



## Petrogenesis of Chah Torsh apatite-bearing granitic body

S. yajam<sup>1</sup>, S. Amini<sup>2</sup>, J. Ghalamghash<sup>3</sup>

1- Manjil, Payam Nur Universit of Manjil

2- Tehran, Tarbiat Moallem University, Faculty of sciences, Geology Department

3- Tehran, Geological Survey of Iran

E-mail: amini@tmu.ac.ir

(Received: 1/5/2007, in revised form: 8/6/2008)

**Abstract:** Chah Torsh intrusive body in S-W of Nadushan is a small part of extensive magmatism of Oligo-Miocene age in Urumieh-Dokhtar magmatic belt. This is the largest intrusive mass of SW of Nadushan complex which are all outcropped as masses cut through Eocene volcanics. The Chah Torsh intrusion consists of two phases with porphyry and granular textures. Geochemical properties of two phases on the basis of trace elements contents and variations on Harker and spider diagrams indicate that they can be comagmatic. Lower ratio of Rb/K and silicate amount in granular phase in comparison to porphyry phase with higher amounts of HFSE such as Y, Zr, Th, Ta and Ti showing that the granular phase is a poor silica residual resulted from fractional crystallization of monzogranitic porphyric phase. High amounts of REE in Chah Torsh parent magma from one hand and high K content on the other hand resulted in decreasing P solubility in granodioritic melt causing apatite fractionation.

**Keywords:** Granite, Apatite, Urumieh –Dokhtar, Nadushan, Iran



## پتروژنز توده گرانیتی آپاتیت‌دار چاه ترش

ساناز یاجم<sup>۱</sup>، صدرالدین امینی<sup>۲</sup>، جلیل قلمقاش<sup>۳</sup>

۱- منجیل، شهرک ایثارگران، دانشگاه پیام نور منجیل

۲- تهران، خیابان شهید مفتاح، پلاک ۴۹ دانشگاه تربیت معلم

۳- تهران، میدان آزادی، خیابان معراج، مدیریت زمین شناسی منطقه ای، سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور

پست الکترونیکی: amini@tmu.ac.ir

(دریافت مقاله ۸۶/۲/۱۱، نسخه نهایی ۸۷/۳/۱۹)

**چکیده:** توده نفوذی چاه ترش جزئی کوچک از ماگماتیسیم گسترده الیگومیوسن در پهنه ماگمایی ارومیه - دختر است. این توده گسترده ترین رخنمون نفوذی وابسته به مجموعه نفوذی جنوب باختری ندوشن است که با قطع واحدهای آتشفشانی ائوسن، رخنمون دارند. توده چاه ترش متشکل از دو فاز نفوذی با بافتهای موزائیکی و دانه‌ای است که به دلیل تشابه ژئوشیمیایی دو فاز از نظر محتوا، و تغییرات عناصر نادر خاکی بر در نمودارهای عنکبوتی و هارکر، به نظر می‌رسد که ماگمای مادر آنها یکسان بوده است. پایین تر بودن میزان سیلیس و نسبت Rb/K در فاز دانه‌ای نسبت به فاز پورفیری همراه با بالا بودن میزان عناصر HFSE مانند Ti, Ta, Th, Zr, Y نشان می‌دهد که فاز دانه‌ای تفاله‌ای کم سیلیس، باقیمانده تبلور بخشی مونوزوگرانیتهای فاز موزائیکی بوده است. در ماگمای مادر توده چاه ترش، بالا بودن میزان REE و پتاسیم موجب کاهش چشمگیر حل شدن فسفر در آگون دانه‌دار شده و جدایش سریع کانی آپاتیت را فراهم کرده است.

**واژه‌های کلیدی:** گرانیت، آپاتیت، ارومیه - دختر، ندوشن، ایران.

### مقدمه

وسعت بیش از هزار کیلومتر مربع رخنمون دارند، و بررسی آنها به دلیل مساحت گسترده و ریخت کوهستانی منطقه دشوار است.

سنگهای آهکی سازند جمال، شیل و ماسه سنگ نایبند و شمشک، کنگلومرا و ماسه سنگهای سنگستان، و واحدهای دگرگونی به سن نامشخص از دیگر واحدهای رخنمون یافته در منطقه‌اند. توده‌های این مجموعه نفوذی با توجه به روابط صحرایی، تقدم و تاخر جایگیری توده‌ها و سرشتیهای بافتی،

توده نفوذی چاه ترش با وسعتی، حدود ۱۰ کیلومتر مربع، در ۱۵۰ کیلومتری باختر یزد رخنمون دارد. توده چاه ترش از توده‌های وابسته به مجموعه نفوذی جنوب باختری ندوشن است که در پهنه ماگمایی ارومیه دختر رخنمون دارند. این مجموعه نفوذی، شامل هفت توده با روند شمال باختری - جنوب خاوری و تنوع ترکیبی از دیوریت تا قلیایی گرانیت‌اند که با قطع واحدهای آتشفشانی به سن ائوسن، در منطقه‌ای به

مونزوگرانیتهای پورفیری با زمینه ریز دانه‌ای است. به سمت مرکز توده، نخست کوارتز مونزودیوریتیهایی با بافت دانه ای ریز بلور (بلورهای کوچکتر از ۲ میلی‌متر) و رنگ قهوه‌ای دیده می‌شوند که به تدریج در مرکز به کوارتز مونزودیوریتیهایی با آمفیبولهای سوزنی درشت (یک تا یک و نیم سانتی متر) تبدیل می‌شوند (شکل ۱). به نظر می‌رسد که این توده در دو فاز پورفیری و دانه ای، در سطح جایگیر شده باشد.

فاز اول، مونزوگرانیته پورفیری حاشیه توده، دارای زمینه ریز دانه‌ای و بافت گرافیکی است. پلاژیوکلاز با ترکیب الیگوکلاز آندزین، کوارتز به صورت در هم رشدی با ارتوز (بافت گرانوفیری)، هورنبلند و ارتوز، کانیتهای اصلی سازنده سنگهای این فازند. کوارتز ۳۵-۲۲ درصد حجمی و هورنبلند سبز ۱۹-۱۵ درصد حجمی سنگهای پورفیری را شامل می‌شوند. آپاتیت با بلورهای سوزنی و ریز در حدودا ۰/۸ در صد حجمی سنگها را به خود اختصاص داده است و همراه با کانیتهای کدر ریز از مهمترین کانیتهای فرعی فاز پورفیری است (جدول ۱).

فاز دانه‌ای رخنمون یافته در بخش مرکزی توده، شامل کوارتز ۱۲-۸ درصد حجمی، هورنبلند سبز ۲۲-۱۸ درصد حجمی و پلاژیوکلاز و ارتوز است. فاز دانه‌ای شامل دو بخش ریز بلور و سبز رنگ است که حاشیه‌ای تدریجی دارند و به نظر می‌رسد فاز دانه‌ای کم سیلیس، در دو مرحله به سطح تزریق شده باشد (شکل ۲). هورنبلند سبز در کوارتز مونزودیوریتیهایی ریز بلور دانه‌ای، بلورهای ریز کوچکتر از ۲ میلی متر را داراست؛ در حالی که در کوارتز مونزودیوریتیهایی سبز، بلورهای درشتی از این کانی در اندازه‌های ۱ تا ۳ سانتی متر به فراوانی دیده می‌شوند (شکل ۳).

در سنگهای دانه‌ای، آپاتیت مهمترین کانی فرعی است که به صورت بلورهای سوزنی کشیده ۲ تا ۲/۵ میلی‌متر در حدود ۲ تا ۳ درصد حجمی سنگها را به خود اختصاص می‌دهد (شکل ۴). اپیدوت، زونیزیت، کلینوزونیزیت، کانیتهای کدر، اسفنهایی ریز و بی‌شکل، و اکسیدهای آهن سرخ رنگ از کانیتهای ثانویه این توده هستند.

کانی شناسی، و شیمیایی به چهار خانواده (Suite) قابل تقسیم‌اند.

قدیمی‌ترین فاز نفوذی منطقه، خانواده دیوریتی است، خانواده لوکوگرانیته دومین فاز نفوذی منطقه و گرانیتهای فاز سوم تشکیل می‌دهند که به وسیله توده‌های دانه‌ای فاز چهارم قطع شده‌اند.

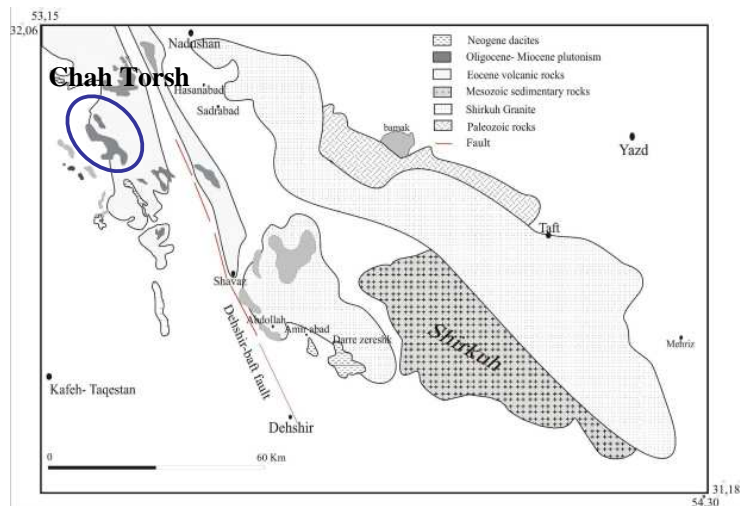
توده چاه ترش به آخرین فاز نفوذی منطقه وابسته بوده و دارای تنوع بافتی و منطقه بندی قابل تشخیص صحرایی است. با توجه به درصد حجمی بالای کانی آپاتیت در چاه ترش نسبت به توده‌های دیگر مجموعه، بر آن شدیم تا با بهره گیری از شواهد صحرایی و ژئوشیمیایی به بررسی خاستگاه آپاتیت و دلایل تنوع بافتی و منطقه بندی توده پردازیم.

#### روش مطالعه

این پژوهش با جمع آوری اطلاعات لازم زمین شناسی منطقه مورد بررسی آغاز شد. پس از مطالعه عکسهای هوایی، تصاویر ماهواره ای، و نقشه‌های توپوگرافی ۱/۵۰۰۰۰، بازدید صحرایی و نمونه برداری از منطقه با همکاری تیمی از سازمان زمین شناسی ایران، صورت گرفت. طی بررسیهای صحرایی، در حدود ۱۵ نمونه از توده‌های نفوذی، هاله های پیرامونی، رگه‌ها و دایکها، برداشت شدند. بررسیهای آزمایشگاهی، با تهیه و مطالعه مقاطع نازک و تجزیه مدال سنگها ادامه یافت. در مرحله بعد، روی ۵ نمونه از سنگهای توده مورد نظر به روش XRF تجزیه ژئوشیمیایی صورت گرفت. لازم به ذکر است از کل مجموعه نفوذی جنوب باختری ندوشن، ۳۰ نمونه مورد تجزیه شیمیایی قرار گرفتند و بحث کلی بر این پایه انجام گرفت. تحلیل نهایی و بحث در مورد پیدایش توده مورد نظر پس از پردازش داده‌های ژئوشیمیایی با نرم افزارهای مختلف، و با تلفیق داده‌های صحرایی صورت گرفته است.

#### ویژگیهای صحرایی و سنگ نگاری توده چاه ترش

توده نفوذی چاه ترش در صحرا به خاطر رنگ تیره تر خود حتی از فواصل دور از دیگر سنگهای خانواده گرانیتهایی قابل تشخیص است. مهمترین ویژگی توده چاه ترش، تنوع بافتی و منطقه بندی صحرایی آن است؛ این توده در حاشیه واجد



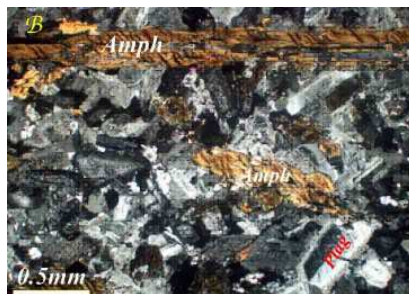
شکل ۱ موقعیت توده نفوذی چاه ترش.

جدول ۱ نتایج تجزیه مدال سنگهای توده چاه ترش.

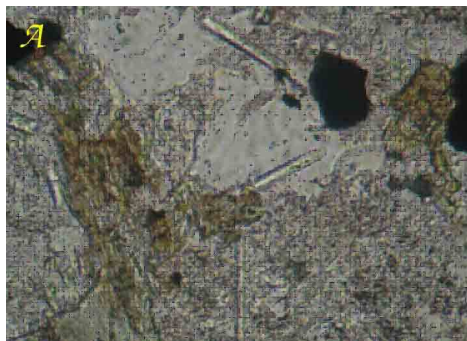
| ش. نمونه<br>کانی | کوارتز | ارتوز | پلاژیوکلاز | میکروکلین | هورنبلند | اسفن | آپاتیت | زیرکن | بیوتیت | کانیهای<br>تیره |
|------------------|--------|-------|------------|-----------|----------|------|--------|-------|--------|-----------------|
| ۲۳P              | ۱۱,۷   | ۲۰,۹  | ۲۹         | نادر      | ۲۵       | ۰,۴  | ۱,۹    | ۰,۵   | ۵,۳    | ۵,۳             |
| ۲۵P              | ۱۱,۳   | ۱۹,۵  | ۲۸         | نادر      | ۱۹,۶     | ۰,۵  | ۲,۷    | ۰,۴   | ۵      | ۵               |
| ۲۷P              | ۳۲,۷   | ۱۹,۳  | ۲۱,۴       | نادر      | ۱۸       | ۰,۳  | ۰,۹    | ۰,۳   | ۳,۴    | ۳,۷             |
| ۲۸P              | ۳۳,۴   | ۱۹,۲  | ۲۲,۴       | نادر      | ۱۷,۴     | ۰,۲  | ۱      | ۰,۱   | ۲,۸    | ۳,۵             |



شکل ۲ نمایی از حاشیه تدریجی بین دو ضربان تزریقی در فاز دانه‌ای (کوارتز، موترودیوریت‌های آمفیبول درشت هسته توده با کوارتز، موترودیوریت-های ریز بلور).



شکل ۳ نمایی از بلورهای آمفیبول درشت و سوزنی در فاز دانه‌ای توده چاه ترش (نیکولهای متقاطع): Amph: آمفیبول، plag: پلاژیوکلاز.



شکل ۴: نمایی از آپاتیتهای سوزنی فاز دانه‌ای توده چاه ترش (نیکولهای موازی). Apt: آپاتیت.

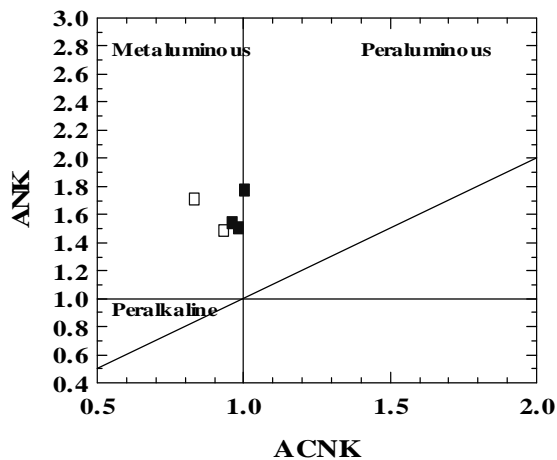
آنها از ۰٫۸۴ تا ۱٫۰۱ متغیر است. در نمودارهای عنکبوتی چند عنصری، در سنگهای توده مورد نظر، ناپهنجاری منفی Pb و Nb دیده می‌شود و از عناصر نادر خاکی سبک غنی شده‌اند (شکل ۷ و ۸).

**ژئوشیمی**

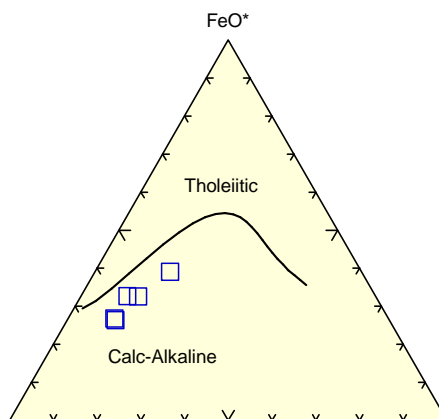
در توده چاه ترش، در صد وزنی سیلیس از ۵۸٫۶ درصد، در کوارتز موزودپیوریت‌های دانه‌ای تا ۶۶٫۸ درصد در موزوگرانیت-های پورفیری متغیر است (جدول ۲). تمامی سنگهای این توده متالومین و قلیایی آهکی هستند (شکل ۵ و ۶). میزان ASI در

جدول ۲: نتایج تجزیه شیمیایی اکسیدهای اصلی و عناصر فرعی سنگهای توده نفوذی چاه ترش.

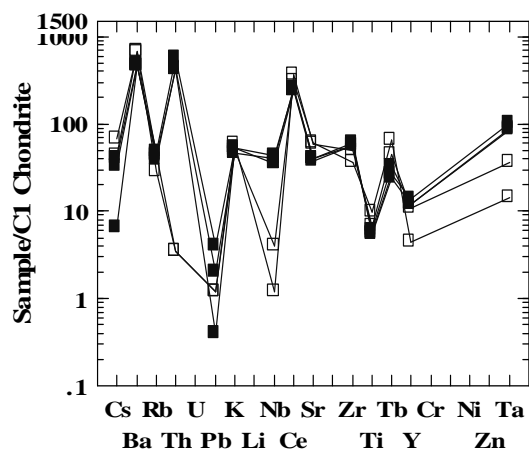
| نوع سنگ<br>عنصر                      | کوارتز موزودپیوریت |         |         | موزوگرانیت |         |
|--------------------------------------|--------------------|---------|---------|------------|---------|
|                                      | ۲۳P                | ۲۵P     | ۲۷P     | ۲۸P        | ۳۱P     |
| SiO <sub>2</sub> (Wt%)               | ۵۸٫۶۳              | ۶۲٫۴۱   | ۶۶٫۶۵   | ۶۶٫۶۴      | ۶۵٫۶۳   |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (Wt%) | ۱۵٫۷۴              | ۱۵٫۴۳   | ۱۴٫۹۰   | ۱۴٫۷۱      | ۱۵٫۱۳   |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (Wt%) | ۶٫۸۱               | ۴٫۹۹    | ۳٫۳۶    | ۳٫۴۷       | ۳٫۹۹    |
| MgO(Wt%)                             | ۲٫۶۹۵              | ۱٫۷۹۶   | ۱٫۲۶۸   | ۱٫۲۳۸      | ۱٫۱۶۳   |
| CaO(Wt%)                             | ۵٫۰۷               | ۳٫۲۱    | ۳٫۰۵    | ۳٫۸۴       | ۳٫۲۹    |
| Na <sub>2</sub> O(Wt%)               | ۳٫۶۲               | ۳٫۶۶    | ۳٫۶۶    | ۳٫۸۲       | ۳٫۱۹    |
| K <sub>2</sub> O(Wt%)                | ۳٫۲۴               | ۳٫۸۲    | ۳٫۵۳    | ۳٫۵۰       | ۳٫۰۴    |
| MnO(Wt%)                             | ۰٫۰۹               | ۰٫۰۶    | ۰٫۰۲    | ۰٫۰۴       | ۰٫۱۵    |
| TiO <sub>2</sub> (Wt%)               | ۰٫۷۳               | ۰٫۵۰    | ۰٫۴۱    | ۰٫۴۲       | ۰٫۴۵    |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (Wt%)  | ۰٫۳۴               | ۰٫۳۱    | ۰٫۱۲    | ۰٫۱۲       | ۰٫۱۱    |
| Mg#                                  | ۵۷٫۰۷              | ۵۴٫۸    | ۵۵٫۶    | ۵۴٫۸۱      | ۴۹٫۵    |
| A/CNK                                | ۰٫۸۴               | ۰٫۹۴    | ۰٫۹۷    | ۰٫۹۹       | ۱٫۰۴    |
| A/NK                                 | ۱٫۶۱               | ۱٫۵۱    | ۱٫۵۲    | ۱٫۴۹       | ۱٫۸۲    |
| St/Y                                 | ۶۶٫۲               | ۲۵٫۳    | ۱۴٫۲۴   | ۱۲٫۸۵      | ۱۵٫۴    |
| K <sub>2</sub> O/Na <sub>2</sub> O   | ۰٫۸۹               | ۱٫۰۴۲   | ۰٫۹۶۴   | ۰٫۹۱۴      | ۰٫۹۵    |
| La <sub>(P.P.M)</sub>                | ۴۲٫۱۲              | ۴۴٫۶۴   | ۴۲٫۲۶   | ۳۷٫۶۰      | ۳۰٫۸۸   |
| Nd <sub>(P.P.M)</sub>                | ۱۷٫۲۹              | ۱۹٫۳۶   | ۳٫۱۳    | ۸٫۲۲       | ۸۰٫۱    |
| Y <sub>(P.P.M)</sub>                 | ۶٫۶۵               | ۱۶٫۸۳   | ۱۹٫۴۰   | ۲۲٫۴۶      | ۱۸٫۵۳   |
| Sm <sub>(P.P.M)</sub>                | ۵٫۸۰               | ۵٫۳۱    | ۰٫۵۷    | ۲٫۸۳       | ۴٫۳۹    |
| Eu <sub>(P.P.M)</sub>                | ۱٫۶۹               | ۱٫۱۸    | ۰٫۴۲    | ۰٫۷۸       | ۳٫۰۴    |
| Yb <sub>(P.P.M)</sub>                | ۰٫۹۴               | ۱٫۲۲    | ۱٫۴۶    | ۱٫۵۰       | ۱٫۴۳    |
| Th <sub>(P.P.M)</sub>                | ۰٫۱۰               | ۰٫۱۱    | ۱۲٫۰۵   | ۱۶٫۵۹      | ۱۲٫۴۶   |
| Rb <sub>(P.P.M)</sub>                | ۶۵٫۹۷              | ۱۰۳٫۹۴  | ۹۹٫۸۰   | ۱۱۱٫۹۷     | ۸۹٫۱۸   |
| Sr <sub>(P.P.M)</sub>                | ۴۴۰۰٫۲۳            | ۴۲۵٫۳۲۴ | ۲۷۶٫۱۶  | ۲۸۸٫۴۳     | ۲۸۸٫۶۱  |
| Ta <sub>(P.P.M)</sub>                | ۰٫۲۱               | ۰٫۵۱    | ۱٫۲۲    | ۱٫۴۲       | ۱٫۲۳    |
| Yb <sub>(P.P.M)</sub>                | ۰٫۹۴               | ۱٫۲۲    | ۱٫۴۶    | ۱٫۵۰       | ۱٫۴۳    |
| Zr <sub>(P.P.M)</sub>                | ۱۳۸٫۸۶             | ۱۸۹٫۳۹  | ۲۲۱٫۳۵  | ۲۳۴٫۳۳     | ۲۲۳٫۸۲  |
| Ba <sub>(P.P.M)</sub>                | ۱۵۵۳٫۲۷            | ۱۶۴۷٫۸۹ | ۱۱۳۲٫۷۱ | ۱۱۳۰٫۱۳    | ۱۱۶۲٫۷۴ |



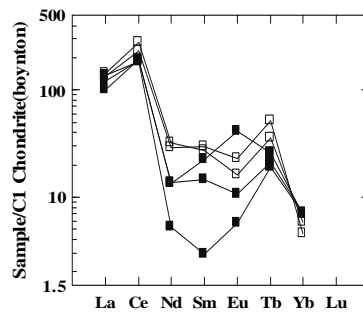
شکل ۵ تعیین میزان آلومینیته گرانیت چاه ترش [۱].



شکل ۶ نمایشی از جدایش سری ماگمایی سنگهای توده چاه ترش با نمودار مثلثی AFM [۲].



شکل ۷ نمودار عنکبوتی چند عنصری [۳] ■ مونزوگرانیت‌های پورفیری (فاز اول)؛ □ کوارتز مونزودیوریت‌های دانه‌ای (فاز دوم).



شکل ۸ نمودار عنکبوتی توزیع عناصر نادر خاکی در توده نفوذی چاه ترش [۴]. ■ مونزوگرانیت‌های پورفیری (فاز اول)؛ □ کوارتز مونزودیوریت‌های دانه‌ای (فاز دوم).

شدن گوّه لیتوسفری به طور بخشی به دلیل گرمای ناشی از اصطکاک حین فرورانش شرایط گرم شدن گوّه لیتوسفری، گرمای مورد نیاز برای تولید ماگمای مادر این توده را فراهم کرده است.

جانمایی داده‌های شیمیایی روی نمودارهای جایگاه زمین‌ساختی نیز، نشان دهنده وابستگی ماگما به محیط قوس آتشفشانی (حاشیه قاره‌ای فعال) است (نمودار شماره ۹).

پارامترهای ژئوشیمیایی این ماگما همچون، درصد بالای  $K_2O$ ، بیش از ۱/۵ درصد وزنی به ازای ۵۰ درصد وزنی سیلیس، و دارا بودن نسبت  $TiO_2/P$ ، کمتر از ۱۰/۸، نشان از ریشه گیری ماگمای مولد این توده از ذوب بخشی سنگ پوسته‌ای است که ترکیب مافیک تا حد واسط (دگرگون شده) داشته و قلیایی آهکی و پتاسیم بالاست [۱۰، ۱۱].

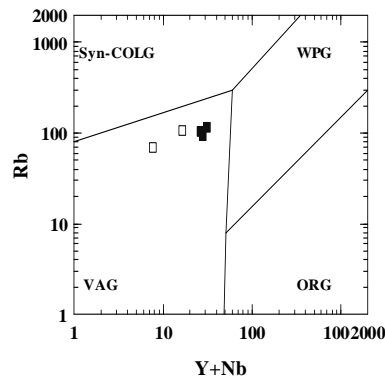
نمودار تعیین ماگمای مادر نیز، تشکیل سنگهای نفوذی توده چاه ترش را از ذوب بخشی سنگ مادر مافیک دگرگون شده تأیید می‌کند (شکل ۱۰).

### خاستگاه و ساز و کار تشکیل ماگمای مادر توده

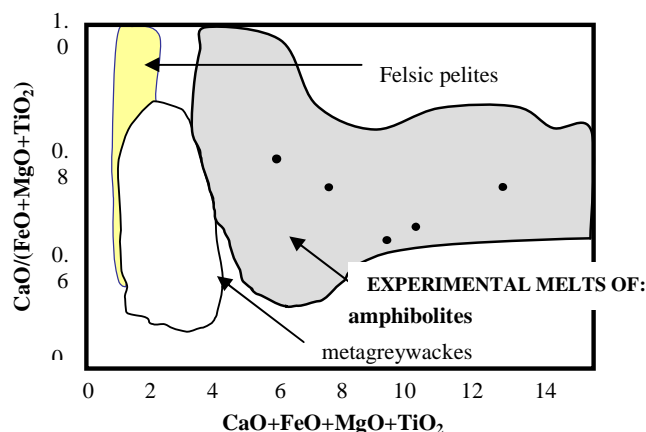
توده چاه ترش با استناد به شواهد صحرایی، مثل نبودن برونومهای سورمیکاسه، رنگ صورتی کانی ارتوز (خاکی از شرایط اکسایش و فوگاسیته بالای اکسیژن) و شواهد سنگ شناختی مانند وجود کانی هورنبلند سبز، پلی کروئیسیم گاهی تا شکلاتی بیوتیت، تیلور مگنتیت شکلدار (نشان فوگاسیته بالای اکسیژن)، از گرانیت‌های نوع I به شمار می‌آید.

شواهد ژئوشیمیایی مانند، متالومین بودن نمونه‌ها، کاهش  $P_2O_5$  در فاز پورفیری، دارا بودن بیشترین درجه جدایش از عناصر نادر خاکی، نسبت  $Fe_2O_3/FeO > 0.04$  و دارا بودن برونومهای هم ریشه (cognate) با سنگ میزبان، موید خاستگاه ماگمایی (I) این توده هاست [۵، ۶].

احتمالاً در زمان الیگومیوسن فرورانش نئوتتیس به زیر ایران مرکزی [۷] و یا فروخزش دو بلوک بر روی هم [۸]، موجب ادامه آزدایی از پوسته اقیانوسی فرورانده شده و آزاد شدن آبگونی حاصله به درون بخشهای فوقانی و نیز گرمتر



شکل ۹ موقعیت زمین‌ساختی زمینی نمونه‌های توده چاه ترش [۹]. ■ مونزوگرانیت‌های پورفیری (فاز اول)؛ □ کوارتز مونزودیوریت‌های دانه‌ای (فاز دوم).



شکل ۱۰ تعیین خاستگاه ماگمای مادر سنگهای نفوذی جنوب غرب ندوشن [۱۲].

پورفیری کمتر است. این نشانه‌های ژئوشیمیایی به همراه نمودار دوتایی نمونه‌های این توده، تفاله بودن فاز دانه‌ای و روند ذوب بخشی از ماگمای مادر مشترک را به نمایش می‌گذارند. حاشیه ریز دانه‌تر یا حاشیه سرد شده<sup>۲</sup> میان این دو دسته سنگ و نفوذ زبانه‌هایی از آبگون مرحله دوم تزریق (با آمفیبولهای سوزنی درشت) در حاشیه سرد شده، تأییدی بر متأخر بودن مرحله آمفیبول دار است (شکل ۲).

هر ماگمایی در شرایط خاص و در یک مرحله از تبلور خود، احتمالاً می‌تواند از عناصری مثل تیتان و فسفر اشباع شود، رابطه بین کاهش حل شدن عناصر یاد شده و جدایش کانیهای دارای این عناصر با کاهش دما (اغلب همراه با افزایش محتوای آب) و کاهش فشار، تا سال ۱۹۸۶، کاملاً اثبات شده است. ولی آزمایشهای اکتشافی دیگری، تحت شرایط کنترل شده در فشار ۲۵۰ بار و ۱۰۰۰ درجه سانتیگراد، ثابت کرد که افزایش REE به ترکیب گرانیتی نوع I قلیایی آهکی، بوضوح حل شدن آپاتیت را حدود ۳۵ تا ۴۰ درصد کاهش می‌دهد [۱۳].

از طرف دیگر، نتایج پژوهشهای جدیدتر نیز تاثیر افزایش نسبت  $K_2O/Na_2O$  را بر کاهش میزان حل شدن فسفر در گرانیت‌های متآلومین قلیایی آهکی به اثبات رسانده‌اند [۱۴]. با این توصیف و با توجه به سنگ‌نگاری خاص (فراوانی آپاتیت در شمارش مدال، جدول ۱) و ژئوشیمی ویژه نمونه‌های توده چاه ترش که رکورددار بالاترین میزان REE بین تمامی

بر پایه بررسیهای انجام شده، ماگماتیسیم منطقه را وابسته به فرورانش پوسته اقیانوسی نئوتتیس به زیر ایران مرکزی و به دنبال آن ذوب بخشی سنگهای پوسته تحتانی در اثر آبگونیهای آزاد شده از پوسته فرورانده می‌دانیم. اینکه آبگونیهای آزاد شده از لبه پوسته اقیانوسی فرورانده موجب ذوب پوسته تحتانی شده و یا تزریق ماگمای تولید شده از گوه گشته‌ای، موجبات ذوب پوسته را فراهم کرده است، نیاز به بررسیهای ایزوتوپی به ویژه تعیین نسبت‌های  $^{143}Nd/^{144}Nd$  و  $^{87}Sr/^{86}Sr$  دارد.

#### بحث

در مورد چگونگی سرد شدن و جایگزینی ماگمای این توده، به نظر می‌رسد که نخست بخش پرسیلیس با بافت پورفیری در دو مرحله سرد شده و به سطح رسید، و سپس تفاله مافیک و کم سیلیس باقیمانده در دو مرحله به سطح تزریق شده است. در مرحله اول ریز دانه بوده و در اثر تزریق به سطح یا سردایش در افق‌های سردتر چنین بافتی به خود گرفته و در مرحله دوم به دلیل تزریق در میزبان داغ، شرایط تبلور مناسبتری داشته است و در آن آمفیبول‌های سوزنی درشت تشکیل شده‌اند.

با توجه به نمودارهای هارکر، سنگهای پورفیری و دانه‌ای روندی متفاوت با هم نشان نمی‌دهند و احتمالاً همه آنها از یک ماگمای مادر مشترک ریشه گرفته‌اند (شکل ۱۱).

در فاز پورفیری با درصد سیلیس بالا، میزان عناصر HFSE همچون Y, Zr, Th, Ta و Ti کمتر از فاز دانه‌ای است. علاوه بر این نسبت Rb/K در تفاله دانه‌ای، نسبت به نمونه‌های



[4] Boynton W.V., "Geochemistry of the Earth element meteorite studies". In: Henderson P.(ed), Rare Earth Element geochemistry. Elsevier, (1984), PP. 63-114.

[5] Chappell, B. W. & White, A. J. R., "I and S-type granites in the Lachlan fold belt", Transactions of the Royal society of Edinburgh sciences, 83, (1992), 1-26

[6] Chappell, B. W. & White, A. J. R., "Two contrasting granite types : 25 years later", Australian Journal of earth sciences, vol. 48, (2001), 489-499.

[7] Berberian, F., & Berberian, M., " Tectono-Plutonic episodes in Iran". Geodynamics Series. Vol. 3, (1983), 565-592.

[۸] معین وزیری، ح.، چند نقطه عطف در تاریخچه تکتونوماگمایی ایران، فصلنامه علمی - پژوهشی علوم زمین، سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی، شماره ۴۹-۵۰، (۱۳۸۲)، ۳۹-۳۲.

[9] Pearce, J. A., Harris, N.B.W. & Tindle, A. G., "Trace element Discrimination diagrams for the tectonic interpretation of granitic rocks". Journal of petrology, Vol. 25, part4, (1984), pp.956-983.

[10] Fliedert, T. V., Hoernes, S., Jung, S., Masberg, P., Hoffer, E., Schaltegger, U., Friedrichsen, H., "lower crustal melting and the role of open- system processes in the genesis of syn- orogenic quartz diorite- granite-leucogranite associations: constraints from Sr- Nd-O isotopes from the Bandombaai complex, Namibia". Lithos 67, (2003), 205-226.

[11] Opio-Aketch, N., Tarney, J. & Hoshino, M., "Petrology and geochemistry of granites from Archean terrain north of lake Victoria, Western Kenya". Journal of African Earth Sciences 29, (1999), 283-300.

[12] Patino Douce, A. E., "what do experiments tell us about the relative contributions of crust and mantle to the origine of granitic magmas?.In: Castro, A., Fernandez, C., vigneresese, J. L. (eds), understanding granites: Intergrating New and classical Techniques", Geological Society of London, special publication 168, (1999), pp. 55-75.

توده ها هستند، می توان استنباط کرد که در چاه ترش، بالا بودن میزان REE از یک سو و بالا بودن میزان پتاسیم از سوی دیگر، موجب کاهش چشمگیر حل شدن فسفر در مذاب گرانودیوریتی شده و سبب تبلور کانی آپاتیت از مذاب مادر شده است.

#### برداشت

توده نفوذی چاه ترش گسترده ترین رخنمون نفوذی در منطقه است و تنوع بافتی و منطقه بندی صحرایی آن حاکی از آن است که در دو فاز به زیر سطح تزریق شده است؛ در مورد ساز و کار جایگیری این توده، با استناد به شواهد صحرایی و سنگ-نگاری حدس زده می شود که نخست فاز پرسیلیس دارای بافت پورفیری طی دو مرحله سرد شده و به سطح رسیده است. فاز دوم نیز در دو مرحله به سطح رسید، و به دلیل شرایط متفاوت حاکم در زمان تزریق، دارای تنوع بافتی بیشتری است.

بررسی مجموعه شواهد ژئوشیمیایی، نشان می دهد هر دو فاز پورفیری و دانه ای، از ماگمای مادر مشترک ریشه گرفته اند، و فاز دانه ای جوانتر، تفاله ای کم سیلیس باقیمانده از تبلور بخشی فاز پورفیری است. در ماگمای مادر توده چاه ترش، بالا بودن میزان REE از یک سو و بالا بودن میزان پتاسیم از سوی دیگر موجب کاهش چشمگیر حل شدن فسفر در مذاب گرانودیوریتی شده و سبب تبلور زود هنگام کانی آپاتیت از مذاب مادر شده است [۱۵، ۱۶].

#### مراجع

[1] Maniar P. D., Piccoli P. M., "Tectonic discrimination of granitoides", Geo. Soc. of Am. Bull., Vol.101, (1989), 635-643.

[2] Irvine T. N., Baragar W.R.A., "A guid to chemical classification of the common volcanic rocks". Can. Jour. Earth. Sci., vol. 8, (1971), pp. 523-548.

[3] Sun S., McDonough W.F., "Chemical & isotopic systematics of oceanic basalts: implications for mantle composition and processes. In: Saunders, A.D., & Norry M. J., (eds), magmatism in oceanic basines". Geol. Soc. London. Spec.Pub.42, (1989), pp.313-348

[15] Green, T. H. & Pearson, N.J., " *Ti- rich phase saturation in hydrous mafic– felsic compositions at high P,T.*" Chem. Geol. 54, (1986) 185-201.

[16] Ryerson F.J., Watson E.B., " *Rutile saturation in magmas: implications for Ti- Nb- Ta depletion in island arc magma.*". Earth Planet. Sci. Lett. 86, (1987), 225-239.

[13] Wolf, M. B. & London, D., " *Incongruent dissolution of REE- and Sr rich apatite in peraluminous granitic liquids: differential apatite, monazite, and xenotime solubilities during anatexis.*" Am. Mineral. 80, (1995), pp. 765-775.

[14] Green, T. H. & Adam, J., " *Pressure effect on Ti- or P-rich accessory mineral saturation in evolved granitic melts with differing  $K_2O/Na_2O$  ratios.*" Lithos 61, (2002), pp.271-282.