

بسمه تعالی

## پتروگرافی و پترولوژی توده نفوذی مبارک آباد (شمال شرق تهران) توسط: دکتر حسین معین وزیری و بهمن سلیمانی

### خلاصه

در ۵۰ کیلومتری شمال شرق تهران، بین روستاهای مبارک آباد و آردینه، توده‌ای نفوذی بازیک به طول ۶۰۰۰ و بعرض تقریباً ۵۰۰ متر به داخل یکی از انشعابات گسل مُشا- فشم تزریق شده است. این توده شامل:

ملاگابرو، لوکواپرو و دیوریت، همراه با رگه‌ها و دایک‌های سی‌بیتی است. ترتیب قرار گرفتن فاسیس‌های مختلف در این توده و

توالی تغییرات شیمیائی و کانی شناسی در این فاسیس‌ها از یک تفریق ماگمایی بطریق تبلور بخشی و تحت تأثیر نیروی ثقل حکایت می‌کند. فراوانی قابل توجه اورانیم، توریم نیوبیم و زیرکنیم در رگه‌های پرهینیت موجود در شکستگی‌های توده نفوذی، مبارک آباد از یک مرحله متاسوماتیک تأخیری خبر میدهد. متاسوماتیسم توسط سیالاتی صورت گرفته که از یک مخزن عمیق‌تر و احتمالاً تفریق یافته، توده نفوذی را تحت تأثیر خود قرار داده است.

## ۱-۲- ملاگابرو

این سنگ (نمونه شماره ۸) در نمونه دستی بسیار تیره (in.col=۶۷) و درشت دانه است. کانیهای آن شامل (کریزولیت)، کلینوپیروکسن (اوژیت غنی از تیتان)، و پلاژیوکلیس (پیتوئیت) است (جدول ۱). درصد فورستریت از طریق اندازه زاویه ۲۷ و درصد آنورتیت با اندازه‌گیری زاویه خاموشی آف آلیت در پلاژیو کلازا و توسط پلاتین تئودولیت بدست آمده است. سرپانتی نیزاسیون اولیوین، اورالیتیزاسیون و بیوتیتیزاسیون کلریتیزاسیون بیوتیت، سوسوریتیزاسیون پلاژیو کلازهای این سنگ چشم‌گیر است.

## ۲-۲- لوکواگابرو

لوکواگابرو (نمونه شمار ۷) قسمت اعظم بخش میانی و نفوذی مبارک آباد را می‌سازد. ضریب رنگینی آن ۲۶ است. در اولیوین وجود ندارد و کانی مافیک آن اوژیت است. پلاژیو کلاز به پره‌نیت و یا سوسوریت تجزیه شده است.

## ۲-۳- دیوریت

دیوریت (نمونه ۲۱ و ۴۰) در بخش مرکزی و غربی توده مبارک آباد رخمون دارد. این سنگ بصورت میکرودیوریت (شماره ۹) نیز دیده می‌شود. این سنگ در نمونه دستی مایل به سبز کانیهای آن شامل پلاژیوکلاز، کلینوپیروکسن، آمفیبل و میکروکلین است. پلاژیوکلاز در حد اولیگوکلاز (۳۰٪ تا ۲۸٪) و سوسوریتیزه و یا پره‌نیتیزه است. آمفیبل (اورالیت) حاوی پیروکسن می‌باشد. کانیهای فرعی دیوریت‌ها عبارتند از: آمفیبل، میکروکلین، پیروکسن، اوژیت، پلاژیوکلاز، کلینوپیروکسن، آمفیبل و میکروکلین است.

## ۲-۴- سی‌نیت

سی‌نیت با ساخت عمیق و نیمه عمیق (پورفیری) در بخش مرکزی و غربی توده آذرین مبارک آباد را قطع می‌کند و در بخش مرکزی گسترش فراوان دارد. ضریب رنگینی این سنگها بین ۱۴ تا ۷ است.

## ۱- موقعیت جغرافیایی و زمین‌شناسی توده نفوذی مبارک آباد:

توده نفوذی مبارک آباد در ۷۵ کیلومتری شمال شرق تهران بین روستاهای آردینه و مبارک آباد به داخل یکی از انشعابات گسل مشا- فشم تزریق گشته است.

توده آذرین مبارک آباد بصورت یک دایک طویل با ابعاد ۶ کیلومتر در ۵۰۰ متر با راستای شرق جنوب شرق - غرب شمال غرب در دامنه کوههای فراول ولار رخمون دارد. بیشترین عرض دایک در سمت مغرب (۸۰۰ متر) و کمترین عرض آن در سمت مشرق (۲۰۰ متر) قرار دارد (شکل ۱). این توده در امتداد رو راندگی مشا-فشم قرار گرفته است. توده‌های دیگری با همین امتداد در ناحیه مورد مطالعه دیده می‌شوند. امکان دارد که توده گابرونی آردینه و دلریت تخرک استپالهانی از توده آذرین مبارک آباد بوده و دارای یک منشأ مشترک باشند.

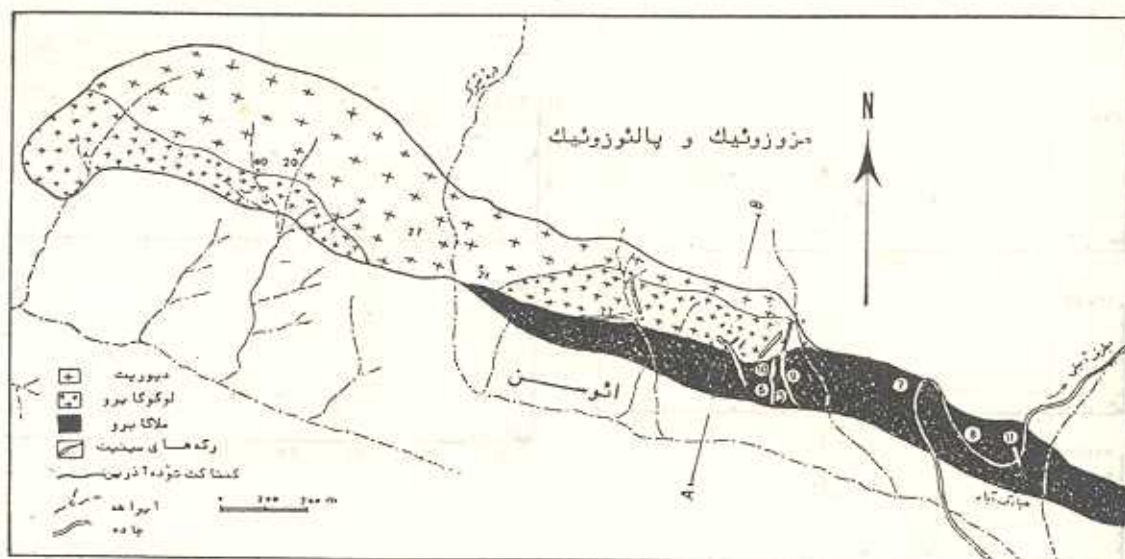
توده نفوذی مبارک آباد بداخل سازند ائوسن تزریق شده اما در بخش شمالی و غربی با رسوبات پالئوزوئیک مرز مشترک دارد (سلیمانی - ۱۳۶۸).

سازند ائوسن در این نقطه شامل گدازه، پیروکلاستیت، سنگهای آهکی فسیل‌دار، دولومیت و سنگهای تیخیری (گچ) است. پالئوزوئیک (لالون، میلا، جیرو، مبارک) از کنگلومرا، ماسه سنگ، دولومیت و آهکهای تیره رنگ و فسیل‌دار تشکیل شده است (سلیمانی - ۱۳۶۸). این منطقه بشدت تکتونیزه است بطوریکه بخشی از گابروی ملانوکرات بشدت خرد و تجزیه شده است. با وجود این گاهگاه فلوهای سالم ملاگابرو بصورت هسته‌های باقیمانده از آلتراسیون پوست پیازی، میتوان یافت.

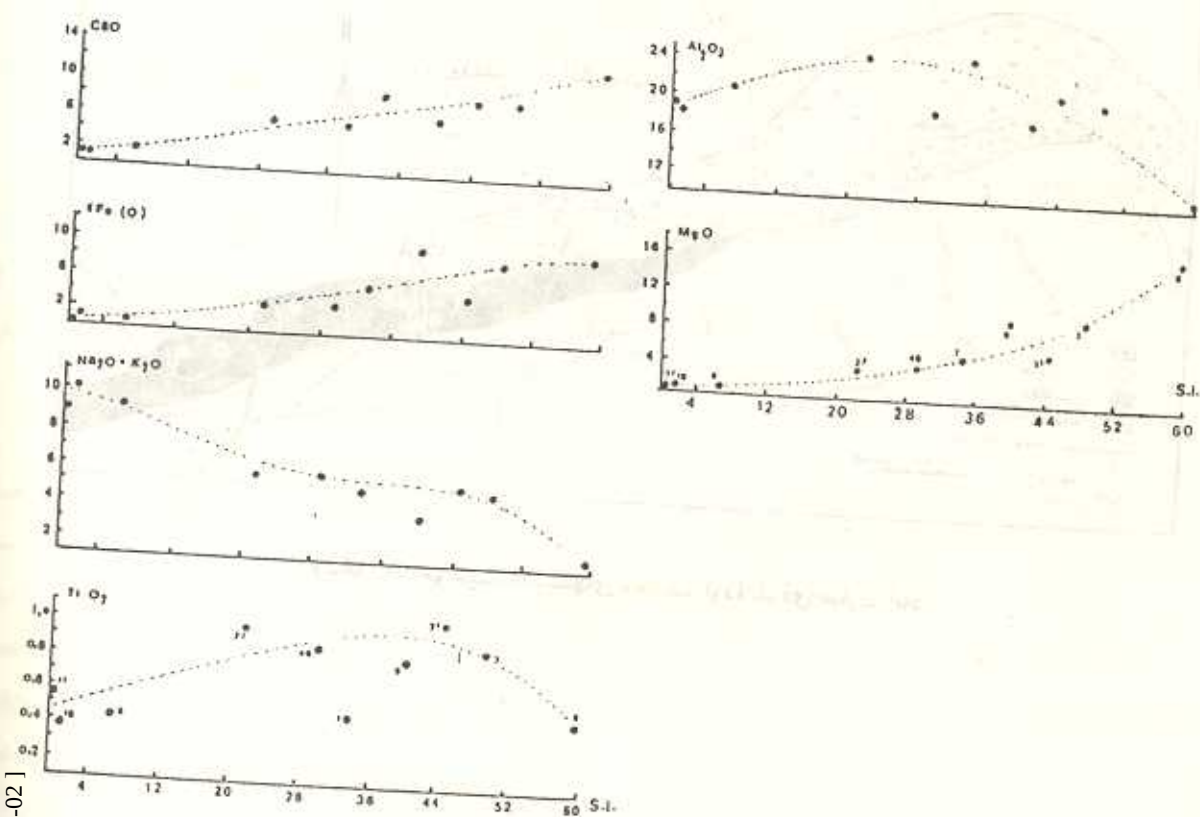
فعالیت‌های تکتونیکی موجب درهم شدن سازندهای مختلف شده بطوریکه تشخیص آنها را از یکدیگر مشکل ساخته است.

## ۲- پتروگرافی و خصوصیات کانی‌شناسی:

توده نفوذی مبارک آباد شامل ملاگابرو، لوکواگابرو، دیوریت، سینیت و سی‌نیت کوارتزار است (شکل ۱- جدول ۱)



(شکل ۱) -موقعیت فاسیهای مختلف توده نفوذی مبارک آباد.



(شکل ۲) - تغییرات درصد اکسیدهای عناصر اصلی سنگهای نفوذی مبارک آباد نسبت به ضریب انجماد کونو (۹۶۸)

| نمونه          | S.8   | S.7  | S.9    | S.21 | G.40 | S.6   | S.77 | S.10 |
|----------------|-------|------|--------|------|------|-------|------|------|
| کانی           | گابرو |      | دیوریت |      |      | سینیت |      |      |
| الیون          | ۹/۶   | -    | -      | -    | -    | -     | -    | -    |
| اوژیت          | ۲۷/-  | ۱۴/۳ | -      | ۳    | ۲۱/۱ | ۹/۲   | -    | ۳/۲  |
| هورنبلند       | ۰/۴   | -    | ۲۲/۲   | ۲۹   | -    | -     | -    | -    |
| پلاژیوکلاز     | ۳۳/۳  | ۷۲/۱ | ۵۳/۷   | ۶۱   | ۷۵/۴ | ۸۴/۵  | ۸۳/۱ | ۸۹/۶ |
| فلدسپات آلکالن | -     | -    | -      | -    | ۱/-  | ۹/۵   | ۸/-  | -    |
| بیوتیت         | ۵/۴   | ۱/-  | -      | -    | -    | -     | -    | -    |
| کوارتز         | -     | -    | -      | -    | -    | -     | -    | -    |
| مانیتیت        | ۰/۲   | ۲/۸  | ۸/۱    | ۲/۲  | -    | ۰/۲   | ۰/۶  | ۰/۷  |
| آپاتیت         | -     | -    | -      | -    | -    | -     | -    | -    |
| اسفن           | -     | -    | ۱/۸    | -    | ۲/۵  | ۰/۹   | -    | -    |
| کلسیت          | -     | -    | ۱/۱    | -    | -    | ۵/۵   | ۸/۳  | ۶/۳  |
| ایدوت          | -     | ۱/-  | ۰/۱    | ۱/۳  | -    | ۰/۱   | -    | -    |
| کلریت          | ۲/۴   | ۶/۳  | ۱۰/۳   | ۳/۵  | -    | ۰/۱   | -    | -    |
| پرهینت         | ۱/۵   | ۱/۵  | ۲/۸    | -    | -    | -     | -    | -    |
| ضریب رنگی      | ۶۶/۷  | ۲۶/۸ | ۲۳/۵   | ۳۹   | ۲۳/۵ | ۵/۵   | ۰/۶  | ۴/۱  |
| %An            | ۷۵    | ۷۵   | ۳۰     | ۲۸   | ۲۷   | ۱۰    | ۸    | ۶    |

(جدول ۱)- نتایج تجزیه مدال چند نمونه از فاسیسهای مختلف توده نفوذی مبارک آباد.

| نمونه                          | 3      | 8     | 7     | 9      | 21     | 27     | 40     | 6     | 10     | 77     |
|--------------------------------|--------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|-------|--------|--------|
| اکسید                          | گابرو  |       |       | دیوریت |        |        |        | سینیت |        |        |
| SiO <sub>2</sub>               | ۴۷/۶۸  | ۴۸/۷۷ | ۵۰/۸  | ۵۲/۷۶  | ۵۶/۳۸  | ۵۷/۳۳  | ۶۵/۴۴  | ۶۸/۰۸ | ۷۰/۰   | ۷۰/۵۹  |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | ۲۱/۳۳  | ۱۰/۰۲ | ۲۴/۸  | ۱۶/۹۹  | ۲۰/۳۵  | ۲۵/۳۲  | ۱۷/۱۵  | ۱۹/۶۳ | ۱۶/۳۳  | ۱۷/۷۵  |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | { ۸/۲۱ | ۲/۹۳  | { ۵/۲ | ۳/۶۲   | { ۳/۶۸ | { ۲/۳۲ | { ۲/۳۲ | ۰/۰۵  | ۱/۲۷   | ۰/۲۷   |
| FeO                            |        | ۶/۵۷  |       | ۵/۷۲   |        |        |        | ۰/۲۲  | ۰/۲    | -      |
| MgO                            | ۹/۰۲   | ۱۶/۸۷ | ۲/۶۳  | ۸/۹۵   | ۲/۸    | ۲/۶۱   | ۳/۳۱   | ۰/۶۶  | ۰/۰۸   | -      |
| CaO                            | ۷/۶    | ۱۱/۹۹ | ۹/۰۲  | ۶/۶۶   | ۷/۷    | ۲/۹۳   | ۵/۱۵   | ۱/۱۸  | -      | ۱/۰۵   |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>  | ۰/۲۷   | ۰/۱۶  | ۰/۲۱  | ۰/۲۴   | ۰/۲۲   | ۰/۲۶   | ۰/۱۱   | -     | ۰/۱۵   | ۰/۰۲   |
| Na <sub>2</sub> O              | ۴/۲۷   | ۱/۱۷  | ۲/۸۵  | ۳/۹۹   | ۴/۵    | ۵/۱۹   | ۵/۰۳   | ۹/۷۱  | ۱۰/۳۶  | ۸/۷۵   |
| K <sub>2</sub> O               | ۰/۳۶   | ۰/۷۹  | ۱/۸۵  | ۰/۱۴   | ۰/۹    | ۰/۹    | ۰/۲۹   | ۰/۰۵  | ۰/۰۴   | ۰/۸۵   |
| TiO <sub>2</sub>               | ۰/۸۷   | ۰/۲۸  | ۰/۴۲  | ۰/۸    | ۱/۲۵   | ۱/۰۵   | ۰/۸۴   | ۰/۴۲  | ۰/۳۸   | ۰/۵۳   |
| MnO                            | ۰/۲۷   | ۰/۲۵  | ۰/۲   | ۰/۱۲   | ۰/۲    | ۰/۱۵   | ۰/۱۶   | -     | -      | -      |
| Total                          | ۹۹/۸۸  | ۱۰۰   | ۱۰۰   | ۹۹/۹۹  | ۹۹/۹۸  | ۹۹/۹۸  | ۱۰۰    | ۱۰۰   | ۱۰۰/۰۱ | ۱۰۰/۰۳ |

(جدول ۲) - نتایج تجزیه شیمیایی چند نمونه از فاسیسهای مختلف توده نفوذی مبارک آباد

ملاگابرو و نسبت بالای  $Mg/Mg+Fe$  در این سنگ ( $0/76$ ) که بیش از بازالت‌های اولیه ( $0/68$  تا  $0/73$ ) است نشان می‌دهد که سگرگاسیون بلورهای اولیون در بخش تحتانی توده، و فلوتاسیون پلاژیوکلاز در بخشهای فوقانی آن موجب تفریق ماگما شده است.

فقط در ملاگابرو (نمونه شماره ۸) مقدار کمی نفلین نورماتیو، و در یک نمونه سی‌نیت (نمونه شماره ۱۰) مختصری اژیرین نورماتیو بدست آمده است (سلیمانی - ۱۳۶۸).

در شکل ۲ تغییرات اکسیدهای عناصر اصلی سنگهای مختلف توده نفوذی مبارک آباد را در ارتباط با تغییرات ضریب انجماد (کونو ۱۹۶۸) نشان داده‌ایم. این نمودارها نشان می‌دهند که تبلور اولیون و سپس پیروکسن (تنزل  $CaO$ ,  $FeO$ ,  $MgO$ ) موجب افزایش مقدار  $Al_2O_3$  و عناصر آلکالن در ماگمای باقیمانده شده، آنگاه، تبلور پلاژیوکلاز سبب شده که مقادیر  $CaO$  و  $Al_2O_3$  در دیاگرام‌ها مسیر نزولی طی کنند.

دیاگرام  $TiO_2/S.I.$  نشان می‌دهد که تبلور کانیهای اوپک از ترمهای حدواسط شروع شده است.

از این دیاگرامها و بر اساس مطالعات پتروگرافی چنین نتیجه گرفته شده (سلیمانی ۱۳۶۸) که توده نفوذی مبارک آباد بصورت درجا و از طریق تبلور بخشی، تفریق ثقلی حاصل کرده است (شکل ۳).

فراوانی اورانیم، توریم، نیوبوم، و زیر کتنیم، در رگه‌های پرهنیت، و معمولی بودن مقادیر این عناصر در سنگهای بازیک و اسیدی توده گابرونی مبارک آباد (بغیر از نمونه شماره ۷) (جدول ۳) قابل توجه و پی‌گیری است. بنظر می‌رسد که فراوانی این عناصر در رگه‌های پرهنیت نتیجه یک فاز پنوماتولیتیک یا نیدروترومال باشد که از یک مخزن عمیق‌تر و تفریق یافته، توده نفوذی مبارک آباد را تحت تأثیر قرار داده است (شکل ۳).

#### ۶- سن توده نفوذی مبارک آباد

محققینی که تاکنون منطقه مبارک آباد و یانواحی مجاور آنرا مطالعه کرده‌اند، همگی با شک و تردید از سن توده آذرین مبارک آباد صحبت کرده‌اند زیرا در اطراف آن هاله دگرگونی دیده نمی‌شود. آسرتو (۱۹۶۳) زمان جایگزینی را اتوسن و دلبناخ (۱۹۶۴) اولیگوسن میدانند.

بر اساس دلایل زیر می‌توان نتیجه گرفت که جایگزینی توده آذرین مبارک آباد بعد از اتوسن صورت گرفته است (سلیمانی - ۱۳۶۸).

کانی‌های اصلی سی‌نیت‌ها شامل آلپیت و میکروکلین (نمونه‌های شماره S6 ۶ و ۷۷) و یا فقط آلپیت است.

کانیهای فرعی و ثانوی سی‌نیت‌ها عبارتند از اسفن، اپیدوت، کلریت، کلسیت و اکسیدهای آهن.

ترکیب کانی‌شناسی سی‌نیت‌های دارای کوارتز نورماتیو (نمونه ۱۰) بیشتر به کراتوفیرها شباهت دارد.

#### ۳- متاسوماتیسم و آلتراسیون

متاسوماتیسم و آلتراسیون در سنگهای نفوذی مبارک آباد بخوبی مشهود است. سر پانته نیزاسیون اولیون، سوسوریتیزاسیون و پرهنیتیزاسیون پلاژیوکلاز در اکثر نمونه‌ها قابل رؤیت است. در این توده، رگه‌های پرهنیت که با مختصری آلپیت، کلریت و گاهی اکتینوت همراه است فراوان دیده می‌شود. در بعضی از نمونه‌ها رگه‌های پره نیت در امتداد کلیواژهای بیوتیت نیز نفوذ کرده است. آلپیتیزاسیون پلاژیوکلازها گاهی موجب تبدیل دیوریت به اپی سی‌نیت شده است. اورالپیتیزاسیون، توام با بیوتیتیزاسیون، در پیروکسن‌ها قابل مشاهده می‌باشد. بیوتیت نیز بطور بخشی کلریتیزه است. تجزیه پیروکسن به اپیدوت و کلریت نیز در بعضی از نمونه‌ها دیده می‌شود. تجربه آمفیبل به اپیدوت که از آمفیبل فقط هسته‌ای سالم باقی مانده نیز مشاهده گردیده است (سلیمانی - ۱۳۶۸).

وجود رگه‌های باریت بخصوص در بخش شمالی توده مبارک آباد و یا رگه‌های کلسیت همراه با بلورهای درشت واتومورف آپاتیت (نمونه ۳۱) نشانه تأثیر یک فاز نیدروترومال بر منطقه است (سلیمانی، ۱۳۶۸).

#### ۴- تحولات ماگمایی

در این توده نفوذی مقدار  $SiO_2$  از ۴۷ تا ۷۰ درصد  $Al_2O_3$  از ۱۰ تا ۲۵ درصد  $Fe(O)$  از ۴۷٪ تا ۸/۲ درصد در تغییر است. همچنین  $MgO$  از ۱۶ تا صفر درصد،  $CaO$  از ۱۲ تا ۱ درصد، مجموع آلکالن‌ها از ۱/۳ تا ۱۰/۴ و بالاخره  $TiO_2$  از ۱/۲۵ تا ۰/۴ درصد تغییر می‌کند (جدول ۲).

درصد بسیار کم آلومین ( $0/10$ ) در ملاگابرو (نمونه شماره ۸) و مقدار بالای این اکسید (۲۱ تا ۲۵ درصد) در کولوگابرو (نمونه شماره ۷) و دیوریت (نمونه شماره ۲۷) و نیز درصد بسیار بالای  $MgO$  ( $16/8$ ) در

الف- گابرو بداخل تراستی که اتوسن را قطع کرده تزریق شده است.

ب- تزریقات پایانی (رگه‌های میکروسی بنیت) دارای ساخت پورفیریک هستند و این میرساند که ماگماتیسیم نفوذی، جوان است زیرا فازهای پایانی آن در زمانی که سربار توده نفوذی مبارک آباد فرسایش یافته و توده با سطح زمین فاصله چندانی نداشته، تزریق گشته است.

پ- مطالعات بعمل آمده روی ساختمانهای تکتونیکی موجود در توده نفوذی و سنگهای اتوسن در برگیرنده، نشان می‌دهد که سنگهای اتوسن دارای ساختمانهایی با رستاهای دیگر، علاوه بر رستاهای موجود در توده نفوذی، هستند و این قدمت سنگهای اتوسن را نسبت به توده آذرین می‌رساند.

جز در يك نمونه توف (G.I) که از ۵۰ متری شمال قهوه‌خانه مبارک آباد برداشت شده و در آن تیلور ترمولیت و اسفن از يك دگرگونی ضعیف خبر می‌دهد، نشانه دیگری از دگرگونی مجاورتی در اطراف توده نفوذی مبارک آباد بدست نیامده است. عدم مشاهده هاله دگرگونی در اطراف توده مبارک آباد میتواند ناشی از جابجائی توده بعلت حرکات گسل‌های منطقه باشد، که آنرا از محل اولیه خود دور کرده است.

#### ۷- منشأ و علت ماگماتیسیم در مبارک آباد

همچنانکه قبلاً گفته شد در ملاگابرو نسبت  $Mg \times 100 / Mg + Fe$  برابر با ۷۶ است. این نسبت در بازالت‌های اولیه بین ۶۸ تا ۷۳ و در پریدوتیت‌های گوشته، ۸۸ تا ۸۹ می‌باشد (Roeder & Emslie, 1970). بنابراین، ملاگابرو، اگر يك ماگمای اولیه بحساب آید نمی‌تواند حاصل ذوب بخشی گوشته، با نرخ ضعیف، باشد، زیرا این نسبت در مذابهای ابتدائی، با نرخ کم، از ۷۳ تجاوز نمی‌کند مگر اینکه بخش قابل توجهی از پریدونیت در مذاب شرکت کرده باشد. در حالت اخیر بایستی ماگما طبیعت توله ایتی پیدا کرده و ترمهای تفریق یافته آن خط تفریق سری توله ایتی را تعقیب نمایند، حال آنکه ماگماهای بازیک مبارک آباد به سری کالکوآلکان نزدیک‌تر هستند تا توله ایتی (سلیمانی ۱۳۶۸). بنظر می‌رسد که بالا رفتن نسبت فوق‌الذکر در ملاگابرو، ناشی از سگرگاسیون بلورهای اولیوین در این فاسیس از توده نفوذی بوده باشد (شکل ۳). در این صورت لوکوگابرو حاصل فلوتاسیون و جدایش پلاژیوکلاز از

کانیهای مافیک می‌تواند بحساب آید. ماگمای سبک باقیمانده در بخش فوقانی توده، موجب تشکیل دیوریت در حاشیه شمالی شده است.

با توجه به مطالب فوق، ماگمای اولیه، قبل از تفریق، دارای ترکیبی حد واسط بین لوکوگابرو و ملاگابرو بوده و از ذوب بخشی پریدوتیتی متاسوماتیزه، حاصل شده است. وجود کانیهای آبدار نظیر آمفیبل و بیوتیت در سنگهای بازیک مبارک آباد گواه بر پر آب بودن ماگمای مادر است. همچنین پر آب بودن ماگمای مادر را نیز از اینکه ماگما قبل از رسیدن به سطح زمین منحنی سولیدوس خود را قطع کرده، میتوان فهمید. فراوانی قابل توجه عناصر هیگروماگمافیل (نظیر اورانیوم) در سنگهای تفریق یافته، می‌تواند نشانه غنی بودن گوشته مولد این ماگماها از عناصر فوق‌الذکر باشد.

تشکیل ماگمای بازیک کالکوآلکان غنی از آب و عناصر هیگروماگمافیل، از يك گوشته معمولی امکان پذیر نیست مگر اینکه گوشته بطور محلی و یا منطقه‌ای از سیالات غنی شده باشد. معمولاً غنی شدن گوشته از آب و عناصر کمیاب یا حاصل سوزنها و تیغه‌های حرارتی درون گوشته‌ای است که این مواد را به بخش‌های، بالاتر گوشته منتقل می‌سازد، و یا ناشی از فرو رفتن يك پوسته اقیانوسی در مانتو و آبیگری از آن است.

در خصوص منطقه البرز، عدم مشاهده يك زنجیر افیولیتی ممتد در این مسیر مانع از آنست که به يك پالئوساداکشن بین پوسته اقیانوسی و ایران مرکزی که گالپرین (۱۹۶۲) و کاندی (۱۹۸۲) به آن اشاره کرده‌اند معتقد شویم. وجود يك هسته داغ در البرز مرکزی پس از ولکانیسم شدید اتوسن در این منطقه، محتمل‌تر است. این کانون حواری احتمالاً میتواند بقایای همان فرآیندی باشد که در طول کرتاسه فوقانی و اتوسن ولکانیسم البرز را فراهم کرده است. همچنین گسل‌های شرقی غربی البرز را که توسط گسل‌های موزب قطع شده‌اند نیز نمی‌توان نادیده گرفت. حرکت این گسل‌ها از يك طرف موجب هورست شدن زمین و از طرف دیگر باعث دیستانسیون‌های محلی در منطقه می‌شود که، در دو حال، این جابجائی‌ها می‌توانند مسیب ذوب گوشته و تولید ماگمای بازیک بشوند. بی‌ارتباط با موضوع ماگماتیسیم البرز نیست اگر پیش‌تر کنیم که فعالیتهای تکتونیک در منطقه رودبار نیز عاقبت به ولکانیسم در این منطقه بیانجامد.

الف- گابرو بداخل تراستی که اتوسن را قطع کرده تزریق شده است.

ب- تزریقات پایانی (رگه‌های میکروسی بنیت) دارای ساخت پورفیریک هستند و این میرساند که ماگماتیسیم نفوذی، جوان است زیرا فازهای پایانی آن در زمانی که سربار توده نفوذی مبارک آباد فرسایش یافته و توده با سطح زمین فاصله چندانی نداشته، تزریق گشته است.

پ- مطالعات بعمل آمده روی ساختمانهای تکتونیکی موجود در توده نفوذی و سنگهای اتوسن در برگیرنده، نشان می‌دهد که سنگهای اتوسن دارای ساختمانهایی با رستاهای دیگر، علاوه بر رستاهای موجود در توده نفوذی، هستند و این قدمت سنگهای اتوسن را نسبت به توده آذرین می‌رساند.

جز در يك نمونه توف (G.I) که از ۵۰ متری شمال قهوه‌خانه مبارک آباد برداشت شده و در آن تیلور ترمولیت و اسفن از يك دگرگونی ضعیف خبر می‌دهد، نشانه دیگری از دگرگونی مجاورتی در اطراف توده نفوذی مبارک آباد بدست نیامده است. عدم مشاهده هاله دگرگونی در اطراف توده مبارک آباد میتواند ناشی از جابجائی توده بعلت حرکات گسل‌های منطقه باشد، که آنرا از محل اولیه خود دور کرده است.

#### ۷- منشأ و علت ماگماتیسیم در مبارک آباد

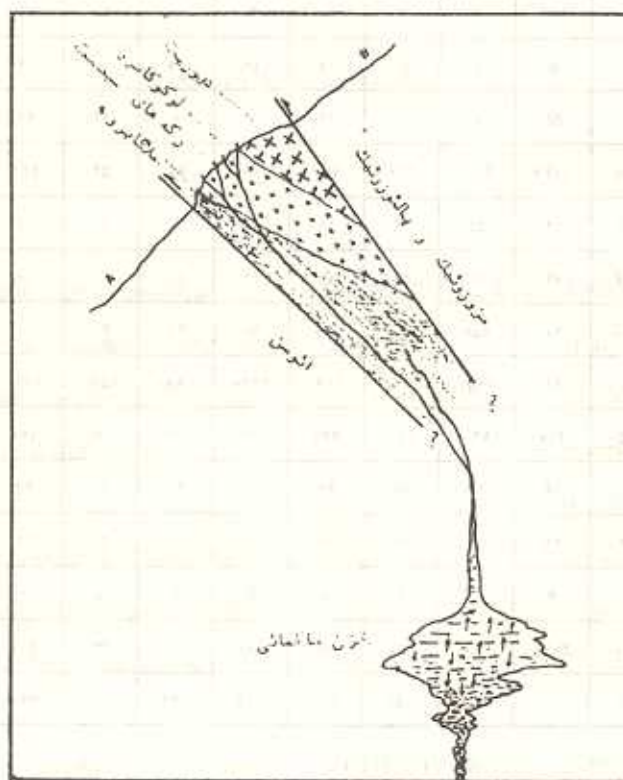
همچنانکه قبلاً گفته شد در ملاگابرو نسبت  $Mg \times 100 / Mg + Fe$  برابر با ۷۶ است. این نسبت در بازالت‌های اولیه بین ۶۸ تا ۷۳ و در پریدوتیت‌های گوشته، ۸۸ تا ۸۹ می‌باشد (Roeder & Emslie, 1970). بنابراین، ملاگابرو، اگر يك ماگمای اولیه بحساب آید نمی‌تواند حاصل ذوب بخشی گوشته، با نرخ ضعیف، باشد، زیرا این نسبت در مذابهای ابتدائی، با نرخ کم، از ۷۳ تجاوز نمی‌کند مگر اینکه بخش قابل توجهی از پریدونیت در مذاب شرکت کرده باشد. در حالت اخیر بایستی ماگما طبیعت توله ایتی پیدا کرده و ترمهای تفريق یافته آن خط تفريق سری توله ایتی را تعقيب نمایند، حال آنکه ماگماهای بازیک مبارک آباد به سری کالکوآلکان نزدیک‌تر هستند تا توله ایتی (سلیمانی ۱۳۶۸). بنظر می‌رسد که بالا رفتن نسبت فوق‌الذکر در ملاگابرو، ناشی از سگرگاسیون بلورهای اولیوین در این فاسیس از توده نفوذی بوده باشد (شکل ۳). در این صورت لوکوگابرو حاصل فلوتاسیون و جدایش پلاژیوکلاز از

کانیهای مافیک می‌تواند بحساب آید. ماگمای سبک باقیمانده در بخش فوقانی توده، موجب تشکیل دیوریت در حاشیه شمالی شده است.

با توجه به مطالب فوق، ماگمای اولیه، قبل از تفريق، دارای ترکیبی حد واسط بین لوکوگابرو و ملاگابرو بوده و از ذوب بخشی پریدوتیتی متاسوماتیزه، حاصل شده است. وجود کانیهای آبدار نظیر آمفیبل و بیوتیت در سنگهای بازیک مبارک آباد گواه بر پر آب بودن ماگمای مادر است. همچنین پر آب بودن ماگمای مادر را نیز از اینکه ماگما قبل از رسیدن به سطح زمین منحنی سولیدوس خود را قطع کرده، میتوان فهمید. فراوانی قابل توجه عناصر هیگروماگمافیل (نظیر اورانیوم) در سنگهای تفريق یافته، می‌تواند نشانه غنی بودن گوشته مولد این ماگماها از عناصر فوق‌الذکر باشد.

تشکیل ماگمای بازیک کالکوآلکان غنی از آب و عناصر هیگروماگمافیل، از يك گوشته معمولی امکان پذیر نیست مگر اینکه گوشته بطور محلی و یا منطقه‌ای از سیالات غنی شده، باشد. معمولاً غنی شدن گوشته از آب و عناصر کمیاب یا حاصل سوزنها و تیغه‌های حرارتی درون گوشته‌ای است که این مواد را به بخش‌های، بالاتر گوشته منتقل می‌سازد، و یا ناشی از فرو رفتن يك پوسته اقیانوسی در مانتو و آبیگری از آن است.

در خصوص منطقه البرز، عدم مشاهده يك زنجیر اقبولیتی ممتد در این مسیر مانع از آنست که به يك پالئوساداکشن بین پوسته اقیانوسی و ایران مرکزی که گالبرین (۱۹۶۲) و کاندی (۱۹۸۲) به آن اشاره کرده‌اند معتقد شویم. وجود يك هسته داغ در البرز مرکزی پس از ولکانیسم شدید اتوسن در این منطقه، محتمل‌تر است. این کانون حرارتی احتمالاً میتواند بقایای همان فرآیندی باشد که در طول کرتاسه فوقانی و اتوسن ولکانیسم البرز را فراهم کرده است. همچنین گسل‌های شرقی و غربی البرز را که توسط گسل‌های موزب قطع شده‌اند نیز نمی‌توان نادیده گرفت. حرکت این گسل‌ها از يك طرف موجب هورست شدن زمین و از طرف دیگر باعث دیستانسیون‌های محلی در منطقه می‌شود که، در دو حال، این جابجائی‌ها می‌توانند مسبب ذوب گوشته و تولید ماگمای بازیک بشوند. بی‌ارتباط با موضوع ماگماتیسیم البرز نیست اگر پیش‌تر کنیم که فعالیتهای تکتونیک در منطقه رودبار نیز عاقبت به ولکانیسم این منطقه بیانجامد.



(شکل ۳) - معرفی شماتیک تفریق ثقلی در توده نفوذی مبارک آباد و متاسوماتیسم بعدی آن توسط یک مخزن عمیق تفریق یافته.

| نمونه | 3     | 8    | 7    | 9      | 21   | 27   | 40   | 6     | 10   | 77   | 11   | 31   | 70     | 20        |
|-------|-------|------|------|--------|------|------|------|-------|------|------|------|------|--------|-----------|
| عنصر  | گابرو |      |      | دیوریت |      |      |      | سینیت |      |      |      | توف  | تراکیت | رگه پرهیت |
| U     | ۶     | ۲۶   | ۱۴۲  | ۳      | ۷    | ۲۰   | ۹    | ۱۶    | ۸۵   | ۱۹   | ۱۱   | ۱۳   | ۵۵     | ۲۰۱       |
| Th    | ۲     | ۲    | ۵    | ۲      | ۱۱   | ۱۹   | ۲۲   | ۱۹    | ۱۰   | ۱۲   | ۶    | ۷    | ۷۲     | ۲۳۶       |
| Rb    | ۱۱    | ۲۱   | ۵۵   | ۷      | ۱۶   | ۱۳   | ۷    | ۸     | ۱۲   | ۲۱   | ۵    | ۹    | ۲۸۳    | ۹         |
| Sr    | ۲۶۳   | ۳۶۵  | ۱۱۴۷ | ۲۰۴    | ۴۳۶  | ۲۱۲  | ۸۶   | ۶۷    | ۵۲   | ۱۴۱  | ۳۶۱  | ۳۱۲  | ۲۱۸    | ۱۹۰       |
| Co    | ۶۲    | ۹۸   | ۳۹   | ۵۵     | ۲۲   | ۱۹   | ۱۸   | ۱۲    | ۱۰   | ۱۱   | ۱۸   | ۲۱   | ۳۱     | ۲۶        |
| Ni    | ۱۰۰   | ۲۸۶  | ۷۶   | ۹۶     | ۴۶   | ۲۱   | ۲۲   | ۱۰    | ۱۱   | ۱۶   | ۲۴   | ۲۳   | ۱۵     | ۵۵        |
| V     | ۱۸۰   | ۱۲۰  | ۹۰   | ۲۵۰    | ۱۲۰  | ۱۲۰  | ۹۰   | ۳۰    | ۳۰   | ۲۰   | ۱۵۰  | ۱۲۰  | ۰      | ۱۵        |
| Ti    | ۳۲۶۰  | ۲۶۷۰ | ۱۵۶۰ | ۳۹۵۰   | ۲۱۱۰ | ۲۸۷۰ | ۳۴۲۰ | ۱۸۷۰  | ۱۵۸۰ | ۲۷۵۰ | ۳۲۵۰ | ۲۲۸۰ | ۲۱۰    | ۱/۷۲۱     |
| Mn    | ۱۶۵۰  | ۱۲۵۰ | ۴۱۰  | ۹۲۰    | ۶۸۰  | ۲۷۰  | ۳۷۰  | ۱۱۰   | ۱۹۰  | ۱۹۰  | ۳۴۰  | ۲۹۰  | ۹۳۰    | ۱۰۳       |
| Nb    | ۲۱    | ۲۰   | ۱۶   | ۲۲     | ۳۸   | ۳۲   | ۲۲   | ۲۰    | ۲۶   | ۲۵   | ۲۵   | ۳۵   | ۲۶۶    | ۲۶۰       |
| Mo    | ۲۲    | ۳۲   | ۳۲   | ۲۹     | ۳۲   | ۲۶   | ۲۹   | ۳۲    | ۲۷   | ۳۱   | ۲۰   | ۲۱   | ۲۷     | ۲۹        |
| Se    | ۲     | ۷    | ۶    | ۵      | ۶    | ۵    | ۶    | ۵     | ۵    | ۶    | ۴    | ۵    | ۱۰     | ۶         |
| Ba    | ۱۲۰   | ۳۳۰  | ۳۰۳۰ | ۱۶۰    | ۲۱۰  | ۱۰   | ۱۷۰  | ۲۲۰   | ۳۳۰  | ۲۱۰  | ۱۰۰  | ۱۲۰  | ۹۰     | ۹         |
| Zr    | ۶۵    | ۲۸   | -    | ۶۹     | ۱۵۰  | ۲۵۲  | ۱۹۸  | ۳۲۲   | ۱۶۷  | ۲۳۸  | ۱۱۸  | ۸۲   | ۲۴۴۹   | ۲۷۲       |

(جدول ۳)- نتایج تجزیه شیمیائی چند نمونه از فاسیسهای مختلف توده نفوذی مبارک آباد از لحاظ عناصر کمیاب و هیگروماگمافیل. تراکیت و توف جزو سازندائوسن و مجاوز توده نفوذی قرار داشته که بمنظور مقایسه آورده شده‌اند. این نتایج نشان می‌دهند که اورانیم در رگه‌های پرهیت متمرکز گشته است.

## BIBLIOGRAPHIE

- 1- SOLEIMANI, B., (1989)- Etude pétrographique et pétrologique du massif éruptif de Mobarak-Abad, Thèse D.E.S. Tarbiat-Moalem Univ., P.125
- 2- ASSERETO, R., (1963)- The paleozoic formation in central Elborz (preliminary notes). Riv. Ital. Paleont. Strat., V.69, pp.503- 543
- 3- DELLENBACH, J., (1964)- Contribution à l'étude géologique de la région située à l'Est de Tehran (Iran). Thèse Univ. Strasbourg, 120 p.
- 4- ROEDER, P. L. & EMSLIE, R. F., (1970)- Olivine- Liquid Equilibrium. Contrib. Mineral. Petrol., 29, P.275-289.
- 5- GALPERIN, E. I. ; KOSMINSKAIA, I. P. & KARAKSHINA, P. M., (1962)- Principales caractéristiques des ondes profondes enregistrées lors des séismes profonds dans la partie centrale de la Caspienne). Symp. deep. Sounding of the earth's crust in the U.R.S.S. Moscou, P.250-277, (en russe).
- 6- CONDIE, K. C., (1982)- Plate tectonic and crustal evolution. Second Editions. Pergamon presse.