدار FeO در مرکز کمتر از حاشیه‌هاست (جدول ۳).

این روند نشانگر تفکیک معمولی ماگماست و نیز کاهش MgO , CaO و افزایش FeO و SiO_2 از مرکز به حاشیه نشانگر ساخت منطقه‌ای عادی در فنوکریست‌هاست. بعضی از فنوکریست‌های اوژیت ساخت منطقه‌ای نوسانی از خود نشان می‌دهند که احتمالاً مربوط به تغییر سرعت رشد بلور یا تغییرات فشار و گرماست [۷ و ۸] .



شکل ۲ ترکیب فنوکریستهای اوژیت در سنگهای تفری‌فنولیت شهربابک.

[Downloaded from ijcm.ir on 2025-07-03]

جدول۳ ژئوشیمی کانیهای پیروکسن در سنگهای تفری فنولیت شهربابک (اکسیدها **Wt%**).

	مرکز		حاشیه	
	میانگین(۱۰)	دامنه تغییرات	میانگین(۹)	دامنه تغییرات
SiO_2	۴۹٫۳۴	۴۴٫۵۰-۸۱٫۴۵	۴۹٫۸۲	۴۸٫۵۱-۷۵٫۲۱
TiO_2	۰٫۹۴	۰٫۸۶ -۱٫۰۲	۰٫۹۳	۰٫۱-۶۸٫۰۸
Al_2O_3	۳٫۱۰	۲٫۲۲ -۵٫۱۹	۲٫۸۸	۱٫۴۱- ۴٫۴۳
MgO	۱۲٫۸۱	۱۰٫۱۳-۸۵٫۷۵	۱۲٫۳۸	۹٫۱۳-۸۰٫۲۷
CaO	۲۲٫۴۰	۲۱٫۲۴-۷۵٫۸۷	۲۲٫۰۲	۲۱٫۲۲-۶۱٫۳۹
MnO	۰٫۳۵	۰٫۰-۲۵٫۵۳	۰٫۳۸	۰٫۰-۲۵٫۵۱
FeO	۹٫۲۷	۸٫۱۱-۲۹٫۶۵	۹٫۸۷	۸٫۱۲-۳۷٫۶۲
Na_2O	۰٫۵۰	۰٫۰-۶۳٫۷۶	۰٫۵۳	۰٫۰-۴۴٫۸۴
K_2O	۰٫۰۱	۰٫۰-۰۰٫۰۶	۰٫۰۲	۰٫۰-۰۰٫۰۵
WO	۴۶٫۹۳	۴۵٫۵۱-۸۸٫۴۳	۴۶٫۶۱	۴۴٫۵۱-۱۸٫۴۹
En	۳۸٫۰۲	۳۳٫۳۹-۳۳٫۶۹	۳۷٫۲۰	۳۴٫۳۸-۷۲٫۸۶
Fs	۱۴٫۵۴	۱۳٫۱۵-۰۴٫۹۸	۱۶٫۹۴	۱۶٫۱۹-۰۴٫۳۹

فلدسپار پتاسیم

سانیدین تنها فلدسپار پتاسیم نمونه‌های منطقه مورد مطالعه است و یکی از کانی‌های اصلی تشکیل دهنده سنگ‌های تفری فنولیت منطقه است. این کانی به صورت شکل‌دار و در زمینه به صورت نیمه شکل‌دار وجود دارد و بیشترین طول آنها ۵ میلیمتر است. بعضی از فنوکریست‌ها به کائولن دگرسان شده‌اند و این فنوکریست‌ها حاوی انکلوزیون‌هایی از تیتانومگنتیت و آپاتیت هستند (شکل ۳ و ۴).

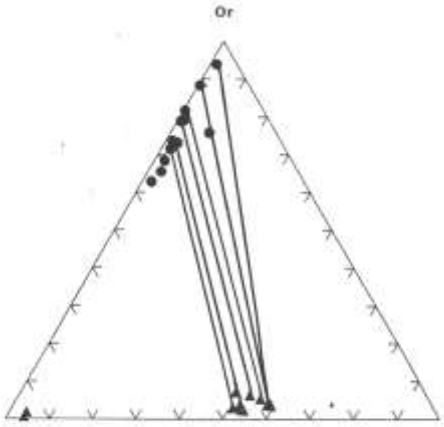
ترکیب شیمیایی فنوکریست‌های سانیدین منطقهٔ مورد مطالعه از $Or_{62.7}$ تا $Or_{93.8}$ است (شکل ۲ و جدول ۴). در بعضی از نمونه‌های تراکی آندزیتی منطقهٔ مورد مطالعه اسفرولیت‌هایی از کوارتز و سانیدین دیده می‌شود که احتمالاً مربوط به اختلاط کوارتز و سانیدین در نقطهٔ ائوتکنیک است و نیز این رشد تداخلی را می‌توان به تبلور همزمان این دو کانی نسبت داد [۹] . از نظر ترکیب شیمیایی مقدار CaO , MgO, TiO_2 نمونه‌های منطقه مورد مطالعه پائین است در حالیکه مقدار Al_2O_3 آنها از ۱۸٫۲۱تا ۱۹٫۶۰متغیر است (جدول ۴) . ترکیب شیمیایی فنوکریست‌های سانیدین در سنگ‌های تفری فنولیت منطقهٔ مورد مطالعه تقریباً شبیه هم هستند و این بلورهای سانیدین حاوی پتاسیم بالا همراه پلاژیوکلازهای کلسیم دار در سنگ‌های تفری فنولیت با هم وجود دارند.

پلاژیوکلازها

پلاژیوکلاز یکی از فراوانترین کانی در نمونه‌های مورد مطالعه است و به صورت دانه‌های شکل-دار و نیمه شکل‌دار که اندازه آنها بین ۱٫۲ تا ۵٫۸ میلیمتر است در سنگ‌های تفری فنولیت مشاهده می شود که دارای ماکل آلبیتی و پریکلین هستند (جدول ۱).

[Downloaded from ijcm.ir on 2025-07-03]

شکل ۳ فنوکریست‌های فلدسپات پتاسیم در سنگ‌های فنولیتی منطقه.



شکل ۴ ترکیب فلدسپارها در سنگهای تفری فنولیت شهر بابک.

جدول۴ ژئوشیمی کانیهای سانیدین در سنگهای تفری فنولیت شهربابک (اکسیدها **Wt%**)

	میانگین(۱۲)	حداقل	حداکثر
SiO_2	۶۴٫۳۴	۶۱٫۷۵	۶۵٫۱۷
TiO_2	۰٫۰۴	۰٫۰۰	۰٫۱۰
Al_2O_3	۱۸٫۸۰	۱۸٫۲۱	۱۹٫۶۰
MgO	۰٫۰۵	۰٫۰۰	۰٫۴۸
CaO	۰٫۴۸	۰٫۰۹	۱٫۷۶
MnO	۰٫۰۲	۰٫۰۰	۰٫۱۰
FeO	۰٫۲۰	۰٫۰۵	۰٫۲۷
Na_2O	۲٫۴۴	۰٫۵۰	۴٫۰۱
K_2O	۱۲٫۸۸	۱۰٫۹۰	۱۵٫۴۷
An	۲٫۳۸	۰٫۴۸	۸٫۹۴
Ab	۲۱٫۶۹	۴٫۶۵	۳۵٫۰۷
Or	۷۵٫۹۳	۶۲٫۷۲	۹۳٫۸۰

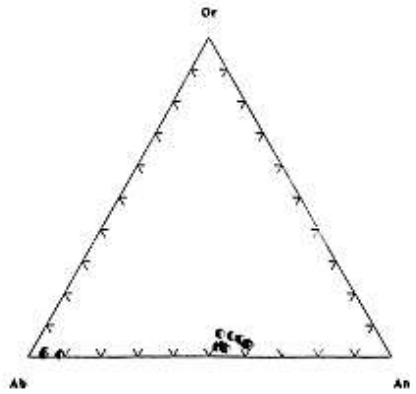
[Downloaded from ijcm.ir on 2025-07-03]

در حاشیهٔ بعضی از فنوکریست‌های پلاژیوکلاز، سانیدین قرار دارد و مرکز بعضی از آنها به کائولینیت تبدیل شده است. ترکیب شیمیایی فنوکریست‌های پلاژیوکلاز از $An_{50.83}$ تا $An_{59.2}$ متغیر است؛ ولی در بعضی از نمونه‌ها دانه‌های آلبیت دیده می‌شوند. مقدارکلسیم اغلب فنوکریست‌های پلاژیوکلاز در مرکز بالاست، درحالی که مقدار سدیم در حاشیه‌ها بیشتر است (جدول ۵ و شکل ۵) که احتمالاً مربوط به تفکیک عادی ماگماست.

دراغلب فنوکریست‌های پلاژیوکلاز با افزایش SiO_2 مقدار Na_2O افزایش می‌یابد. درحالی‌که مقدار Al_2O_3 کاسته می‌شود (شکل ۶). حاشیهٔ بعضی از فنوکریست‌های پلاژیوکلاز را سانیدین پوشانده است که احتمالاً مربوط به تغییر ترکیب ماگما یا دمای آن در آشیانه ماگمایی یا هنگام بالا آمدن رخ داد. بعضی از فنوکریست‌های پلاژیوکلاز در سنگ‌های داسیتی اطراف منطقهٔ مورد مطالعه ساخت منطقه‌ای نوسانی از خود نشان می دهند (شکل ۷). که نشانه عدم تعادل کانی با مایع اطرافش است و احتمالاً مربوط به تغییر دما و فشار در آشیانهٔ ماگمایی یا بالا آمدن ماگما به سطح زمین است.

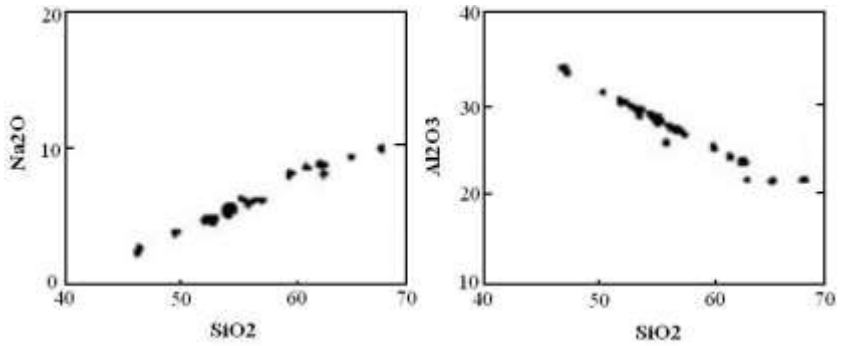
جدول ۵ ژئوشیمی کانیهای پلاژیوکلاز در سنگهای تفری فنولیت شهربابک (اکسیدها **wt%**).

	مرکز		حاشیه	
	میانگین (۱۰)	دامنه تغییرات	میانگین	دامنه‌تغییرات
SiO_2	۵۳٫۶۷	۵۲٫۱۱ – ۵۴٫۷۴	۶۸٫۴۲	۶۷٫۵۱ – ۶۹٫۰۳
TiO_2	۰٫۰۶	۰٫۰۴ – ۰٫۱۰	۰٫۰۶	۰٫۰۳ – ۰٫۱۱
Al_2O_3	۲۸٫۰۵	۲۷٫۲۷ – ۲۹٫۰۰	۲۰٫۱۲	۱۹٫۶۸ – ۲۰٫۶۵
MgO	۰٫۰۰	۰٫۰۰ – ۰٫۰۰	۰٫۰۰	۰٫۰۰ – ۰٫۰۰
CaO	۱۱٫۱۶	۱۰٫۲۴ – ۱۲٫۱۵	۱٫۰۲	۰٫۸۰ -۱٫۶۳
FeO	۰٫۵۶	۰٫۴۵ – ۰٫۶۸	۰٫۱۴	۰٫۰۸ – ۰٫۲۸
Na_2O	۴٫۷۰	۴٫۱۶ – ۵٫۲۴	۹٫۷۴	۸٫۰۱ – ۱۰٫۶۷
K_2O	۰٫۷۳	۰٫۴۱ – ۱٫۲۵	۱٫۴۵	۰٫۱۱ – ۵٫۰۵
An	۵۴٫۴۱	۴۹٫۵۳ – ۵۹٫۱۹	۵٫۰۶	۳٫۹۰ – ۸٫۴۴
Ab	۴۱٫۳۷	۳۷٫۱۵ – ۴۶٫۱۵	۸۶٫۸۷	۶۷٫۹۴ – ۹۵٫۴۰
Or	۴٫۲	۲٫۳۹ – ۷٫۱۸	۸٫۱۶	۰٫۶۸ – ۲۸٫۱۶

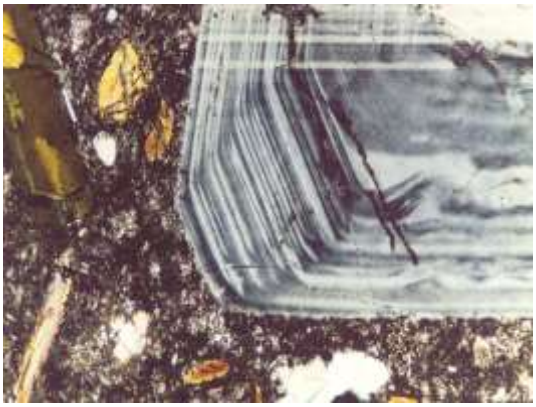


شکل ۵ ترکیب پلاژیوکلازها در سنگ‌های تفری فنولیت شهربابک.

[Downloaded from ijcm.ir on 2025-07-03]



شکل ۶ تغییرات SiO_2 در مقابل Al_2O_3 و Na_2O پلاژیوکلازها.



شکل ۷ منطقه بندی نوسانی در پلاژیوکلاز سنگ‌های داسیتی منطقه مورد مطالعه.

ساخت منطقه‌ای نوسانی وقفه یا حادثه‌ای در طبیعت است و احتمالاً مربوط به تغییر سرعت رشد بلور است [۸ و۱۰]. ترکیب فنوکریست‌های پلاژیوکلاز در سنگ‌های تفری فنولیت از لابرادور تا بیتونیت است، ولی بعضی از نمونه‌ها دارای دانه‌های آلبیت هستند (شکل ۴). ترکیب حاشیهٔ فنوکریست‌های پلاژیوکلاز دارای آلبیت بیشتری نسبت به مرکزند در صورتیکه آنورتیت مرکز بیشتر از حاشیه آنهاست (جدول۵). به هر حال پلاژیوکلازهای سنگ‌های تفری‌فنولیت منطقه مورد مطالعه از لحاظ Al_2O_3 و CaO غنی و از لحاظ MgO و TiO_2 فقیرند.

آنالسیم

آنالسیم یک کانی سیلیکات آلومینیوم و سدیم آبدار است ($NaAlSi_2O_6,H_2O$) که در سیستم مکعبی بلوری می‌شود و به طور عادی در طبیعت پراکنده است. گروهی، این کانی را متعلق به خانواده فلدسپاتوئیدها و بعضی آن را متعلق به زئولیت‌ها می‌دانند[۱۲و۱۱]. در منطقهٔ مورد مطالعهٔ تراپزوهدرهای آنالسیم در سکانسی از لاواهای ائوسن - الیگوسن تشکیل شده که اساساً تفری فنولیت هستند و در بعضی قسمت‌ها حدود ۴۰ درصد سنگ را این بلورها تشکیل می-دهند (شکل ۸).

[Downloaded from ijcm.ir on 2025-07-03]

شکل ۸ درصد بلورهای آنالسیم در سنگهای تفری فنولیت منطقه مورد مطالعه

جدول ۶ ژئوشیمی کانیهای آنالسیم در سنگهای تفری فنولیت شهربابک (اکسیدها Wt%).

	میانگین	حداقل	حداکثر
SiO_2	۵۴٫۵۸	۵۳٫۸۸	۵۵٫۳۹
TiO_2	< ۰٫۰۹	< ۰٫۰۹	< ۰٫۰۹
Al_2O_3	۲۳٫۲۳	۲۲٫۸۲	۲۴٫۰۴
MgO	< ۰٫۰۹	< ۰٫۰۹	< ۰٫۰۹
CaO	۰٫۱۸	۰٫۰۷	۰٫۳۱
MnO	< ۰٫۰۹	< ۰٫۰۹	< ۰٫۰۹
FeO	۰٫۲۵	<۰٫۰۹	۰٫۴۳
Na_2O	۱۳٫۷۶	۱۳٫۳۱	۱۴٫۴۷
K_2O	۰٫۱۳	۰٫۰۴	۰٫۲۲

در شمال روستای تنگ الله مگاکریست‌های آنالسیم بر اثر هوازدگی آزاد شده‌اند. اندازهٔ آنها بین ۵ تا ۳۰ میلیمتر، با رنگ‌های بژ و صورتی است. یک مطالعهٔ دقیق روی سنگ‌های تحت اشباع انجام شد تا نشان دهد چگونگی تشکیل، ترکیب شیمیایی و منشأ آنالسیم‌های سنگ‌های مورد مطالعه، سنگ‌های تفری فنولیت حاوی مگافنوکریست‌های آنالسیم دارای بافت پورفیریتیک هستند. تراپزوهدرهای آنالسیم با کمی تغییر شیمیایی که احتمالاً مربوط به خطای آزمایشگاهی میکروپروب الکترونی است که از نظر ترکیب شیمیایی تقریباً یکنواخت هستند (جدول۶). انکلوزیون‌های فلدسپار و پیروکسن در فنوکریست‌های آنالسیم تقریباً نا دگرسانند.

منشاء آنالسیم در سنگهای منطقه

در نمونه‌های مورد مطالعهٔ بلورهای آنالسیم از جانشینی کانی اولیه که بلورهای آن به شکل مکعبی ذوذنقه وجهی تشکیل شده‌اند. بعلاوه مودال بالای بلورهای آنالسیم درسنگ‌های مورد مطالعه حدود ۴۰ درصد نیاز است که یک کانی معمولی در سنگ‌های آتشفشان تحت اشباع وجود داشته باشد. براساس شکل ذوذنقه وجهی بلورهای گارنت، لوسیت و آنالسیم می‌توانند باشند. معمولاً گارنت در سنگ‌های قلیایی غنی از Ti معمول وجود دارد [۱۳]، اما بعید است که کانی اولیه آنالسیم گارنت باشد زیرا گارنت کمتر دگرسان می‌شود و هیچگونه جذبی از خود در سنگ‌های تفری فنولیتی نشان نمی‌دهد، اگر در این سنگ‌ها گارنت وجود داشته باشد به

[Downloaded from ijcm.ir on 2025-07-03]

علت مقاومت زیادش به آسانی تحت تأثیر جانشینی یا دگرسانی قرار نمی‌گیرد. از طرفی مقدار کم TiO_2<0.56 در سنگ‌های تفری فنولیت منطقهٔ مورد مطالعه نشانگر این است که کانی اولیه آنالسیم نمی تواند یک کانی تیتان‌دار باشد. بیشتر محققین معتقدند که منشأ آنالسیم‌های کوچک که در حفرها و درز و شکاف‌های سنگ‌های آذرین وجود دارند بر اثر دگرگونی درجه پائین یا فرایند گرمایی است [۱۴]. اما فنوکریست‌های درشت آنالسیم دارای دو منشأ هستند. یا از ماگمای اولیه متبلور شده و یا به صورت پسودومورف پس از لوسیت در اثر جابجایی یون سدیم و پتاسیم شکل گرفته‌اند [۱۵].

با توجه به مطالعات سنگ‌شناسی و ژئوشیمیایی نظریهٔ تبلور بلورهای آنالسیم از ماگمای اولیه در مورد سنگ‌های مورد مطالعه صدق نمی کند، زیرا تبلور اولیهٔ یک کانی سرشار از سدیم مثل آنالسیم بایستی کانیهای پیروکسن همراه آن سدیم‌دار باشند نه کلسیم‌دار مثل اوژیت [۱۶]. از طرفی یکنواخت بودن ترکیب شیمیایی فنوکریست‌های آنالسیم بیشتر به ثانویه بودن آن مطابقت دارد تا اینکه از تبلور ماگما به صورت اولیه تشکیل شده باشد. ولی به تجربه معلوم شده است که تبدیل لوسیت به آنالسیم در دمای ساب سولیدوس یا در حال سردشدن ماگما انجام می‌گیرد [۱۷] یا پس از انجماد ماگما به طور کامل [۱۸]. با توجه به موارد ذکر شده ذوذنقه وجهیهای بزرگ آنالسیم منطقه مورد مطالعه در زمان سردشدن ماگما یا بعد از آن از طریق جابجایی یونی از لوسیت‌های اولیه تشکیل شده‌اند و از طرفی بر اثر این جانشینی هیچگونه تأثیری روی کانی‌های در برگیرنده آنالسیم دیده نمی‌شود. همچنین در اغلب بلورهای آنالسیم اثر ماکل پیچیده لوسیت ها را می‌بینیم.

تیتانومگنتیت

تیتانومگنتیت‌ها به صورت دانه‌هایی با ابعاد تقریباً یکسان در زمینه و به صورت انکلوزیون در دیگر کانی‌های سنگ‌های تفری فنولیت پراکنده‌اند. حاشیه بعضی از دانه‌ها گرد است که احتمالاً مربوط به خوردگی بوده و اندازهٔ آنها بین ۰٫۱ تا ۱ میلیمتر است. معمولاً مقدار TiO_2 , FeO بلورها بالاست که به تیتانومگنتیت نامگذاری شده‌اند (جدول ۷).

مقدار SiO_2, MgO , CaO , Al_2O_3 دانه‌های تیتانومگنتیت در سنگ‌های تفری فنولیت منطقهٔ مورد مطالعه از نظرترکیب شیمیایی مشابه تیتانومگنتیت‌های سنگ‌های تفری‌فنولیت شرق پاراگوئه و ایالت رومن ایتالیاست [۱۹]. ولی در نمونه‌های مورد مطالعه مقدار اکسیدهای مذکور نسبتاً پائین است. اوژیت تنها پیروکسن موجود در سنگ‌های منطقهٔ مورد مطالعه است و در اغلب فنوکریست‌ها مقدار MgO مرکز، بیشتر از حاشیه آنهاست در حالیکه مقدار FeO در حاشیه‌ها بیشتر است. همچنین فنوکریست‌های پلاژیو کلاز در مرکز غنی از Ca و در حاشیه غنی از Na هستند. که این نشانگر تفکیک عادی ماگما در حین تکامل است. ترکیب فنوکریست‌های دیوپسید از $WO_{45.6}\ En_{35.7}\ FS_{18.7}$ تا $WO_{47.8}\ En_{38.8}\ FS_{13.4}$ است. سانیدین تنها فلدسپار پتاسیم نمونه‌های مورد مطالعه است و دارای ترکیبی از $Or_{62.7}$ تا $Or_{93.8}$ است. در بعضی از نمونه‌های منطقه مورد مطالعه اسفرولیت‌هایی از کوارتز و سانیدین دیده می‌شوند

[Downloaded from ijcm.ir on 2025-07-03]

که احتمالاً مربوط به اختلاط کوارتز و سانیدین در نقطه ائوتکتیک است. مقدار TiO_2 , MgO CaO، در سانیدین‌های منطقه مورد مطالعه پائین است، در حالی‌که مقدار AL_2O_3 در آنها از ۱۸٫۲۱ تا ۱۹٫۶ متغیر است. ذوذنقه وجهیهای آنالسیم حدود ۴۰ درصد سنگ‌های تفری‌فنولیت را تشکیل می‌دهند. مطالعات سنگ‌شناسی و ژئوشیمیایی بلورهای آنالسیم نشان دهنده آن است که بلورهای این کانی نمی توانند به صورت اولیه از تبلور ماگما تشکیل شده باشند؛ چون تبلور یک کانی سرشار از سدیم مثل آنالسیم بایستی کانی‌های پیروکسن همراه آن سدیم‌دار باشند نه کلسیم‌دار مثل اوژیت. همچنین هموژن بودن آنها از نظر ترکیب بیشتر به ثانویه بودن مطابقت دارد تا اینکه از تبلور ماگما به صورت اولیه از طرفی مقدار پائین TiO_2<۰/۵۶ در سنگ‌های تفری فنولیت منطقهٔ مورد مطالعه نشانگر این است که کانی اولیه آنالسیم نمی تواند یک کانی تیتان‌دار باشد. با توجه به موارد ذکر شده ذوذنقه وجهیهای بزرگ آنالسیم منطقه مورد مطالعه در زمان سرد شدن ماگما یا بعد از آن از طریق جابجایی یونی از لوسیت‌های اولیه حاصل شده‌اند. همچنین در اغلب بلورهای آنالسیم اثر ماکل پیچیده لوسیت-ها را می بینیم. تیتانومگنتیت‌ها به صورت دانه‌های گرد در زمینه و به صورت انکلوزیون در دیگر کانی‌ها پراکنده‌اند. مقدار CaO, MgO, SiO_2, Al_2O_3 آنها نسبتاً پائین و مقدار بالای عناصر خاکی نادر سبک و مقدار پایین و نزدیک بهم عناصر خاکی نادر سنگین سنگ‌های مورد مطالعه منشاء اسپینل لرزولیتی نشان می دهند.

جدول ۷ ژئوشیمی کانیهای تیتانومگنتیت در سنگهای تفری فنولیت شهربابک (اکسیدها Wt%).

	میانگین (۹)	حداقل	حداکثر
SiO_2	۰٫۹۲	۰٫۰۶	۳٫ ۳۲
TiO_2	۱۷٫۱۸	۱۳٫۶۲	۲۱٫۲۲
Al_2O_3	۱٫۱۶	۰٫۳۲	۱٫۹۷
MgO	۰٫۰۵	۰٫۰۰	۰٫۱۱
CaO	۰٫۵۲	۰٫۰۰	۱٫۶۵
MnO	۱٫۹۹	۰٫۵۰	۳٫۹۷
FeO	۶۹٫۳۷	۶۵٫۷۱	۷۱٫ ۳۰
Na_2O	۰٫۰۲	۰٫۰۰	۰٫۰۹
K_2O	۰٫۰۴	۰٫۰۰	۰٫۰۹

مراجع

[1] Dimitrijeric M. D., Dimitric M. N., Djordjeric M., *"Geological map of shahrbabak "*, Geological survey of Iran (1971).

[2] Sheraton J. W., Slmon L., *"Geochemical data analysis system (GDA) reference manual "*, Bureau of Mineral Resources Geology and Geophysics, record 45 (1988).

[3] Cebria Gomes J. M., *"px: A program for pyroxene classification and calculation of end- members"*, American Mineralogists 75 (1990) 1426-1427.

[Downloaded from ijcm.ir on 2025-07-03]

[4] Stolz A. J.,Varne R., Davies G. R., wheller G. E., Foden J. D., *"Magma source component in an arc-contient collision zone: The Flores Lembata Secyor, Sunda arc, Indonesia"*, Contributions to Mineralogy and Petrology 105 (1990)585-601.
[5] Dostal J., Muller W., *"Archean shoshonites from the Abitibi Greenstone Belt Chibougamam: Geochemistry and tectonic setting"*, J. of volcanology and Geothermal Research 53 (1993) 145-165.
[6] Hassanzadeh J., *"Metallogenic and tectonomagmatic events in the SE sector of the Cenozoic active continental margin of central Iran (Shahrbabak area, Kerman province)"*, PHD thesis, University of california, los Angeles (unpubl.) (1993).
[7] Reeder R. J., Fagioli R. O., Meyers W. J., *"Oscillatory zoning of Mn in solution – grown calcite crystals"*, Earth science Review 29 (1990) 39-46.
[8] Pearce T. H., Kolisnik A. M., *"Observations of plagioclase zoning using interference imaging"*, Earth science Review 29 (1990) 9-26.
[9] Shelley D., *"Igneous and metamorphic rocks under the microscop Chapn and Hall"*, London (1992) p.445.
[10] Singer B. S., Dungan M. A., Layne G. D., *"Texture and Sr, Ba, Mg, Fe, K and Ti compositional profiles in Volcanic plagioglase: clues to the dynamics of calcalkaline magma chambers"*, American mineralogist 80 (1995) 776-798.
[11] Mozgawa W., *"The relation between structure and vibrational spectra of natural zeolites"*, Journal of molecular structure 596 (2001) 129-137.
[12] Najafzadeh A. R., Kazemian H., Khalili Mobarhan Sh., *"Clinoptilolite – Rich Volcaniclastic Deposite from Baft , Kerman"*, 14th International zeolite conference (2004) 147-149.
[13] Deer W. A., Howie R. A., Zussman J., "*Rock forming minerals"*, Volume 1A, second Edition, orthosilicates, Longman, London (1982).
[14] Karlsson H. R.,Clayton R. N., *"Analcime Phenocrystsin igneous rocks : primary or secondary"*, American Mineralogist 76 (1991) 230-232.
[15] Line C. et al., *"The dehydration kinetics and microtexture of analcime from two parageneses"*, American mineralogist 80 (1995) 268-279.
[16] Pearce T. H., *"Analcime Phenocrysts in igneous rocks: primary or secondary, discussion"*, American Mineralogist 78 (1993) 225-229.
[17] Taylor D., Mackenzie W. S., *"A contribution to the pseudoleucite problem"*, Contribution to mineralogy and petrology 49 (1975) 321-333.
[18] Gupta A. K., Fyfe W., *"leucite survival: the alteration to analcime"*, Canadian mineralogist 13 (1975) 361-363.
[19] Chiaramonti P. C., et al., *"Potassic dyke swarm in the Sapucai graben eastern Paraguay"*, petrographical , mineralogical and geochemical outlines. Lithos 28 (1992) 283-301.

[Downloaded from ijcm.ir on 2025-07-03]