IRANIAN SOCIETY of CRYSTALLOGRAPHY and MINERALOGY

No. 2, 1386/2007 Fall & Winter

IRANIAN JOURNAL of CRYSTALLOGRAPHY and MINERALOGY

Application of mineralogical and textural evidence for recognition of alkaline metasomatism in Dodehak granitoid stock (NE Mahalat)

F. Masodui[1,2], M. Jamshidi-badr[1], Z. Salehi[1]

1- Department of Geology, Tarbiat Moallem University, Ttehran
2- Faculty of Science, Shaheed Beheshti University, Ttehran
Email: masoudi@saba.tmu.ac.ir

(Received:25/9/2006, received in revised form:25/6/2007)

Abstract: Dodehak granitoid stock with tonalite to granodiorite composition is exposed south of Dodehak village, north of Ab-e-Garm (Mahalat) in Urumieh-Dorhtar volcanic belt of Iran. Based on petrography and point analysis (EPMA), plagioclase crystals show normal zoning with graphic texture is present. Samples from SE of the intrusion are different and myrmekite texture is present in the rocks, while graphic texture is absent and plagioclases have lost their zoning. In samples from SE of the area, myrmekite is rim type and plagioclases show cross shape twinning. Based on whole rock XRF analyses, Rb-SiO_2 and K_2O-Na_2O diagrams show non-linear trends and EPMA analysis indicate that plagioclases are homogeneous albite. Such petrographical and geochemical features are evidence for alkaline metasomatism in SE of the Dodehak intrusion.

Keywords: *granite, myrmekite, alkaline metasomatism, zoning, Dodehak.*

[Downloaded from ijcm.ir on 2024-10-12]

مجله
بلورشناسی و کانی شناسی ایران

شمارهٔ ۲، پاییز و زمستان ۸۶، از صفحهٔ ۴۵۳ تا ۴۷۰

کاربرد شواهد کانی شناسی و بافتی در تشخیص دگرنهادی آلکالن در استوک گرانیتوئیدی دودهک (شمال شرق محلات)

فریبرز مسعودی[۱و۲]، محبوبهٔ جمشیدی بدر[۱]، زهرا صالحی[۱]

۱- گروه زمین شناسی دانشگاه تربیت معلم، تهران
۲- دانشکده علوم، دانشگاه شهید بهشتی، تهران
masoudi@saba.tmu.ac.ir

(دریافت مقاله ۱۳۸۵/۷/۳، دریافت نسخه نهایی ۱۳۸۶/۴/۳)

چکیده: استوک گرانیتوئیدی دودهک با ترکیب تونالیت تا گرانودیوریت در جنوب روستای دودهک، شمال آبگرم محلات و در منطقهٔ ارومیه دختر، برونزد دارد. بر اساس شواهد سنگ-شناختی و تجزیهٔ نقطه‌ای (EPMA)، پلاژیوکلازها دارای منطقه‌بندی عادی مشخصی هستند و نیز بافت نگاره‌ای در آنها مشاهده می‌شود. این در حالی است که نمونه‌های جنوب‌شرقی تودهٔ نفوذی متفاوت و دارای بافت میرمکیت بوده ولی بافت نگاره‌ای در آنها از بین رفته است و پلاژیوکلازها نیز منطقه‌بندی خود را از دست داده‌اند. در نمونه‌های بخش جنوب‌شرقی، میرمکیت‌ها از نوع حاشیه‌ای هستند و پلاژیوکلاز دارای ماکل صفحه شطرنجی است. نتایج تجزیه‌های XRF سنگ کل روند غیر خطی $Rb-SiO_2$ و K_2O-Na_2O را نشان می‌دهد و تجزیهٔ EPMA کانی پلاژیوکلاز ترکیب یکنواخت آلبیتی را نشان می‌دهد. چنین خصوصیات ژئوشیمیایی و بافتی بیانگر تاثیر دگرنهادی آلکالن در تشکیل میرمکیت و یکنواخت کردن پلاژیوکلازها در بخش جنوب‌شرقی تودهٔ نفوذی دودهک است.

واژه‌های کلیدی: *گرانیت، میرمکیت، منطقه‌بندی، دگرنهادی آلکالن، دودهک.*

[Downloaded from ijcm.ir on 2024-10-12]

مقدمه

ویژگیهای ژئوشیمیایی کانیها در تشکیل بافتهای مختلف در سنگها بازتاب می‌یابد. در سال‌های اخیر بافتهای موجود در سنگ‌های آذرین، مانند پرتیت و میرمکیت به عنوان کلیدی برای تعیین ویژگیهای کانی‌ها و فرایندهای ماگمایی گرانیتوئیدها مورد توجه خاصی قرار گرفته است. برای مثال کولینز [۱ تا ۳] با بررسی میرمکیت‌های موجود درگرانیتوئیدهای دگرنهاده (metasomatic) و میرمکیت‌های موجود در کمپلکس کوما در جنوب‌شرقی استرالیا چگونگی فرایند گرانیتوئیدهای دگرنهاده را مطالعه کرده است.

رانگ [۴] میرمکیت‌هایی را که در طول جانشینی حاصل می‌شود، مورد بررسی قرار داد و معتقد است میرمکیت‌هایی که در اثر جانشینی حاصل می‌شوند، می‌توانند نشان دهندهٔ نوع ماگمای سازندهٔ سنگ‌ها باشند.

در منطقهٔ شمال غرب شهرستان محلات در نوار آتشفشانی ایران، رخنمونی گرانیتوئیدی به نام تودهٔ نفوذی دودهک وجود دارد که از نظر سنگ‌شناسی تقریبا همگن به نظر می‌رسد، ولی خصوصیات کانی‌شناسی و بافتی در بخش‌های جنوب‌شرقی آن با سایر بخش‌ها متفاوت است[۵]. در این مقاله ویژگیهای بافت‌های میرمکیت، نگاره‌ای (graphic) گرافیک، و منطقه-بندی پلاژیوکلازها در این تودهٔ نفوذی تعیین و ارتباط آنها با تشکیل بخش‌های متفاوت در تودهٔ نفوذی دودهک مورد بررسی قرار گرفته است. به منظور تعیین شیمی سنگ از روش XRF و برای تشخیص تغییرات شیمیایی کانی‌ها در بخش‌های مختلف بافت‌های مورد بررسی از روش EPMA استفاده شده است.

زمین‌شناسی عمومی

در مسیر اصلی قم به دلیجان و در جنوب روستای دودهک تودهٔ نفوذی گرانیتوئیدی رخنمون دارد (شکل ۱). برونزد سطحی توده نفوذی دودهک بیش از ۳۰ کیلومتر مربع است و جایگیری آن بین توده‌های سنگی به شکل استوک است. سن این توده به دلیل آنکه سنگ‌های آتشفشانی ائوسن را قطع کرده و آهک‌های الیگومیوسن بدون دگرگونی، روی آنها قرارگرفته‌اند، ائوسن پایانی- اولیگوسن آغازی در نظر گرفته شده است[۶].

قدیمیترین برونزد در منطقهٔ مورد نظر، متعلق به آهک‌های پرمین است. در اکثر مناطق، سازند شمشک روی سنگ‌های پرمین قرار دارد و بیشتر شامل شیل‌های سبز با میان لایه‌هایی از ماسه سنگ است. در شمال روستای نینه رخنمونی محدود از سنگ آهک‌های تریاس با فسیل هتراستردیوم دیده می‌شوند. نفوذ توده موجب دگرگونی مجاورتی محدودی در توفهای اسیدی ائوسن شده است که بیشتر با افزایش اندازه بلورهای توف همراه بوده است[۵].

[Downloaded from ijcm.ir on 2024-10-12]

شکل ۱ نقشهٔ زمین‌شناسی منطقهٔ مورد مطالعه (اقتباس از[۵]).

روش مطالعه

به منظور مطالعهٔ ویژگی‌های میکروسکوپی و ژئوشیمیایی تودهٔ دودهک، مقاطع نازکی از نمونه‌های مربوط به بخش‌های مختلف توده تهیه و پس از مطالعهٔ نمونه‌های انتخابی به روش‌های XRF و EPMA تجزیه شدند. تجزیهٔ XRF ۸ نمونه کل‌سنگ به وسیلهٔ یک دستگاه فیلیپس مدل PW2404 در آزمایشگاه تربیت معلم انجام شد. نمونه‌ها به روش پودر فشرده و در Line Kα مورد آزمایش قرار گرفتند (جدول ۱). به منظور تجزیهٔ نقطه‌ای (EPMA) کانی پلاژیوکلاز، دو مقطع نازک- صیقلی تهیه و با یک دستگاه Cameca X100 در آزمایشگاه تحقیقات فرآوری مواد معدنی ایران و در شرایط ولتاژ شتاب 10 KV و جریان 10NA بررسی شدند. این مقاطع از دو گروه مختلف انتخاب شده بودند. در نمونهٔ اول پلاژیوکلازها منطقه‌ای و سنگ‌ها فاقد میرمکیت بودند. ۱۳ نقطه از پلاژیوکلاز دارای منطقه‌بندی (نمونهٔ D۱۱) تجزیه شدند که ۷ نقطه از مرکز در راستای طولی کانی (شکل ۲ بردار۱) و ۶ نقطه از مرکز در راستای عرض کانی (شکل ۲، بردار۲) به سمت حاشیه بلور مورد بررسی قرار گرفتند. نتایج این بررسیها را در جدول ۲ می‌توان دید. نمونهٔ دوم (نمونه D۵۹) از جنوب‌شرقی توده انتخاب شد. این نمونه دارای بافت میرمکیت ولی پلاژیوکلازها منطقه‌بندی خود را از دست داده بودند. از این نمونه ۶

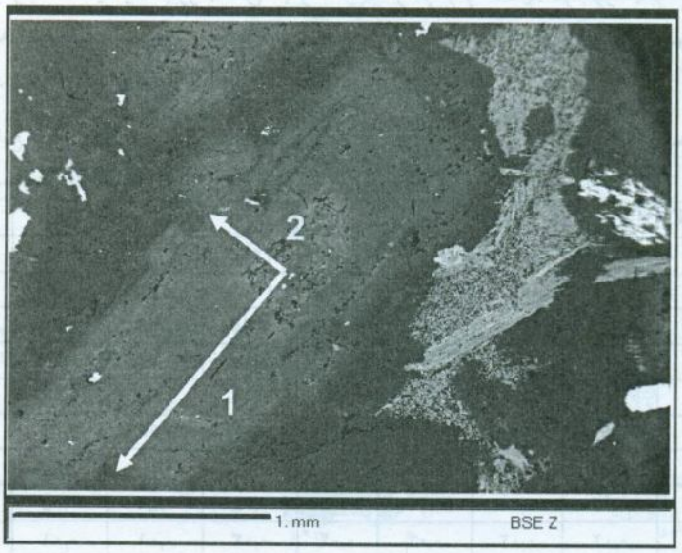
[Downloaded from ijcm.ir on 2024-10-12]

نقطه از مرکز به حاشیهٔ یک بلور (شکل ۳) و ۴ نقطه از مرکز و حاشیهٔ دو بلور دیگر تجزیه شد. نتایج تجزیهٔ شیمیایی، همگنی و یکنواختی بلورهای پلاژیوکلاز را در نمونهٔ D۵۹ نشان می‌دهد (جدول ۳).

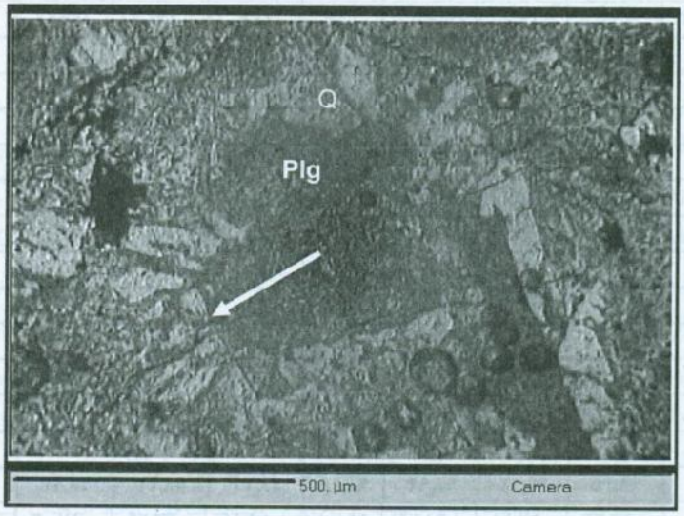
جدول۱ نتایج تجزیه گرانیتوئیدهای تودهٔ نفوذی دودهک به روش XRF . اکسیدها بر حسب درصد و عناصر بر حسب ppm هستند. آلبیت, آنورتیت و ارتوز نورماتیو نیز محاسبه شده اند.

XRF	۱۰D	۱۳D	۵۴D	۵۶D	۵۷D	۸۶D	۸۸D	۸۹D
SiO_2	۷۱٫۶۹	۷۶٫۹۷	۷۰٫۹۵	۷۲٫۳۸	۷۲٫۲۱	۷۳٫۲۱	۷۲٫۵۸	۷۳٫۴۳
Al_2O_3	۱۳٫۳۴	۱۱٫۵۶	۱۴٫۲۵	۱۴٫۱۲	۱۳٫۸۸	۱۳٫۵۶	۱۳٫۳۰	۱۲٫۷۹
Fe_2O_3	۲٫۷۴	۱٫۷۵	۱٫۶۲	۰٫۶۰	۲٫۳۵	۰٫۷۲	۰٫۷۴	۲٫۹۴
MgO	۱٫۰۵	۰٫۳۶	۰٫۳۲	۰٫۲۵	۰٫۸۷	۰٫۳۲	۰٫۲۳	۰٫۲۳
CaO	۴٫۲۰	۲٫۴۱	۴/۰۵	۳٫۴۳	۰٫۸۵	۲٫۶۵	۳٫۲۷	۱٫۵۴
Na_2O	۵/۵۳	۶٫۱۸	۶٫۵۸	۷٫۶۱	۷٫۹۷	۷٫۶۶	۷٫۳۴	۴٫۵۱
K_2O	۰٫۱۷	۰٫۰۳	۰٫۶۴	۰٫۰۱	۰٫۰۳	۰٫۰۱	۰/۱۴	۲٫۷۰
TiO_2	۰٫۴۴	۰٫۲۱	۰٫۴۲	۰٫۴۵	۰٫۴۵	۰/۵۱	۰٫۴۵	۰٫۳۰
MnO	۰٫۰۲	۰٫۰۲	۰٫۰۴	۰٫۰۲	۰٫۰۳	۰٫۰۱	۰٫۰۱	۰٫۰۳
P_2O_5	۰٫۰۶	۰٫۰۳	۰٫۰۶	۰۷٫۰	۰٫۰۶	۰٫۰۶	۰٫۰۶	۰٫۰۳
Sr	۳۱۵	۲۴۷	۱۵۲	۱۵۸	۱۰۱	۲۶۱	۲۸۶	۱۸۷
Y	۱۲	۱۳	۱۳	۱۴	۱۳	۱۳	۱۳	۱۵
Cr	۱۳۸	۱۳۴	۱۰۷	۸۰	۱۰۰	۹۵	۱۱۷	۱۳۶
Zr	۲۲۳	۲۴۰	۲۳۶	۲۵۴	۲۳۴	۲۹۰	۲۷۷	۲۸۷
Nb	۲۲	۲۲	۲۲	۲۲	۲۱	۲۱	۲۳	۲۵
Ba	۶۵۳	۲۳۶	۶۱۷	۶۴۲	۶۴۰	۷۴۲	۶۷۳	۳۸۳
La	۱۵	۱۰	۱۶	۲۲	۲۶	۲۰	۱۱	۵
Ce	۲۵	۱	۶	۱۳	۱۸	۵	۹	۲۰۳
Nd	۱۸	۱۹	۱۵	۵۵	۵	۱	۱۰	۲۵
V	۴۰	۱۷	۳۷	۳۷	۳۷	۴۲	۳۹	۲۸
Pb	۲۱	۴۲	۴۱	۴۴	۱۳	۴۷	۲۱	۲۰
Cu	۱۰	۱۳	۱۱	۸	۹	۱۱	۹	۱۱
Zn	۹۰	۸۵	۶۲	۱۶	۵۲	۱۸	۲۷	۵۶
Cs	۴	۴	۱۶	۱	-	۳	۱	۱۰
Ga	۲۴	۲۶	۲۶	۳۵	۲۶	۲۸	۲۶	۲۵
Th	۸	۱۶	۹	۱۰	۹	۱۱	۱۱	۷
sum	۹۹٫۲۵	۹۹٫۵۲	۹۸٫۹۴	۹۸٫۹۵	۹۸٫۷۰	۹۸٫۷۲	۹۸٫۱۳	۹۸٫۵۱
Ab	۴۲٫۳۳	۴۷٫۵۵	۴۸٫۷۹	۴۹/۰۸	۶۵٫۱۶	۶۳٫۲۹	۵۷٫۰۳	۷۰٫۲۶
An	۱۷٫۷۵	۸٫۰۶	۹٫۱۷	۸٫۶۱	۳٫۰۶	۴٫۱۰	۸٫۷۳	۱۶٫۲۰
Or	۱٫۰۰	۱٫۳۶	۱٫۳۰	۱٫۶۵	۱٫۴۸	۱٫۶۹	۰٫۸۹	۱۱٫۸۸

[Downloaded from ijcm.ir on 2024-10-12]



شکل ۲ تصویر BSE مربوط به کانی پلاژیوکلاز منطقه‌ای (نمونه D11) که از مرکز در دو راستای عمود بر هم تجزیه کمی (EPMA) روی آن انجام گرفته است.



شکل۳ تصویر BSE مربوط به نمونه (D59) . از مرکز به حاشیهٔ پلاژیوکلاز (در راستای نشان داده شده) به روش EPMA تجربه کمی شده است. Plg پلاژیوکلاز و Q کوارتز است.

[Downloaded from ijcm.ir on 2024-10-12]

جدول ۲ نتایج تجزیه کمی پلاژیوکلاز زونه (نمونه D11) از مرکز به حاشیه. A) در راستای طول بلور و B) در راستای عرض بلور.

A	مرکز					حاشیه
	بیتونیت	لابرادوریت	آندزین			
Na2O	۳٫۲۵	۴٫۳۸	۷٫۵۸	۷٫۴۹	۵٫۷۱	۷٫۵۸	۷٫۵۸
K2O	۰٫۱۷	۰٫۱۵	۰٫۶۲	۰٫۵۴	۰٫۱۸	۰٫۵۳	۰٫۴۳
CaO	۱۴٫۷۹	۱۳٫۵۵	۶٫۶۸	۷٫۳۶	۱۰٫۵۲	۷٫۴۹	۷٫۳۰
FeO	۰٫۲۱	۰٫۳۳	۰٫۲۳	۰٫۱۶	۰٫۲۸	۰٫۱۸	۰٫۱۷
Al2O3	۳۰٫۶۹	۲۹٫۷۰	۲۴٫۵۱	۲۴٫۷۶	۲۷٫۶۱	۲۵٫۳۵	۲۴٫۷۱
SiO2	۴۸٫۸۰	۵۲٫۱۹	۵۹٫۴۵	۵۸٫۹۲	۵۵٫۰۱	۹۵٫۵۶	۵۹٫۹۲
Total	۹۷٫۹۴	۱۰۰٫۰	۹۹٫۰۹	۹۹٫۲۵	۹۹٫۳۳	۱۰۰٫۰۰	۱۰۰٫۰۰
Na	۱٫۱۸	۱٫۵۳	۲٫۶۵	۲٫۶۲	۲٫۰۱	۲٫۶۲	۲٫۶۳
K	۰٫۰۴	۰٫۰۳	۰٫۱۴	۰٫۱۲	۰٫۰۴	۰٫۱۲	۰٫۰۹
Ca	۲٫۹۶	۲٫۶۴	۱٫۲۹	۱٫۴۲	۲٫۰۵	۱٫۴۳	۱٫۳۹
Fe2	۰٫۰۳	۰٫۰۵	۰٫۰۲	۰٫۰۲	۰٫۰۴	۰٫۰۲	۰٫۰۳
Al	۶٫۷۶	۶٫۳۱	۵٫۲۱	۵٫۲۷	۶٫۹۰	۵٫۳۱	۵٫۲۰
Si	۹٫۱۲	۹٫۴۱	۱۰٫۷۲	۱۰٫۶۳	۱۰٫۰۰	۱۰٫۶۰	۱۰٫۷۰
Ab	۲۸٫۲	۳۴٫۶	۶۴٫۹	۶۲٫۹	۴۹٫۰۰	۶۲٫۸	۶۳٫۷
An	۷۰٫۹	۶۴٫۶	۳۱٫۶	۳۴٫۱	۴۹٫۹	۳۴٫۳	۳۳٫۹
Or	۱٫۰	۰٫۸	۳٫۵	۳٫۰	۱٫۰	۲٫۹	۲٫۴
B	مرکز					حاشیه
	بیتونیت	لابرادوریت	آندزین			
Na2O	۳٫۱۷	۵٫۴۲	۶٫۰۵	۷٫۶۹	۷٫۲۱	۷٫۹۶
K2O	۰٫۰۸	۰٫۳۱	۰٫۲۸	۰٫۴۹	۰٫۲۹	۰٫۱۷
CaO	۱۵٫۲۴	۱۱٫۰۰	۱۰٫۳۵	۷٫۴۱	۸٫۳۴	۷٫۲۸
FeO	۰٫۳۲	۰٫۳۰	۰٫۳۵	۰٫۳۶	۰٫۲۶	۰٫۱۶
Al2O3	۳۱٫۵۸	۲۸٫۰۱	۲۷٫۲۱	۲۴٫۶۸	۲۵٫۵۳	۲۴٫۹۲
SiO2	۴۸٫۸۷	۵۴٫۳۴	۵۴٫۶۲	۵۸٫۹۳	۵۷٫۶۱	۵۹٫۵۱
Total	۹۹٫۲۷	۹۹٫۴۰	۹۸٫۸۹	۹۹٫۵۲	۹۹٫۲۶	۱۰۰٫۰۰
Na	۱٫۱۳	۱٫۹۱	۲٫۱۵	۲٫۶۹	۲٫۵۳	۲٫۷۶
K	۰٫۰۲	۰٫۰۷	۰٫۰۶	۰٫۱۱	۰٫۰۷	۰٫۰۴
Ca	۳٫۰۱	۲٫۱۵	۲٫۳۰	۱٫۴۳	۱٫۶۲	۱٫۳۹
Fe2	۰٫۰۵	۰٫۰۵	۰٫۰۵	۰٫۰۵	۰٫۰۴	۰٫۰۲
Al	۶٫۸۷	۶٫۰۱	۵٫۸۷	۵٫۲۴	۵٫۴۵	۵٫۲۵
Si	۹٫۰۲	۹٫۹۰	۱۰٫۰۰	۱۰٫۶۳	۱۰٫۴۳	۱۰٫۶۴
Ab	۲۷٫۲	۴۶٫۳	۵۰٫۶	۶۳٫۵	۶۰٫۰	۶۵٫۸
An	۷۲٫۲	۵۱٫۹	۴۷٫۸	۳۳٫۸	۳۸٫۴	۳۲٫۲
Or	۰٫۵	۱٫۷	۱٫۵	۲٫۷	۱٫۶	۰٫۹

[Downloaded from ijcm.ir on 2024-10-12]

جدول۳ نتایج آنالیز کمی حاشیه و مرکز پلاژیوکلازهای نامنطقه‌ای نمونهٔ جنوب شرقی تودهٔ نفوذی (نمونه D۵۹).

	مرکز					حاشیه	مرکز	حاشیه	مرکز	حاشیه
Na_2O	۱۱٫۳۴	۱۱٫۰۹	۱۱٫۴۴	۱۱٫۷۵	۱۱٫۰۷	۱۱٫۳۲	۱۱٫۹۹	۱۱٫۴۵	۱۱٫۵۶	۱۰٫۸۷
K_2O	۰٫۵۲	۰٫۴۷	۰٫۱۰	۰٫۱۸	۰٫۴۰	۰٫۴۵	۰٫۲۵	۰٫۱۹	۰٫۱۱	۰٫۵۱
CaO	۰٫۴۱	۰٫۴۱	۰٫۴۹	۰٫۳۱	۰٫۷۱	۰٫۵۷	۰٫۵۵	۰٫۵۶	۰٫۷۳	۰٫۸۷
FeO	۰٫۱۸	۰٫۰۰	۰٫۱۳	۰٫۰۰	۰٫۰۲	۰٫۱۶	۰٫۱۳	۰٫۱۱	۰٫۰۷	۰٫۰۹
Al_2O_3	۱۹٫۷۵	۱۹٫۶۸	۱۹٫۲۶	۱۹٫۱۱	۱۹٫۴۰	۱۹٫۶۹	۱۹٫۰۶	۱۹٫۷۱	۱۹٫۲۴	۱۹٫۸۴
SiO_2	۶۸٫۴۲	۶۷٫۳۹	۶۸٫۱۸	۶۸٫۵۷	۶۶٫۵۹	۶۸٫۰۹	۶۸٫۵۰	۶۷٫۵۶	۶۸٫۰۲	۶۶٫۵۳
Total	۱۰۰٫۶	۱۰۰٫۰	۹۹٫۶۲	۹۹٫۹۶	۹۸٫۲۰	۱۰۰٫۳	۱۰۰٫۰	۹۹٫۵۹	۹۹٫۷۷	۹۸٫۷۸
Na	۳٫۸	۳٫۸	۳٫۹	۳٫۹	۳٫۷	۳٫۸	۳٫۹	۲٫۶	۴٫۰	۳٫۸
K	۰٫۱	۰٫۱	۰٫۰	۰٫۰	۰٫۱	۰٫۱	۰٫۰	۰٫۰	۰٫۰	۰٫۰
Ca	۰٫۱	۰٫۱	۰٫۱	۰٫۱	۰٫۱	۰٫۱	۰٫۱	۰٫۰	۰٫۱	۰٫۱
Al	۴٫۰	۴٫۱	۳٫۹	۳٫۹	۴٫۰	۴٫۰	۳٫۹	۲٫۶	۳٫۹	۴٫۰
Si	۱۱٫۹	۱۱٫۸	۱۲٫۰	۱۱٫۹	۱۱٫۹	۱۱٫۹	۱۱٫۹	۱۳٫۳	۱۱٫۹	۱۱٫۸
Ab	۹۴٫۹	۹۵٫۱	۹۷٫۶	۹۷٫۲	۹۵٫۱	۹۵٫۲	۹۶٫۰	۹۶٫۳	۹۶٫۲	۹۵٫۳
An	۲٫۶	۲٫۰	۱٫۴	۲٫۳	۱٫۹	۱٫۹	۳٫۳	۲٫۶	۲٫۴	۳٫۶
Or	۲٫۵	۲٫۹	۱٫۰	۰٫۵	۲٫۹	۲٫۹	۰٫۶	۱٫۲	۱٫۳	۱٫۱

بحث و بررسی

مطالعهٔ بخش‌های مختلف تودهٔ نفوذی دودهک نشان می‌دهد که در مقیاس ماکروسوکپی تودهٔ نفوذی دودهک دارای ترکیب تقریبا یکنواختی است، ولی بخش جنوب‌شرقی آن در مقیاس میکروسکوپی با بخشهای دیگر تفاوت دارد [۵]. از اینرو در زیر ویژگیهای کلی تودهٔ نفوذی و بخش جنوب‌شرقی جدا از هم بررسی و در مورد عوامل سازندهٔ تفاوت‌های موجود بحث شد.

تودهٔ نفوذی دودهک

بررسی‌های صحرائی نشان می‌دهد که تودهٔ نفوذی دودهک یک تودهٔ تقریباً همگن است و تغییرات در میزان و نوع کانیها در سنگها بسیار تدریجی است. بر اساس مطالعات میکروسکوپی و اندازه‌گیری مدال کانی‌های کوارتز، فلدسپات پتاسیک، و پلاژیوکلاز (جدول۴) سنگ‌ها در تقسیم‌بندی اشتریکایزن [۷] تونالیت تا گرانودیوریت هستند. سنگ‌ها با توجه به تجزیه شیمی آنها (جدول ۱) و بر اساس تقسیم‌بندی مدال، کانی‌های آلبیت، آنورتیت، و ارتوز [۸ و ۹] نیز بیشتر تونالیت‌اند.

[Downloaded from ijcm.ir on 2024-10-12]

گرانیتهای مورد مطالعه از نظر نسبت Zr در مقابل SiO_2 از نوع I هستند[۱۰ و ۱۱]. نمونه‌های مورد مطالعه در نمودار ایروین و بارگار [۱۲] و نمودار AFM به ترتیب در گسترهٔ زیر مجموعهٔ الکالن و کالکوآلکالن قراردارند (شکل ۴).

کانی‌شناسی اصلی تودهٔ نفوذی شامل پلاژیوکلاز، کوارتز و آلکالی فلدسپار نیز کانی‌های تبرهٔ بیوتیت و آمفیبول است، و اسفن نیز در برخی سنگها دیده می‌شود.

پلاژیوکلازها، به صورت شکل‌دار تا نیمه‌شکل‌دار بوده و اندازهٔ آنها بین ۰/۱ تا ۵/۵ میلیمتر تغییر می‌کند و اغلب سالم و ساختاری منطقه‌ای و ماکل واضح دارند (شکل ۵) و آثار تجزیه در آنها چندان دیده نمی‌شود. ولی در فلدسپات قلیایی آثار تجزیه به کانیهای رسی در برخی موارد آشکار است.

بافت اصلی سنگ‌ها گرانولار و پرفیروئید است. بافت‌های فرعی پرتیت و ریزنگاره‌ای به خوبی قابل تشخیص‌اند گسترش بافت‌های فرعی به‌ویژه ریزنگاره‌ای به گونه‌ای است که در برخی موارد بافت اصلی سنگ را به خود اختصاص می‌دهد (شکل ۶).

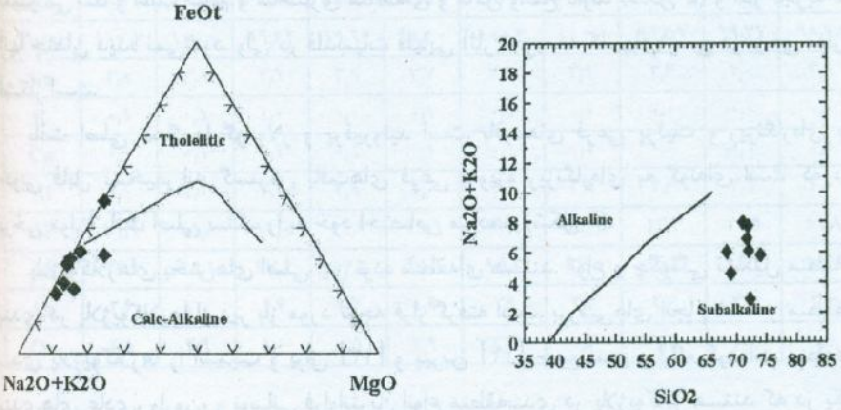
پلاژیوکلازهای بخش‌های اصلی این توده منطقه‌ای هستند. انواع و چگونگی تشکیل منطقه-بندی در پلاژیوکلازها از دیر باز مورد توجه قرار گرفته است. بررسی‌های انجام شده بر منطقه-بندی پلاژیوکلازها را اسمیت و بران [۱۳] و پیرس [۱۴] جمع‌بندی و ارائه کرده‌اند. منطقه-بندی‌های عادی، وارون، و نوسانی فراوانترین انواع منطقه‌بندی در پلاژیوکلاز هستند که در یک تک بلور دیده می‌شوند [۱۳]. مکنزی و همکاران [۱۵] انواع تلفیقی منطقه‌بندی را معرفی کرده‌اند. آنها معتقدند که در بلورهای پلاژیوکلاز در طول منطقه‌بندی عادی یا وارون می‌توان نوسان‌های شدیدی را مشاهده کرد که به ترتیب انواع منطقه‌بندی عادی، نوسانی و نوسانی وارون را به نمایش گزارده‌اند.

بر اساس تجزیهٔ نقطه‌ای (**EPMA**)، منطقه‌بندی عادی در پلاژیوکلازهای منطقه‌ای بخش-های اصلی توده دیده می‌شود که شامل افزایش سدیم از مرکز به حاشیهٔ بلور و کاهش کلسیم از مرکز به حاشیهٔ بلور است (شکل ۷). ترکیب پلاژیوکلازها از بیتونیت در مرکز به آندزین در حاشیه تغییر می‌کند (جدول ۲). ولی کاهش درصد آنورتیت از مرکز به حاشیهٔ روندی خطی ندارد و با نوسان همراه است. از اینرو شاید بتوان نوع منطقه‌بندی پلاژیوکلازهای مطالعه شده را بر اساس تقسیم‌بندی مکنزی و همکاران [۱۵]، نوسانی عادی نامید. برای تعیین دقیق الگوی نوسانی این بلورها نیاز به آنالیز نقاط بیشتری از مرکز به حاشیه بلورهای پلاژیوکلاز است. با توجه به نبود بافت‌های مربوط به اختلاط ماگمایی، این منطقه‌بندی نوسانی عادی در پلاژیوکلازها می‌تواند خاستگاه ماگمایی داشته و به سرد شدن سریع ماگما نسبت به تفکیک عناصر مربوط باشد [۱۴].

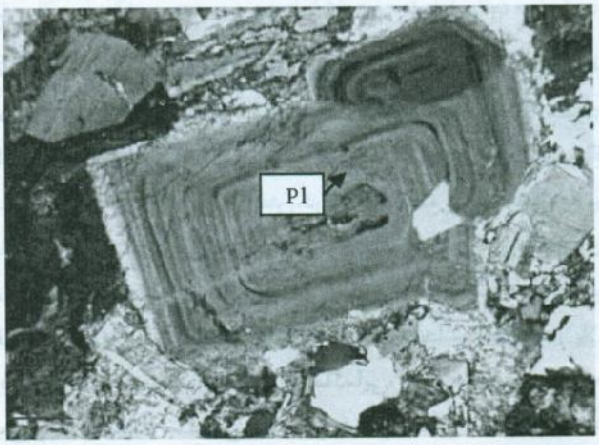
[Downloaded from ijcm.ir on 2024-10-12]

جدول۴ نتایج آنالیز مدال کانی‌های کوارتز (Q)، فلدسپات پتاسیک (Kf) و پلاژیوکلاز (Plg) بر حسب درصد در گرانیتوئیدهای مورد مطالعه. مجموع درصد حجمی سه کانی به صد رسانده شده است.

	۸۹D	۸۸D	۸۶D	۵۷D	۵۶D	۵۴D	۱۳D	۱۰D
Q	۳۹٫۴۳	۳۹٫۷۳	۳۲٫۳۷	۳۴٫۹۱	۲۳٫۸۴	۲۴٫۳۹	۲۸٫۱۳	۵۹٫۲۸
Kf	۱٫۱۸	۱٫۴۳	۱٫۵۳	۱٫۸۰	۱٫۶۱	۱٫۷۹	۰٫۲۵	۱۳٫۶۹
Plg	۵۹٫۳۸	۵۸٫۸۲	۶۶٫۰۸	۶۳٫۲۷	۷۴٫۵۴	۷۳٫۸۰	۷۰٫۸۷	۲۷٫۰۶

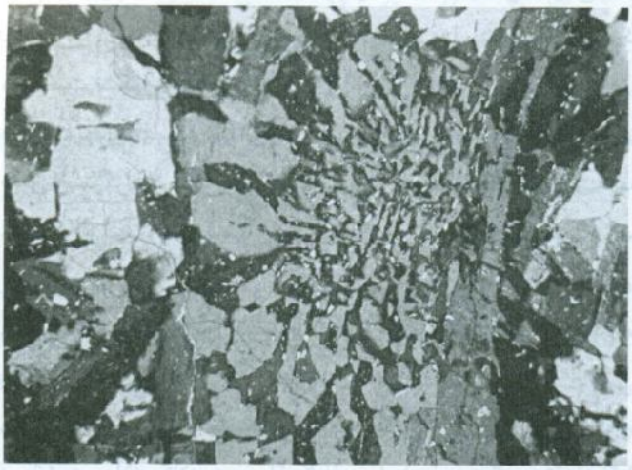


شکل ۴ گرانیتوئیدهای مورد مطالعه در نمودار ایروین و بارگار [۱۱] (الف) و نمودار (ب) AFM به ترتیب در گسترهٔ ساب الکالن و کالکوآلکالن قرار دارند.

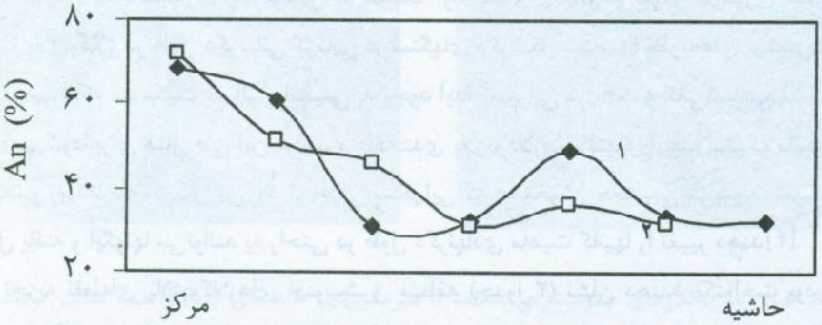


شکل۵ تصویر میکروسکپی پلاژیوکلازهای سالم با منطقه‌بندی مشخص در نمونه D۱۱ (XPL).

[Downloaded from ijcm.ir on 2024-10-12]



شکل ۶ تصویر میکروسکوپی بافت میکروگرافیک در بخش های اصلی تودهٔ نفوذی دودهک، (XPL).



شکل ۷ نمودار تغییرات درصد آنورتیت در پلاژیوکلاز منطقه‌ای.۱) و ۲) به ترتیب آنالیز انجام شده در راستای بردارهای نشان داده شده در شکل ۲ هستند. فاصلهٔ بین مرکز تا حاشیه بدون مقیاس است.

دگرنهادی در گرانیتوئیدهای جنوب شرقی تودهٔ نفوذی

نمونه‌های بخش جنوب‌شرقی توده با سایر نقاط متفاوتند. در نمونه‌هایی که از این بخش برداشت شده‌اند، پلاژیوکلازها منطقه‌بندی روشنی ندارند و نیز بافت نگاره‌ای که همرشدی کوارتز و آلکالی فلدسپار است، مشاهده نمی‌شود. تفاوتهایی نیز در شکل و اندازهٔ کانیها وجود دارد. اندازهٔ بلورهای کوارتز بین ۰/۱ تا ۲ میلیمتر است. کوارتز بیشتر بی‌شکل بوده و پرکنندهٔ

[Downloaded from ijcm.ir on 2024-10-12]

فضای بین کانیهای دیگر سنگ است. دانه‌های کوارتز اغلب خاموشی موجی نشان داده و در مواردی کاتاکلاست شده‌اند. سریسیتی‌شدن نیز در پلاژیوکلازها مشاهده می‌شود که در حاشیه پلاژیوکلازها میرمکیت تشکیل شده است.

با توجه به تقسیم‌بندی فیلیپس [۱۶و۱۷] که میرمکیتها را به انواع میرمکیت حاشیه‌ای، منفرد، زائده شکل، اینترگرانولار بین دو K فلدسپار، و میرمکیتهای دو لخته با دنباله‌های مسکوویت تقسیم کرده است، میرمکیتهای مورد مطالعه بیشتر از نوع حاشیه‌ای هستند (شکل ۸ الف).

رانگ [۴] نظریه‌های مختلفی در ارتباط با تشکیل میرمکیتها عنوان کرده است که به ترتیب عبارتند از:

۱) رشد همزمان یا بلوری شدن مستقیم از یک آبگون. ۲) رشد دوبارهٔ کوارتز به صورت میرمکیت. ۳) جانشینی پلاژیوکلاز به وسیلهٔ K فلدسپار (برخی دیگر معتقدند کوارتز ورمیکوله می‌تواند در K فلدسپار جای گیرد [۱۸]). ۴) اکسولوشن (جدایش) در طول سرد شدن. ۵) جانشینی K فلدسپار با پلاژیوکلاز که موجب آزاد سازی SiO_2 می‌شود. ۶) بلوری شدن دوبارهٔ پلاژیوکلاز در طول دگرسانی گرمابی در سنگهای دگرشکل شده. ۷) نظریه‌های ترکیبی.

درصورتیکه میرمکیت در اثر جانشینی به وجود آید، تغییراتی در بافت و کانی‌شناسی سنگ دیده می‌شود. برای مثال طی این فرایند منطقه‌بندی پلاژیوکلازها، بافتهای اولیه سنگ مانند پرتیت و ریزنگاره‌ای از بین می‌رود. از طرفی سنگهایی که دستخوش جانشینی می‌شوند، تغییر شکل یافته و آبگونها می‌توانند به راحتی در طول دگرنهادی ماهیت کانیها را تغییر دهند[۴].

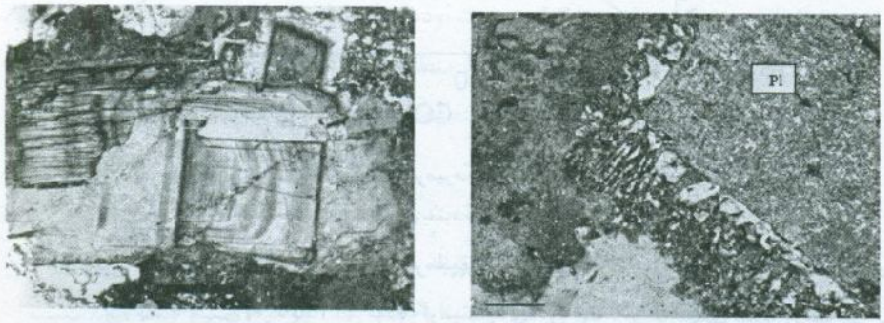
تجزیه نقطه‌ای پلاژیوکلازهای جنوب‌شرق منطقه (جدول۳) نشان دهندهٔ یکنواخت بودن ترکیب و آلبیتی‌شدن پلاژیوکلازهاست. در حاشیهٔ این بلورهای همگن، میرمکیت تشکیل شده است و منطقه‌بندی پلاژیوکلاز از بین رفته است که می‌تواند دلیلی بر تشکیل میرمکیت در طول فرایند دگرنهادی قلیایی باشد [۴، ۱۹].

- از طرف دیگر در نمونه‌های بخش جنوب شرقی، فلدسپاتهای پتاسیک هسته روی پلاژیوکلازها هسته‌سازی داشته است (شکل۸ ب) که این بافت به دگرنهادی سدیک نسبت داده شده است[۱۹].

[Downloaded from ijcm.ir on 2024-10-12]

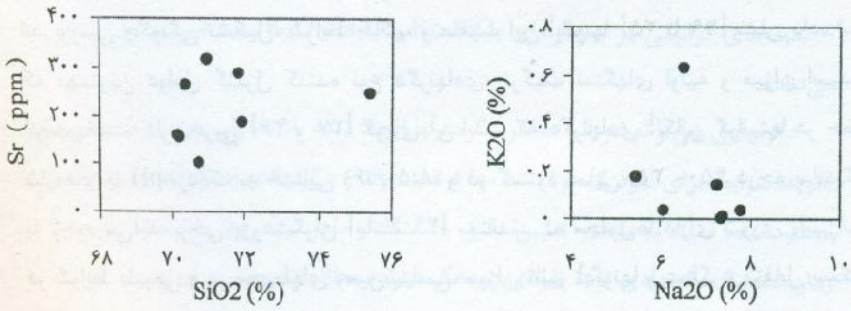
در بررسی ژئوشیمیایی نمونه‌ها، روند غیرخطی نمونه‌های گرانیتی در نمودارهای $Rb\text{-}SiO_2$ و $K_2O\text{-}Na_2O$ دیده می‌شود (شکل ۹) که این پدیده نیز ناشی از دگرنهادی سدیک است. در شرایط معمولی نمونه‌ها روند خطی با شیب مثبت نشان می‌دهند[۱۰].

رانگ [۴] معتقد است که سنگهای حاوی میرمکیت در مناطقی که ماگمای کالکو آلکالن فعال است دیده می‌شوند. وی درصد کوارتز نسبت به آنورتیت را برای این نوع میرمکیت‌ها اندازه‌گیری و ارائه کرده است (شکل۱۰) نمونه‌های مورد مطالعه نیز روی منحنی میرمکیت معرفی شده توسط رانگ[۴] قرار گرفته‌اند و می‌توانند در مناطقی که ماگمای کالکوآلکالن تشکیل می‌شود، به وجود آیند. نمودارهای متداول ژئوشیمیایی (شکل ۴) نیز که بر اساس تجزیهٔ گرانیت‌ها رسم شده است کالکوآلکالن بودن این سنگ‌ها که قبلا نیز توسط قلمقاش و باباخانی [۶] گزارش شده بود تایید می‌کند.



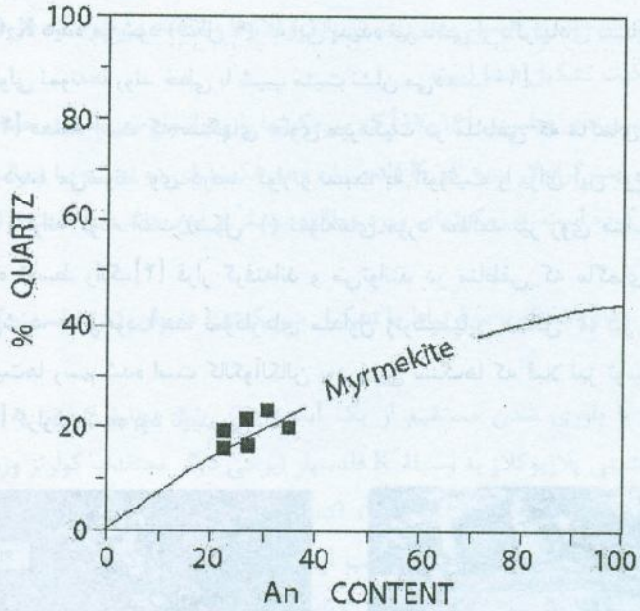
ب الف

شکل۸ الف: پلاژیوکلازهای جنوب‌شرقی منطقه با میرمکیتهای حاشیه‌ای (PPL) ب): نمایش رشد فلدسپات پتاسیک روی پلاژیوکلاز در رخنمون جنوب‌شرقی تودهٔ نفوذی دودهک (PPL).



شکل ۹ روند غیر خطی نمونه های گرانیتی در نمودارهای Rb-SiO2 و K2O-Na2O

[Downloaded from ijcm.ir on 2024-10-12]



شکل ۱۰ درصد آنورتیت نسبت به کوارتز درمیرمکیتهای مطالعه شده بر اساس نمودار رانگ [۴].

تشکیل دگرنهادی آلکالن به عملکرد گرمابیهای و آبگونهای حاصل از واکنش‌های دگرگونی نسبت داده شده است [۲۰ تا ۲۴]. تودهٔ گرانیتوئیدی دودهک در سنگهای آتشفشانی ائوسن نفوذ کرده و آهک‌های الیگوسن در برخی نقاط روی آن قرار گرفته است. تشکیل آن همزمان با فعالیت دگرگونی درجهٔ بالا نبوده، و پس از تشکیل نیز فعالیت‌های دگرگونی مشخصی در منطقه دیده نمی‌شود. لذا به نظر می‌رسد که گرمابیها در تشکیل دگرنهادی الکالن نقش داشته‌اند. بررسی چگونگی تشکیل، شرایط حاکم، و ماهیت این آبگونها [۲۵ تا ۲۹] نشان داده است که مهمترین عوامل کنترل کننده نوع دگرنهادی، ترکیب سنگهای اولیه و میزان اسیدیتهٔ گرمابیهاست. کار تجربی [۲۶ و ۲۷] گویای آن است که دگرنهادی آلکالن گرانیتها در حضور شاره‌های با pH نزدیک به خنثایی (۶/۶-۸/۵) و در گسترهٔ دمایی ۳۵۰ -۴۵۰ درجه سانتیگراد به وجود می‌آید. برخی پژوهشگران [مانند ۲۹] معتقدند که محلول‌ها دارای شوری پایین‌اند و در شرایط طبیعی و در محیطهای زمین‌شناسی، میزان تاثیر آبگونها و عملکرد متقابل سنگ و آبگون می‌تواند در تغییر دما و pH یاد شده موثر باشد. لذا برای تعیین دقیق خاستگاه و ماهیت

[Downloaded from ijcm.ir on 2024-10-12]

آبگونها و شرایط حاکم بر آنها در زمان تشکیل دگرنهادی تودهٔ نفوذی دودهک نیاز به مطالعات بیشتری مانند بررسی آبگونهای درگیر، داده‌های REE، و تعیین میزان و نسبت‌های ایزوتوپی است.

دگرنهادی در تودهٔ نفوذی دودهک محدود به حاشیهٔ جنوب‌شرقی است. میزان گسترش دگرنهادی علاوه بر حجم شاره‌ها به تغییرات ساختاری گرانیتها نیز وابسته است [۱۸]. بررسی ساختاری سنگهای نفوذی منطقه نشان داده است که این سنگها فاقد بافت‌های ثانویه هستند، و تودهٔ تحت تاثیر نیروهایی که بتواند ساختار توده را تغییر و شرایط را برای نفوذ بیشتر شاره‌ها فراهم آورد، قرار نداشته است. لذا دگرنهادی در این توده محدود به حاشیهٔ جنوب شرقی شده است.

برداشت

تودهٔ نفوذی دودهک تونالیت تا گرانودیوریت بوده و بافت‌های پورفیروئید، ریز نگاره‌ای و نگاره‌ای در سنگهای آن دیده می‌شود. پلاژیوکلازها، منطقه‌بندی عادی (نوسانی) را نشان می‌دهند. بافتهای موجود در سنگهای جنوب‌شرقی منطقه متفاوت و وجود شواهد زیر دلیلی بر حضور دگرنهادی آلکالن در این محدوده است:

- در حاشیهٔ پلاژیوکلازهایی که بافت منطقه‌بندی خود را از دست داده‌اند، میرمکیت حاشیه‌ای به وجود آمده است. این نوع میرمکیت می‌تواند در فرایند دگرنهادی و در سنگ‌هایی که از یک ماگمای اولیه کالکوآلکالن، بلوری شده‌اند، به وجود آیند. نمودارهای ژئوشیمیایی ترسیم شده براساس تجزیه XRF نمونه‌ها، نیز حضور چنین ماگمایی را تایید می‌کند.
- آلکالی فلدسپار به صورت مربع و لوزی شکل با بافتی شبیه به شطرنج روی پلاژیوکلازها آلبیتی نطفه‌زایی کرده است.
- نمونه‌های گرانیتی در نمودارهای $Rb\text{-}SiO_2$ و $K_2O\text{-}Na_2O$ روند غیر خطی از خود نشان می‌دهند.

دگرنهادی می‌تواند در اثر عملکرد گرمابیها ایجاد شده باشند ولی در اثر نبود ساختارهای ثانویه، شرایط برای نفوذ گسترده شاره‌ها فراهم نبود، و دگرنهادی به حاشیه جنوب‌شرقی توده محدود شده است. به منظور تعیین دقیق خاستگاه و ماهیت شاره‌ها و شرایط حاکم بر آنها در زمان تشکیل دگرنهادی تودهٔ نفوذی دودهک نیاز به مطالعات بیشتری است.

[Downloaded from ijcm.ir on 2024-10-12]

تشکر و قدردانی

این کار پژوهشی با حمایت مالی معاونت پژوهشی و در اجرای طرح‌های پژوهشی پژوهشکدهٔ تحقیقاتی علوم کاربردی دانشگاه تربیت معلم انجام شده است.

مراجع

[1] Collins L. G., *"Hydrothermal Differentiation And Myrmekite - A Clue To Many Geologic Puzzles: Athens"*, Theophrastus Publications, 382 p. (1988)

[2] Collins L. G., *"The metasomatic origin of the Cooma complex in southeastern Australia"*, Theophrastus Contributions, 1, 105-112. (1993)

[3] Collins L. G., *"Metasomatic Origin of the Cooma complex in southeastern Australia Theophrastus Publication"*, 387 p. (1998)

[4] Rong J. S., *"Myrmekite formed by Na- and Ca- Metasomatism of K-feldespare"*, Beijing Research Institute of Uranium Geology (2002).

[۵] صالحی ز.، *"پتروگرافی و پترولوژی سنگهای آذرین و دگرگونی جنوب دودهک"*، پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه تربیت معلم تهران. (۱۳۸۵).

[۶] قلمقاش ج.، بابا خانی ع.، *"نقشه زمین شناسی کهک، مقیاس ۱/۱۰۰۰۰۰"*، انتشارات سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور. (۱۳۷۴).

[7] Streekeisen A. L., *"Classification and nomenclature of plutonic rocks"*, Geo. Rundsch., 63, 773-786. (1974).

[8] Barker F., *"Trondhjemites, dacites and related rocks"*, Elsevier Sci. Pul. Amsterdam, the Netherlands (ed) (1979).

[9] O'Connor J. T., *"A classification for quartz-rich igneous rocks based on fedespar ractions"*, US. Geol. Sur. Prof., paper: 525, B, 49-84. (1965)

[10] Chappell B. W., White A. J. R., *"Two contrasting granite type"*, Pacific. Geology, 8. 173-174. (1974)

[11] Wilson M., *"Igneous Petrgenesis: a global tectonic approach"*, Unwinhy Man; London, 466PP. (1989)

[12] Irvine T. N., Baragar R. A., *"A guide to the chemical classification of the common Volcanic rocks"*, Can. J. Earth Sci, 8, 523-548. (1971)

[13] Smith J. V., Brown W. L., *"Feldspar Minerals I. Crystal Structures"*, Physical, Chemical and Microtextural Properties. Berlin (Springer). (1988)

[14] Pearce T. H., *"Recent work of oscillatory zoning in plagioclase"*, In 'Feldspars and Their Reactions'. Parsons, I (ed.), Dordrecht (Kluwer), p. 313-349. (1994)

[Downloaded from ijcm.ir on 2024-10-12]

[15] McKenzie W. S., Donaldson C. H. D., Guilford C., *"Atlas of igneous rocks and their textures"*, Longman. 148p. (1984).

[16] Phillips E. R., *"Myrmekite - One hundred years later: Lithos"*, 7, 181-194. (1974)

[17] Phillips E. R., *"On polygenetic myrmekite: Geological Magazine"*, 117, 29-36. (1989)

[18] Simpson C., Wintsch R. P., *"Evidence for deformation-induced K-feldspar replacement by myrmekite"*, J. of Metamorphic Geology, 7, p. 261-275. (1989)

[19] Smith J. V., *"Feldspar minerals"*, V.2 ,Berlin-Heidelberg, Springer Verlag, 690 PP. (1974)

[20] Drummond M. S., Ragland P. C., Wesolowski D., *"An example of trondjemite genesis by means of alkal metasomatism: Rockford granite"*, Alabama, Contribution to Mineralogy and Petrology, 93, 98-113. (1986)

[21] Zaraisky G. P., *"Metasomatic rocks: Zoning and formational conditions (in Russian)"*, Nauka: Moscow, 342 pp. (1989)

[22] Maruejol P., Cuney M., Turpin L., *"Magmatic and hydrothermal R.E.E. feactionation in the Xihuashan granite (SE China)"*, Contribution to Mineralogy and Petrology, 104, 668-680. (1990)

[23] Marks M., Vennemann T., Siebel W., Markl G., *"Quantification of magmatic and hydrothermal processes in peralkaline syenite-alkali ganite complex based on texture"*, phase equilibria, and stable and radiogenic isotopes, Journal of Petrology, 44, 1247-1280. (2003)

[24] Fiannacca P., Brotzu P., Cirrincione R., Mazzoleni P., Pezzino A., *"Alkali metasomatism as a process for trondhjemite genesis: evidence from Aspromonte Unite"*, north-eastern Peloriant, Sicily, Mineralogy and Petrology, 84, 19-45. (2005)

[25] Zaraisky G. P., Shapovalov Yu. B., Belyaevskaya O. N., *"Experimental studies of the acidic metasomatism (in Russian)"*, Nauka: Moscow, 218 pp. (1981)

[26] Zaraisky G. P., *"Progress in the theory of metasomatic zoning"*, Petrology, 1, 4-28. (1993a)

[27] Zaraisky G. P., *"Experimental modeling of metasomatism"*, Petrology, 1, 251-264. (1993b)

[28] Zaraisky G. P., Stoyanovskaya F. M., *"Experimental modeling of gain and loss of the rare metals (W, Mo and Sn) during of greisenization and alkalic metasomatism of leucocratic granite, Experiment in Geosciences"*, 4, 19-21. (1995)

[Downloaded from ijcm.ir on 2024-10-12]

[29] Zharikov V. A., Omelyanenko B. I., *"Classification of metasomatites (in Russian)"*, in: Metasomatism and ore deposition, Nauka: Moscow, pp. 9-28 (1978)

[30] Cathelineau M., *"The hydrothermal alkali metasomatism effects on granitic rocks: quartz dissolution and related subsolidus changes"*, J. of Petrology, 27, 945-965. (1986)

[Downloaded from ijcm.ir on 2024-10-12]