

# منشأ، پتروژنز و سن سنجی رادیومتری باتولیت پیچاقچی (شمال باختر ایران)

نوشته: دکتر محمد حسین خلقی\* و دکتر منصور وثوقی عابدینی\*\*

## Origin, Petrogenesis and Radiometric Age Dating of Pichagchi Batholite (North West Iran)

By: Dr. M. H. Kholghi\*, and Dr. M. Vossoughi Abedini\*\*

### چکیده

باتولیت پیچاقچی در شمال باختر ایران (۳۵ کیلومتری جنوب خاور شهرستان شاهین دژ) واقع است. این باتولیت در پهنه ساختمانی ایران مرکزی قرار دارد و سنگ های پالئوزوئیک را بریده است. سن مطلق باتولیت پیچاقچی به روش K - Ar، ۷۴/۲۰ میلیون سال تعیین شده که بیانگر زمان کرتاسه بالا - پالئوسن و رخداد تکتونیک لارامید است.

باتولیت پیچاقچی از کوارتز دیوریت، تونالیت، گرانودیوریت و کوارتز مونزودیوریت تشکیل شده و کانی های تیره آن بیوتیت و آمفیبول است. آنکلاوهای آن از گونه میکاشیست و کوارتز دیوریت های ریزدانه در اندازه های مختلف می باشند. شواهد پتروگرافی حاکی از آن است که تحولات ماگمایی مخصوصا از نوع آلودگی باعث تغییر ترکیب اولیه ماگمای تشکیل دهنده این سنگ ها شده است.

بررسی ژئوشیمیائی عناصر اصلی نشان می دهد در سوده نفوذی پیچاقچی، مقادیر  $Al_2O_3$ ،  $Na_2O$ ،  $K_2O$ ،  $FeO$ ، بالا و مقادیر  $MgO$ ،  $CaO$ ،  $MnO$ ،  $P_2O_5$ ،  $TiO_2$  پائین است و ماگمای مولد سنگ ها، کالکو - آلکالن و متآلومین بوده است. پارامترهای ژنتیکی این باتولیت با گرانیت های تیپ "I" از گونه کالدونین قابل مقایسه است.

بررسی ژئوشیمیائی عناصر کمیاب در دیاگرام های چند عنصری نشان می دهد که شیب متوسط سحنی ها از عنصر K به سوی عنصر Cr است (از چپ به راست) که مشخصه تشکیل قسمت عمده ماگما از گوشته می باشد. نهی شدگی عناصر سازگار V، Cu، Ni و غنی شدگی عناصر ناسازگار نشان می دهد که ماگمای مولد، فقط از ذوب گوشته حاصل نشده و در آن آلودگی رخ داده است. افت Nb می تواند در اثر اختلاط ماگمای پوسته ای و گوشته ای و یا در ارتباط با فرورانش باشد. افت Ti و قله Y نشان می دهد ماگمای اولیه مولد این باتولیت از گونه گرانیت های نوع "I" بوده است. موقعیت تکتونیک باتولیت پیچاقچی با گرانیتوئیدهای قوس قاره ای (VAG) قابل مقایسه می باشد.

واژه های کلیدی: پیچاقچی، ایران، گرانیت گونه I، کرتاسه، گرانودیوریت، آنکلاو ریزدانه تیره رنگ، بیوتیت، آمفیبول، ذوب بخشی، اختلاط ماگمایی، کالکو آلکالن، متآلومین، تعیین سن رادیومتری.

### Abstract

Pichagchi batholith, located in 35 km southeast of Shahin Dezh, northwest of Iran, is situated in Central Iran, cutting Palaeozoic rocks. Absolute age determination for this batholith by K-Ar radiometric method gives 74.20 Ma, indicating Late Cretaceous - Paleocene time Corresponding to Laramide orogeny.

This batholith consists of quartz diorite, tonalite, granodiorite and quartz monzodiorite in which main mafic minerals are biotite and amphibole. Enclaves are micashist and fine grained quartz diorite in various sizes. Sieve texture and zonation

observed in Plagioclase minerals indicate that the original magma has been produced by magma mixing of lower crust and upper mantle.

Geochemistry study of the main elements shows that the batholite is calc-alkaline and metaluminous and  $Al_2O_3$ ,  $Na_2O$ ,  $K_2O$ ,  $FeO$  values are high where as  $MgO$ ,  $CaO$ ,  $MnO$ ,  $P_2O_5$ ,  $TiO_2$  are low. In addition, genetic parameters for this batholith is compatible with I-Type granites (Caledonian).

Rare earth elements plotted in spider diagrams show that the average slope of the curves is from K towards Cr (left to right), indicating partial melting. Depletion of compatible elements such as Ni, Cu, V and enrichment of incompatible elements imply that magma was not original and not initiated from mantle. Furthermore trough of Nb could be interpreted by magma mixing with crustal materials or by subduction. Also trough of Ti and crest of Y elements show that the origin of the magma is I-type. Finally, Pichagchi batholith is orogenic and its tectonic setting is compatible with continental arc granitoids (VAG).

**Key words:** Pichagchi, Iran, I-Type granite, Cretaceous granodiorite, fine grain dark enclaves, biotite, amphibole, Partial melting, magma mixing, calc - alkaline, metaluminous, radiometric age dating.

## ۲- پتروگرافی

سنگ های توده نفوذی پیچاقچی در رخ نمون های صحرایی، کم و بیش دگرسان شدگی نشان می دهند. رنگ نمونه دستی آن ها خاکستری روشن تا طوسی بوده و دارای ساخت دانه ای و فرسایش پوست پیازی هستند. در اثر نیروهای تکتونیکی، کانی های موجود در این سنگ ها، بطور محلی جهت یافتگی پیدا کرده و خط وارگی در راستای خاور - باختر نشان می دهند. این سنگ ها، بافت گرانولار و پورفیریک با خمیره دانه متوسط و بطور محلی بافت میکروگرافیکی دارند. کوارتز، پلاژیوکلاز و فلدسپات آلکالن کانی های اصلی آن ها را تشکیل می دهند. کانی های فرومنیزین موجود بیوتیت و آمفیبول است. کوارتز ۲۰ تا ۲۵ درصد حجم کل سنگ را تشکیل می دهد. اندازه بلورهای آن ۰/۵ تا ۱ میلی متر و شکل دار تا نیمه شکل دار است. این کانی دارای خاموشی موجی است. بعضی از بلورهای کوارتز دارای ادخال هایی از آپاتیت و گاهی زیرکن های ریز دانه هستند. پلاژیوکلازها ۳۰ تا ۴۵ درصد حجم کل سنگ را تشکیل می دهند و ترکیب شیمیایی آن ها سدیک و سدیک - کلسیک (الیگوکلاز تا آندزین) است. این بلورها، شکل دار تا نیمه شکل دار هستند و اندازه آن ها گاهی تا ۳ میلی متر می رسد. در بعضی از بلورهای پلاژیوکلاز، ساخت منطقه ای قابل رویت است و ماکل آلیپی دارند. فلدسپات آلکالن ۲۰ تا ۲۸ درصد حجم کل سنگ را تشکیل می دهد. بلورهای آن شکل دار تا نیمه شکل دار و از گونه ارتوز پرتیتی و میکروکلین بوده و اندازه آن ها ۰/۵ تا ۲ میلی متر است. بخش هایی از فلدسپات ها تجزیه شده، کانی های سریست و مجموعه کانی های سوسوریتی محصول این تجزیه می باشد. بیوتیت

## ۱- مقدمه

توده نفوذی پیچاقچی بین طول های جغرافیایی  $46^{\circ}$ ،  $45^{\circ}$  تا  $46^{\circ}$ ،  $52^{\circ}$  خاوری و عرض های جغرافیایی  $36^{\circ}$ ،  $35^{\circ}$  تا  $36^{\circ}$ ،  $39^{\circ}$  شمالی و به مساحت تقریبی ۳۷ کیلومتر مربع در ۳۵ کیلومتری جنوب خاوری شهرستان شاهین دژ قرار دارد (شکل ۱). روند آن شمال خاور - جنوب باختر بوده و در بهنه (Zone) ساختاری ایران مرکزی و زیربهنه (Subzone) البرز - آذربایجان جای دارد (شکل ۲). این توده نفوذی در نقشه زمین شناسی به مقیاس ۱:۲۵۰,۰۰۰ تکاب، به پرکامبرین (Alavi-Naini-1976) و در نقشه زمین شناسی به مقیاس ۱:۱۰۰,۰۰۰ شاهین دژ با توجه به مشاهدات صحرایی و خصوصیات چینه نگاری به سن بعد از کرتاسه بالا - به گمان پالئوسن (Kholghi 1994) نسبت داده شده است. در تحقیقات قبلی، مسائل پترولوژی، پتروژنز و خاستگاه تکتونوماگمایی این سنگ ها کمتر مورد توجه قرار گرفته است. در این پژوهش، افزون بر مطالعات پتروگرافی، پترولوژی، ژئوشیمی، منشا، ماگمایی و جایگاه تکتونیکی، سن رادیومتری آن ها نیز معین گردیده است.

جهت انجام این پژوهش، از توده نفوذی پیچاقچی ۲۱ نمونه سنگی برای تهیه مقاطع نازک برداشت شد و از آن ها ۱۴ نمونه به روش XRF در آزمایشگاههای سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور آنالیز عناصر اصلی و فرعی به عمل آمد. هم چنین، از نمونه هایی به روش K- (Ar در کشور چین

(Geophysical and Geochemical Exploration Company, Xiangtangzhen, Nanchang, Jiandxi, China)

تعیین سن مطلق گردید.

خوانی بین نمونه های توده نفوذی، تشکیل شدن آنها از یک ماگما، کاهش اکسیدهای آلومینیوم، آهن، کلسیم، عنصر تیتانیم، منگنز، منیزیم، فسفر و افزایش اکسیدهای سدیم، بتاسیم در مقابل افزایش سیلیس و روند تفریق ماگما است. ترکیب شیمیایی دایک ها، نزدیک به ترکیب شیمیایی توده اصلی ولی ترکیب شیمیایی زینولیت با ترکیب شیمیایی توده اصلی متفاوت است.

جهت بررسی تحولات ماگمایی، میانگین مفادیر عناصر کمیاب نمونه توده های نفوذی اصلی، در نمودارهای عنکبوتی (Spider Diagrams) که توسط Tamson et al. (1984) و Sun (1980) برای کندریت ها (شکل ۸) و Ringwood et al. (1979) برای ماگمای گوشته (شکل ۹)، پیشنهاد شده است بررسی و با نموداری که توسط Whalen et al. (1987) برای گرانیت های تیپ "I" ارائه گشته مقایسه و چنین نتیجه می شود:

۱- عناصر کمیاب سبک بیشتر از عناصر کمیاب سنگین غنی شدگی نشان می دهند لیکن، شیب متوسط منحنی ها از سمت بتاسیم به سوی کرم است. این روند، بیانگر آن است که قسمت عمده ماگمای تشکیل دهنده سنگ های مورد مطالعه، حاصل ذوب بخشی گوشته است (Rollinson 1993).

۲- تهی شدگی عناصر سازگار  $Ni$ ،  $Co$ ،  $V$  و غنی شدگی عناصر ناسازگار حاکی از آن است که در ماگمای اولیه آلودگی رخ داده و یا اینکه تفریق بلورین کانی هانی نظیر اولیون، ظهور و جدایش اکسیدهای مانند مگنتیت و غیره باعث ایجاد این پدیده شده است. اما به علت وجود آنکلاوهای متفاوت در داخل این توده نفوذی احتمال آلودگی پوسته ای زیاده تر می باشد.

۳- افت و ایجاد گودی (Trough) عنصر  $Nb$  می تواند در اثر آغشتگی و اختلاط ماگما با مواد پوسته یا ارتباط ماگما با فرورانش باشد (Rollinson 1993). لیکن، با توجه به سایر شواهد، ماگمای مولد توده نفوذی پیچاقچی، از آلودگی ماگمای گوشته فوقانی توسط اجزاء پوسته ای تشکیل شده است.

۴- عنصر  $Sr$ ، غنی شدگی همراه با قله (Pick) نشان می دهد. بالا بودن مقدار  $Sr$  می تواند علت حضور آن در پلازیوکلازها، فلدسپات های بتاسیم دار و جانشین شدن آن به جای کلسیم در آمفیبول ها باشد. بالا بودن مقدار  $Sr$  یکی از مشخصه های گرانیت های تیپ "I" است.

۵- افت  $Ti$  و تشکیل قله  $Y$  نشان می دهد ماگمای مولد توده نفوذی پیچاقچی از گونه گرانیت های تیپ "I" بوده است (Wilson 1990).

بصورت تیغه های درشت بوده، اندازه آن ها ۱ تا ۱/۵ میلی متر است و ۱۰ تا ۱۵ درصد حجم کل سنگ را تشکیل می دهد. برخی از بلورهای بیوتیت سالم و بدون تجزیه می باشند و برخی نیز به کلریت از نوع پنین، اسفن و اکسید آهن تجزیه شده اند. آمفیبول ها ۱ تا ۱۰ درصد حجم کل سنگ را تشکیل می دهند. بلورهای آن بیشتر شکل دار و اندازه آن ها ۰/۵ تا ۱ میلی متر است. بخش هایی از آمفیبول به بیوتیت و کلریت از نوع پنین تجزیه شده است. اسفن، آپاتیت، آلانیت (اورنیت)، زیرکن، موسکویت و کانی های اوپاک، کانی های فرعی را تشکیل می دهند.

در توده نفوذی پیچاقچی دایک هایی از گونه های سیلیسی، آپلیتی، بازیک، تونالیتی، کوارتز دیوریتی و مونزوگرانیتی دیده می شود که جوان ترین آن ها دایک های کوارتز دیوریتی است که سایر دایک ها را بریده است.

در متن سنگ های این توده، زینولیت (Xenolith) و شلیرن هانی (Schlieren) از گونه کوارتز دیوریت و میکاشیت در اندازه متفاوت دیده می شود. آنکلاوهای ریز دانه کوارتز دیوریتی، با بافت آذرین، آمفیبول و پلازیوکلاز فراوان، به شکل گرد تا بیضی بوده و اندازه آن ها تا ۳۰ سانتی متر است.

### ۳- نامگذاری

سنگ های توده نفوذی پیچاقچی، با استفاده از آنالیزهای شیمیایی نامگذاری شده است. در این نامگذاری، از نمودار LeMaitre (1989) QAP براساس کاتسی های نسورماتیتو، پارامترهای  $R_1$ ،  $R_2$  (De La Roche et al., 1980)، نمودارهای Middlemost (1985) و Anderiva et al. (1981) براساس درصد وزنی اکسیدهای آلکالن و سیلیس استفاده شده است (شکل های ۳، ۴، ۵، ۶). انواع نامگذاری در جدول شماره ۲ نشان داده شده است. محدوده ترکیب شیمیایی این سنگ ها، به طور عمده کوارتز دیوریت، تونالیت، گرانودیوریت و کوارتز مونزودیوریت می باشد.

### ۴- ژئوشیمی و ژنز توده نفوذی پیچاقچی

نتایج آنالیزهای شیمیایی عناصر اصلی و فرعی چهارده نمونه از توده نفوذی پیچاقچی در جدول ۱ آورده شده است. برای مشخص شدن قرابت بین نمونه های مورد بررسی، از نمودارهای تغییرات عناصر مختلف در مقابل  $SiO_2$  و نمودارهای تغییرات عناصر اصلی در مقابل عناصر کمیاب استفاده شده است (شکل ۷). نحوه قرارگیری نمونه ها، بیانگر وجود هم



نزدیک به ۷/۵۸ درصد است. تغییرات عناصر در نمودارهای دوتایی خطی است.

۸- در دیاگرام تغییرات Nb + Zr + Y + Ce در مقابل در مقابیل (K<sub>2</sub>O + Na<sub>2</sub>O)/CaO جهت تفکیک تیپ گرانیت ها، در محدوده گرانیت های تفریق نشده تیپ های S, I, M (OGT) واقع هستند (Whalen et al. 1987) (شکل ۱۵).

۹- نمونه های مورد بررسی، در دیاگرام SiO<sub>2</sub> در مقابل A/CNK (شکل ۱۱) و در دیاگرام K<sub>2</sub>O در مقابل Na<sub>2</sub>O (شکل ۱۶) جهت تفکیک گرانیت های تیپ های I و S در محدوده گرانیت های تیپ "I" واقع هستند (Chappell & White 1974, 1984).

با توجه به ویژگی های بالا، توده نفوذی پیچاقچی با گرانیتوئیدهای نوع "I" از گونه کالدونین قابل مقایسه است (Pitcher 1982). جهت دست یابی به محیط تکتونیکی تشکیل توده نفوذی پیچاقچی از پژوهش های Pearce et al. (1984) بر اساس عناصر کمیاب استفاده گردید.

Pearce et al. (1984) با توجه به رفتار SiO<sub>2</sub> در مقابل Nb, Y در مقابل Y و Rb در مقابل Y + Nb گرانیتوئیدها را به چهار گروه تقسیم نموده اند:

- ۱- گرانیت های پیشرفته های میان اقیانوسی (ORC = Oceanic Ridge Granites)
  - ۲- گرانیت های قوس آتشفشانی (VAG = Volcanic Arc Granites)
  - ۳- گرانیت های داخلی ورقه ای (WPG = Within Plate Granites)
  - ۴- گرانیت های برخوردی (COLG = Collision Granites)
- بر اساس تقسیم بندی های بالا، توده نفوذی پیچاقچی، با گرانیت های قوس آتشفشانی Pearce et al. (1984) قابل مقایسه است (شکل های ۱۷، ۱۸، ۱۹).

#### ۷- سن توده نفوذی پیچاقچی

توده نفوذی پیچاقچی، در نقشه زمین شناسی با مقیاس ۱:۲۵۰,۰۰۰ کتاب، هم ارز گرانیت دوران به سن پرکامبرین نسبت داده شده است (Alavi Naini 1976). در نقشه زمین شناسی با مقیاس ۱:۱۰۰,۰۰۰ شاهین دژ، با توجه به همبری انباشته های پالئوزوئیک و بریده شدن آنها توسط توده نفوذی پیچاقچی و تشابهات ژئوشیمیایی و

#### ۵- جایگاه سنگ های توده نفوذی پیچاقچی از نگاه آلومین و سری ماگمایی

سنگهای توده نفوذی پیچاقچی بر اساس نسبت های SiO<sub>2</sub> و A/NK در مقابل A/CNK متآلومین هستند. این ویژگی در نمودارهای پیشنهادی Maniar & Piccoli (1989) و Shand (1974) به خوبی نمایان است (شکل های ۱۰، ۱۱). هم چنین، بر پایه نمودار هائی که توسط Irvine & Baragar (1971) و Miyashiro (1974) ارائه شده است نمونه های توده نفوذی پیچاقچی کالکو آلکان می باشند (شکل های ۱۲، ۱۳، ۱۴).

#### ۶- خاستگاه توده نفوذی پیچاقچی

بررسی ژئیکمی سنگ های گرانیتوئیدی توده نفوذی پیچاقچی حاکی از آن است که این سنگ ها به دلیل داشتن ویژگی های زیر از گونه گرانیتوئیدهای تیپ "I" هستند. این ویژگی ها عبارتند از:

- ۱- این توده نفوذی بصورت باتولیت بوده ترکیب سنگ شناسی آن کواتر دیوریت، تونالیت، گرانودیوریت و کوارتز مونزودیوریت است. بخش هائی از توده بازیگتر است و به سمت کوارتز دیوریت تا گابرو پیش می رود.
- ۲- آنکلاوهای ریزدانه تیره رنگ از نوع کوارتز دیوریت و میکاشیت است. Hibbard (1981) آنکلاوهای ریزدانه تیره رنگ را دلیل بر اختلاط ماگمایی دانسته هم چنین، Didier et al. (1982) آنکلاوهای ریزدانه تیره رنگ را از مشخصه های گرانیتوئیدهای تیپ "I" می دانند. آنکلاوهای میکاشیتی نشانگر آلودگی ماگمای اولیه با اجزاء پوسته ای می باشد (Clarke et al. 1980).
- ۳- کانی های مافییک این توده نفوذی بیوتیت و هورنبلند است. موسکویت اولیه، آندالوزیت، سیلیمانیت، کوردیوریت و گارنت در این سنگ ها دیده نمی شود. هم چنین، در بعضی از نمونه ها، آلانیت (اورتیت) و زیرکن اولیه مشاهده می شود.
- ۴- نسبت A / CNK کمتر از ۱/۱ است.

۵- از لحاظ شاخص آلومین به طور عمده متآلومین و در ترکیب نرم C IPW کانی ها، دیوپسید وجود دارد و کورندم تشکیل نمی شود.

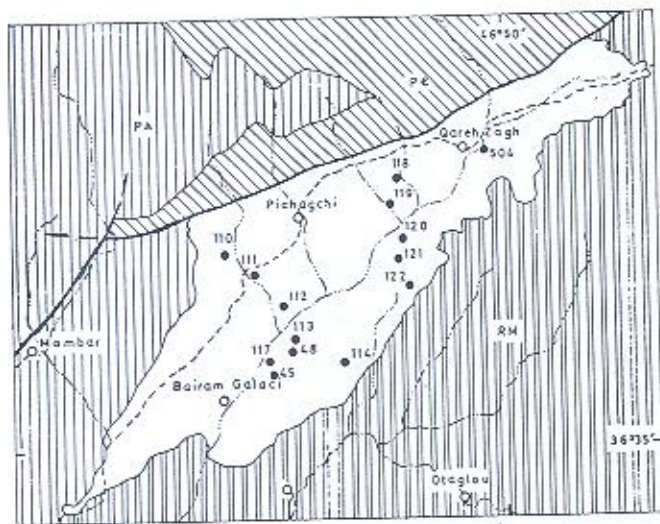
۶- میانگین درصد وزنی Na<sub>2</sub>O در این توده نفوذی ۵/۳۳ درصد است و سنگ های این توده از Sr و CaO غنی شدگی نشان می دهند.

۷- میانگین مجموع عناصر FeO(t) + MgO + MnO + TiO<sub>2</sub>

### ۱- نتیجه گیری

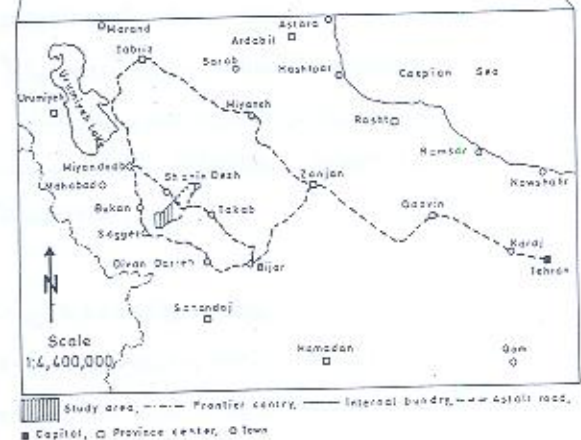
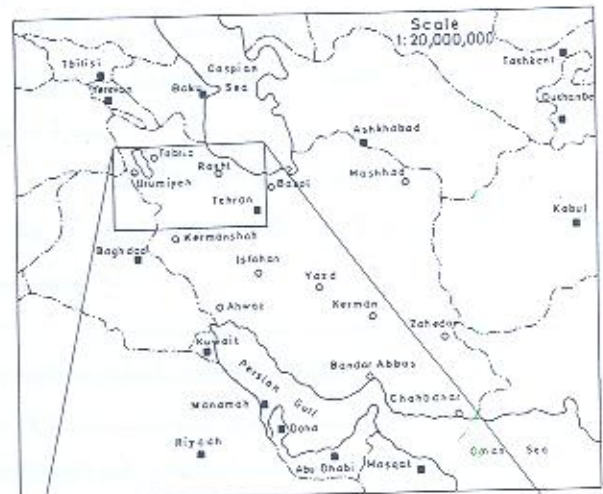
توده نفوذی پیچاقچی در زون ساختاری ایران مرکزی واقع است. سن جایگزینی آن کرتاسه (۷۴،۲۰ میلیون سال پیش) می باشد. این توده نفوذی با گسترش نزدیک به ۳۷ کیلومتر مربع در ۳۵ کیلومتری جنوب خاور شهرستان شاهین دژ در شمال باختر ایران واقع است و ترکیب سنگ شناسی آن به طور عمده کوارتز دیوریت، تونالیت، گرانودیوریت و کوارتز مونزودیوریت می باشد. توده نفوذی پیچاقچی از جمله گرانیتوئیدهای نوع "I" است. بررسی ژئوشیمیایی عناصر کمیاب نشان می دهد ماگمای توده نفوذی پیچاقچی از ذوب بخشی گوشته فوقانی با آلودگی اجزاء پوسته ای حاصل شده است. این توده نفوذی از دیدگاه جایگاه تکتونیکی جزو گرانیتوئیدهای (VAG) است.

پترولوژیکی سنگ های این توده نفوذی با توده نفوذی محمودآباد، سن بعد از کرتاسه - پالئوسن (۹) در ارتباط با رخداد تکتونیکی لارامید (Laramide) برای توده نفوذی پیچاقچی پیشنهاد شده است (Kholghi 1991, 1994). در این پژوهش، یک نمونه سه روش K-Ar تعیین سن شده و سنی معادل ۷۴/۲۰ میلیون سال برای سنگ کل (Whole Rock) و ۱۱۶/۵۵ میلیون سال برای زمان تبلور سلورهای بیسولیت (Monomineral) تعیین گردیده است. طبق این مدارک، انجماد نهایی توده نفوذی در زمان کرتاسه بالا - پالئوسن (۹) در ارتباط با رخداد تکتونیکی لارامید تأیید می شود.



Scale 1:70,000

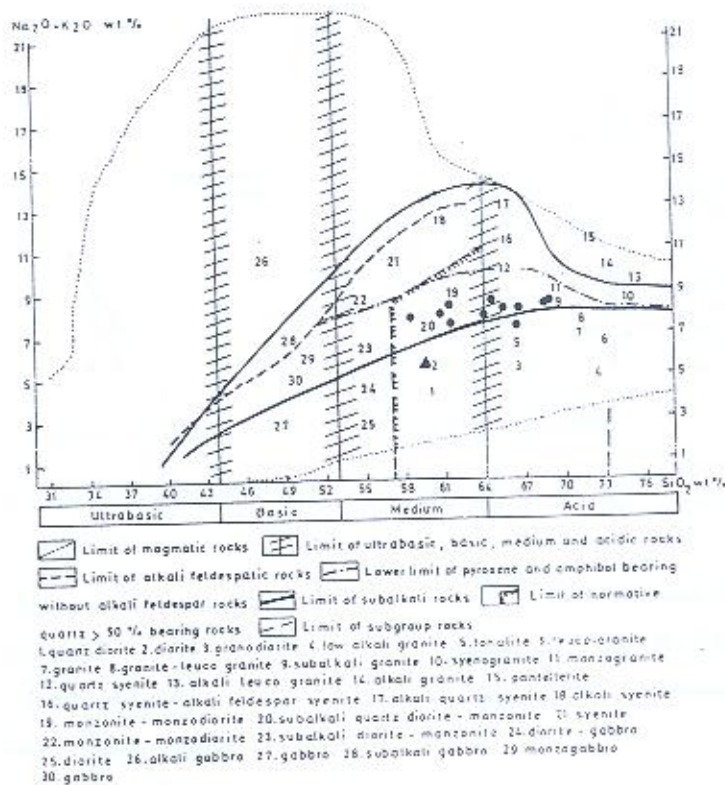
- Precambrian, PA Paleozoic, RM Regional metamorphic rocks,
- Intrusive rocks, Location and number sample,
- Fault, River, drainage, Motorable road,
- Village.



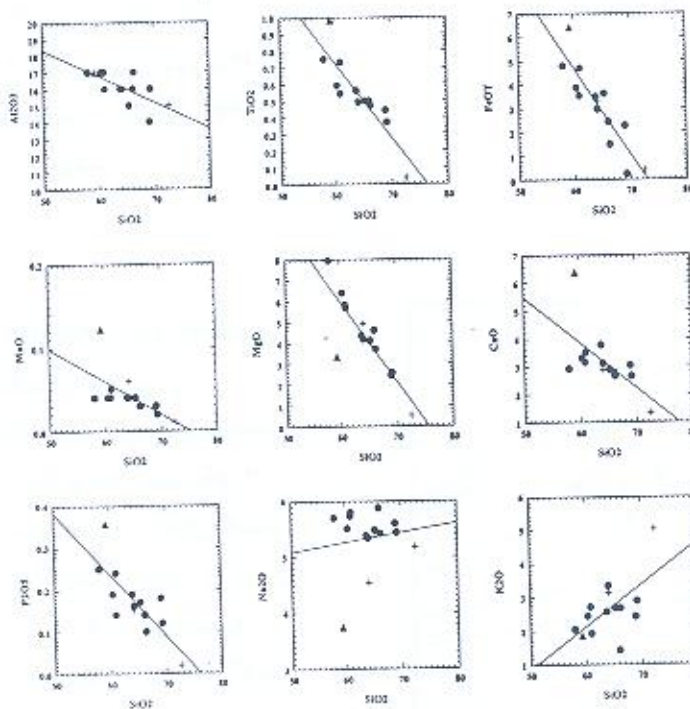
شکل ۲- نقشه زمین شناسی توده نفوذی پیچاقچی و موقعیت جغرافیایی نمونه های مورد بررسی

شکل ۱- موقعیت جغرافیایی توده نفوذی پیچاقچی و راه های ارتباطی آن

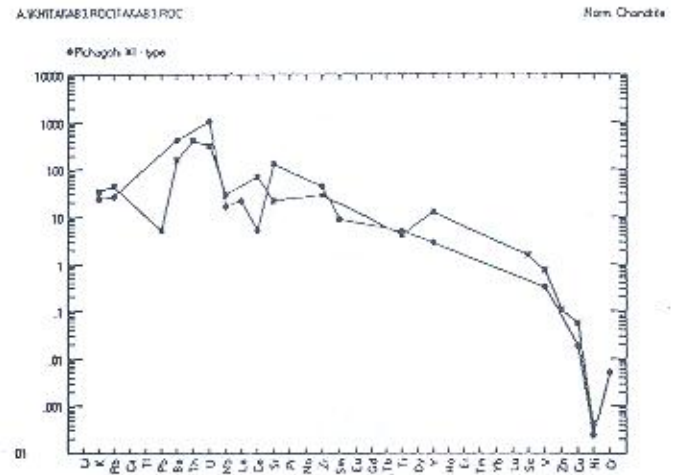
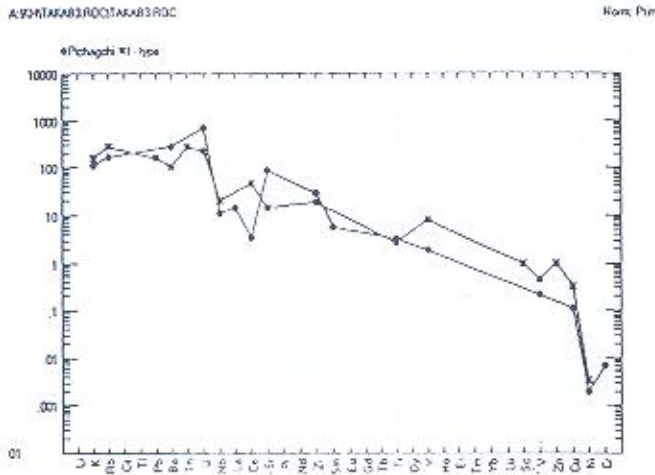




شکل ۶- دیاگرام  $Na_2O+K_2O$  در مقابل  $SiO_2$  برای تقسیم بندی سنگ های آذرین درونی (Anderiva et al. 1987) و موقعیت قرارگیری نمونه های توده نفوذی پیچاقچی بر روی این دیاگرام (علامت شبیه شکل ۳)

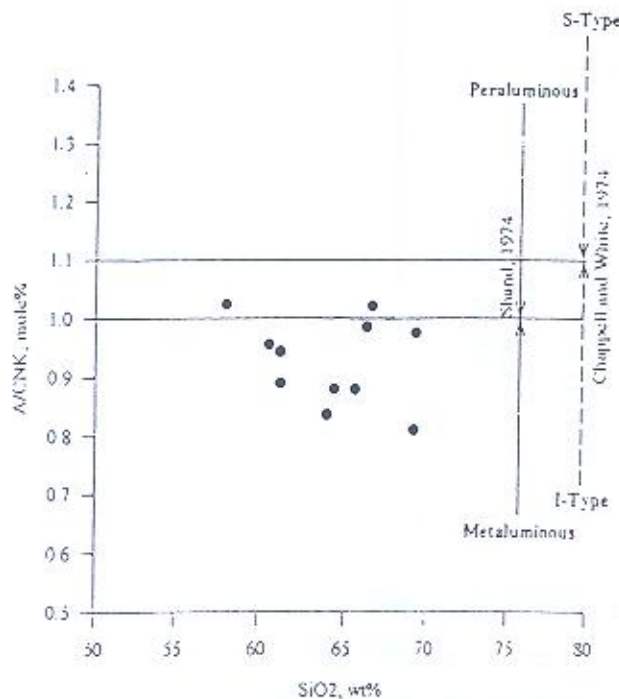


شکل ۷- دیاگرام اکسید-اکسید (Harker 1909) و موقعیت نمونه های توده نفوذی پیچاقچی بر روی آن (علامت شبیه شکل ۳).

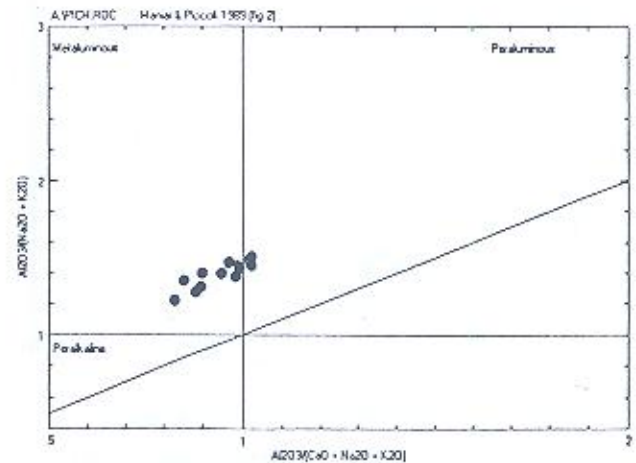


شکل ۹- دیاگرام چند عنصری (Spider Diagrams) و موقعیت میانگین مقادیر عناصر کمیاب نمونه‌های توده نفوذی پیچاقچی و گرانیت تپ "I" (Whalen et al. 1987) عادی شده بر پایه ماگمای گوشته (علائم شبیه شکل ۸)

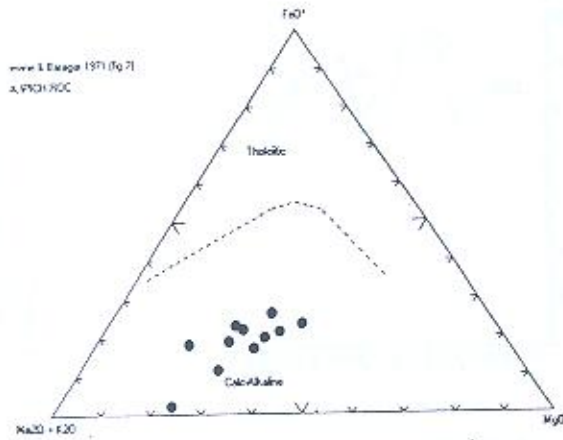
شکل ۸- دیاگرام چند عنصری (Spider Diagrams) و موقعیت میانگین مقادیر عناصر کمیاب نمونه‌های توده نفوذی پیچاقچی و گرانیت تپ "I" (Whalen et al. 1987) (ستاره) عادی شده بر پایه ترکیب کندریت‌ها.



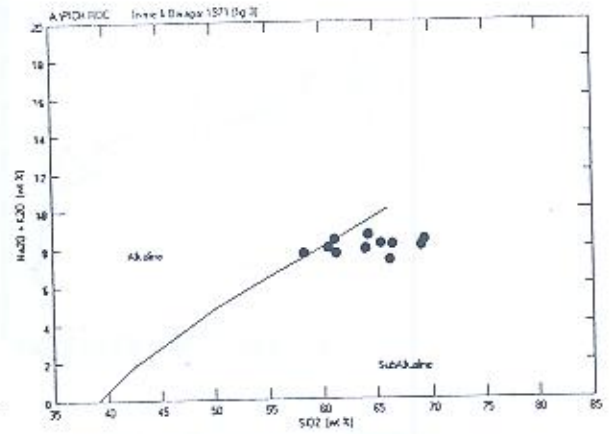
شکل ۱۱- موقعیت نمونه‌های توده نفوذی پیچاقچی در دیاگرام A/CNK در مقابل SiO2 (Shand 1974) و (Chappell & White 1974) (علائم شبیه شکل ۳).



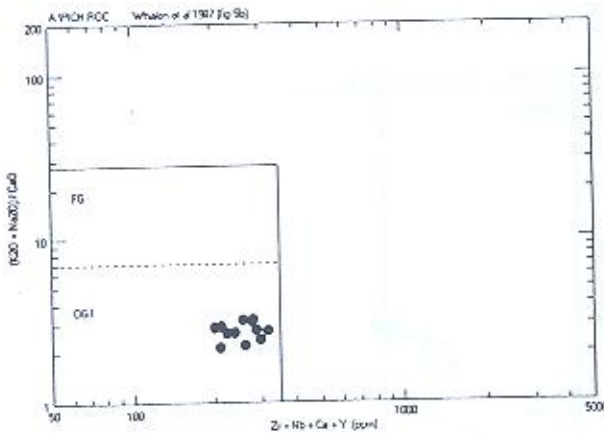
شکل ۱۰- موقعیت نمونه‌های توده نفوذی پیچاقچی در دیاگرام A/CNK در مقابل A/NK (Maniar & Piccoli-1989) (علائم شبیه شکل ۳)



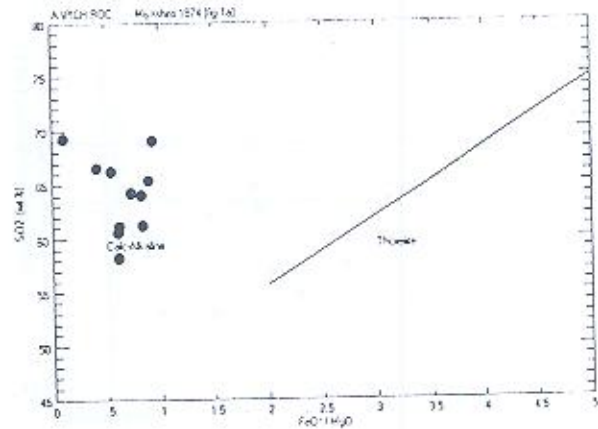
شکل ۱۳- نمودار AFM که سه قطب آن  $F=FeO(t)$  و  $M=MgO$ ،  $A=Na_2O+K_2O$  است و در آن دو محدوده کالکو آلکان و تولیت از هم تفکیک شده است (Irvin & Baragar 1971) و موقعیت نمونه‌های توده نفوذی پیچاقچی بر روی آن (علائم شبیه شکل ۳).



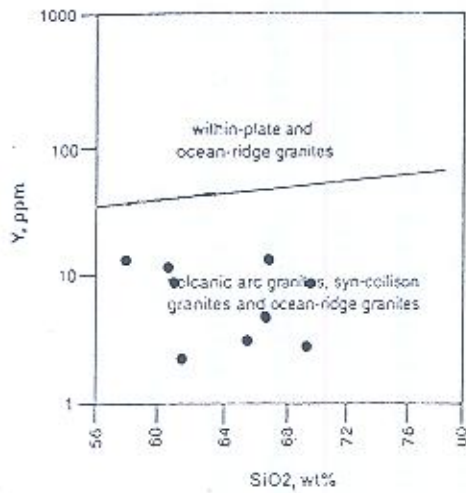
شکل ۱۲- دیاگرام تغییرات مجموع آلکان در مقابل اکسید سیلیسیم که در آن دو محدوده آلکان از یکدیگر جدا شده‌اند (Irvine & Baragar 1971) و موقعیت نمونه‌های توده نفوذی پیچاقچی بر روی آن (علائم شبیه شکل ۳).



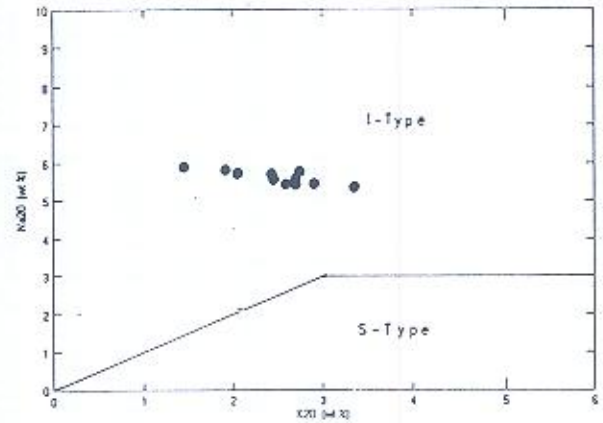
شکل ۱۵- دیاگرام تغییرات  $Y+Ce+Nb+Zr$  در مقابل  $(K_2O+Na_2O) / CaO$  جهت تفکیک گرانیت‌های "A"، گرانیت‌های تفریق یافته (FG) و گرانیت‌های تفریق نشده (OGI) (Whalen et al. 1987) (OGT), S, I, M (علائم شبیه شکل ۳)



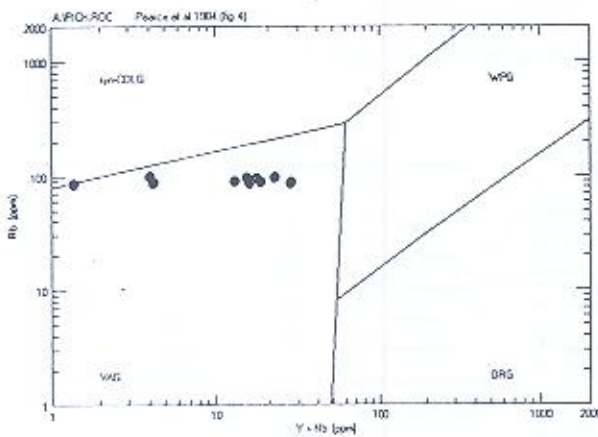
شکل ۱۴- دیاگرام تغییرات  $SiO_2$  در مقابل  $FeO(t)$  که در آن دو محدوده کالکو آلکان و تولیت از هم جدا شده‌اند (Miyashiro 1974) و موقعیت نمونه‌های توده نفوذی پیچاقچی بر روی آن (علائم شبیه شکل ۳).



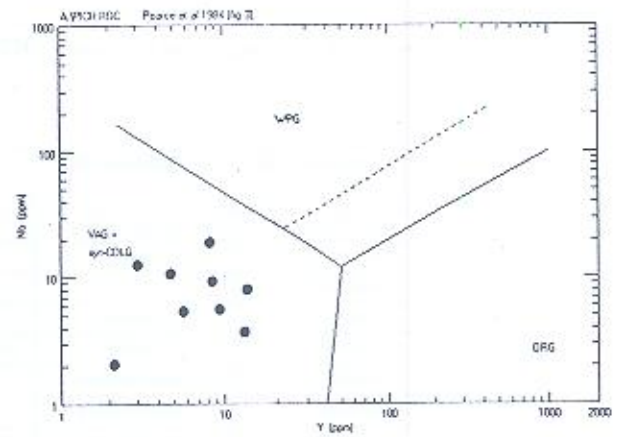
شکل ۱۷- دیاگرام تغییرات عنصر کمیاب Y در مقابل SiO<sub>2</sub> جهت تفکیک محیط تکونی گرانیت‌ها (Pearce et al. 1984)، (علامه شبیه شکل ۳).



شکل ۱۶- دیاگرام تغییرات K<sub>2</sub>O در مقابل Na<sub>2</sub>O جهت تفکیک گرانیت‌های I و S (Chappell & White 1984)



شکل ۱۹- دیاگرام تغییرات عناصر کمیاب Y+Nb در مقابل عنصر کمیاب Rb جهت تفکیک محیط تکونی گرانیت‌ها (Pearce et al. 1984)، (علامه شبیه شکل ۳).



شکل ۱۸- دیاگرام تغییرات عنصر کمیاب Y در مقابل عنصر کمیاب Nb جهت تفکیک محیط تکونی گرانیت‌ها (Pearce et al. 1984)



منشأ، پتروژنز و سن سنجی رادیومتری باتولیت پیچاقچی (شمال باختر ایران)

Samp.	45 +	48 +	110	111.2	112	113	114	117	118	119	120	121	122	504*
SiO2	63.08	71.71	65.26	65.19	60.62	65.89	68.84	60.27	68.76	67.52	65.68	63.49	64.23	57.48
TiO2	0.54	0.04	0.45	0.5	0.72	0.68	0.44	0.53	0.37	0.74	0.5	0.48	0.66	0.95
Al2O3	15.59	14.81	15.75	15.17	15.99	16.95	14.39	16.83	16.38	17.14	15.92	15.92	15.81	16.67
Fe2O3 t	3.59	0.42	1.64	3.75	4.82	3.99	2.35	3.66	0.25	4.92	2.53	3.07	3.6	6.39
Fe2O3 c	1.13	0.14	0.62	1.25	1.38	1.14	0.78	1.05	0.08	1.41	0.84	1.02	1.2	1.66
FeO	2.25	0.28	1.03	2.5	3.44	2.85	1.57	2.61	0.17	3.51	1.68	2.04	2.34	4.74
MnO	0.06	0.01	0.03	0.04	0.05	0.04	0.03	0.04	0.02	0.04	0.03	0.04	0.04	0.12
MgO	4.81	0.51	3.63	4.08	5.62	5.33	2.42	6.75	2.54	7.66	4.55	4.91	4.34	3.36
CaO	2.82	1.33	2.62	2.86	3.46	3.28	3.04	3.11	2.63	2.88	2.79	3.08	3.79	6.17
Na2O	4.46	5.12	5.33	5.46	5.74	5.45	5.57	5.66	5.39	5.65	5.63	5.27	5.41	3.53
K2O	3.09	4.99	2.63	2.68	1.91	2.43	2.43	2.7	2.68	2.94	1.42	3.31	2.69	1.62
P2O5	0.15	0.02	0.1	0.17	0.34	0.19	0.18	0.14	0.12	0.25	0.14	0.16	0.19	0.35
Total	90.26	98.95	81.37	89.76	99.17	99.14	99.68	88.79	99.58	99.03	95.85	91.92	100.55	96.84
Tr.Ele.(ppm)														
Rb	94.92	117.18	96.41	95.02	84.92	98.9	93.49	99.01	86.93	92.04	87.92	97.15	87.58	46.59
Ta	1.8	2.58	3.68	1.67	1.1	2.21	1.36	2.44	3.08	1.21	1.88	1.79	1.42	0.78
Sr	1035	305	1759	1186	1834	2008	1113	1812	1626	1656	1400	1428	1411	951
Zr	188.53	45.46	251.69	207.74	253.45	280.43	209.76	267.42	226.96	235.4	220.11	203.47	208.66	144.8
Y	7.26	N.D.	19.82	2.29	2.16	11.99	2.88	8.52	8.18	13.15	4.79	0.45	N.D.	27.87
Nb	<1	<1	7.58	<1	2.06	0.74	12.32	9.25	18.56	3.85	10.61	0.9	<1	18.65
Ce	N.D.	313.31	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	59.65	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	23.14
Co	0.89	N.D.	14.26	N.D.	N.D.	6.4	N.D.	6.15	3.65	0.42	N.D.	N.D.	N.D.	67.11
Cu	11.18	32.53	17.45	32.05	40.81	22.4	41.07	25.05	20.75	37.08	38.95	31.67	40.91	N.D.
Ga	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	39.01	45	<5	<5	<5	N.D.
La	3.97	<1	4.4	3.59	4.01	6.75	2.05	5.82	2.08	5.91	3.15	3.1	2.96	55.23
Ni	<2	27.86	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	2.84
Sm	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
Tb	4.51	<1	10.25	7.09	12.18	15.75	5.44	16.55	14.75	14.95	11.49	9.84	9.48	240.49
U	30.93	<5	24.12	26.16	29.33	32.84	19.15	28.59	15.83	46.4	25.35	21.37	26.65	2.75
V	3.45	0.74	7.35	3.12	3.25	7.17	2.55	5.43	4.71	4.31	3.6	2.88	2.75	225.45
Cr	8.27	2.97	17.43	19.45	19.51	19.97	9.09	15.42	11.14	115.61	10.29	11.85	11.09	309
Cl	1477	517	1754	1262	1262	1651	1254	1580	1929	1151	653	1869	1331	309
Ba	1.44	1.03	2.01	2.04	3	2.25	2.3	2.1	1.87	2.77	4.1	1.99	2.09	2
Na2O/K2O	7.55	10.11	7.88	8.14	7.65	7.69	7.1	8.36	8.27	7.69	7.25	8.08	8	6.45
Na2O-K2O	0.47	0.68	0.48	0.54	0.48	0.47	0.58	0.49	0.5	0.45	0.48	0.54	0.51	0.33
Na2O-K2O/Al2O3	1835	1890	1612	1685	1415	1372	1969	1279	1988	1211	1903	1629	1979	1185.3
R1	867.5	462.8	802	893.1	971.3	1006.4	729.9	862.4	734	1045.3	639.1	854.6	925.8	1185.3
R2														
ChFw Norms														
Q	11.19	20.05	12.83	10.88	3.51	1.23	18.15	0.93	17.22		13.15	7.69	8.74	10.81
C	0.21	0.27								0.73				
Z	0.04	0.01	0.05	0.04	0.05	0.06	0.04	0.05	0.05	0.05	0.04	0.04	0.04	0.03
Or	18.61	29.83	15.94	15.91	11.44	14.52	14.46	18.18	17.17	12.22	8.49	19.84	15.28	11.11
Ab	38.44	43.74	45.07	48.2	49.01	46.83	47.3	48.6	45.94	48.25	49.88	46.11	45.51	31.74
An	14.05	2.78	13.67	9.07	12.41	14.88	7.13	13.16	13.73	13.25	10.21	11.31	11.31	24.65
Di		3.21		3.93	3.43	1.19	6.05	2.12	0.53		0.26	4.15	5.68	4.16
Hy	14.6	0.14	9.93	11.12	16.56	18.73	4.76	16.82	6.14	14.97	12.91	10.58	10.64	12.49
Ol										8.36				
Mt	1.63	0.2	0.75	1.81	2	1.85	1.14	1.52		2.54	1.22	1.48	1.74	2.48
Cm										0.02				0.05
Hm										0.05				
Il	1.05	0.08	0.99	0.95	1.39	1.12	0.84	1.03		0.4	1.42	0.95	0.93	1.06
Tn										0.4				
Ap	0.37	0.05	0.25	0.41	0.55	0.47	0.44	0.34		0.61	0.34	0.39	0.46	0.56
Total	100.33	100.11	100.45	100.33	100.39	100.48	100.31	100.45	100.47	100.4	100.29	100.43	100.36	100.23

R1 & R2 are De La Roche paramtrs, R1=(Si-11)(Na+K)-2(F+Ti), R2=5Ca+2Mg+Al. N.D., not detected. Q, quartz. C, corundum. Z, zircon. Or, orthoclase. Ab, albite. An, anorthite. Cl, clinochlore. Hy, hypersthene. Ol, olivine. Mt, magnetite. Cm, chromite. Hm, hematite. Il, ilmenite. Tn, sphene. Ru, rutile. Ap, apatite. \*Schliera +Dike

جدول شماره ۱- نتایج آنالیزهای شیمیایی، پارامترهای R1 و R2 و محاسبه نرم نمونه‌های توده‌های نفوذی پیچاقچی

No Sample	De La Roche et al, 1980	Middlemost 1985	Le Maitre 1989	Anderiva E.D., Bougatikov O.A. & et al. 1981	
	R1 / R2	SiO2 / K2O + Na2O	Q, A, P	Oxides	SiO2 / K2O + Na2O
45+	tonalite	granite	tonalite	quartz diorite	sub alkali granite
48+	syenogranite	---	quartz monzonite	sub alkali granite	alkali granite
110	tonalite	granite	tonalite	tonalite	sub alkali granite
111.2	tonalite	granite	quartz monzodi.-granodl.	granodiorite	sub alkali granite
112	monzonite	quartz monzonite	quartz diorite	quartz monzodiorite	sub alkali quartz diorite
113	monzonite	quartz monzonite	quartz diorite	quartz monzodiorite	sub alkali quartz diorite
114	granodiorite	granite	granodiorite	granite	sub alkali granite
117	monzonite	quartz monzonite	quartz diorite	quartz monzodiorite	monzodiorite
118	granodiorite	granite	granodiorite	sub alkali granite	sub alkali granite
119	monzonite	quartz monzonite	quartz diorite	quartz monzodiorite	sub alkali quartz diorite
120	tonalite	granodiorite	tonalite	tonalite	tonalite
121	quartz monzonite	quartz monzonite	quartz monzodiorite	quartz monzodiorite	monzogranite
122	monzodiorite	quartz monzonite	quartz monzodiorite	quartz monzodiorite	monzogranite
504 *	diorite	quartz monzodiorite	tonalite	quartz sub alkali diorite	diorite

\*Dike \* Schliera

جدول شماره ۲- نامگذاری نمونه‌های توده نفوذی پیچاقچی

## کتابخانه‌اری

- خلقی خسروی، م. ح.، ۱۳۷۰ - متامورفیزم، پلوتونیزم و استراتیگرافی شرق شاهین دژ، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده علوم، دانشگاه تهران، ۲۶۰ صفحه.
- خلقی خسروی، م. ح.، ۱۳۷۳ - نقشه زمین شناسی ورقه ۱:۱۰۰/۰۰۰ شاهین دژ، سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور.
- خلقی خسروی، م. ح.، ۱۳۷۹ - نقشه زمین شناسی ورقه ۱:۱۰۰/۰۰۰ ایرانخواه (چاپان)، سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور.
- خلقی خسروی، م. ح.، ۱۳۸۰ - بررسی پترولوژی، ژئوشیمیایی و تعیین سن توده های نفوذی شمال باختر ایران (تکاب - شاهین دژ)، پایان نامه دکتری، انستیتو زمین شناسی، آکادمی علوم جمهوری آذربایجان، باکو، ۳۵۸ صفحه.

## References

- Alavi - Naini, M., Hajian, J., Amidi, A., Bolurchi, H., 1982 - Geology of Takab - Sacin Qalel :Explanatory note of 1:250,000 map of Takab quadrangle. Geological Survey of Iran , Report No. 50.
- Anderiva, E.D., Bougatikov, O.A., & et al .,1987 - Magmatic rocks, Moscova Nedna Publications.
- Barker, F., 1979a - Trondhjemite: Definition, enviroment and hypotheses of origin in : Barker, F. (ed), Trondhjemites, dacites and related rocks, Elsevier sci. pub., Amsterdam, Netherlands, Ch.1, PP.1-12.
- Chappell ,B.W. and White ,A.J.R., 1974-Two contrasting granite types ,Pac.Ged., Vol.8,173-174.
- Chappell, B.W., Stephen, S.W., 1988 - Origin of infrucrustal (I-Type) granite magmas, Earth Sciences, Edinborgh : 71 - 86.
- De la Roche, H., Leterrier, J., Grand - Claude , P., Marchar, M., 1980 - A classification of Volcanic and Plutonic rocks using  $R_1 - R_2$  diagrams and major element analysis, Chem .Geol ., Vol. 29: 183 - 210.
- Didier, J., Duthou, J.L. and Lameyre, J., 1982 - Mantel and crustal granites: Genetic classification of orogenic granites and nature of their enclaves J. Volca. Geoth. Res., Vol 14.
- Harker, A., 1909 - The natural history of igneous rocks Methuen . London .348 PP.
- Hibbard, M.J., 1981 - The magma mixing origin of mantled feldspars Con. Min. Petrol., Vol. 76.
- Irvine, T.N., Barager, W.R.A., 1971 - A guide to the chemical classification of the common Volcanic rocks, Can. J. Earth Sci., 8, 523 - 548.
- LeMaitre, R.W., Bateman, P., Keller, J., Lemeyr Le Bas, H. J., Sabine, P. A., Schmid, R., Sorensen, H., Streckeisen. A., Woolley, A.R. and Zanettin, B., 1989 - A classification igneous rocks and glossary of terms, Blackwell , Oxford.
- Maniar, P.D. and Piccoli, P.M., 1989 - Tectonic discrimination of granites, Geol. Soc. Am. Bull. 101: 635 - 643.
- Middlemost, E.A.K., 1987 - Magmas and magmatic rocks, Longman.
- Middlemost, E.A.K., 1991 - Towards a comprehensive classification of igneous rocks and magmas, Earth Sci. Rev. 31: 73 - 87.
- Pearce, J.A., Harris, N.B., Tindle, A.G., 1984 - Trace element discrimination diagrams for the tectonics interpretation of granitic rocks. Journal Pet., Vol. 25.
- Pitcher, W.S., 1995 - The nature and origin of granite. Chapman & Hall. Pub..
- Ringwood, A. E., 1979 - Composition and petrology of the Earth, s Mantle, McGraw - Hill, New York, USA.
- Rollinson, H.R., 1993 - Using geochemical data: Evolution, Presentation, interpretation Longman Ltd. Pub...
- Sun, S.S., Nesbitt, R.W. & Shataskin A. T., 1979 - Geochemical characteristics of mid-ocean ridge basalts. Earth Planet. Sci. Lett., 44, 119 - 38.
- Thampson, R.N., Morrison, M.A., Hendry, G.L. & Parry, S.J., 1984 - An assessment of the relative roles of crust and mantle elemental approach. Phil. Trans. Roy. Lond. A 310, 549 - 90.
- Whalen, J.B., Currie, K.I., Chappell, B.W., 1987 - A - Type granite: Geochemical characteristics, discrimination and petrogenesis (cont. Min. Petrol. Vol. 95).
- Wilson, M., 1990 - Igneous petrogenesis ( Unwin Hyman Lond., Pub.).

\* Geological Survey of Iran

\*\* Earth Science Faculty, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran.

\* سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور

\*\* دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران