منشأ، سنگ‌زایی، ژئودینامیک و سن‌سنجی رادیومتری توده نفوذی صفاخانه (شمال باختر ایران)

نوشته : محمدحسین خلقی* و منصور وثوقی عابدینی**

*سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور، تهران، ایران، **دانشگاه شهید بهشتی، دانشکده علوم زمین، تهران، ایران

Petrogenesis, Geodynamics and Radiometric Age Dating of Safakhaneh Mass, Northwest of Iran

By: M. H. Kholghi * & M. Vossoughi Abedini **

* Geological Survey of Iran, Tehran, Iran,

** School of Earth Scienc, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran

تاریخ دریافت: ۱۳۸۴/۰۴/۱۱ تاریخ پذیرش: ۱۳۸۵/۰۸/۲۸

چکیده

باتولیت صفاخانه در شمال باختری ایران (۴۷ کیلومتری جنوب باختر شاهین‌دژ) واقع است. این باتولیت در لبه پهنه ساختاری ایران مرکزی قرار دارد و سنگهای کرتاسه را بریده است. سن رادیومتری پدیدار شدن این باتولیت برای نخستین بار با روش K - Ar، ۶۹/۵ میلیون سال تعیین شده است. این سن، بیانگر زمان کرتاسه پسین- پالئوسن و رخداد زمین‌ساختی لارامید است. بررسی ژئوشیمیائی این باتولیت نشان می‌دهد که قسمت عمده ماگمای تشکیل دهنده این باتولیت ماگمای گوشته‌ای بوده است که درآن تحولاتی از نوع تفریق بلوری و آغشتگی صورت گرفته است. تفریق بلوری باعث تشکیل سنگهای متفاوت به ترتیب از نوع کوارتزمونزونیت، کوارتزمونزودیوریت، تونالیت، گرانودیوریت، مونزوگرانیت شده است. ماگمای مولد این سنگها از نوع کلسیمی – قلیایی (کلکو آلکالن) و بیشتر متاآلومین است. خصوصیات سنگهای این باتولیت با گرانیتهای تیپ «I» از گونه کالدونین قابل مقایسه است. از نظر موقعیت زمین‌ساختی ویژگیهای این باتولیت با گرانیتوییدهای کمان آتشفشانی (VAG) مطابقت دارد.

کلیدواژه‌ها: ایران، گرانیت، کرتاسه، ذوب بخشی،آمیختگی ماگمایی،کلسیمی- قلیایی، متاآلومین، سن پرتوسنجی.

Abstract

Safakhaneh batholith, situated at 47 km southwest of Shahin Dezh, northwest of Iran, is located in the central Iran structural zone intersecting the Cretaceous rocks. The absolute age of the batholith, determined for the first time by K – Ar method, has been calculated 69.535 Ma. showing upper Cretaceous – Paleocene epoch and Laramide tectonic orogeny. Geochemical investigations of the batholith show that the major part of the batholith is of mantle magma, in which magmatic changes of the crystalline differentiation and contaminations have occurred. The crystalline differentiation has caused the formation of different rock types of quartz monzonite, quartz monzodiorite, tonalite, granodiorite and monzogranite respectively. Primary magma of the rocks is of calc - alkaline and generally metaluminous. The specifications of batholith rocks can be compared with the I – Type Caledonian granites. From the tectonic point of view, the specifications of the batholith can be comparable with the volcanic arc granitoids (VAG).

Key words: Iran, Granite, Cretaceous, Partial melting, Magma mixing, Calc -alkaline, Metalouminous, Radiometric age dating.

Archive of SID
www.SID.ir

۱– مقدمه

توده نفوذی صفاخانه بین طول جغرافیایی ۴۶ درجه، ۲۵ دقیقه تا ۴۶ درجه، ۵۵ دقیقه خاوری و عرض جغرافیایی ۳۶ درجه، ۱۵ دقیقه تا ۳۶ درجه، ۲۸ دقیقه شمالی و به مساحت تقریبی ۲۹۵ کیلومترمربع در ۴۷ کیلومتری جنوب باختر شاهین دژ قرار دارد (شکل ۱). روند آن نزدیک به خاوری – باختری بوده و در لبه پهنه ساختاری ایران مرکزی و زیر پهنه البرز – آذربایجان و شمال خاوری پهنه سنندج – سیرجان جای دارد (نبوی، ۱۳۵۵). بخشی از این توده نفوذی در نقشه زمین‌شناسی به مقیاس ۱:۲۵۰,۰۰۰ تکاب به پرکامبرین و بخشی نیز به ترشیری (Alavi-Naini, 1976)و ادامه همین توده نفوذی در نقشـه زمین‌شناسی به مقیاس ۱:۲۵۰,۰۰۰ مهاباد به بعد از کرتاسه (احتمالاً پالئوسن) نسبت داده شده است (Eftekhar Nezhad, 1980) (شکل ۲). در تحقیقات قبلی، مسائل سنگ‌شناسی، سنگ‌زایی و خاستگاه زمین‌ساختی– ماگمایی این سنگها کمتر مورد توجه قرار گرفته است. در این پژوهش، افزون بر مطالعات سنگ‌نگاری، سنگ‌شناسی، ژئوشیمی، منشأ ماگمایی و جایگاه زمین‌ساختی، سن پرتوسنجی آنها نیز معین گردیده است.

برای انجام این پژوهش، از توده نفوذی صفاخانه ۱۵۹ نمونه سنگی برای تهیه مقاطع نازک برداشت شد و از آنها ۷۰ نمونه به روش X R F در آزمایشگاههای سازمان زمین‌شناسی کشور تجزیه عناصر اصلی و فرعی به عمل آمـد. هم چنیـن، از نمونـه‌هایـی به روش (K – Ar) در کشور چین (Geophysical and Geochemical Exploration Company, Xiangtangzhen, Nanchang, Jiandxi, China)

تعیین سن پرتوسنجی صورت گرفت.

۲–زمین‌شناسی

منطقه مورد بررسی در شمال باختر ایران، بین شهرهای تکاب، شاهین دژ و سقز بوده و بخشهایی از استانهای آذربایجان باختری و کردستان را شامل می‌شود. نهشته‌های ناحیه مورد مطالعه، از سنگهای سازندهای کهر(پرکامبرین)، بایندور (پرکامبرین بالایی) (PC)، سلطانیه (پرکامبرین بالایی– کامبرین)، لالون (کامبرین پایینی)، میلا (کامبرین – اردوویسین)، دورود (پرمین پایینی)، روته (پرمین میانی)، نسن(پرمین بالایی) (PA)، شمشک (تریاس بالا – ژوراسیک پایین) (J)، شیل، ماسه‌سنگ، سنگهای آتشفشانی، سنگ آهکهای فسیل‌دار (کرتاسه پایین) (K^s)، سنگ آهکهای کرتاسه بالا (K^l)، سنگ آهکهای مارنی میوسن پایین (M)، رسوبهای پلیوسن – کواترنری (Q) و نهشته های عهد حاضر در آن برونزد دارند(Q^{al}) (شکل ۲).

توده‌های گرانیتوییدی بیشتر از گونه تونالیت، گرانودیوریت، مونزوگرانیت، کوارتز مونزونیت،کوارتز مونزودیوریت، گرانیت قلیایی و سینوگرانیت است. کانیهای تیره آنها بیوتیت و آمفیبول است و در آنها میانبارهایی از نوع میکاشیست، کوارتز دیوریتهای ریزدانه و گزنولیت در اندازه‌های گوناگون دیده می‌شود و سنگهای کرتاسه پایینی را بریده‌اند. در مطالعات پرتوسنجی نهشته‌های گرانیتوییدی ۶۹/۵ میلیون سال سن برای آنها تعیین گردیده است که با مشاهدات صحرایی مطابقت دارد. گذر انواع سنگها و رخساره‌های گرانیتوییدی در مشاهدات صحرایی تدریجی است و در نمودارهای هارکر ارتباط تمام رخساره‌ها به یک فاز ماگمایی تأیید می‌شود. همچنین، ویژگیهای تفریق بلوری در برخی از نمودارها به خوبی نمایان است.

۳ـ سنگ‌نگاری

سنگهای توده نفوذی صفاخانه در رخنمونهای صحرایی، کم و بیش دگرسان شدگی نشان می‌دهند. رنگ نمونه دستی آنها خاکستری روشن تا طوسی بوده و دارای ساخت دانه‌ای و فرسایش پوست پیازی هستند. در اثر نیروهای زمین‌ساختی، کانیهای موجود در این سنگها، به‌طور محلی جهت یافتگی پیدا کرده و خطوارگی در راستای خاور ـ باختر نشان می‌دهند. این سنگها، بافت دانه‌ای و پورفیری با خمیره دانه متوسط و به‌طور محلی بافت میکروگرافیکی دارند. کوارتز، پلاژیوکلاز و فلدسپار قلیایی کانیهای اصلی آنها را تشکیل می‌دهند. کانیهای فرومنیزین موجود بیوتیت و آمفیبول است. کوارتز ۱۰ تا ۲۵ درصد حجم کل سنگ را تشکیل می‌دهد. اندازه بلورهای کوارتز ۰/۵ تا ۱ میلی‌متر و شکل‌دار تا نیمه شکل‌دار است. این کانی دارای خاموشی موجی است. بعضی از بلورهای کوارتز دارای میانبارهایی از آپاتیت و گاه زیرکن ریزدانه هستند. پلاژیوکلازها (الیگوکلاز تا آندزین) ۳۰ تا ۴۵ درصد حجم کل سنگ را تشکیل می‌دهند. این بلورها، شکل‌دار تا نیمه شکل‌دار هستند و اندازه آنها گاهی تا به ۳ میلی‌متر می‌رسد. در بعضی از بلورهای پلاژیوکلاز، ساخت منطقه‌ای قابل رؤیت است و ماکل آلبیتی دارند. فلدسپار قلیایی ۱۵ تا ۳۰ درصد حجم کل سنگ را تشکیل می‌دهد. بلورهای آن شکل‌دار تا نیمه شکل‌دار و از گونه ارتوکلاز پرتیتی و میکروکلین بوده و اندازه آنها ۰/۵ تا ۲ میلی‌متر است. بخشهایی از فلدسپارها تجزیه شده، کانیهای سریسیت و مجموعه کانیهای سوسوریتی محصول این تجزیه است. بیوتیت به‌صورت تیغه‌های درشت بوده، اندازه آنها ۱ تا ۱/۵ میلی متر است و ۱۰ تا ۱۵ درصد حجم کل سنگ را تشکیـل می‌دهد. برخی از بلورهای بیوتیت سالم و بدون تجزیه هستند و برخی نیز به کلریت از نوع پنین، اسفن و اکسید آهن تجزیه شده‌اند. آمفیبولها ۱ تا ۱۰ درصد حجم کل سنگ را تشکیل می‌دهند. بلورهای آن به‌طور عمده شکل‌دار و اندازه آنها ۰/۵ تا ۱ میلی‌متر است. بخشهایی از آمفیبول به بیوتیت و کلریت از نوع پنین تجزیه شده

Archive of SID
www.SID.ir

است. اسفن، آپاتیت، آلانیت (اورتیت)، زیرکن، موسکوویت و کانیهای کدر، کانیهای جزئی را تشکیل می‌دهند.

در توده نفوذی صفاخانه دایکهایی از گونه‌های سیلیسی،آپلیتی، بازی، تونالیتی،کوارتز دیوریتی و مونزوگرانیتی دیده می شود که جوان‌ترین آنها دایکهای کوارتزدیوریتی است که سایر دایکها را بریده است.

در متن سنگهای توده مذکور، میانبارهایی از گونه کوارتز دیوریت و میکاشیست در اندازه متفاوت دیده می‌شود. میانبارهای ریز دانه کوارتز دیوریتی، به شکل گرد و بیضی بوده و اندازه آنها تا ۳۰ سانتی‌متر می‌رسد. این میانبارها، عمدتاً حاوی بلورهای آمفیبول و پلاژیوکلازهای فراوان هستند.

۴ـ نامگذاری

سنگهای توده نفوذی صفاخانه، با استفاده از تجزیه‌های شیمیایی نامگذاری شده است. در این نامگذاری، از پارامترهای R2 , R1 De La Roche et al. (1980) استفاده شده است (شکل ۳). نام نمونه‌های بررسی شده در جدول ۱ نشان داده شده است. محدوده ترکیب شیمیایی این سنگها، بیشتر تونالیت، گرانودیوریت، مونزوگرانیت، کوارتز مونزونیت،کوارتز مونزودیوریت، گرانیت قلیایی و سینوگرانیت می‌باشد.

۵ـ ژئوشیمی و زایش توده نفوذی صفاخانه

نتایج تجزیه شیمیایی عناصر اصلی و فرعی هفتاد نمونه از توده نفوذی صفاخانه در جدول ۱ آورده شده است. برای مشخص شدن خویشاوندی نمونه‌های مورد بررسی، از نمودارهای تغییرات عناصر مختلف در برابر SiO_2 Harker (1909) استفاده شده است (شکل۴). نحوه قرار گیری نقاط در نمودارها، بیانگر وجود همخوانی بین نمونه‌های توده نفوذی وتشکیل شدن آنها از یک نوع ماگماست. کاهش اکسیدهای آلومینیم، آهن، کلسیم، تیتانیم، منگنز، منیزیم، فسفر و افزایش نسبی اکسیدهای سدیم، پتاسیم در برابر افزایش سیلیس نشان‌دهنده روند تفریق ماگمای اولیه تشکیل دهنده سنگهای باتولیت صفاخانه است. پراکندگی نقاط برخی از اکسیدهای عناصر بویژه اکسیدهای سدیم و پتاسیم در نمودارهای هارکر، به احتمال زیاد به علت آلودگی ماگمای اولیه با مواد پوسته‌ای است که در بررسیهای سنگ‌نگاری احتمال این پدیده را تأیید می کند.

برای بررسی تحولات ماگمایی، میانگین مقادیر عناصر کمیاب نمونه توده‌های نفوذی اصلی، در نمودارهای عنکبوتی (Spider Diagrams) که توسط Thampson et al. (1984) و Sun (1980) برای کندریتها (شکل ۵) و Ringwood et al. (1979) برای ماگمای گوشته (شکل ۶) پیشنهاد شده است بررسی و با نموداری که توسط Whalen et al. (1987) برای گرانیتهای تیپ «I» ارائه شده مقایسه و چنین نتیجه می‌شود:

۱ - عناصر کمیاب سبک بیشتر از عناصر کمیاب سنگین غنی شدگی نشان می‌دهند اما شیب میانگین منحنیها از سمت پتاسیم به سوی کروم است این روند، بیانگر آن است که قسمت عمده ماگمای تشکیل‌دهنده سنگهای مورد مطالعه، حاصل ذوب بخشی گوشته است (Rollinson, 1993).

۲- تهی شدگی عناصر سازگار Ni,Cu,V وغنی شدگی عناصر ناسازگار حاکی از آن است که تحولاتی از نوع تفریق بلوری که توسط نمودارهای هارکر نشان داده شده است در در ماگمای اولیه سازنده این باتولیت صورت گرفته است.

۳ - افت و ایجاد گودی (Trough) عنصر Nb می‌تواند در اثر آغشتگی و اختلاط ماگما با مواد پوسته یا ارتباط ماگما با فرورانش باشد (Rollinson, 1993) . در هر حال، با توجه به این که در باتولیت صفاخانه میانبارهای متفاوتی وجوددارد، افزون بر تفریق بلوری، آلودگی نیز می‌تواند در تحول ماگمای اولیه تشکیل دهنده این باتولیت مؤثر باشد.

۴ - عنصر Sr ، غنی شدگی همراه با قله (Pick) نشان می‌دهد. بالا بودن مقدار Sr می‌تواند به‌علت حضور آن در پلاژیوکلازها، فلدسپارهای پتاسیم‌دار و تا حدودی جانشین شدن آن به جای کلسیم در آمفیبولها باشد. بالا بودن مقدار Sr یکی از مشخصه‌های گرانیتهای تیپ «I» است.

۵ -افت Ti و تشکیل قله Y نشان می‌دهد که توده نفوذی صفاخانه با گرانیتهای تیپ «I» مطابقت دارد (Wilson, 1990).

۶ـ جایگاه سنگهای توده نفوذی صفاخانه از نگاه آلومین و سری ماگمایی

سنگهای توده نفوذی صفاخانه بر اساس نسبتهای SiO_2 و A/NK در برابر A/CNK بیشتر متاآلومین و تعداد کمی هم در محدوده پرآلومین هستند. این ویژگی در نمودارهای پیشنهادی Maniar and Piccoli (1989) و Shand (1974) به خوبی نمایان است (شکلهای ۷، ۸) هم چنین، بر پایه نمودارهایی که توسط Irvine and Baragar (1971) ارائه شده است نمونه‌های توده نفوذی صفاخانه نیمه قلیایی از نوع کلسیمی- قلیایی است. (شکلهای۹، ۱۰).

۷ـ خاستگاه توده نفوذی صفاخانه

بررسی زایشی سنگهای گرانیتوییدی توده نفوذی صفاخانه حاکی از آن است که این سنگها به دلیل داشتن ویژگیهای زیر از نوع گرانیتوییدهای تیپ «I» هستند. این ویژگیها عبارتند از:

Archive of SID
www.SID.ir

۱- این توده نفوذی به صورت باتولیت بوده ترکیب سنگ‌شناسی آن تونالیت، گرانودیوریت، مونزوگرانیت، کوارتز مونزونیت، مونزونیت، مونزودیوریت، گرانیت قلیایی و سینوگرانیت است . بخشهایی از توده بازی‌تر است و به سمت کوارتز دیوریت تا گابرو پیش می‌رود.

۲- میانبارهای ریزدانه تیره رنگ از نوع کوارتز دیوریت و میکاشیست است Hibbard (1981) میانبارهای ریزدانه تیره رنگ را دلیل بر آمیختگی ماگمایی دانسته است هم چنین، Didier et al. (1982) میانبارهای ریزدانه تیره رنگ را از مشخصه های گرانیتوییدهای تیپ «I» می‌دانند. میانبارهای میکاشیستی نشانگر آغشتگی ماگمای اولیه با اجزای پوسته‌ای است (Clarke et al., 1980) .

۳- کانیهای مافیک این توده نفوذی بیوتیت و هورنبلند است موسکوویت اولیه، آندالوزیت، سیلیمانیت، کوردیوریت و گارنت در این سنگها دیده نمی‌شود. هم‌چنین، در بعضی از نمونه‌ها، آلانیت (اورتیت) و زیرکن اولیه مشاهده می‌شود.

۴- نسبت A / CNK کمتر از ۱/۱ است.

۵- از لحاظ شاخص آلومین، بیشتر متاآلومین و در ترکیب نورم CIPW بیشتر نمونه‌ها کانی دیوپسید وجود دارد و کروندوم فقط در بعضی از نمونه‌ها محاسبه شده است.

۶- میانگین درصد وزنی Na_2O در این توده نفوذی ۵/۳۳ درصد است و سنگهای این توده از Sr و CaO غنی شدگی نشان می‌دهند.

۷- میانگین مجموع عناصر $FeO(t)+MgO+MnO+TiO_2$ نزدیک به ۷/۵۸ درصد است. تغییرات عناصر در نمودارهای دوتایی خطی است.

۸- در نمودار تغییرات $Y + Ce + Nb + Zr$ در برابر $(K_2O+Na_2O)/CaO$ برای تفکیک تیپ گرانیتها، در محدوده گرانیتهای تفریق نشده تیپهای M, I, S (OGT) واقع هستند (Whalen et al., 1987) (شکل ۱۱).

۹- نمونه‌های مورد بررسی، در نمودار SiO_2 در برابر A/CNK (شکل ۸) و در نمودار K_2O در برابر Na_2O (شکل ۱۲) برای تفکیک گرانیتهای تیپ I و S در محدوده گرانیتهای تیپ «I» واقع هستند (Chappell and White, 1974, 1984).

با توجه به ویژگیهای بالا، توده نفوذی صفاخانه با گرانیتوئیدهای نوع «I» از گونه کالدونین قابل مقایسه است (Pitcher, 1982).

برای دست‌یابی به محیط زمین‌ساختی تشکیل توده نفوذی صفاخانه از پژوهشهای Pearce et al. (1984) بر اساس عناصر کمیاب استفاده شد. Pearce et al. (1984) با توجه به رفتار SiO_2 در برابر Nb، Y در برابر Y و Rb در برابر $Y + Nb$ گرانیتوییدها را به چهار گروه تقسیم کرده‌اند:

۱- گرانیتهای پشته‌های میان اقیانوسی (ORG = Oceanic Ridge Granites)

۲- گرانیتهای کمان آتشفشانی (VAG = Volcanic Arc Granites)

۳- گرانیتهای درون صفحه‌ای (WPG = Within Plate Granites)

۴- گرانیتهای برخوردی (COLG = Collision Granites)

براساس تقسیم‌بندیهای بالا، توده نفوذی صفاخانه، با گرانیتهای کمان آتشفشانی (VAG = Volcanic Arc Granites) (Pearce et al., 1984) قابل مقایسه است (شکلهای ۱۳، ۱۴، ۱۵).

۸ــ سن توده نفوذی صفاخانه

بخشی از توده نفوذی صفاخانه، در نقشه زمین شناسی با مقیاس ۱ : ۲۵۰,۰۰۰ تکاب، هم ارز گرانیت دوران به سن پرکامبرین و بخشی نیز به ترشیری نسبت داده شده است (Alavi - Naini, 1982) و ادامه همین توده نفوذی در نقشه زمین‌شناسی به مقیاس ۱ : ۲۵۰,۰۰۰ مهاباد به پس از کرتاسه (احتمالا پالئوسن) (Eftehkar Nezhad, 1980) نسبت داده شده است. در نقشه زمین‌شناسی با مقیاس ۱:۱۰۰,۰۰۰ ایرانخواه، با توجه به همبری نهشته‌های کرتاسه و بریده شدن آنها توسط توده نفوذی صفاخانه و شباهتهای ژئوشیمیایی و سنگ‌شناختی سنگهای این توده نفوذی با ادامه آن در نقشه زمین‌شناسی چهار گوش مهاباد و توده نفوذی محمودآباد و دیگر شواهد چینه‌شناسی و مشاهدات صحرایی سن پس از کرتاسه - پالئوسن (؟)به توده نفوذی صفاخانه پیشنهاد شده است (خلقی خسرقی، ۱۳۷۰، ۱۳۷۳) در این پژوهش، دو نمونه به روش (K- Ar) تعیین سن شده و به طور متوسط سنی معادل ۶۹/۵ میلیون سال برای سنگ کل (Whole Rock) و ۹۶/۷ میلیون سال برای زمان تبلور بلورهای بیوتیت و ۹۳/۷ میلیون سال برای زمان تبلور بلورهای فلدسپارهای قلیایی (تک کانی) تعیین شده است. براساس این شواهد، انجماد نهایی توده نفوذی در زمان کرتاسه بالا - پالئوسن (؟) در ارتباط با رخداد زمین‌ساختی لارمید تأیید می‌شود.

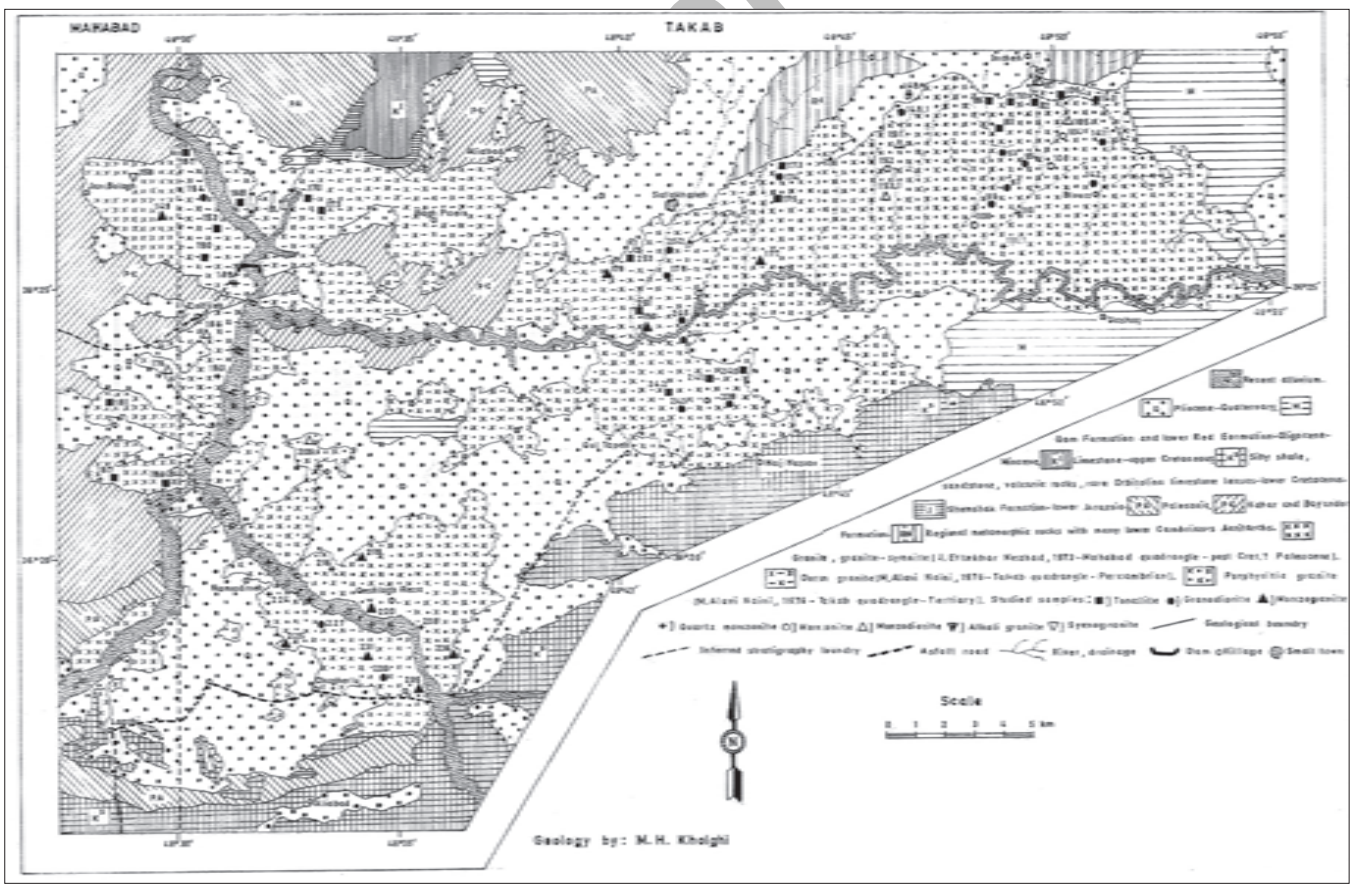
۹ــ نتیجه گیری

توده نفوذی صفاخانه در زون ساختاری ایران مرکزی واقع است. بر اساس شواهد صحرایی و سن‌سنجی بر روی بیوتیت و فلدسپارهای قلیایی، سن جایگزینی آن کرتاسه (۶۹/۵ میلیون سال پیش) است. این توده نفوذی با گسترش نزدیک به ۲۹۵ کیلومتر مربع در ۴۷ کیلومتری جنوب باختر شاهین دژ در شمال باختر ایران واقع است و ترکیب سنگ‌شناسی آن به طور عمده کوارتز مونزونیت، کوارتز مونزودیوریت، تونالیت، گرانودیوریت، مونزوگرانیت است. توده نفوذی صفاخانه از جمله گرانیتوییدهای نوع«I»

Archive of SID
www.SID.ir

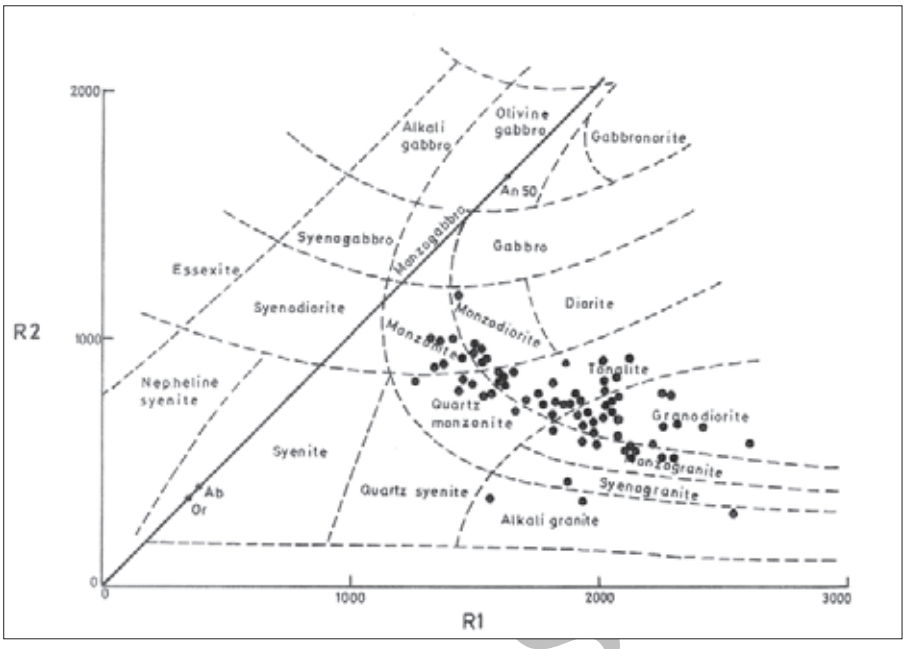
است. بررسی ژئوشیمیائی عناصر کمیاب نشان می‌دهد ماگمای توده نفوذی صفاخانه از ذوب بخشی گوشته بالایی همراه با آلودگی اجزای پوسته‌ای حاصل شده است. این توده نفوذی از دیدگاه جایگاه زمین‌ساختی باگرانیتوییدهای (VAG) قابل مقایسه است.

شکل ۱- موقعیت جغرافیایی توده نفوذی صفاخانه و راههای ارتباطی آن

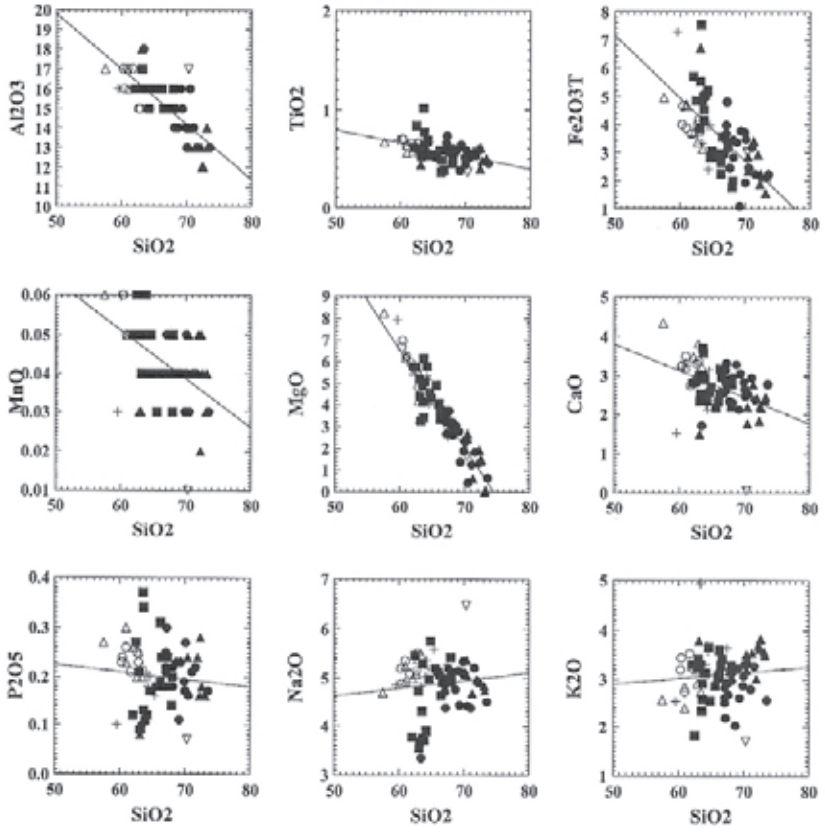


شکل۲- نقشهٔ زمین‌شناسی توده گرانیتوییدی صفاخانه(شمال باختر ایران)

www.SID.ir

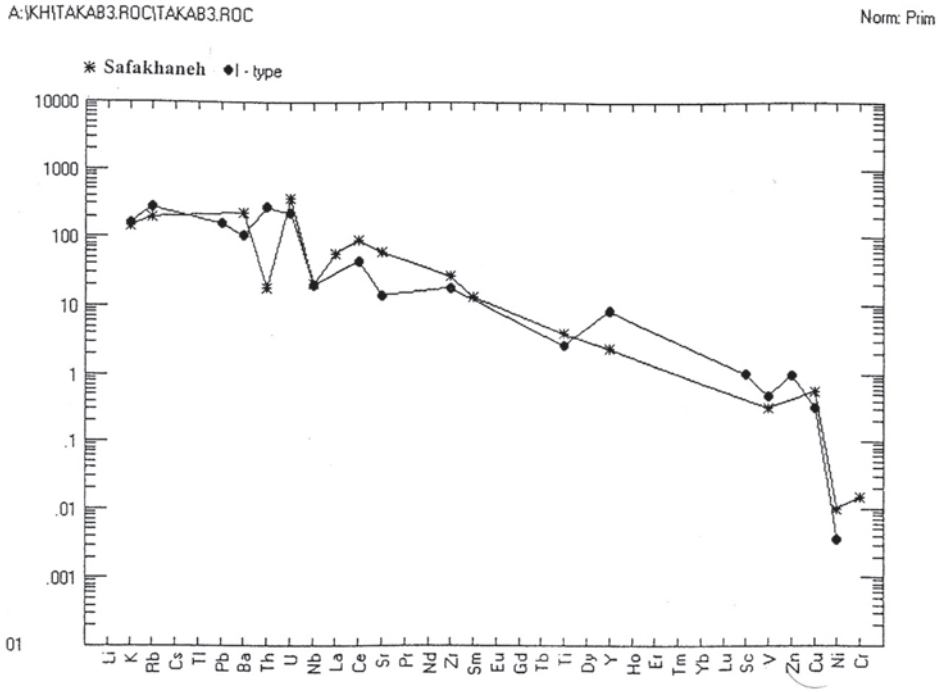


شکل ۳- نامگذاری سنگهای توده نفوذی صفاخانه با استفاده از نمودار چند کاتیونی R1 و R2 برای طبقه بندی سنگهای آذرین درونی (De la Roche et al., 1980) (علائم شبیه شکل ۲) .

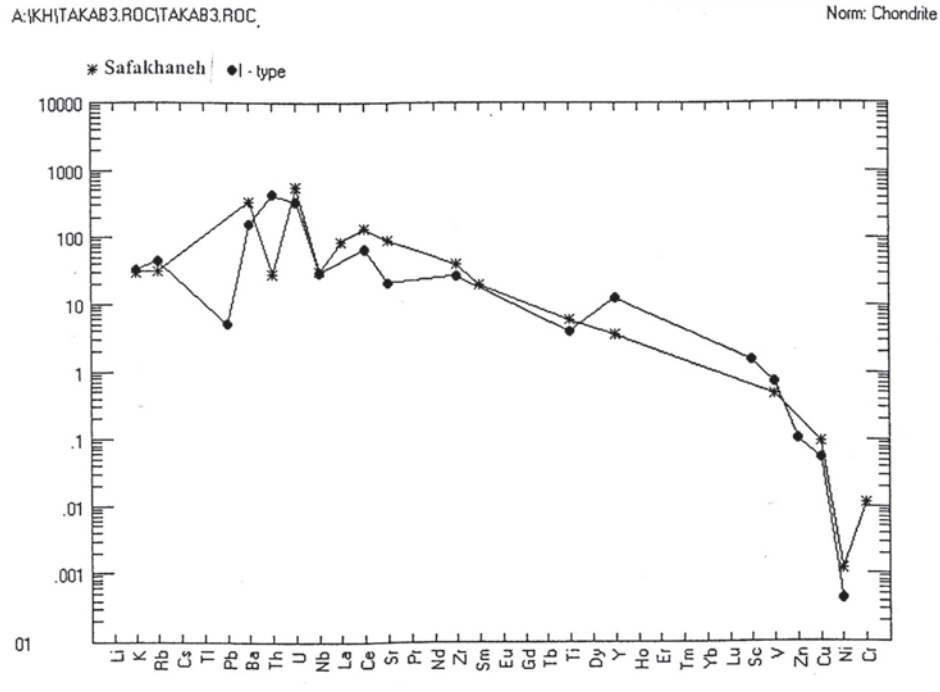


شکل ۴- بررسی خویشاوندی سنگهای توده نفوذی صفاخانه با استفاده از نمودارهای تغییرات اکسیدهای مختلف در برابر SiO_2 (Harker، 1909) (علائم شبیه شکل ۲).

www.SID.ir

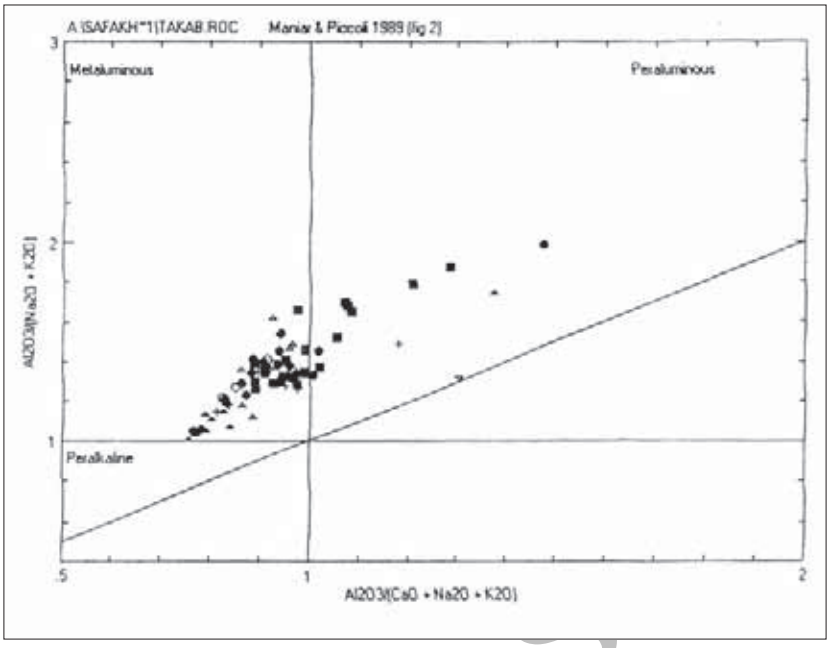


شکل ۵- مقایسه ترکیب میانگین مقادیر عناصر کمیاب سنگهای توده نفوذی صفاخانه و ترکیب میانگین گرانیت نوع «I» ارائه شده توسط Whalen et al. (1987). مقادیر عناصر کمیاب بر پایه ترکیب گوشته، عادی سازی شده است (علائم شبیه شکل ۲) .

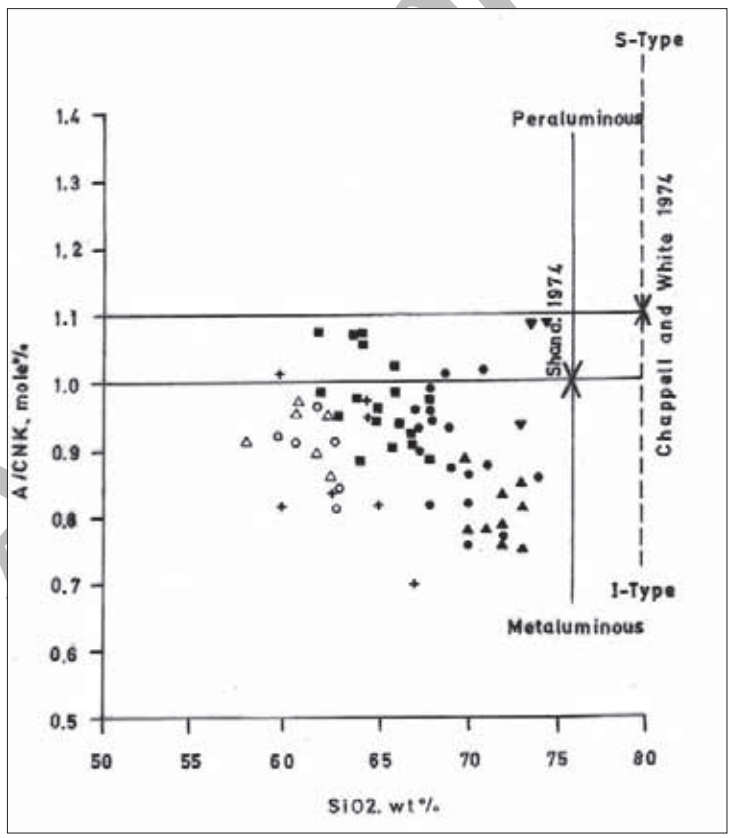


شکل ۶- مقایسه ترکیب میانگین مقادیر عناصر کمیاب سنگهای توده نفوذی صفاخانه با ترکیب میانگین گرانیت نوع «I» ارائه شده توسط Whalen et al. (1987). مقادیر عناصر کمیاب بر پایه ترکیب کندریتها، عادی سازی شده است (علائم شبیه شکل ۲) .

www.SID.ir

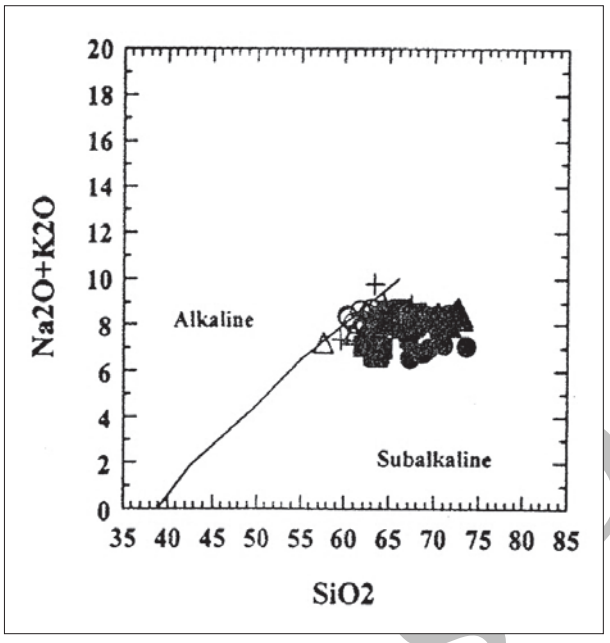


شکل ۷- بررسی شاخص آلومین در سنگهای توده نفوذی صفاخانه با استفاده از نمودار A/CNK در برابر A/NK (Maniar & Piccoli , 1989)
(علائم شبیه شکل ۲)

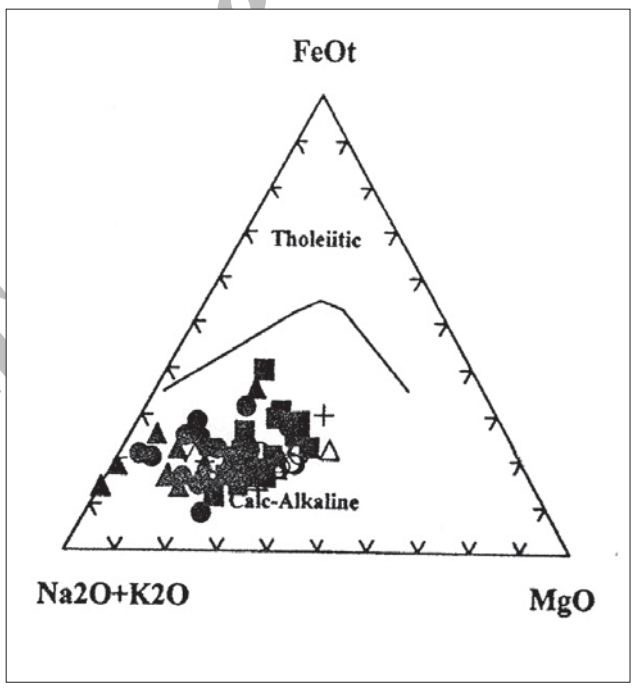


شکل ۸- موقعیت نمونه‌های توده نفوذی صفاخانه در نمودار A/CNK در برابر SiO_2 (Chappell & White, 1974 ; Shand, 1974)
(علائم شبیه شکل ۲)

www.SID.ir

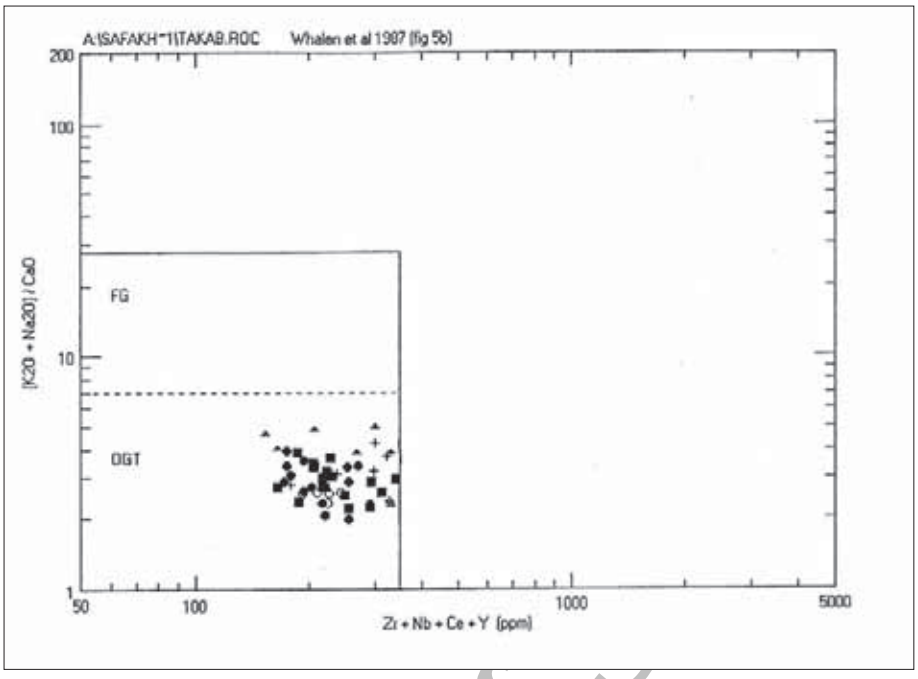


شکل ۹ – نمودار تغییرات مجموع آلکالن در برابر اکسید سیلیسیم که درآن دو محدوده آلکالن از یکدیگر جدا شده‌اند (Irvine & Baragar, 1971) و موقعیت نمونه‌های توده نفوذی صفاخانه برروی آن (علائم شبیه شکل ۲)

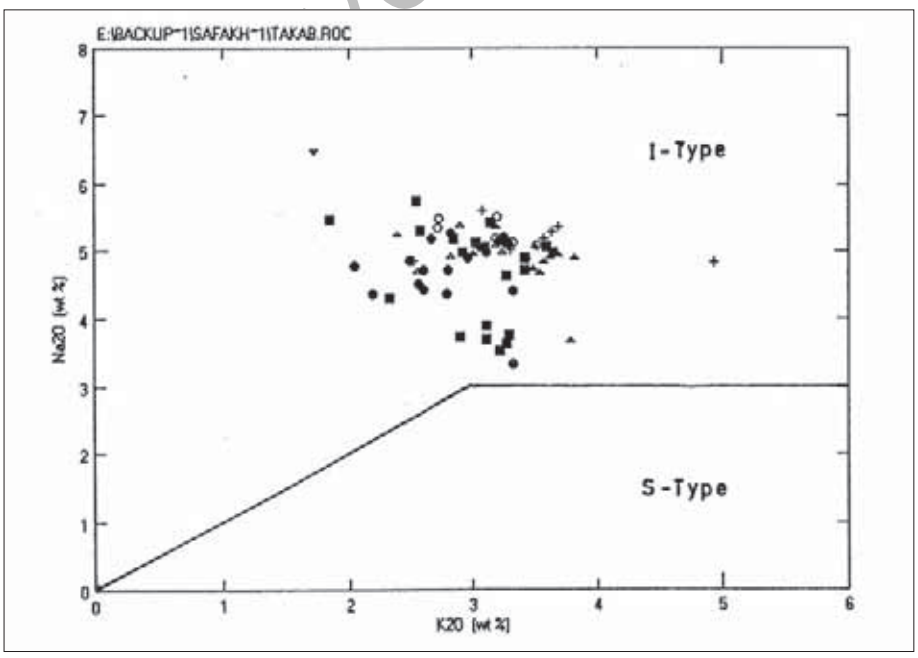


شکل ۱۰- نمودار AFM که سه قطب آن $M = MgO$، $A = Na_2O + K_2O$ و $F = FeO(t)$ است و درآن دو محدوده کلسیمی-قلیایی و تولئیت از هم تفکیک شده است (Irvine & Baragar, 1971) و موقعیت نمونه‌های توده نفوذی صفاخانه برروی آن(علائم شبیه شکل ۲)

www.SID.ir

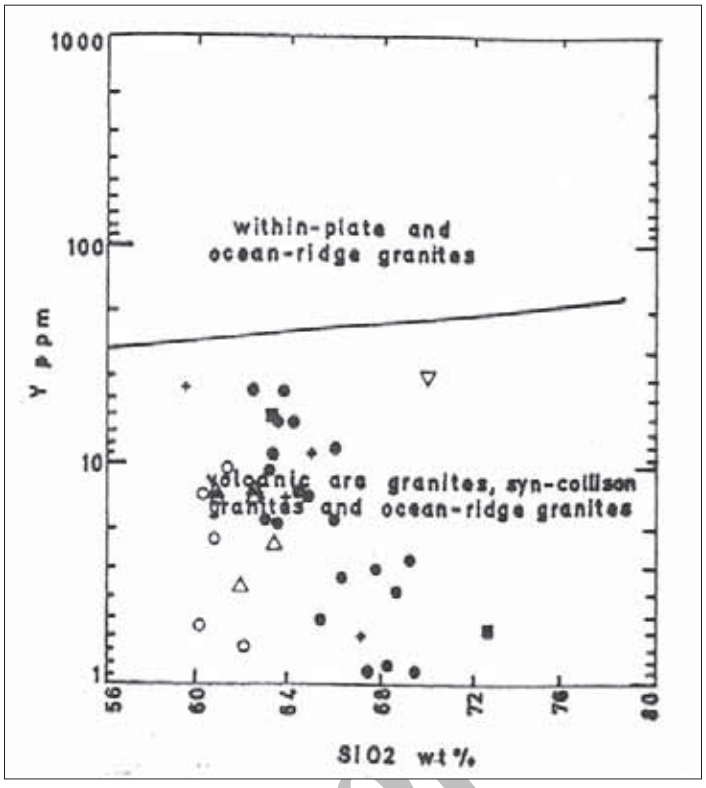


شکل ۱۱- نمودار تغییرات Y+Ce+Nb+Zr در برابر (K2O+Na2O)/CaO برای تفکیک گرانیتهای «A» ، گرانیتهای تفریق یافته (FG) و گرانیتهای تفریق نشده تیپهای S, I, M (OGT) (Whalen et al., 1987) (علائم شبیه شکل ۲)

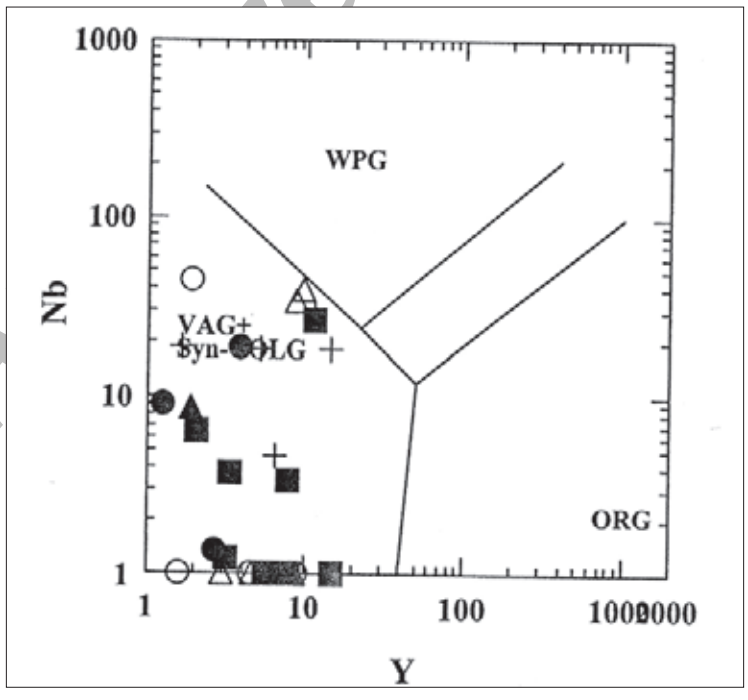


شکل ۱۲- نمودار تغییرات K_2O در برابر Na_2O برای تفکیک گرانیهای I و S (Chappell & White, 1984) (علائم شبیه شکل ۲)

www.SID.ir

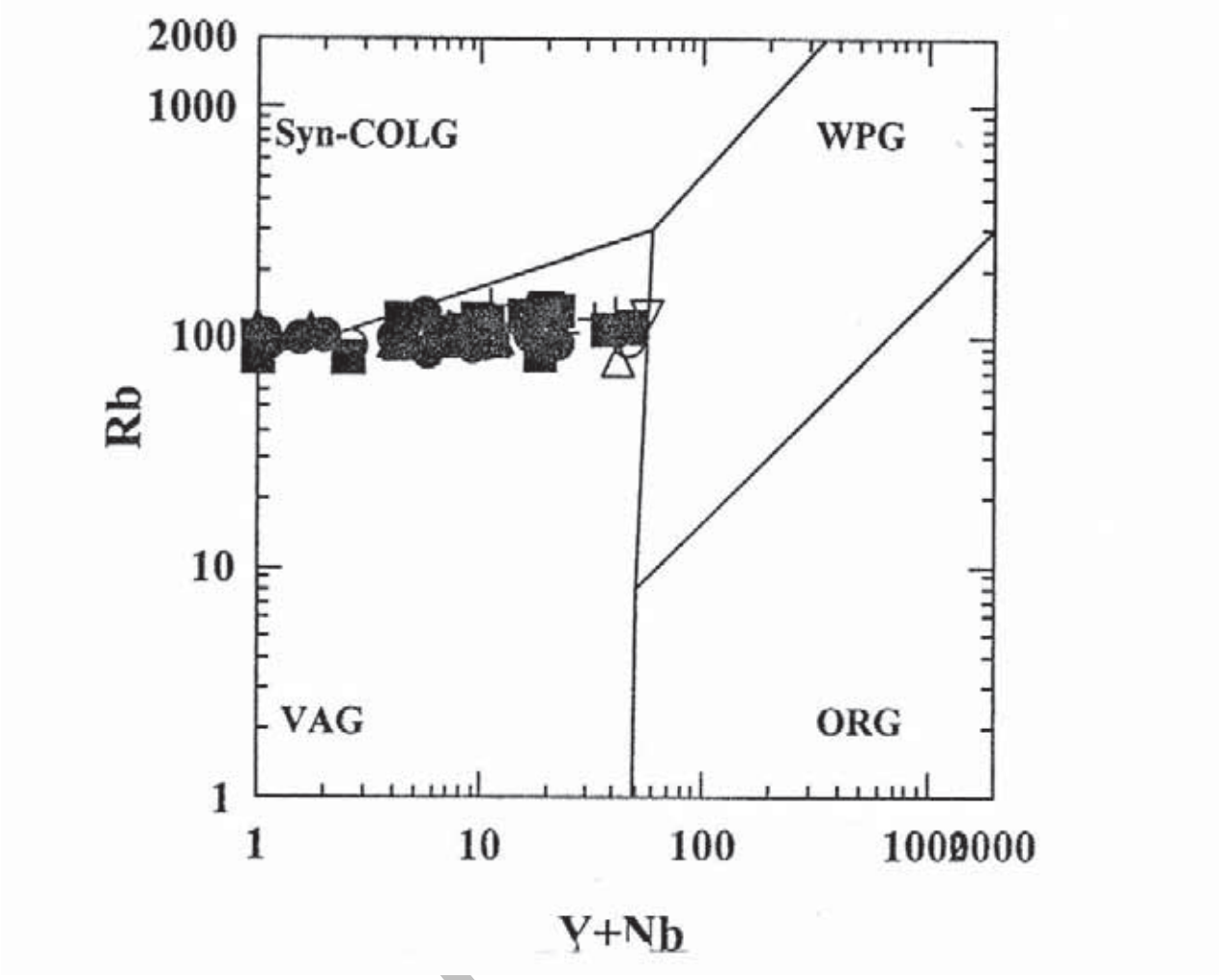


شکل ۱۳- نمودار تغییرات عنصر کمیاب Y در برابر SiO_2 برای تفکیک محیط زمین‌ساختی گرانیتها (Pearce et al. ,1984)، (علائم شبیه شکل ۲)



شکل ۱۴- نمودار تغییرات عنصر کمیاب Y در برابر عنصر کمیاب Nb برای تفکیک محیط زمین‌ساختی گرانیتها (Pearce et al. ,1984)، (علائم شبیه شکل ۲)

www.SID.ir



شکل ۱۵- نمودار تغییرات عنصر کمیاب Y+Nb در برابر عنصر کمیاب Rb برای تفکیک محیط زمین‌ساختی گرانیتها (Pearce et al. ,1984)، (علائم شبیه شکل ۲)

Archive

www.SID.ir

جدول ۱- میانگین تجزیه شیمیایی توده گرانیتوییدی صفاخانه

www.SID.ir

ادامه جدول ۱

Samp.(wt%)	233	235	236	238	172.1	174	175	177	178	179	180.1	239	240	241	242	243	244	245	248	251	252	253	73
Class. In De La Roche+1980	granodio.	mon. gra.	mon. gra	sp.mono.	tonalite	granodio.	tonalite	mon. gra.	granodio.	mon. gra.	mon. gra.	granodio.	tonalite	tonalite	tonalite	granodio.	granodio.	granodio.	monzonite	tonalite	granodio.	tonalite	tonalite
SiO2	69.76	72.31	71.39	63.21	63.7	68.68	61.17	71.37	70.09	73.34	72.84	68.83	64.96	67.36	68.13	67.23	69.28	67.24	61.33	61.67	64.89	63.31	63.94
TiO2	0.59	0.01	0.0	0.57	0.76	0.51	0.6	0.58	0.5	0.1	0.48	0.38	0.52	0.45	0.59	0.56	0.53	0.62	0.63	0.92	0.66	1.01	0.53
Al2O3	12.64	12.42	12.83	16.11	13.88	14.16	14.77	13.12	16.87	13.11	13.84	15.87	15.81	16.76	15.58	16.21	15.81	14.97	16.46	16.81	14.78	16.53	15.98
Fe2O3t	3.23	2.51	2.24	2.25	4.2	2.37	2.96	3.16	2.3	2.01	1.44	1.61	2.6	1.63	2.68	2.29	2.85	3.4	3.4	4.49	3.66	4.83	2.61
Fe2O3	1.08	0.7	0.51	0.73	1.4	0.76	0.99	1.06	0.77	0.57	0.48	0.34	0.67	0.54	0.88	0.73	0.88	0.97	1.13	1.29	1.55	1.32	0.67
FeO	2.16	1.4	1.83	1.8	2.8	1.81	1.97	2.12	1.83	1.34	0.96	0.82	1.74	1.08	1.83	1.63	1.76	2.43	2.27	3.2	2.62	3.3	1.74
MnO	0.05	0.03	0.05	0.04	0.04	0.03	0.04	0.04	0.03	0.04	0.03	0.04	0.03	0.03	0.04	0.04	0.04	0.04	0.05	0.06	0.04	0.06	0.05
MgO	2.27	1.43	1.33	5.12	3.39	1.91	3.21	0.83	0.44	0.11	N.D.	2.76	4.84	3.11	4.01	3.68	2.31	2.53	5.81	3.66	3.21	4.11	4.52
CaO	2.47	2.22	2.4	5.12	3.65	2.82	2.97	2.27	2.5	2.47	2.36	2.12	2.16	2.18	2.3	2.32	2.31	2.61	2.23	2.8	2.81	3.67	2.56
Na2O	6.08	4.93	4.92	5.31	5.35	5.32	4.98	4.69	4.29	4.74	4.83	5.11	5.14	5.37	6.06	5.16	4.91	4.72	5.04	5.39	4.84	4.29	4.32
K2O	3.38	3.63	2.99	3.66	2.56	2.86	2.92	3.54	3.31	3.5	3.66	3.2	2.83	3.13	2.99	3.66	2.97	2.92	3.49	1.82	2.49	2.32	3.61
P2O5	0.27	0.29	0.24	0.18	0.34	0.19	0.24	0.22	0.16	0.17	0.16	0.11	0.18	0.14	0.19	0.18	0.18	0.22	0.21	0.27	0.28	0.37	0.17
Total	99.02	100	99.24	99.06	99.03	99.71	99.76	100.13	99.39	100.21	99.73	99.29	99.06	99.14	98.84	94.52	100.66	100.617	99.29	99.77	99.64	99.59	96.89
Tr.Ele.(ppm)																							
Rb	111.61	113.41	107.27	121.46	84.34	94.57	96.97	97.76	91.39	99.54	97.38	100.46	100.74	94	98.91	103.84	101.73	97.74	103.5	82.64	88.33	83.56	104.43
Ta	0.87	0.96	0.81	2.31	0.62	1.04	1.58	0.74	0.79	0.74	0.72	2.06	1.57	1.5	1.22	1.1	0.98	0.83	1.91	0.96	0.73	0.4	2.47
Sr	785.41	772.88	826.63	1156.61	1783	1264	1092	961	1163	947	908	985	1047	1095	1013	1026	890	969	1348	1421	1891	1456	1153.65
Zr	167.51	166.49	169.72	213.33	235.42	235.04	209.48	177.7	191.47	198.88	194.38	163.61	175.46	188.89	176.24	181.43	172.49	160.92	207.71	215.49	187.58	191.52	196.86
Y	N.D.	N.D.	N.D.	14.83	N.D.	3.79	9.56	N.D.	N.D.	N.D.	1.87	2.69	2.03	0.97	N.D.	0.3	0.1	N.D.	8.83	N.D.	N.D.	N.D.	7.33
Nb	8.45	8.47	8.22	17.98	18.67	10.39	8.22	<1	8.01	11.38	8.64	8.44	6.44	8.3	N.D.	10.44	<1	<1	<1	<1	8.73	2.57	<1
Ce	891.28	166.52	181.96	8.17	N.D.	N.D.	N.D.	490.2	876.93	226.16	264.48	N.D.	42.63	N.D.	27.78	83.31	N.D.	N.D.	9.23	133.23	N.D.	406.33	N.D.
Cu	N.D.	N.D.	N.D.	8.31	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.	7.1	N.D.	N.D.	N.D.	5.88
Ga	37.32	37.11	40.88	22.23	34.65	34.28	37.81	36.79	37.98	41.12	33.56	40.47	40.3	42	41.35	29.65	50.69	35.1	24.5	41.69	38.94	39.93	27.31
La	27.47	33.5	33.06	38.45	<5	<5	2.66	<5	<5	<5	<5	<5	29.84	<5	21.99	28.53	8.98	1.54	19.43	30.25	13.91	32.64	7.66
Hf	1.84	1.33	1.44	8.04	2.67	1.6	1.98	1.53	0.87	0.84	0.85	1.96	2.22	1.25	1.53	1.47	1.49	1.54	8.57	1.68	1.57	1.51	4.55
Sm	<2	0.85	2.11	8.68	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	2.29	1.42	<2	<2	2.93	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2
Th	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.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
U	1.08	1.07	1.08	9.26	13.94	7.99	5.12	2.83	5.95	4.16	2.9	4.99	5.93	5.78	4.43	5.95	3.37	3.01	9.3	8.88	6.01	7.21	7.5
V	27.23	27.09	27.43	30.3	40.87	22.6	27.73	24.9	19.87	21.42	19.34	16.24	24.4	18.88	26.96	24.73	24.47	28.94	37.41	44.26	30.42	60.3	27.67
Hf	1.6	1.31	1.4	8.93	1.93	2.22	2.11	1.96	1.23	1.15	1.19	2.51	2.19	2.12	1.74	1.7	1.46	1.32	8.55	1.7	1.32	1.26	4.49
Cr	10.32	9.81	9.44	18.63	8.86	8.81	10.59	8.65	8.13	7.49	7.47	9.55	10.48	9.81	10.12	8.39	8.66	9.26	12.64	10.08	8.19	8.44	12.3
Ba	1602.81	1984.67	1945.6	1119.49	2143.34	1864.04	1311.38	1188.58	1271.45	1171.74	1187.24	1324.08	1003.04	1554.58	1294.94	1153.93	1153.27	1218.17	1449.66	1390.7	1298.27	1637.61	1181.77
Na2O/K2O	1.55	1.36	1.65	1.45	2.09	1.85	1.71	1.32	1.29	1.35	1.32	1.6	1.82	1.72	1.89	1.94	1.83	1.67	1.44	2.87	1.94	1.66	1.36
Na2O+K2O/Al2O3	0.36	0.36	0.31	0.37	0.41	0.35	0.4	0.33	0.27	0.36	0.33	0.31	0.37	0.33	0.36	0.37	0.32	0.34	0.33	0.42	0.35	0.31	0.53
R1	0.67	0.69	0.63	0.56	0.49	0.58	0.63	0.63	0.49	0.62	0.6	0.52	0.5	0.54	0.49	0.51	0.52	0.4	0.52	0.46	0.53	0.43	0.53
R2	1883.1	2144.67	2236.83	1442.66	1634.83	1944.27	1602.83	2157.1	2274.84	2309.99	2365.6	1969.15	1772.31	1896.75	1770.42	1962.93	2020.34	2031.39	1380.62	1647.48	2044.64	2008.92	1601.03
DIPW Norms	625.61	553.09	574.23	804.89	857.66	647.91	784.4	884.66	660.78	629.16	539.74	680.35	781.92	762.86	760.87	734.43	790.65	744.96	814.82	901.5	792.97	911.69	830.83
Q	20.61	24.76	25.64	6.5	10.4	20.22	16.5	24.96	25.51	29.04	27.27	18.01	11.96	14.86	12.58	16.45	15.17	17.39	3.43	7.82	17.9	14.56	9.88
C	***	***	***	***	***	***	***	***	0.45	0.04	***	0.18	0.59	***	0.05	***	***	***	***	0.26	***	0.13	***
Z	0.53	0.03	0.03	0.04	0.05	0.05	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.03	0.04	0.04	0.04	0.04	0.03	0.03	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04
Or	19.55	21.3	17.34	21.65	15.29	16.82	17.35	20.96	19.72	20.07	21.14	19.07	16.94	18.55	17.56	13.58	17.59	15.7	20.51	10.91	14.81	19.3	21.61
Ab	43.15	41.71	41.57	43.24	44.07	44.61	42.22	39.6	37.4	40.1	40.98	43.97	43.91	45.66	43.43	43.53	41.84	39.85	42.89	41.12	46.23	36.47	42.14
An	1.74	1.04	3.87	9.61	12.49	5.27	9.44	4.31	12.23	4.69	8.9	10.62	10.31	9.66	11.1	10.66	10.22	11.4	12.18	12.17	11.38	16.64	11.07
Ne	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
Ac	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
Ns	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
Di	7.34	7	9.01	0.8	3.44	5.76	3.31	7.27	***	2.5	1.2	***	***	0.78	***	0.32	0.96	0.63	0.27	***	1.42	***	1.12
Wo	***	***	***	***	***	***	***	***	***	1.83	1.79	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
Hy	4.38	1.59	2.13	13.9	5.69	2.39	8.4	8.11	2.51	***	7.33	13.84	8.33	11.85	10.59	9.44	11.18	16.21	17.84	10.27	13.67	13.84
Ol	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
Mt	1.56	1.01	1.33	1.09	2.93	2.9	1.43	1.54	1.11	0.37	0.7	0.49	1.36	0.73	1.34	1.11	1.38	1.41	1.84	1.87	1.52	1.91	1.28
Cm	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
Hm	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
Il	1.12	1.16	1.14	1.1	1.48	0.96	1.14	1.1	0.96	0.88	0.91	0.72	0.99	0.85	1.12	1.06	1.01	1.18	1.23	1.68	1.25	1.93	1.03
En	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
Ru	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
Ap	0.66	0.68	0.58	0.44	0.84	0.46	0.38	0.53	0.39	0.41	0.39	0.27	0.44	0.24	0.44	0.44	0.44	0.94	0.51	0.66	0.61	0.9	0.41
Total	100.24	100.27	100.28	100.31	100.51	100.4	100.33	100.3	100.32	100.3	100.29	100.3	100.27	100.33	100.31	100.23	100.29	100.31	100.37	100.28	100.32	100.39	100.3

R1 & R2 are Ce La Rocks parameters, R1=4Si-11(Na+K)-2(Fe+Ti), R2=6Ca+2Mg+Al,
Ol dioplside Hy hypersthene Ol olivine, Mt magnetite, Cm chromite, Hm hematite,
N.D.:notdetected, Q quartz, C corundum, Z zircon, Or orthoclase, Ab albite, An anorthite,
Il ilmenite, Tn sphene, Ru rutile, Ap apatite, +)Dita.

www.SID.ir

ادامه جدول ۱

Samp.(wt%)	80	85	87	93	95	97	98	100	104	105	106	108	109	111.1	140	141	142	143	143.1	151	152	153.1	82
Class. la De La Roche-1980	tonalite	tonalite	mon. dio.	granodio.	granodio.	granodio.	granodio.	monzonite	monzonite	mon. dio.	tonalite	monzonite	quemonz.	monzonite	granodio.	granodio.	granodio.	qu.monz.	granodio.	mon. dio.	monzonite	mon. dio.	tonalite
SiO2	62.31	67.44	62.87	71.04	73.21	66.91	69.22	62.43	59.37	61.87	63.87	62.61	63.89	61.24	69.51	67.01	68.27	67.19	67.65	62.89	60.07	61.77	65.56
TiO2	0.59	0.47	0.6	0.55	0.42	0.73	0.54	0.66	0.69	0.66	0.52	0.61	0.66	0.7	0.44	0.68	0.59	0.68	0.6	0.67	0.62	0.61	0.49
Al2O3	15.96	15.93	16.34	13.78	13.12	14.95	14.68	16.31	16.37	16.21	16.02	16.29	14.37	16.09	14.26	14.78	14.15	14.47	13.98	16.26	16.37	16.11	15.72
Fe2O3 t	3.6	1.87	3.5	2.96	2.00	4.45	3.48	3.71	3.69	3.14	2.85	3.88	4.2	4.2	1.8	3.17	3.11	2.89	3.2	2.93	3.6	3.45	2.46
Fe2O3	1.2	0.62	1.17	0.99	0.7	1.27	0.99	1.34	1.06	1.05	0.96	1.29	1.23	1.2	0.6	0.91	0.89	0.96	1.07	0.98	1.03	1.15	0.82
FeO	2.4	1.25	2.33	1.97	1.39	3.18	2.49	2.48	2.64	2.09	1.9	2.59	2.85	3	1.2	2.27	2.22	1.92	2.14	1.95	2.56	2.3	1.64
MnO	0.05	0.05	0.05	0.04	0.03	0.05	0.04	0.05	0.06	0.05	0.04	0.05	0.06	0.06	0.04	0.05	0.04	0.05	0.04	0.05	0.05	0.05	0.04
MgO	5.12	2.97	4.18	1.26	0.66	2.58	1.39	5.51	6.57	5.47	4.25	4.79	4.03	7.06	2.34	3.89	3.03	2.53	2.59	4.93	6.18	6.51	3.34
CaO	2.97	2.76	3.8	2.94	2.76	3.3	3.04	3.29	3.18	5	2.67	3.36	3.1	3.3	2.83	2.14	3.26	2.85	2.93	3.19	3.44	3.46	2.52
Na2O	4.67	5.07	5.37	4.38	4.49	4.35	4.43	5.11	5.11	5.61	5.67	5.46	5.14	4.84	5.02	4.71	4.74	5.36	4.86	5.44	5.27	4.96	5.01
K2O	3.39	3.26	2.91	3.8	2.66	2.15	2.8	3.32	3.14	3.16	2.61	3.18	3.64	3.49	3.05	2.81	2.53	3.63	3.1	2.72	2.69	3.23	3.66
P2O5	0.21	0.2	0.26	0.21	0.19	0.3	0.23	0.26	0.23	0.2	0.17	0.23	0.2	0.24	0.17	0.21	0.23	0.2	0.22	0.2	0.26	0.26	0.31
Total	98.87	99.11	99.85	99.94	99.55	99.62	99.76	99.64	94.4	99.65	99.47	99.49	99.04	101.31	99.26	99.83	99.42	99.63	99.27	99.19	98.84	99.41	99
Tr.Ele.(ppm)																							
Rb	95.96	992.38	85.17	97.4	98.86	86.8	93.86	93.84	106.22	100.9	97.79	91.77	95.06	97.63	193.3	95.26	94.56	95.91	97.42	102.33	97.2	96.54	106.23
Ta	2	2.09	1.94	0.7	0.76	0.54	0.6	1.03	1.63	2.02	2.21	1.91	1.11	1.2	1.06	0.85	0.79	0.82	0.82	1.71	1.46	1.6	1.89
Sr	1312.25	1112.72	2734.8	1018.69	907.99	1282.4	1071.41	1195.45	1397.46	1363.29	1293.71	1287	1281.12	1157.27	1293.71	927.84	1964.46	1103.85	1048.31	1412.31	1481.95	1411.61	1146.84
Zr	215.67	200.04	357.7	170.91	171.34	208.96	194.51	189.79	204.2	213.63	217.76	207.41	174.33	182.07	175.99	212.82	208.99	215.68	196.69	219.2	217.99	209.49	197.21
Y	5.61	3.36	8.85	N.D.	N.D.	N.D.	0.12	8.12	7.28	8.61	7.82	1.58	N.D.	1.89	0.99	0.4	1.24	1.85	N.D.	4.62	4.43	3.99	6.64
Nb	<1	3.68	33.75	<1	1.56	<1	<1	<1	<1	<1	3.37	<1	<1	44.32	<1	3.73	9.09	18.42	6.45	<1	<1	<1	0.24
Ce	N.D.	N.D.	N.D.	237.68	295.57	43.41	94	N.D.	27.6	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	125.19	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
Cu	3.79	N.D.	0.79	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	6.46	4.65	4.32	N.D.	N.D.	20.84	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0.81
Ga	23.68	30.6	21.74	34.93	34.95	32.37	33.73	42.74	25.66	29.71	28.69	40.37	39.27	30.97	46.16	37.49	37.82	45.63	41.99	36.14	36.44	32.34	32.13
La	3.87	<5	<5	<5	<5	9.33	7.11	12.3	28.62	3.01	<5	4.96	14.29	7.74	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5
Ni	4.8	2.78	3.77	0.96	0.9	1.35	1.12	2.89	5.84	5.92	4.46	2.89	2.51	5.24	1.31	1.59	1.55	1.38	1.44	4.02	4.14	3.85	3.94
Sm	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2
Th	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.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
U	8.6	7.33	29.23	3.77	3.12	6.05	5.51	6.34	9.9	9.93	9.24	6.9	4.85	7.14	3.53	5.61	4.79	5.92	4.65	11.52	11.37	9.36	7.95
V	30.95	21.18	33.15	24.46	17.27	38.48	29.98	34.7	39.68	30.16	27.28	33.86	33.68	66.28	16.43	26.33	27.67	25.78	28.69	31.96	33.68	33.59	28.19
Hf	4.57	3.6	5.64	1.08	1.09	1.36	1.23	2.39	4.89	4.85	4.79	2.5	1.53	3.58	1.54	1.73	1.61	1.63	1.42	3.96	3.68	3.2	3.94
Cr	11.62	10.14	10.02	8.06	7.22	8.5	8.22	10.73	13.4	11.23	10.31	10.71	11.24	186.38	8.76	8.89	8.68	8.91	8.81	8.26	10.31	9.43	9.22
Ba	1153.51	1238.65	2107.79	1071.03	1084.01	1127.49	1046.2	1209.06	1194.06	1161.35	1357.78	1295.18	1386.78	1435.46	1256.05	1410.48	1297.85	1331.09	1287.33	1256.83	1292.09	1488.1	1196.33
Na2O+K2O	1.38	1.66	1.85	1.57	1.35	1.99	1.71	1.64	1.63	1.59	2.26	1.72	1.45	1.42	1.66	1.81	2.34	1.45	1.59	2	1.96	1.63	1.41
Na2O+K2O	8.06	8.32	8.28	7.18	7.05	6.54	7.03	8.43	8.25	8.16	8.16	8.56	8.68	8.43	8.07	7.32	6.77	8.89	8.05	8.16	7.96	8.19	8.67
Na2O+K2O/Al2O3	0.51	0.55	0.51	0.52	0.54	0.45	0.48	0.55	0.5	0.5	0.51	0.57	0.59	0.52	0.57	0.5	0.48	0.61	0.58	0.5	0.49	0.51	0.54
R1	1601.22	1886.59	1493.37	2430.37	2628.94	2267.78	2324.2	1456.73	1312.93	1828.85	1988.6	1365.71	1662.49	1353.1	2089.93	2662.82	2350.53	1672.92	1934.92	1543.55	1410.04	1488.81	1693.89
R2	895.62	743.81	936.43	647.17	587.76	776.31	684.03	928.93	1003.89	922.85	823.88	900.72	829.51	1084.65	682.49	804.87	792.59	716.83	721.47	913.91	1010.92	965.16	751.68
CIPW Norms																							
Q	7.74	16.81	5.58	27.03	31.29	21.32	24.44	5.37	1.59	5.85	9.1	5.1	8.74	1.19	20.6	17.42	21.67	14.08	17.85	6.77	3.3	5.15	12.65
C	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
Z	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
Or	0.04	0.04	0.7	0.3	0.3	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04
Ab	20.32	19.43	17.26	16.59	15.23	12.98	15.46	19.72	18.91	18.9	15.12	18.95	21.14	18.34	18.88	16.46	12.1	21.65	18.48	16.24	16.18	19.25	21.39
An	39.96	43.33	43.52	37.06	38.2	37.07	37.67	43.4	43.94	43	48.67	46.83	43.52	41.23	42.81	39.94	40.37	44.67	42.24	46.38	45.29	42.22	42.82
Ne	12.84	8.78	12.06	9.72	8.2	14.13	12.63	9.16	12.78	12.73	15.11	11.35	6.9	11.35	7.49	11.89	11.49	5.21	6.86	12.54	13.37	12.36	10.08
Ac	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
Ns	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
Di	1.16	3.52	5.41	3.4	4.19	0.9	1.41	5.64	2.05	5.48	5.67	6.57	6.47	3.25	4.16	2.74	3.34	6.76	5.58	2.88	2.5	3.28	1.01
Hy	14.88	8.92	9.3	3.47	6.3	9.94	8.54	13.94	18.82	15.24	11.9	11.6	9.58	19.19	5	10.22	8.45	5.61	5.94	13.11	17.37	14.43	9.62
Ol	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
Mt	1.74	0.9	5.69	5.43	1.01	1.84	1.44	1.79	1.53	1.52	1.38	1.87	1.78	1.88	0.87	1.31	1.39	1.39	1.55	1.41	1.49	1.67	1.19
Cm	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
Hm	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
Il	1.14	0.89	5.14	5.04	0.85	1.39	1.22	1.25	1.33	1.08	1.01	1.23	1.27	1.31	0.84	1.1	1.12	1.1	1.14	1.08	1.2	1.16	0.93
Ta	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
Ru	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
Ap	0.51	0.49	0.82	0.51	0.41	0.73	0.56	0.61	0.56	0.49	0.41	0.56	0.49	0.58	0.41	0.51	0.56	0.49	0.64	0.49	0.63	0.63	0.76
Total	100.34	100.32	100.62	100.28	100.29	100.33	100.29	100.32	100.32	100.35	100.35	100.32	100.36	100.39	100.29	100.24	100.33	100.32	100.32	100.36	100.38	100.36	100.32

R1 & R2 are De La Rocke parameters, R1=4Si-11(Na+K)-2(Fe+Ti), R2=6Ca+2Mg+Al,
Di diopside, Hy hypersthene Ol olivine, Mt magnetite, Cm chromite, Hm hematite.

N.D=notdetected, Q quartz, C corundum, Z zircon, Or orthoclase, Ab albite, An anorthite,
It Ilmenite, Tn sphene, Ru rutile, Ap apatite, -=jdks.

www.SID.ir

کتابنگاری

خلقی خسرقی، م. ح.، ۱۳۸۰ – بررسی پترولوژی، ژئوشیمیایی وتعیین سن توده‌های نفوذی شمال باختر ایران (تکاب ـ شاهین دژ)، پایان‌نامه دکتری، انستیتو زمین‌شناسی، آکادمی علوم جمهوری آذربایجان، باکو، ۳۵۸ صفحه .

خلقی خسرقی، م. ح.، ۱۳۷۹ – نقشه زمین‌شناسی ورقه ۱۰۰،۰۰۰ : ۱ ایرانخواه (چاپان)، سازمان زمین شناسی واکتشافات معدنی کشور .

خلقی خسرقی، م .ح.، ۱۳۷۳ – نقشه زمین‌شناسی ورقه ۱۰۰،۰۰۰ : ۱ شاهین دژ، سازمان زمین شناسی واکتشافات معدنی کشور.

خلقی خسرقی، م. ح.، ۱۳۷۰ – متامورفیسم، پلوتونیسم واستراتیگرافی شرق شاهین دژ، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده علوم، دانشگاه تهران، ۲۶۰ صفحه .

References

Alavi – Naini, M., Hajian, J., Amidi, A., Bolurchi, H., 1982 - Geology of Takab - Saein Qalel :Explanatory note of 1:250,000 map of Takab quadrangl , Geological Survey of Iran , Report No. 50.

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., 1984 - Origin of infrucrustal (I-Type) granite magmas, Earth Sciences, Edinborgh : 71 – 86.

Clarke, D. B., 1983 - Granitoid rocks (Chapman & Hall, Pub.).

De la Roche, H., Leterrier, J., Grand – Claude , P., Marchar, M., 1980 – A classification of volcanic and plutonic rocks using R1 - R2 diagrams and major element analysis, chem .Geol ., Vol. 29: 183 - 210.

Didier, J., Duthou, J. L. and Lameyre, J., 1982 – Mantle and crustal granites: Genetic classification of orogenic granites and nature of their enclaves (J. Volca. Geoth. Res., Vol 14).

Eftekhar Nezhad, J., 1980 – Explantory report for the Mahabad quadrangle map 1:250,000, geological survey of Iran geological quadrangle. No. B. 4.

Eftekhar Nezhad, J., 1980 – L,etude geologique de la region de Mahabad (Kurdistan Iranian) l,evolution structural du NW de l, IRAN. Docteur thesis, univ. Paris – sud (Orsay), p.250.

Harker, A., 1909- The natural history of igneous rocks, Methuen . London .348 PP.

Hibbard, M. J., 1981 - The magma mixing origin of mantle 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 sei ., 8, 523 - 548.

Maniar, P. D. and Piccoli, P. M., 1989 - Tectonic discrimination of granites, Geol. Soe. Am. Bull. 101: 635 - 643.

Miyashiro, A.,1974 - Volcanic rock series in island arcs and active continental margin, Am. J. Sci., 274, 321-55.

Pearce, J. A., Harris, N. B., Tinble, A.G., 1984 - Trace element discrimination diagrams for the tectonics interpretation of granitic rocks, Journal pet., Vol. 25.

Pitcher, W.S., 1992 - The nature and origin of granite (Chapman & Hall. Pub.).

Ringwood, A. E., 1979 - Composition and petrology of the Earth, Mantle, McGraw - Hill, New York, USA.

Rollinson, H. R., 1993 - Using geochimical data: Evolution, Presentation, interpretation (Longman Ltd. Pub.).

Shand, S. J., 1974 - Eruptive rocks, their genesis, composition, classification and their relation to ore - deposits. 3rd edition, J. Wiley and Sons, New York, 488 p.

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. L., 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).

Archive of SID

www.SID.ir