پتـــرولوژی، سال دوم، شماره ششم، تابستان ۱۳۹۰، صفحه ۱ – ۱۶ تاریخ دریافت: ۱۳۸۷/۰۸/۰۶ تاریخ پذیرش: ۱۳۸۷/۱۰/۱

پترولوژی کمپلکس گرانیتویید شمالشرق مصر (شمالشرق استان اصفهان)

زهره ابراهیمیان ^۱، قدرت ترابی ^۱^۹، جمشید احمدیان ^۲ و حمیده بهارزاده ^۱ ^۱ گروه زمینشناسی، دانشکده علوم، دانشگاه اصفهان، اصفهان، ایران ^۲ گروه زمینشناسی، دانشگاه پیام نور، تهران ۴۶۹۲ – ۱۹۳۹۵، ج. ۱. ایران

چکیدہ

کمپلکس گرانیتویید مصر در شمال شرق استان اصفهان قرار دارد و از نظر ساختاری در زون ایران مرکزی جای دارد. در این ناحیه سه فاز گرانیتویید و یک فاز پگماتیتی به سن ژوراسیک میانی افیولیتها و سنگهای دگرگونی منطقه را قطع کردهاند. مطالعات صحرایی نشان می دهد که فاز سوم دارای بیشترین حجم و فاز اول دارای کمترین حجم در این مجموعه نفوذی هستند. همچنین، فاز چهارم، پگماتیتها جوان ترین عضو مجموعه و فاز اول دارای کمترین عضو این مجموعه نفوذی تشکیل دهنده این کمپلکس گرانیتویید شامل کوارتز، آلکالی فلدسپار، پلاژیوکلاز و مسکوویت است که در تمام واحدهای سنگی وجود دارند. کانی بیوتیت در سه فاز اول، دوم و سوم وجود دارد. تورمالین متعلق به فاز دوم و چهارم و گارنت نیز محدود به فاز سوم است. بررسی ژئوشیمیایی عناصر اصلی در کمپلکس گرانیتویید مصر، حاکی از روند نزولی دو-AL (AL آ محدود به فاز سوم است. بررسی ژئوشیمیایی عناصر اصلی در کمپلکس گرانیتویید مصر، حاکی از روند نزولی دو-AL آ محدود به فاز سوم است. بررسی ژئوشیمیایی عناصر اصلی در کمپلکس گرانیتویید مصر، حاکی از روند نزولی دو-AL آ محدود به فاز سوم است. بررسی ژئوشیمیایی عناصر اصلی در کمپلکس گرانیتویید مصر، حاکی از روند نزولی دو-AL (AL آ محدود به فاز سوم است. بررسی ژئوشیمیایی عناصر اصلی در کمپلکس گرانیتویید مصر، حاکی از روند نزولی دو-AL آ مورد مطالعه، همزمان با برخورد و نوع ماکه ایبرید (S و I) تشخیص داده شد. در بررسیهای ژئوشیمیایی نمونههای منطقه مورد مطالعه، همزمان با برخورد و نوع ماگما هیبرید (S و I) تشخیص داده شد. در بررسیهای زمین ماسنجی با استفاده از کمپ فلدسپارها، دماهای بهدست آمده بسیار کمتر از دماهایی است که بیانگر محیطهای آذرین باشد و می توان نتیجه گرفت در فاز اول دمای ۶۲۰ – ۲۱۷ درجه سانتی گراد را پیشنهاد می کند.

واژەھاي كليدى: ايران مركزى، پگماتيت، ژوراسيك ميانى، كمپلكس گرانيتوييد، مصر

می شوند. اصطلاح گرانیتویید برای سنگهای آذرین درونی که بیش از ۲۰ درصد کوارتز دارند، به کار برده می شود ,Streckeisen and Le Maitre)

گرانیتوییدها فراوانترین سنگهای آذرین درونی هستند که بهصورت باتولیت و استوک یافت

مقدمه

^{*} torabighodrat@yahoo.com

(1979. ماگماتیســم ایــران در دوران مزوزوییـک در مقایســه بـا پدیــدههـای ماگمـایی پالئوزوییـک از گستردگی و تنوع بیشتری برخوردار است.

این ماگماتیسم در فازهای گوناگون ظاهر شده، متناسب با جنبشهای زمینساختی آلپین آغازی، از جمله کیمرین پیشین و کیمرین پسین، فاز اتریشین و فاز لارامید، به صورت فعالیتهای ماگمایی همزمان با

جنبشها (Syn-tectonic) و یا فازهای پس از کوهزایی (Post-tectonic) مشاهده می شود (آقانباتی، ۱۳۸۳؛ امامی، ۱۳۸۷). منطقه مورد مطالعه در شمال شرق استان اصفهان در روستاهای امیرآباد، مصر و فرحزاد قرار داشته که از لحاظ تقسیمات زمین شناسی ایران قسمتی از ایران مرکزی محسوب می شود (شکل های ۱ و ۲) (آقانباتی، ۱۳۸۳؛ (Technoexport, 1984).



شكل ۲- نقشه زمين شناسي ساده شده منطقه مورد مطالعه (Technoexport, 1984)

در این منطقه یک فاز پگماتیتی و چند فاز گرانیتویید، دگرگونهها و افیولیتهای جندق را قطع کردهاند و سازند ژوراسیک بالایی چاهپلنگ روی گرانیتویید را میپوشاند. به همین جهت، سن گرانیتویید را میتوان ژوراسیک میانی در نظر گرفت. اطلاعات حاصل از روش K- Ar (Susov *et al.*, 1979) و Susov *et al.*, 1979) K- Ar (وراسیک rission track میانی را برای این توده نفوذی پیشنهاد می کند.

واحدهای گرانیتوییدی به ترتیب نفوذ شامل فاز اول، فاز دوم، فاز سوم و فاز چهارم پگماتیت هستند که فاز سوم دارای بیشترین حجم و فاز اول دارای کمترین حجم هستند.

فاز اول به واسطه فراوانی قابل ملاحظـه بیوتیـت، بـا رنگ تیره در نمونه دستی قابل تمایز هستند و نسبت به بقیه واحدهای سنگی بهصورت ریز دانهتر دیده میشوند.

فاز دوم بهعلت ارتوکلاز فراوان در نمونه دستی صورتی رنگ و دانه ریز هستند.

فاز سوم در نمونه دستی به رنگ خاکستری- سفید، فانریتیک و دارای خردشدگی و فولیاسیون بیشتر از بقیه واحدهای گرانیتویید هستند.

فاز دوم، فاز اول را قطع کردهاند، به همین علت، جوان تر از آن هستند. همچنین، قطعاتی از فاز اول در فاز دوم و فاز سوم وجود دارد، در نتیجه، قدیمی تر از آنهاست.

دگرگونههای منطقه مورد مطالعه شامل شیست و مرمر هستند. مرز انواع گرانیتویید با سنگهای دگرگونی و افیولیتها عمدتاً مشخص است (شکلهای ۳ و ۴). امتداد دایکهای آلکالی گرانیتی با جهت فولیاسیون دگرگونیها یکسان است.



شکل ۳- نمایی از فاز اول و سنگ دگرگونی



شکل ۴- نمایی از فاز دوم در دگرگونههای منطقه

روش انجام پژوهش

پس از انجام بررسیهای صحرایی به منظور مطالعه میکروسکوپی و دسترسی به ترکیب شیمیایی کانیها، از تمام فازهای نفوذی موجود در منطقه نمونهبرداری شد. پس از تهیه مقاطع نازک صیقلی، نمونههای مناسب با استفاده از الکترون میکروپروب JEOL مدل JEOL مدل (WDS) دانشگاه هانوور (WDS) دانشگاه هانوور شتابدهنده 20kV و جریان An31 و در دانشگاه هانوور آلمان با میکروپروب 15n ISOL و در دانشگاه هانوور دهنده VAE و جریان An31 بررسی شدند. در محاسبه مقدار ⁺⁴Fe برای دسترسی به فرمول ساختاری محاسبه مقدار (۱۹۸۷) استفاده شد. نتایج آنالیز میکروپروپ فلدسپار و بیوتیت در جدولهای ۱ و ۲ آورده شده است. جدول ۱- نتایج آنالیز میکروپروب فلدسپارهای موجود در منطقه مورد مطالعه (Wt%) بههمراه نتایج محاسبه فرمول ساختاری بر اساس ۸ اتـم اکسیتن و د. صد اعضای بابانی آن ها.

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | ی سی ا | -0.5 | | 5- 50 | ، عشيرر |
|--------------------------------|--------|--------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|--------|-------|--------|--------|---------|
| Rock | | | P | hase 1 | | | | | | Р | hase 2 | | | | | | | Phase | 3 | | | Phase |
| Name | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 4 |
| Mineral | Ab | Mic | Or | Or | Mic | Ab | Or | Ab | Ab | Ab | Mic | Ab | Mic | Ab | Mic | And | Or | And | Or | And | And | Ab |
| Туре | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| SiO ₂ | 68.81 | 65.60 | 65.58 | 65.49 | 64.40 | 65.37 | 64.47 | 64.55 | 66.23 | 65.97 | 64.72 | 65.52 | 64.83 | 67.34 | 65.00 | 59.01 | 64.82 | 59.27 | 63.35 | 60.74 | 60.65 | 68.67 |
| TiO ₂ | 0.02 | 0.00 | 0.03 | 0.02 | 0.00 | 0.00 | 0.01 | 0.00 | 0.02 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.02 | 0.02 | 0.00 | 0.01 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.03 |
| Al ₂ O ₃ | 19.52 | 18.47 | 18.39 | 18.23 | 18.43 | 20.83 | 18.62 | 21.79 | 21.42 | 21.40 | 18.41 | 21.41 | 18.32 | 19.68 | 18.49 | 25.44 | 18.39 | 25.41 | 18.27 | 25.26 | 24.97 | 19.37 |
| FeO* | 0.03 | 0.04 | 0.03 | 0.05 | 0.00 | 0.01 | 0.00 | 0.00 | 0.01 | 0.00 | 0.03 | 0.01 | 0.00 | 0.04 | 0.03 | 0.09 | 0.02 | 0.16 | 0.00 | 0.04 | 0.02 | 0.02 |
| MnO | 0.00 | 0.00 | 0.03 | 0.00 | 0.01 | 0.00 | 0.01 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.01 | 0.01 | 0.00 | 0.02 | 0.01 | 0.00 | 0.00 | 0.02 | 0.00 | 0.00 | 0.01 | 0.01 |
| MgO | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.02 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.01 | 0.00 | 0.01 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.01 | 0.00 | 0.01 |
| CaO | 0.28 | 0.00 | 0.03 | 0.03 | 0.01 | 1.79 | 0.00 | 1.97 | 2.20 | 2.26 | 0.01 | 2.32 | 0.00 | 0.32 | 0.01 | 6.93 | 0.01 | 7.26 | 0.03 | 6.62 | 6.41 | 0.10 |
| Na ₂ O | 11.81 | 0.61 | 0.58 | 0.37 | 0.91 | 10.75 | 0.83 | 10.00 | 10.62 | 10.72 | 1.04 | 10.32 | 0.64 | 11.71 | 0.74 | 7.47 | 0.39 | 7.53 | 0.48 | 8.10 | 7.94 | 11.84 |
| K ₂ O | 0.11 | 15.99 | 15.98 | 15.94 | 15.10 | 0.11 | 15.55 | 0.50 | 0.09 | 0.09 | 14.85 | 0.32 | 15.69 | 0.07 | 15.76 | 0.27 | 15.96 | 0.18 | 15.91 | 0.26 | 0.16 | 0.07 |
| Total | 100.58 | 100.71 | 100.65 | 100.12 | 98.85 | 98.86 | 99.48 | 98.83 | 100.58 | 100.45 | 99.07 | 99.90 | 99.47 | 99.20 | 100.04 | 99.21 | 99.58 | 99.83 | 98.04 | 101.02 | 100.14 | 100.10 |
| Si | 2.99 | 3.00 | 3.01 | 3.01 | 3.00 | 2.91 | 2.99 | 2.87 | 2.89 | 2.89 | 3.00 | 2.89 | 3.00 | 2.97 | 3.00 | 2.65 | 3.00 | 2.65 | 2.99 | 2.68 | 2.69 | 3.00 |
| Ti | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Fe ⁺³ | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.01 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Fe ⁺² | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Mn | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Mg | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Ca | 0.01 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.09 | 0.00 | 0.09 | 0.10 | 0.11 | 0.00 | 0.11 | 0.00 | 0.02 | 0.00 | 0.33 | 0.00 | 0.35 | 0.00 | 0.31 | 0.31 | 0.00 |
| Na | 1.00 | 0.05 | 0.05 | 0.03 | 0.08 | 0.93 | 0.08 | 0.86 | 0.90 | 0.91 | 0.09 | 0.88 | 0.06 | 1.00 | 0.07 | 0.65 | 0.04 | 0.65 | 0.04 | 0.69 | 0.68 | 1.00 |
| K | 0.01 | 0.93 | 0.93 | 0.94 | 0.90 | 0.01 | 0.92 | 0.03 | 0.01 | 0.01 | 0.88 | 0.02 | 0.93 | 0.00 | 0.93 | 0.02 | 0.94 | 0.01 | 0.96 | 0.01 | 0.01 | 0.00 |
| Cations | 5.01 | 4.99 | 4.99 | 4.98 | 4.99 | 5.01 | 5.00 | 5.00 | 5.01 | 5.01 | 4.98 | 5.01 | 4.99 | 5.02 | 5.00 | 5.00 | 4.98 | 5.01 | 5.01 | 5.01 | 5.00 | 5.01 |
| Ab | 98.10 | 5.50 | 5.30 | 3.40 | 8.40 | 91.10 | 7.50 | 87.60 | 89.30 | 89.10 | 9.60 | 87.30 | 5.80 | 98.10 | 6.60 | 65.10 | 3.60 | 64.60 | 4.40 | 67.90 | 68.50 | 99.20 |
| An | 1.30 | 0.00 | 0.20 | 0.10 | 0.10 | 8.40 | 0.00 | 9.50 | 10.20 | 10.40 | 0.00 | 10.90 | 0.00 | 1.50 | 0.00 | 33.40 | 0.00 | 34.40 | 0.20 | 30.70 | 30.60 | 0.40 |
| Or | 0.60 | 94.50 | 94.50 | 96.50 | 91.50 | 0.60 | 92.50 | 2.80 | 0.50 | 0.50 | 90.40 | 1.80 | 94.20 | 0.40 | 93.40 | 1.50 | 96.40 | 1.00 | 95.40 | 1.40 | 0.90 | 0.40 |

جدول ۲- نتایج آنالیز میکروپروب بیوتیتها و محاسبه فرمول ساختاری آنها بر مبنای ۲۲ اکسیژن

| Rock Name | | | | | Phas | e 1 | | | | |
|--------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| SiO ₂ | 35.50 | 36.05 | 36.62 | 34.42 | 34.83 | 35.32 | 34.25 | 34.00 | 31.71 | 31.29 |
| TiO ₂ | 2.52 | 2.49 | 4.34 | 3.08 | 3.35 | 3.25 | 2.86 | 3.08 | 3.38 | 3.36 |
| Al ₂ O ₃ | 18.38 | 18.70 | 14.82 | 15.46 | 15.44 | 15.18 | 15.39 | 15.22 | 13.74 | 13.77 |
| Cr ₂ O ₃ | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.01 | 0.00 | 0.02 | 0.00 | 0.02 | 0.05 | 0.05 |
| FeO* | 19.61 | 19.45 | 23.31 | 23.71 | 22.14 | 23.61 | 23.84 | 22.90 | 24.13 | 23.74 |
| MnO | 0.30 | 0.27 | 0.30 | 0.40 | 0.33 | 0.39 | 0.34 | 0.39 | 0.30 | 0.41 |
| MgO | 9.88 | 9.65 | 8.27 | 8.89 | 9.05 | 8.39 | 9.13 | 8.22 | 7.89 | 7.90 |
| CaO | 0.05 | 0.02 | 0.01 | 0.11 | 0.04 | 0.01 | 0.02 | 0.08 | 0.04 | 0.05 |
| Na ₂ O | 0.09 | 0.07 | 0.07 | 0.05 | 0.11 | 0.00 | 0.01 | 0.11 | 0.07 | 0.09 |
| K ₂ O | 9.49 | 9.64 | 9.38 | 7.98 | 8.44 | 8.79 | 8.13 | 8.30 | 8.60 | 8.25 |
| Total | 95.83 | 96.34 | 97.10 | 94.11 | 93.73 | 94.96 | 93.97 | 92.32 | 89.91 | 88.91 |
| Oxygen | 22.00 | 22.00 | 22.00 | 22.00 | 22.00 | 22.00 | 22.00 | 22.00 | 22.00 | 22.00 |
| Si | 5.39 | 5.43 | 5.59 | 5.43 | 5.48 | 5.53 | 5.42 | 5.47 | 5.34 | 5.32 |
| Ti | 0.29 | 0.28 | 0.50 | 0.37 | 0.40 | 0.38 | 0.34 | 0.37 | 0.43 | 0.43 |
| AlIV | 2.61 | 2.57 | 2.41 | 2.57 | 2.52 | 2.47 | 2.58 | 2.53 | 2.66 | 2.68 |
| AIVI | 0.68 | 0.75 | 0.26 | 0.30 | 0.34 | 0.33 | 0.29 | 0.35 | 0.07 | 0.08 |
| Fe ⁺² | 2.49 | 2.45 | 2.98 | 3.13 | 2.91 | 3.09 | 3.16 | 3.08 | 3.40 | 3.38 |
| Fe+ ³ | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Cr | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.01 | 0.01 |
| Mn | 0.04 | 0.03 | 0.04 | 0.05 | 0.04 | 0.05 | 0.05 | 0.05 | 0.04 | 0.06 |
| Mg | 2.24 | 2.17 | 1.88 | 2.09 | 2.12 | 1.96 | 2.15 | 1.97 | 1.98 | 2.00 |
| Ca | 0.01 | 0.00 | 0.00 | 0.02 | 0.01 | 0.00 | 0.00 | 0.01 | 0.01 | 0.01 |
| Na | 0.03 | 0.02 | 0.02 | 0.02 | 0.03 | -0.02 | 0.00 | 0.03 | 0.02 | 0.03 |
| К | 1.84 | 1.85 | 1.83 | 1.61 | 1.69 | 1.76 | 1.64 | 1.70 | 1.85 | 1.79 |
| Cations | 15.61 | 15.56 | 15.50 | 15.58 | 15.55 | 15.55 | 15.63 | 15.58 | 15.80 | 15.78 |
| Al _T /Ca+Na+K | 1.75 | 1.77 | 1.44 | 1.75 | 1.65 | 1.60 | 1.74 | 1.65 | 1.45 | 1.51 |
| Fe/(Fe+Mg) | 0.53 | 0.53 | 0.61 | 0.60 | 0.58 | 0.61 | 0.59 | 0.61 | 0.63 | 0.63 |
| Mg/(Fe+Mg) | 0.47 | 0.47 | 0.39 | 0.40 | 0.42 | 0.39 | 0.41 | 0.39 | 0.37 | 0.37 |

استفاده از روش فعالسازی نوترونی NAA=Neutron) (معارد آنالیز سنگ کل قرار Activation Analysis) گرفتند که در جدول ۳ آورده شده است. علاوه بر ایـن، از میـان گرانیتوییـد و پگماتیـتهـای موجود در منطقه مورد بررسی تعداد ۲۱ نمونه انتخاب و در مرکز تحقیقات و تولید سوخت هستهای اصـفهان بـا

| Rock Name | | | | | | Phas | se 1 | | | | | | Phas | se 2 | | | Pha | se 3 | | | Phase |
|--------------------------------|-------|-------|------------|-------|-------|-------|--------------|-------|--------------|-------|-------|--------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 4 |
| Sample No. | 739 | 682 | 644 | 630 | 629 | 2* | 3* | 4* | 5* | 6* | 7* | 8* | 635 | 626 | 12* | 13* | 636 | 639 | J2* | J4* | 630-1 |
| (wt%) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| SiO ₂ | 64.19 | 56.63 | 65 | 65.38 | 69.92 | 70.57 | 72.67 | 74.89 | 75.71 | 70.8 | 75.14 | 75.93 | 71.98 | 73.58 | 64.37 | 65.33 | 72.89 | 71.82 | 74.71 | 70.39 | 63.28 |
| TiO ₂ | 0.37 | 1.07 | 0.55 | 0.2 | 0.22 | 0.23 | 0.37 | 0.18 | 0.14 | 0.13 | 0.03 | 0.04 | 0.2 | 0.17 | 0.65 | 0.61 | 0.2 | 0.18 | 0.36 | 0.42 | 0.22 |
| Al ₂ O ₃ | 16.44 | 16.48 | 15.21 | 16.59 | 13.27 | 13.97 | 13.15 | 12.42 | 12.87 | 13.75 | 12.88 | 12.7 | 14.38 | 12.76 | 14 | 15.28 | 14.25 | 13.97 | 13.63 | 17.37 | 20.69 |
| Fe ₂ O ₃ | 2.42 | 3.33 | 2.4 | 2.09 | 0.24 | 0.65 | 0.83 | 0.59 | 0.17 | 0.28 | 0.3 | 0.23 | 0.34 | 0.76 | 1.55 | 1.98 | 0.2 | 0.33 | 0.19 | 0.33 | 0.03 |
| FeO | 2.62 | 3.9 | 2.59 | 2.26 | 0.18 | 1.64 | 2.08 | 1.46 | 1.21 | 1.39 | 0.93 | 0.69 | 0.27 | 0.52 | 4.33 | 3.03 | 0.15 | 0.28 | 0.17 | 0.32 | 0.1 |
| FeOT | 4.8 | 6.9 | 4.75 | 4.14 | 0.39 | 2.22 | 2.83 | 1.99 | 1.36 | 1.64 | 1.2 | 0.9 | 0.58 | 1.21 | 5.72 | 4.81 | 0.33 | 0.57 | 0.34 | 0.61 | 0.12 |
| Fe_2O_3T | 5.33 | /.66 | 5.28 | 4.6 | 0.43 | 2.47 | 3.14 | 2.21 | 1.51 | 1.82 | 1.33 | 1 | 0.64 | 1.54 | 0.30 | 5.35 | 0.36 | 0.63 | 0.38 | 0.68 | 0.13 |
| MnO M-O | 0.11 | 0.13 | 0.07 | 0.08 | 2.65 | 0.04 | 0.07 | 0.07 | 0.05 | 0.05 | 0.05 | 0.02 | 0.01 | 0.04 | 0.18 | 0.08 | 0.1 | 0.04 | 0.05 | 0.05 | 0.01 |
| MgO | 1.95 | 2.5 | 1.94 | 2.10 | 5.05 | 0.75 | 0.09 | 0.54 | 0.23 | 0.38 | 0.52 | 0.57 | 1.14 | 0.92 | 1.20 | 2.10 | 1.41 | 2.79 | 1.10 | 1.14 | 1.2 |
| | 4.10 | 0.21 | 4.54 | 2.67 | 2 72 | 2.1 | 2.45 | 1.17 | 2.02 | 1.42 | 0.55 | 2.65 | 1.4 | 2.02 | 1.30 | 2.55 | 5.45 | 2.00 | 1.39 | 1.3 | 2.77 |
| Na ₂ O | 2.61 | 2.01 | 3.20 27 | 2.13 | 5.12 | 5.1 | 3.43 4.08 | 2.54 | 3.03 4.75 | 6.43 | 178 | 3.05 1.00 | 4.7 | 5.02 | 2.95 | 3.55 | 3.45 | J.00 | 3 38 | 4.17 | 9.64 |
| R ₂ O | 2.01 | 2.22 | 2.7 | 2.15 | 5.87 | 0.08 | 0.00 | 0.04 | 4.75 | 0.45 | 0.03 | 4.99 | 4.20 | 5.79 | 0.07 | 0.12 | 5.15 | 4.50 | 5.58 | 2.87 | 0.87 |
| $\Gamma_{2}O_{5}$ | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.08 | 0.09 | 0.04 | 0.04 | 0.15 | 0.05 | 0.07 | 0 | 0 | 0.07 | 0.12 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | 1 14 | 1 73 | 1 67 | 1.62 | 1 52 | 2 22 | 0.82 | 1.04 | 0.89 | 1.82 | 0.50 | 14 | 1 27 | 1.08 | 3 94 | 1 76 | 0.82 | 0.93 | 0 59 | 1 48 | 0.88 |
| Total | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 99.64 | 99.28 | 99.34 | 99.68 | 99.9 | 99.39 | 100.5 | 100 | 100 | 99.85 | 99.12 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| A/CNK | 0.99 | 0.71 | 0.94 | 1.12 | 0.88 | 1.1 | 1.11 | 1.1 | 1.14 | 0.94 | 1.1 | 1.05 | 0.97 | 0.94 | 1.38 | 1.19. | 0.96 | 1.02 | 1.01 | 1.37 | 0.93 |
| (ppm) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Ba | - | - | - | 327 | 251 | | | | | | | | | 419 | | | - | - | 558 | 1100 | - |
| Rb | 96 | 106 | 103 | 61 | 118 | | | | | | | | 194 | 151 | | | 112 | 176 | 123 | 270 | 10 |
| Sr | - | 712 | | - | - | | | | | | | | - | - | 7 | | - | - | 124 | 133 | 173 |
| Th | 45 | 7.3 | 9.3 | 0.4 | 5 | | | | | | | | 0.6 | 6.8 | | | 1.2 | 19 | 2.7 | 1.6 | 7.8 |
| Ga | - | - | - | - | - | | | | | | | | - | - | | | - | - | 16 | 30 | - |
| Zn | 91 | 83 | 55 | - | - | | | | | | | | 15 | - | | | - | - | 20 | 52 | - |
| Ni | - | - | - | - | 152 | | | | | | | | 90 | 76 | | | 161 | 85 | - | - | 141 |
| V | 88 | 183 | 106 | 95 | 9 | | | | | | | | 10 | 8 | | | 10 | 9 | 17 | 19 | 11 |
| Cr | - | 229 | 152 | 142 | 266 | | | | | | | | 199 | 205 | | | 280 | 181 | 3 | 3 | 226 |
| Hf | 5.2 | 2 | 5.6 | 2.2 | 1.2 | | | | | | | | 0.7 | 1.8 | | | 0.3 | 2.9 | 1.4 | 2.6 | 0.8 |
| Cs | 4.4 | 2.5 | 6.7 | 3.5 | 1.1 | | | | | | | | 5.2 | 4.1 | | | 1.8 | 1.7 | 2.1 | 3.5 | 0.5 |
| Sc | 14 | 22 | 14 | 11 | 1.6 | | | | | V I | | | 0.9 | 2.8 | | | 1.4 | 3.5 | 1.8 | 3.2 | 1 |
| Ta | 0.9 | 1.2 | 1 | 0.8 | 0.6 | | | | ۲ | | | | 1.2 | 2.9 | | | 0.2 | 2.4 | 1.4 | 2.9 | 0.4 |
| Co U | 11 | 23 | 11 | 9 | 14 | | | | | | | | 0.9 | 3.3 | | | 1.3 | 0.9 | 10 | 1 | 0.9 |
| U | - | - | - | - | - | | | | | | | | - | - | | | - | - | 1.0 | 0.0 | - |
| vv A.u | - | - | - | - | | | | | | | | | - | - | | | - | - | 10 | 6 2** | - |
| Au | - 54 | - | 20 | - 66 | 51 | | | .V | | | | | - 3 | 5 0 | | | 21 | 10 | 4.4** | 8.5 | 4.5 |
| La | 00 | 80 | 45 | 15 | 0.1 | | | | | | | | 53 | 14 | | | 2.1 | 13 | 11 | 0.5 | 4.5 |
| Nd | 47 | 29 | 15 | 74 | 65 | | | | | | | | 2.9 | 51 | | | 1.9 | 23 | 72 | 11 | 35 |
| Sm | 9.3 | 5.3 | 4.1 | 2.1 | 1.8 | | | | | | | | 0.8 | 1.2 | | | 0.6 | 7.3 | 2.4 | 3.7 | 0.7 |
| En | 2.5 | 1.5 | 1 | 0.6 | 0.7 | | v | | | | | | 0.3 | 0.3 | | | 0.2 | 2.1 | 0.9 | 1.4 | 0.2 |
| Gd | 5.9 | 3.7 | 3.5 | | | | | | | | | | 0.7 | 1 | | | 0.7 | 7.4 | 2.9 | 5.3 | 0.7 |
| Tb | 0.9 | 0.5 | 0.6 | 0.3 | 0.5 | | | | | | | | 0.1 | 0.2 | | | 0.1 | 1.4 | 0.5 | 0.9 | 0.1 |
| Dv | 4.7 | 2.8 | 3.7 | 1.5 | 2.7 | | | | | | | | 0.8 | 1.1 | | | 0.6 | 9.2 | 3.6 | 6.4 | 0.7 |
| Ho | 1.1 | 0.5 | 0.9 | 0.3 | 0.5 | | | | | | | | 0.2 | 0.2 | | | 0.1 | 2 | 0 | 0 | 0.2 |
| Tm | 0.5 | 0.2 | 0.4 | 0.1 | 0.2 | | | | | | | | 0.1 | 0.1 | | | 0 | 1 | 0.4 | 0.5 | 0.1 |
| Yb | 3 | 1.4 | 2.6 | 0.8 | 1.5 | | | | | | | | 0.6 | 0.6 | | | 0.3 | 6 | 2.7 | 3.2 | 0.6 |
| Lu | 0.5 | 0.2 | 0.4 | 0.1 | 0.2 | | | | | | | | 0.1 | 0.1 | | | 0 | 0.9 | 04 | 0.5 | 0.1 |

جدول ۳- نتایج آنالیز اکسیدهای اصلی و نتایج آنالیز عناصر نادر و نادر خاکی سنگهای گرانیتوییدی مورد بررسی

* برگرفته از Technoexport (۱۹۸۴)، ** بر حسب ppb

پتروگرافی و شیمی کانیها

بر اساس مطالعات میکروسکوپی، سنگهای مورد مطالعه از نظر کانیشناسی بهطور کلی به چهار دسته تقسیم میشوند: فاز اول، فاز دوم، فاز سوم و فاز چهارم (پگماتیت). قطعاتی از فاز اول در فازهای دوم و سوم مشاهده میشود. همچنین فاز دوم فاز اول را قطع کرده

است، به همین دلایل، ترتیب نفوذ تودهها در ابتدا فاز اول، فاز دوم و سپس فاز سوم است.

فاز چهارم (پگماتیت) از کانیهای آلکالیفلدسپار (ارتوکلاز)، پلاژیوکلاز (آلبیت)، کوارتز، تورمالین، مسکوویت فراوان و به مقدار خیلی کم بیوتیت تشکیل شده است (شکل ۵).



شکل ۵- نمایی از بلورهای تورمالین در فاز چهارم

فاز سوم از کانی های پلاژیو کلاز (آلبیت)، آلکالی فلدسپار (میکروکلین)، کوارتز، بیوتیت و مسکوویت که ۵ تا ۱۰ درصد حجم کل سنگ را تشکیل میدهند. علاوه بر این، این فاز دارای گارنت از نوع آلماندین- اسپسارتین نیز هستند (Deer *et al.*, 1991). همچنین کلسیت ثانویه نیز در این واحد سنگی مشاهده شده است (شکل ۶).

فاز دوم از کانی های اصلی آلکالی فلدسپار از نوع میکروکلین- ارتوکلاز، کوارتز و کانی های فرعی پلاژیوکلاز از نوع آلبیت و مسکوویت که ۳ تا ۸ درصد حجم کل سنگ را تشکیل میدهند، تورمالین از نوع اسکورلیت (London and تورمالین از نوع اسکورلیت (Manning, 1995) تشکیل شده است (شکل ۷).

فاز اول از آلکالی فلدسپار نوع میکروکلین – ارتوکلاز، پلاژیوکلاز با ترکیب آندزین، کوارتز، بیوتیت (آنیت – سیدروفیلیت) که به صورت اولیه هستند و ۱۰ تا ۱۵ درصد حجم کل سنگ را تشکیل میدهند (Deer et). (1991, 1991 و مسکوویت تشکیل شدهاند (شکل ۸).

درجـــه اشــــباعشـــدگی از آلـــومینیم (ASI= Al₂O₃/CaO+Na₂O+K₂O) در بیوتیتهای ناحیه بین ۱٫۵ تا ۱٫۷ است که به علت اکتیویته بالای آلومینیم در ماگمای سازنده بیوتیتهاست.



شکل ۶- نمایی از مقطع میکروسکوپی کانی گارنت در فاز سوم



شکل ۷- نمایی از کانی اسفن در فاز دوم



شکل ۸- نمایی از بیوتیتهای شکلدار در فاز اول

نتیجه بررسی مودال کمپلکس گرانیتویید و فاز پگماتیتی در دیاگرام QAP نشان داده شده است (شکل ۹). فاز اول در این دیاگرام در قسمتهای آلکالیگرانیت، سینوگرانیت، مونزوگرانیت، گرانودیوریت، دیوریت و

کوارتز دیوریت، فاز دوم در قسمتهای آلکالی گرانیت، سینوگرانیت و مونزوگرانیت، فاز سوم در قسمتهای آلکالی گرانیت، سینوگرانیت، مونزوگرانیت و گرانودیوریت قرار می گیرند؛ با این تفاوت که میزان کوارتز این فاز از فاز اول بیشتر است. موقعیت فاز چهارم در مرز بین آلکالی گرانیت و سینو گرانیت است. بررسی کانی شناسی واحدهاى سنكى منطقه مورد مطالعه مشخص كرده است که تورمالین در فاز دوم و چهارم، گارنت محدود به فاز سوم، بیوتیت در فاز اول- دوم و سوم و خیلی کم در فاز چهارم و مسکوویت در تمام واحدهای سنگی دیده می شود. حضور مسکوویت در تمام انواع گرانیتوییدها از یک سو و از سوی دیگر، پاراژنز کانی شناسی در مجموعه گرانیتوییدی مصر سبب شده است که گرانیتوییدهای مورد بحث را از انواع MPG یا گرانیتوییدهای پرآلومین مسکوویتدار در تقسیمبندی Barbarin (۱۹۹۹) بدانیم، کـه ایـن نـوع از گرانیتوییـدها را جـز گرانیتوییـدهای

پوستهای میداند که در زونهای برشی بهوجود آمدهاند. ترکیب شیمیایی آنها غنی از آلومینیوم و فقیر از آهن و منیزیم است (Dorais, 1991)، که ویژگی پرآلومینه منطقه مورد مطالعه را اثبات میکند که احتمالاً بازگو کنندهٔ ماهیت پرآلومین گرانیتوییدهای مورد مطالعه است. وجود بلورهای گارنت در مقاطع میکروسکوپی بعضی از این سنگها نشان دهنده ماهیت پرآلومین در آنهاست. تحتتأثیر محلولهای بور و فلوئور بر بعضی از این سنگها تورمالینزایی، مخصوصاً در پگماتیتها در مقیاس وسیع و فاز دوم صورت گرفته است.

ژئوشيمى

تعداد ۲۱ نمونه از گرانیتوییدها و پگماتیتها به روش فعالسازی نوترونی در مرکز تحقیقات و تولید سوخت هستهای اصفهان به منظور تجزیه عناصر اصلی و فرعی آنالیز شدند (جدولهای ۱ و ۲).



شکل ۹- موقعیت قرارگیری نمونههای کمپلکس گرانیتویید در دیاگرام QAP (Streckeisen and Le Maitre, 1979)

سیلیس واحدهای گرانیتوییدی مصر در طیف گستردهای از ۵۷ تا ۵۷ درصد سیلیس قرار دارد. بیشترین میزان سیلیس در فاز سوم مشاهده می شود. این توده گرانیتوییدی، با استفاده از ردهبندی شیمیایی IeBas (۱۹۹۱) Middlemost و همکاران (۱۹۸۶) بررسی شده و نتایج حاصل از آن بیانگر این است که سه فاز اول آلکالی گرانیت، مونزو گرانیت، گرانودیوریت، دیوریت بوده، فاز چهارم در قسمت سینیت قرار دارد (شکلهای ۱۰ و ۱۱).



شـکل ۱۰ – دیـاگرام SiO₂ در برابـر Middlemost, Na₂O+K₂O در برابـر (1991 و موقعیت قرارگیری نمونههای منطقه



شکل ۱۱– در نمودار Na₂O+K₂O نسبت به SiO₂ نسبت به (Le bas *et al.*, SiO₂ موقعیت نمونههای منطقه نشان داده شده است. نمادها مانند شکل ۱۰ هستند.

هر چند که گرانیتوییدهای مورد بررسی، به ماگماهای مختلف با سنهای متفاوتی متعلق هستند و رسم آنها همراه با هم در دیاگرامهای هارکر صحیح نیست، اما به منظور دسترسی به تغییرات عناصر در طی تفریق و مقایسه واحدهای تغییرات عناصر در طی تفریق و مقایسه واحدهای مختلف با یکدیگر از دیاگرامهای Harker (۱۹۰۹) استفاده شد (شکل ۱۲). روند ژئوشیمیایی مشاهده شده، بیانگر وجود قرابت ژئوشیمیایی باین واحدهای مختلف نفوذی است.

کاهش اکسیدهای Feo، Al₂O₃، Feo، Al₂O₃، CaO، Fe₂O₃، Feo, Al₂O₃ و MnO، Fe₂O₅, TiO₂ MnO، P₂O₅, TiO₂ و Ma₂O k₂O e Na₂O بخوبی مشخص Na₂O و Na₂O k₂O e O con بیانگر تبلور است. کاهش اکسیدهای Al₂O₃ و CaO بیانگر تبلور کانی پلاژیوکلاز، و تبلور کانیهای اسفن و ایلمنیت بهعلت کاهش اکسیدهای FeO و Cio در برابر سیلیس هستند. طبق جدول ۳ میزان Rb نمونهها بالاست. Sr عنصر سازگاری است که در تفریق پلاژیوکلاز نقش مهمی را ایفا می کند. Ba یک عنصر سازگار در تفریق مهمی را ایفا می کند. Ba یک عنصر سازگار در تفریق آلکالی فلدسیارهاست. در دیاگرام نسبت مولکولی آلکالی فلدسیارهاست. در موقعیت پر آلومین ضعیف تا شدید و متاآلومین قرار گرفتهاند.

طبـق دیـاگرام SiO₂ در برابـر K₂O+ Na₂O-CaO (Frost *et al.*, 2001) غالب نمونه هـا آلکـالی کلسـیک کلسیک آلکالی هستند (شکل ۱۴). میزان -K₂O+Na₂O ممان ضریب MALI است؛ هرچه میزان سـیلیس (Modified alkali- lime index) MALI افزایش یابـد، MALI است؛ هرچه میزان سـیلیس (Modified alkali- lime index) MALI افزایش مـییابـد. بـر اسـاس دیـاگرام Na₂O+K₂O (Irvine and Barager, نسبت به SiO₂ نشان میدهنـد (1971) (1971) کـه ماگمـای سـازنده گرانیتوییـدها از نـوع





شکل ۱۴– موقعیت نمونههای منطقه مورد نظر در دیاگرام SiO₂ م در برابر Frost *et al.*, 2001) K₂O+Na₂O-CaO). نمادها مانند شکل ۱۰ هستند.



شـکل ۱۳- موقعیـت نمونـههـای منطقـه مـورد نظـر در دیـاگرام A/CNK در مقابـل 2Go (Chappell and White, 1974). نمادهـا مانند شکل ۱۰ هستند.



شکل ۱۷ – دیاگرام SiO₂ در مقابل (FeO^t+MgO واحدهای گرانیتی در قسمت منیزیندار قرار گرفتهاند (Frost et al., 2001). نمادها مانند شکل ۱۰ هستند.



شکل ۱۸= دیاگرام چند عنصری و موقعیت مقادیر عنصر کمیاب نمونههای منطقه بر پایه ترکیب کندریت و گوشته اولیه Sun and) McDonough, 1989). نمادها مانند شکل ۱۰ هستند.

با توجه به نمودار Irvine and Barager, AFM) (Irvine and Barager, AFM) نیز نمونههای مورد بررسی در محدوده کالک آلکالن قرار گرفتهاند. در شکل ۱۷ تمام واحدهای سنگی در محدوده منیزین قرار گرفتهاند واحدهای سنگی در محدوده منیزین قرار گرفتهاند (Trost *et al.*, 2001) (Invi) برای عنکبوتی که توسط Sun و Sun نمودارهای عنکبوتی که توسط ۱۹۸۹ و شدهاند. (۱۹۸۹) برای کندریت و گوشته اولیه پیشنهاد شده



شکل ۱۵- ماگمای سازنده کمپلکس گرانیتویید طبق Barager و Irvine (۱۹۷۱) ساب آلکالن است. نمادها مانند شکل ۱۰ هستند.



شــکل ۱۶ – در دیـاگرام AFM (Irvine, 1971) (Barager and Irvine, 1971) موقعیت نمونههای منطقه نشـان داده شـده اسـت. نمادهـا ماننـد شکل ۱۰ هستند.

میزان عناصر نادر خاکی سبک بیشتر از عناصر نادر خاکی سنگین غنیشدگی نشان میدهند (شکل ۱۹). غنیشدگی مذکور معمولاً به عواملی همچون میزان پایین ذوببخشی و عدم شرکت گارنت در فاز مذاب نسبت داده میشود. شیب منفی این نمودار بیانگر سریهای کالکآلکالن است (Rollinson, 1993).

طبیق نمودار Batchelor and R1-R2) (شکل ۲۰) نمونههای مورد مطالعه در محدوده همزمان با برخورد قرار گرفتهاند.



كندريت و گوشته اوليه (Sun and McDonough, 1989).



شـکل ۲۰- نمـودار Batchelor and Bowden, 1985) R1-R2). نمادها مانند شکل ۱۰ هستند.

زميندماسنجى

برای انجام بررسی های زمین دماسنجی با استفاده از ترکیب فلدسپارها از کالیبراسیون مختلفی که تاکنون (Fuhrman and Lindsley, 1988; Taselton and Lindsley and Nekvasil, 1989; Haselton and استفاده شد. Hovis, 1983; Benisek *et al.*, 2004) دمای به دست آمده در گرانیتوییدها در فشار ۱ تا ۵ کیلو بار ۲۲۳٫۲ تا ۴۲۵٫۶۶ است (جدول ۴)، اما دماهای به دست آمده بسیار کمتر از دماهایی است که بیانگر محیط های آذرین هستند و میتوان نتیجه گرفت که ترکیب فلدسپارها بر اثر پدیدههای ساب سولیدوس و میلونیتی شدن تغییر یافته است.

لات همچنین، با استفاده از ترمومتر یک فلدسپار Kretz (۱۹۹۴) میزان (K+Na از ۹۰/ ۲۰ ۶۹/ بهدست آمد که منحنیهای تعیین دما را قطع نمی کند که بیانگر تغییر ترکیب فلدسپارها توسط پدیدههای سابسولیدوس و میلونیتیشدن است. از آنجا که با استفاده از دماسنجی فلدسپارها نتایج قابل قبولی بهدست نیامد؛ بنابراین، با کمک مقدار تیتان موجود در

محاسبه می شود، که T بر حسب درجه سیلسیوس، .b=4.6482×10-9 .a=-2.3594 .X_{Mg}=Mg/Mg+Fe ri=0.04-0.60 و برای X_{Mg}=275-1.000 و c=-1.7283 حدود كاليبراسيون بهصورت T=480-800°C است. دمای بهدست آمده برای فاز اول توسط این ترمـومتر از ۶۴۲ تا ۷۱۸ درجه است که در فشار ۴ تا ۶ کیلو بار و نشاندهندهٔ شرایط ماگمایی و دمای تبلور فاز اول است.

بیوتیتها به عنوان یک ترمومتر استفاده شد که بین میزان (Mg/(Mg+Fe، تیتان و دما در بیوتیتها ارتباطی وجود دارد (Henry et al., 2005). در سنگهای آذرین و دگرگونی ترمومتر بیوتیت میتوان برای بهدست آوردن دمای تبلور بیوتیتها استفاده کرد (Patino, 1993). بر اساس Henry و همکاران (۲۰۰۵)، مقدار درجه $T = \{ [Ln(Ti)-a-c(X_{Mg})^{3/b} \}^{0.333}$ حـــــــاز رابطـــــه

| Rock Type | نيب فلدسپارها | با استفادہ از تر | ماستجنی ب Alkal | نای رمیند i granite | ﻪ بررسى® | ے ۱- نتیج Grar | nodiorite | Monzogranite | | |
|--------------------|------------------------------|------------------|--------------------|------------------------|----------|-------------------|-----------|--------------|--------|--------|
| Pressure (Kbar) | Model: | 1 | 3 | 5 | 1 | 3 | 5 | 1 | 3 | 5 |
| Temį | Nekvasil and Burnham (1987) | 362.33 | 380.39 | 397.26 | 388.74 | 408.96 | 425.66 | 367.36 | 380.8 | 394.81 |
| | Elkins and Grove (1990) | 299.38 | 327.79 | 359.11 | 326.09 | 347.41 | 401.85 | 248.89 | 263.34 | 271.66 |
| erati | Lindsley and Nekvasil (1988) | 314.81 | 327.73 | 337.13 | 321.88 | 333.78 | 357.22 | 223.2 | 237.82 | 258.73 |
| ure (| Fuhrman and Lindsley (1988) | 315.34 | 321.17 | 352.69 | 319.47 | 339.35 | 371.77 | 242.24 | 253.52 | 263.4 |
| °C) | Haselton and Hovis (1983) | 279.81 | 279.83 | 279.85 | 324.82 | 324.84 | 324.86 | 272.76 | 272.78 | 272.8 |

بدا بیال تنادیان تک فار ایرا

ود آنومالی مثبت Th در بعضی از نمونهها دلیلیے بے آغشیتگی پوسیتهای ماگماسیت. تمرکیز عناصر کمیاب خاکی سبک خیلی بیشتر از عناصر كمياب سينگين است زيرا گرانيتوييدها از فلدسپارها تشکیل شدهاند،. اغلب پترولوژیست، ها سه منشأ را برای انواع گرانیتویید پیشنهاد نمودهاند: ۱- منشأ پوستهای؛ ۲-منشأ گوشتهای و ۳- منشأ پوسته و گوشتهای.

همچنین با اندیس درجه اشباعشدگی آلومینیم یا ASI که یک پارامتر شیمیایی است، می توان انواع گرانیتویید را از یکدیگر شناسایی کرد. گرانیتویید پرآلومینه دارای ASI>1 و گرانیتویید متاآلومینه دارای 1>ASI است. تركيب متاآلومينه مى تواند بەصورت Al₂O₃> Na₂O+K₂O molar و گرانیتویید کالک آلکالن بحث

روند نزولی Al₂O₃ و CaO در نمودارهای هارکر بەعلت تبلور پلاژيوكلازھاست. روند نزولى FeO و TiO2 به تشکیل کانی های ایلمنیت و اسفن می تواند مر تبط باشد. الگوی عناصر نادر خاکی، حاکی از غنبی شدگی عناصر نادر خاکی سبک نسبت به عناصر نادر خاکی سنگين است. غني شدگي مذكور معمولا به عواملي، همچون نرخ پایین ذوببخشی و عدم شرکت گارنـت در فاز مذاب نسبت داده می شود. طبق نظر Drake و Weill (۱۹۷۵) در شرایط فعالیت زیاد اکسیژن ضرایب جدایش برای Eu پایین بوده، Eu مانند سایر عناصر نادر خاکی رفتار می کند و فاقد آنومالی است. آنومالی منفی در Sr نیز در نتیجه تبلور پلاژیوکلاز در مراحل اولیه تفريق است (Rollinson, 1993).

یا بــهصـورت Al₂O₃≤ Na₂O+K₂O molar یعنــی گرانیتویید آلکالن تا پرآلکالن باشد.

اطلاعات ایزوتوپی و شیمیایی پیشنهاد می کنند که گرانیتویید پرآلومینه منشأ پوستهای، گرانیتویید کالکآلکالن منشأ پوسته و گوشته و گرانیتویید آلکالن تا پرآلکالن منشأ گوشتهای دارند.

گرانیتهای I-type دارای دامنه تغییرات گسترده از محدوده مافیک تا اسید، مقدار سدیم بالا (Na₂O>%3.2)، مقدار کرندوم نورم کمتر از یک درصد، درجه اشباعشدگی آلومینیم کمتر از ۱/۱، حاوی هورنبلند و زینولیتهای مافیک فراوان و اسفن و مگنتیت هستند در حالیکه گرانیتهای S-type دارای دامنه تغییرات محدود و عمدتاً اسیدی، مقدار سدیم کم (Na₂O<%3.2)، کرندوم نورم بیشتر از یک درصد، درجه اشباعشدگی آلومینیم بیشتر از ۱/۱، حاوی مسکوویت، بیوتیت،گارنت، سیلمانیت، مونازیت و ایلمنیت هستند.

با توجه به مطالب بیان شده، منشأ سنگهای منطقه مورد مطالعه احتمالاً هیبرید است. به علت عدم وجود زوج کانی مناسب برای بارومتری سنگهای منطقه مورد مطالعه، قادر به تعیین سطح رخنمون برای منطقه مورد مطالعه نیستیم.

نتيجهگيرى

نتایج حاصل از بررسی های سنگشناسی، ژئوشیمیایی در کمپلکس گرانیتوییدی که در روستای مصر وجود دارد نشان میدهد که از یک فاز یگماتیتی و سه فاز گرانیتوییدی تشکیل شده است، فاز چهارم جوان ترین و فاز اول قدیمی ترین عضو این مجموعه هستند و می توان گفت که بخش عمده پیکرهٔ توده نفوذی متشکل از فاز سوم است. کانی گارنت تنها در فاز سوم، تورمالین در فاز چهارم و فاز دوم، بیوتیـت در فـاز اول، فاز دوم و فاز سوم و کانی مسکوویت در تمام واحدها مشاهده شد. همچنین، این بررسی ها نشان میدهد که ماگمای سازنده این توده از نوع کالکآلکالن و دارای ماهیت پرآلومین شدید تا ضعیف و متاآلومین است و محیط تکتونیکی را همزمان با برخورد بیان می کند. ماگمای سازنده این سنگها هیبرید (S و I) است. دماهای بهدست آمده با استفاده از زمیندماسنجی فلدسپارها بسیار کمتر از محیطهای آذرین هستند که پدیده ساب سولیدوس و میلونیتی شدن را اثبات می کند. بههمین علت، از دماسنجی بیوتیتها استفاده شد که دمای حدود ۶۴۲ – ۷۱۸ درجه سانتی گراد، در فشار ۴ تا ۶ کیلوبار را پیشنهاد مینماید که دمای آذرین و دمای تبلور بیوتیتهاست.

منابع

آقانباتی، ع. (۱۳۷۸) زمینشناسی ایران. انتشارات سازمان زمینشناسی اکتشافات معدنی کشور، تهران، ایران. امامی، م. ح. (۱۳۷۹) ماگماتیسم در ایران. سازمان زمینشناسی و اکتشافات معدنی، تهران، ایران.

- Barbarin, B. (1999) A review of the relationships between granitoid types, their origins and their geodynamic environments. Lithos 46: 605- 626
- Batchelor, R. A. and Bowden, P. (1985) Petrogenetic interpretation of granitoid rock series using multicationic para. Chemical Geology 48: 43- 55.
- Benisek, A., Kroll, H. and Cemi, L. (2004) New developments in two-feldspar thermometry. American Mineralogist 89(10): 1496-1504.

Chappell, B. W. and White, A. J. R. (1974) Two contrasting granite types. Pacific Geology 8: 173-174.

- Deer, W. A., Howie, R. A. and Zussman, J. (1991) An Introduction to the Rock forming minerals, Longman, London.
- Dorais, M. J. (2003) The petrogenesis and emplacement of the new Hampshire plutonic suite", American Mineralogist 303: 447-487.
- Drake, M. J. and Weill, D. F. (1975) Partition of Sr, Ba, Ca, Y, Eu²⁺, Eu³⁺ and other REE between plagioclase feldspar and magmatic liquid and experimental study. Geochemical Cosmochimica Acta 39: 689-712.
- Droop, G. T. R. (1987) A general equation for estimating Fe³⁺ concentrations in ferromagnesian silicates and oxides from microprobe analyses, using stoichiometric criteria. Mineralogical Magazine 51: 431-435.
- Frost, R., Barnes, C. G., Collins, W. J., Arculus, R. J., Ellis, D. J. and Frost, C. D. (2001) A geochemical classification for granitic rocks. Journal Of Petrology 42: 2003- 2048.
- Fuhrman, M. L. and Lindsley, D. H. (1988) Ternary-feldspar modeling and thermometry. American Mineralogist 73: 201–215.
- Harker, A. (1909) The natural history of igneous rocks. Methuen. London.
- Haselton, J. R. U. S. and Hovis, G. L. (1983) Calorimetric investigation of the excess entropy of mixing in an albite-sanidine solid solution: lack of evidence for Na, K short-range order and implications for two-feldspar thermometry. American Mineralogist 68: 398-413.
- Henry, D. J., Guidotti, C. V. and Thomson, J. A. (2005) The Ti-saturation surface for low- to- medium pressure metapelitic biotite: Implications for geothermometry and Ti- substitution mechanisms. American Mineralogist 90: 316-328.
- Irvine, T. N. and Barager, W. R. A. (1971) A guide to the chemical classification of the common volcanic rocks. Canadian Journal of Earth Sciences 8: 523- 548.
- Kretz, R. (1994) Metamorphic crystallization, John Wiley and Sons Ltd, England.
- Le Bas, M. J., Le maitre, R. W., Streckeisin, A. and Zanettin, B. A. (1986) A chemical classification of volcanic rocks based on the total alkali- silica diagram. Journal Of Petrology 27 : 745-750.
- Lindsley, D. H. and Nekvasil, H. (1989). A ternary feldspar model for all reasons (abs), EOS. 70(15): p. 506.
- London, D. and Manning, D. (1995) Chemical variations and significance of tourmaline from southwest England. Economic Geology 90: 495- 519.
- Middlemost, E. A. K. (1991) Towards a comprehensive classification of igneous rocks and magmas. Earth Sciences Reviews 31: 73- 87.
- Patino, D. A. E. (1993) Titanium substitution in biotite: an empirical model with applications to thermometry, O_2 and H_2O barometries, and consequences for biotite stability. Chemical Geology 108:133-162.
- Rollinson, H. R. (1993) Using geochemical data: Evaluation, Presentation, Interpretation, Addison, Wesley Longman, Harlow.
- Streckeisen, A. L. and Le Maitre, R. W. (1979) chemical approximation to the modal QAPF classification of the igneous rocks. Neues Jahrbuch für Mineralogie, Abhandlungen 136: 169–206.
- Sun, S. S. and McDonough, W. F. (1989) Chemical and isotopic systematics of oceanic basalts: implications for mantle composition and processes. In: A. D. Saunders and M. J. Norry (Eds.): Magmatism in Ocean Basins. Geology Society Special Publication London 313- 345.
- Susov, M., Dvoryankin, A., Selivanov, E., et al. (1979) Geology and minerals of Jandaq area (Central

Iran), Moscow, V/O "Technoexport", Report No. 4, 171 p.

- Technoexport (1984) Geological maps of Jandaq (1/250,000). Sheet: H6, Geological Survey of Iran, Tehran, Iran.
- Technoexport (1984) Geological maps of Mesr (1/100,000). Sheet: 6958, Geological Survey of Iran, Tehran, Iran.
- Technoexport (1984) Geological maps of Arusan (1/100,000). Sheet: 7058, Geological Survey of Iran, Tehran, Iran.
- Technoexport (1984) Geological maps of Khur (1/250,000). Sheet: H7, Geological Survey of Iran, Tehran, Iran.



Petrology of Mesr granitoid complex (NE of Isfahan Province)

Zohreh Ebrahimiyan¹, Ghodrat Torabi *¹, Jamshid Ahmadian² and Hamideh Baharzadeh¹

¹Department of Geology, Faculty of Sciences, University of Isfahan, Isfahan, Iran ²Department of Geology, Payame Noor University, 19395-4697 Tehran, I. R. of IRAN

Abstract

The Mesr granitoid complex situated in the NE of Isfahan Province and from structural viewpoint belongs to Central Iran. In this area, three granitoid phases and one pegmatite phase with the age of Middle Jurassic, cross cut the ophiolite and metamorphic rocks. The phases 3 and 1 present the maximum and the minimum volume of intrusive bodies, restectively. Also, the phases 4 and 1 present the youngest and the oldest intrusive bodies respectively. There are quartz, K-feldspar, plagioclase, and muscovite in all the studied rocks. Biotite exists in only phases 1, 2 and 3. Tourmaline belongs to the phases 2 and 4 and garnet is limited in phase 3. The geochemistry of the major elements in the granitoid complex points to the descending trend of MgO, Al₂O₃, Fe₂O₃, FeO, TiO₂, P₂O₅, MnO, CaO and ascending trend of K₂O vs. silica, which can be related to plagioclase crystallization (Al₂O₃, CaO) and precipitation of titanite (TiO₂, FeO). The magma that produced these rocks have calc-alkaline nature with weakly to strongly peraluminous to metaluminous. According geochemical diagrams, the samples of the study area are recognized syncollision and the type of magma is recognized as hybrid. Geothermometric investigations were carried out using two-feldspar composition and the given temperatures are lower than the temperature of igneous environments. Thus, we can conclude that the feldspars composition have changed by the subsolidus effects and mylonitization. Biotite thermometry yields a temperature of 642-718 °C for biotites in phase 1 suggesting the magmatic environment temperature.

Key words: Granitoid complex, Pegmatite, Middle Jurassic, Mesr, Central Iran

¹