چهل و دومین گردهمایی (همایش) ملی
علـوم زمیـــن
The 42nd National
Geosciences Congress
www.geoconf.ir

مطالعه مینرال شیمی ارتوکلاز و هورنباندهای توده گرانیتوئیدی قهرود، ایران مرکزی

مریم آهنکوب (نویسنده مسئول)[۱]، بهجت فتحی[۲] ، فریماه آیتی[۳]

[۱] گروه زمین‌شناسی ،دانشگاه پیام نور ، تهران، ایران Email: M.ahankoub@pnu.ac.ir

[۲] گروه زمین‌شناسی ،دانشگاه پیام نور ، تهران، ایران Email :b.fathi.2022@gmail.com

[۳] گروه زمین‌شناسی ،دانشگاه پیام نور ، تهران، ایران Email:f.ayati@pnu.ac.ir

چکیده

توده گرانیتوئیدی قهرود در شمال استان اصفهان و در نقشه ۱/۱۰۰۰۰۰ کاشان در زون ساختاری ارومیه دختر واقع شده است. بررسی های صحرایی این توده دال بر حضور طیف متنوعی از سنگهای اذرین اسیدی از جمله گرانیت، گرانودیوریت، مونزودیوریت تا گابرو می باشد پگماتیت و آپلیت همراه با رگه و رگچه های سیلیسی و کلسیتی در منطقه دارای رخنمون وسیعی هستند. پتروگرافی دال بر حضور کوارتز ، پلاژیوکلاز ، ارتوکلاز ، هورنبلند به همراه بیوتیت و کانی های فرعی زیرکن و تورمالین و اسفن می باشد. ماکروپروب نمونه های ارتوکلاز نمایانگر ماهیت شدیدا پتاسیک نمونه کانی های فوق بوده به طوریکه تا ۹۰ درصد حاوی ارتوکلاز می باشند. این نمونه ها در دمای ۷۵۰ تا ۸۵۰ درجه سانتی گراد متبلور شده اند. همچنین ماکروپروب نمونه های هورنبلند دال بر ماهیت فروهورنبلند بودن نمونه ها می باشد که در دمای ۵۰۰ تا ۷۰۰ درجه سانتی گراد متبلور شده اند. این نمونه ها فشار تا ۲ کیلوبار را نشان میدهند. بر اساس شواهد مینرال شیمی نمونه های ارتوکلاز و هورنبلند ، توده فوق در اعماق ۱۸ تا ۲۵ کیلومتری سطح زمین متبلور شده است.

واژه‌های کلیدی

توده گرانیتوئیدی، ارتوکلاز، هوونبلند، قهرود، ایران مرکزی

چهل و دومین گردهمایی (همایش) ملی
علوم زمین
The 42nd National Geosciences Congress
www.geoconf.ir

Study of Mineral chemistry of orthoclase and hornbands of the Ghohrud granitoid bodies, Central Iran zone

Maryam Ahankoub (corresponding author) [1], Behjat Fathi [2], Farimah Ayati [3]

1 Department of Geology, Payam Noor University, Tehran, Iran . Email: M.ahankoub@pnu.ac.ir
2 Department of Geology, Payam Noor University, Tehran, Iran. Email: b.fathi.2022@gmail.com
3 Department of Geology, Payam Noor University, Tehran, Iran. Email:f.ayati@pnu.ac.ir

abstract
The Ghohrud granitoid bodies is located in the north of Isfahan province and on the 1/100000 map of Kashan in the structural zone of Urmia Dokhtar. The field investigations of this bodies indicate the presence of a diverse range of falsic igneous rocks, including granite, granodiorite,and monzodiorite. Pegmatite and aplite along with veins and veins of siliceous and calcitic are widely outcropped in the region. There are quartz, plagioclase, orthoclase, hornblende and biotite as main minerals with and zircon, tourmaline and sphene as secondary minerals. The macroprobe of orthoclase samples shows the highly potassic nature up to 90% orthocalas. Orthoclases were crystallized at a temperature of 750 to 850 ºC. Also, the macroprobe of the hornblende samples indicates the nature ferrohornblende, which were crystallized at a temperature of 500 to 700 ºC. These samples show pressure up to 2 kbars. Based on the evidence of mineral chemistry of orthoclase and hornblende samples, these samples were crystallized at a depth of 18 to 25 kilometers below the surface of the earth.

Keywords
Granitoid mass, orthoclase, Hovenblend, Ghahrud, Central Iran

۱. مقدمه

توده گرانیتوییدی قهرود در پهنه ساختاری ایران مرکزی، درموقعیت طول‌های جغرافیائی ' ۵۱ °۳۰ تا '۳۰۲۲°30 و عرضهای جغرافیائی '۳۳ °۴۵ تا '۳۷ °45 ، در مجاورت روستای قهرود و در نقشه چهارگوش ۱/۱۰۰۰۰۰کاشان واقع شده است. اولین بار مهدوی درسال ۱۳۵۷به مطالعه زمین شناسی وپترولوژی سنگ های آذرین ناحیه قمصر(جنوب کاشان) و شمال منطقه سه و شمال غربی نطنز (دره ابیانه) پرداختند و مطالعه مفصلی برروی بیرون زدگی های بزرگ شامل سنگ های تونالیتی_ گرانودیوریتی در بین قمصر_ قهرود که درمجموع یک استوک بزرگ را می سازند انجام داده اند.

امامی۱۳۷۹ به ماهیت تیپ اندین کمان ماگمائی ارومیه دختر اشاره کرد. علوی ۱۹۹۴ با مطالعات تکتونیکی خود برروی کمربند کوهزایی زاگرس پیدایش زون ماگمای ارومیه - دختر را ناشی از فرورانش ورقه عربستان به زیر ورقه ایران مرکزی می داند. همچنین جعفری درسال ۱۳۸۰درغالب پایان نامه کارشناسی ارشد به مطالعه توده نفوذی قهرود پرداخت وآن را جزء گرانیتوئیدهای نوع I و قبل از برخورد از نوع کالکوآلکالن و متاآلومین قرار داده است وپدیده های ناشی ازمحلولهای هیدروترمال ثانویه را مثل تورمالینی شدن وکربناته شدن را مورد بررسی قرار داده است.

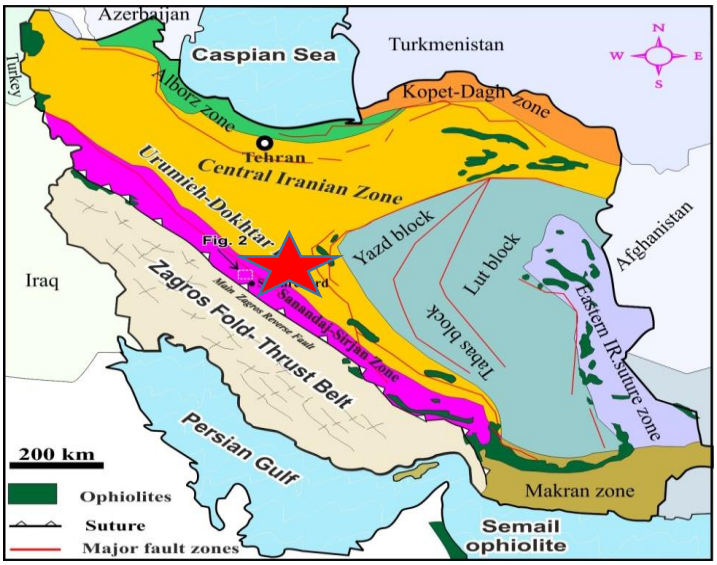
۱،۱. روش تحقیق

بدنبال پیمایش و بررسی های صحرایی، جمعا ۶۲ مورد نمونه جمع آوری شد. و در گروه زمین شناسی دانشگاه اصفهان،گروه مقطع نازک تهیه شد. مطالعات پتروگرافی در دانشگاه پیام نور شهرکرد انجام گرفت و سپس ۱۰ نمونه ارتوکلاز و ۳ نمونه هورنبلند جهت آنالیز مینرال شیمی به آزمایشگاه دانشگاه اکلاهما سیتی امریکا ارسال شد. نتایج مینرال شیمی نمونه ها با استفاده از نرم افزار minpet پردازش شد. در نهایت با تلفیق کلیه دادهها به بررسی وضعیت منطقه پرداخته شد.

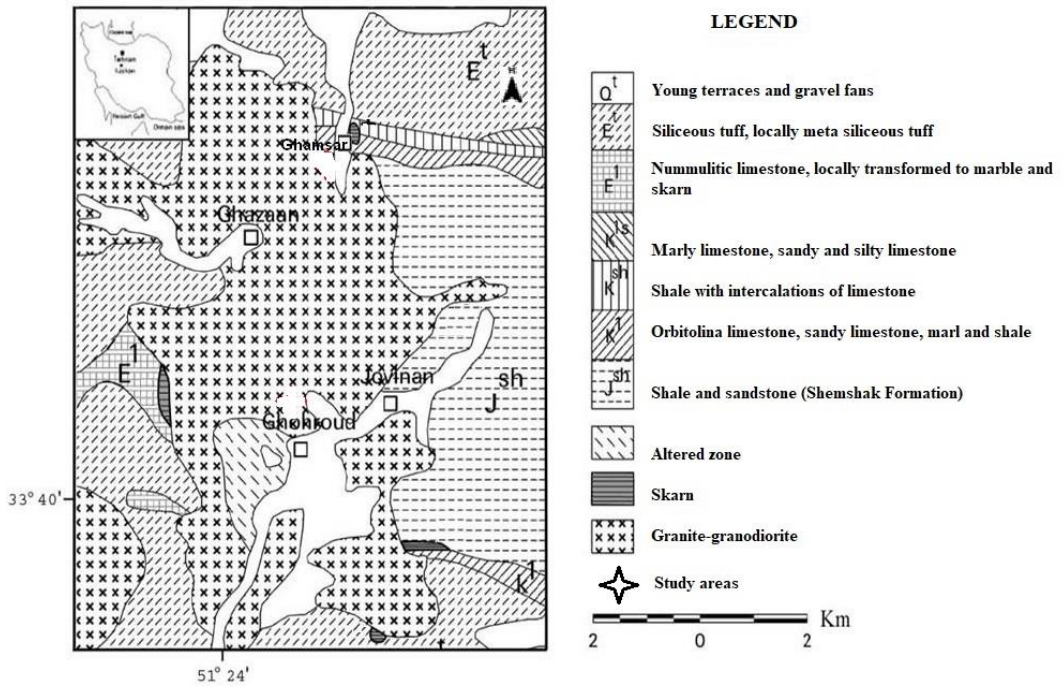
۱،۱. مطالعات زمین شناسی

توده گرانیتوئیدی قهرود درزون ایران مرکزی و جزء رشته کوه های قهرود محسوب می‌شود که اکثر ارتفاعات بیش از۲۵۰۰ متربلندی داشته و به صورت استوک بزرگ و بیرون زدگی های کوچکی پراکنده دیده می‌شود(شکل ۱).

کمپلکس قهرود شامل دارای طیف ترکیبی متنوعی از گرانودیوریت تاگرانیت همراه با آپلیت، پگماتیت و رگه های کوارتزی می باشد. در حاشیه این توده هورنفلس و اسکارن با گستردگی متنوعی قابل مشاهده است قدیمی‌ترین سنگها لایه‌های رسوبی پالئوزوئیک- تریاس شامل سری ضخیمی از سنگ های رسوبی آواری دانه ریز و همچنین سنگ های کربناته دریائی کم عمق می باشند. اشتوکلین (۱۹۶۸) . سپس ماسه سنگی دانه ریزبه رنگ سبززیتونی،تیره واسلیت استون‌های وشیل‌های متورق سیاهرنگ و بعضا میکروکنگلومرا ژوراسیک بیرون‌زدگی دارد. آهک‌های کرتاسه با رنگ‌های روشن در غرب و شمال و شرق و بعضاً جنوب روستای قهرود رخنمون دارند. سنگ‌های آتشفشانی رسوبی ائوسن درمنطقه به صورت پیشرونده و ناهمساز برروی سازندهای قدیمی قرار گرفته اند. در نهایت مجموعه کنگلومرا و سنگهای آتشفشانی، ته نشستهای پلیو کواترنر را تشکیل می‌دهند. سازندهای دوران چهارم زمین شناسی در این ناحیه دارای گسترش زیادی هستند که به صورت تراسهای کهن بلند، تراورتن، تراسها با ارتفاع متوسط، آلوویوم و رسوب‌های رودخانه‌ی عهد حاضر دیده می‌شود(شکل ۲).



شکل ۱. نقشه زمین شناسی واحدهای ساختاری ایران(Shabanian et al., 2018) ، منطقه مورد مطالعه با ستاره قرمز مشخص شده است



شکل۲: نقشه زمین‌شناسی منطقه قهرود- قمصر (اقتباس از نقشه زمین‌شناسی ۱/۱۰۰۰۰۰ کاشان با کمی تغییرات برگرفته از Radfar, 1993 و Ghasemi et al.,2014)

۲,۱. سنگ‌شناسی

توده گرانیتوییدی قهرود به صورت یک توده اصلی و تعدادی بیرون زدگی کوچک هم ، به درون واحدهای سیلورین تا میوسن زیرین تزریق شده بطوریکه مجموع بیرون زدگی های ان بالغ بر ۶۵ کیلومتر مربع می باشد. بررسی های زمین شناسی نشان می دهد که این توده ها در اعماق به هم وابسته اند و در واقع یک توده اصلی را تشکیل می دهند(امامی ۱۳۷۹). این توده ترکیب همگنی ندارد و دارای

ترکیب سنگ شناسی متنوعی از گرانودیوریت در مرکز تا پیروکسن دیوریت و آمفیبول دیوریت و گابروی کوارتز دار در حواشی می رسد(شکل ۳).

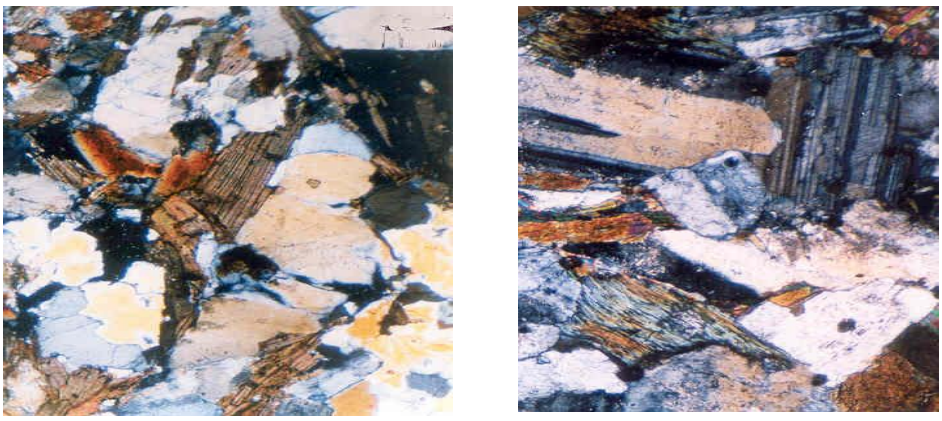
شکل۳- رخنمون توده گرانیتوییدی قهرود

بعضا آپلیت ها در ابعاد متفاوت در توده نفوذی و سنگ میزبان قابل رویت هستند. آپلیت ها بیشتر در شرق قهرود و در امتداد شکستگی های سنگهای ولکانیک قرار دارند. پگماتیت ها به صورت سنگهای درشت بلور که به صورت رگه ای با طول و ضخامت های متفاوت در سنگ میزبان دیده می شوند و بیشتر در اطراف توده گرانودیوریتی همراه با دایکهای پنومالوتیکی آپلیتی دیده می شوند. همچنین رخنمون های سنگ های دگرگونی و رسوبی با رنگ¬های روشن تا تیره قابل مشاهده می باشد. کمپلکس گرانیتوییدی قهرود با طیف ترکیبی گرانودیوریت، تونالیت و مونزوگرانیت با رنگ سفید متمایل به خاکستر ی می باشد. در بخش گرانودیوریتی بیشتر دارای بافت پویی کلیتی با کانی های اصلی پلاژیوکلاز با ماکل پلی سنتتیک و گاهی مقادیری، ارتوکلاز تا ۱۲ درصد ، کوارتز تا ۱۴ درصد و هورنبلند و بیوتیت تا ۱۰ درصد می باشد. کانی های فرعی این سنگ بیشتر شامل اسفن، زیرکن و کانیهای کدر هستند. در بخش تونالیتی بیشتر بافت گرانولار و در برخی قسمتها دارای بافت پویی کلیتیک و کانی های اصلی پلاژیوکلاز تا ۹۲ درصد با ماکل پلی سنتتیک، و ارتوکلاز تا ۳ درصد با ماکل ساده، کوارتز تا ۱۰ درصد، بیوتیت و هورنبلند (۱۳ تا ۰۳ درصد(هستند. کانیهاای فرعی تونالیتها بیشتر زیرکن، آپاتیت و کانیهای کدر است.در بخش مونزوگرانیتی بافت گرانولار و به مقدار تقریبا مساوی پلاژیوکلاز و فلدسپار پتاسیم هستند. کانیهای اصلی تشکیل دهنده مونزوگرانیت شامل ارتوکلاز تا ۱۲ درصد، پلاژیوکلاز ت۳۳ درصد و هورنبلند و بیوتیت ۸ درصد می باشد. کانی های فرعی این سنگ بیشتر شامل اسفن زیرکن ، آپاتیت و کالنی های کدر است .

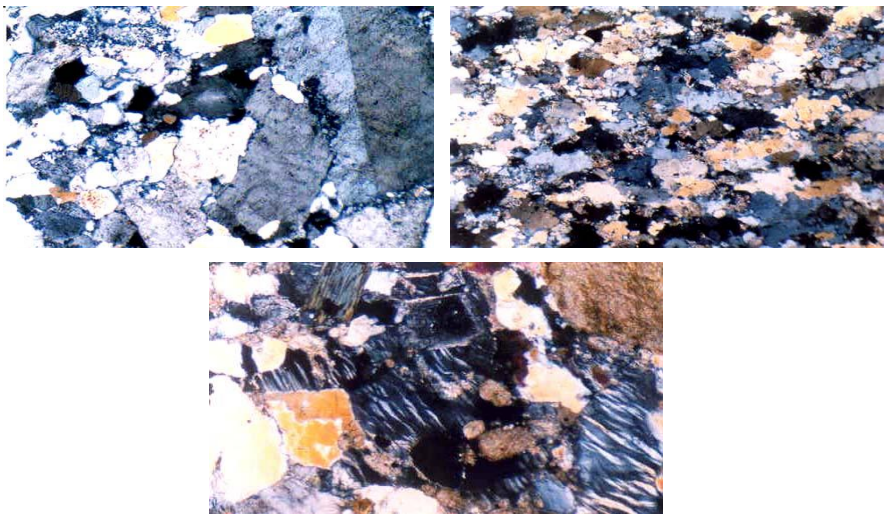
دگرسانی های شاخص فیلیک، آرژیلیک، پروپیلیتیک و سیلیسی دراین توده قابل مشاهده می باشد. حضور کوارتزهای هیدروترمال در گرانیتوئیدهای قهرود و تحلیل رفتن فلدسپارها و بیوتیت‌ها و سیلیسی شدن آنها نشان از رخداد دگرسانی سیلیسی تحت تاثیر محلولهای سیلیسی می‌باشد. همچنین آنکلاوهای گرد و بیضوی دیوریت و درجه رنگینی مزوکراتیک در حاشیه و مرکز این توده مشاهده می‌شود. بافت عمده این سنگ‌ها، گرانولار و پویی‌کلیتیک و گاه پورفیروئیدی می‌باشد که به سمت حاشیه توده، دانه‌ریزتر می‌گردد.

بلورهای ارتوکلاز با اندازه درشت (بیشتر از یک میلیمتر) تا متوسط بلور با ماکل دوتایی و پرتیتی در نمونه های گرانیتوییدی به وضوح قابلرویت هستند..(شکل ۴و ۵). هورنبلند به صورت درشت بلور با پلوکرویسم سبز رنگ در حالت بدون انالیزور دیده می‌شوند. آمفیبولها اغلب دچار آلتراسیون شده‌اند. بیوتیت از فراوان‌ترین کانی‌های فرومنیزین در سنگ مورد مطالعه می‌باشند که دارای فرم شکل‌دار تا نیمه شکل‌دارند. کلریت (حاصل از تجزیه بیوتیت) و مسکویت‌ها در مجاورت بیوتیت‌ها مشاهده می‌شوند. بلورهای اسفن همراه با اپاک، حاصل

دگرسانی و تجزیه بیوتیت‌ها در امتداد رخ‌ها دیده می‌شوند. کانی‌های اپاک نیز بطور فراوان در شکستگی‌ها و در اطراف کانی‌ها مشاهده می‌شود(شکل ۵). پلاژیوکلاز عمده کانی تشکیل دهنده گرانیتوئیدها مورد مطالعه می‌باشد که با ۲۰ تا ۴۰ درصد حجمی اغلب به صورت درشت بلور با ماکل آلبیتی تا پلی سنتیتیک دیده می‌شوند. در برخی قسمتها آلتراسیون پلاژیوکلازها دیده می‌شوند.



شکل ۴ : کانی های کوارتز ، بیوتیت، پلاژیوکلاز ،ارتوکلاز با بافت گرانولا در توده گرانیتوئیدی قهرود



شکل۵- بلورهای ارتوکلاز و کوارتز در توده مورد مطالعه

۳،۱. کریستال شیمی

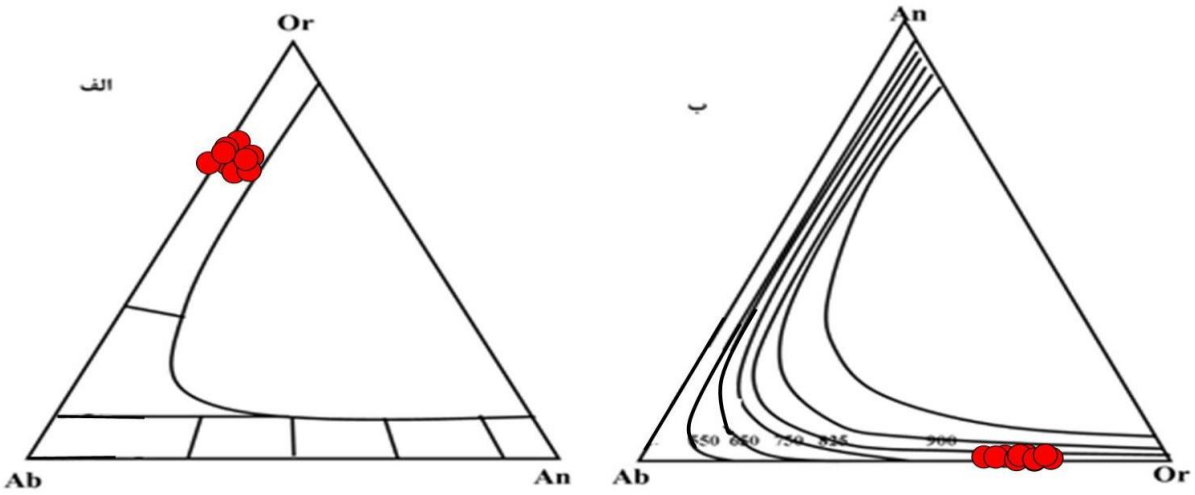
نتایج آنالیز ماکروپروپ۱۰ نقطه فلدسپات پتاسیک و ۳ نقطه آمفیبول نمونه‌های مورد مطالعه در جدول ۱ و ۳ آورده شده است. ترسیم داده‌های مینرال شیمی فلدسپات‌های پتاسیک در نمودار مثلثی Ab-An-Or(Deer et al., 1991)، دال بر پلات آنها در گستره ارتوکلاز می باشد(شکل الف۶). همچنین در نمودار دماسنجی فلدسپاتها با استفاده از نمودار سه تایی An-Or-Ab دمایی در محدوده دمای ۷۵۰ تا ۸۵۰ درجه سانتیگراد پلات می شوند(شکل ب ۶). این دما می تواند ناشی ازتحولات زیر نقطه انجماد ترکیب فلدسپارها در طول تبلور توده است(Anderson ,۱۹۹۶). طیف ترکیب شیمیایی فلدسپات پتاسیک در منطقه مورد مطالعه عبارت از $An_{0.03-27}$ $Ab_{9.94-16.64}Or_{83.02-89.35}$ می باشد(جدول ۲).

جدول ۱. نتایج آنالیز ماکروپروب از کانی های فلدسپات پتاسیک

Label	Kfs-1	Kfs-2	Kfs-3	Kfs-4	Kfs-5	Kfs-6	Kfs-7	Kfs-8	Kfs-9	Kfs-10
SiO_2	63.64	64.28	64.33	63.85	64.19	64.11	63.96	64.09	64.04	63.84
TiO_2	0.00	0.00	0.03	0.02	0.02	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00
Al_2O_3	18.63	18.71	18.91	19.04	18.83	18.89	18.67	18.98	18.78	18.71
Fe_2O_3	0.01	0.03	0.03	0.04	0.03	0.03	0.02	0.04	0.03	0.02
MgO	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.01
CaO	0.03	0.02	0.03	0.05	0.04	0.01	0.03	0.04	0.02	0.02
BaO	0.20	0.23	0.11	0.30	0.31	0.20	0.22	0.21	0.21	0.20
Na_2O	1.13	1.57	1.87	1.10	1.66	1.36	1.35	1.49	1.36	1.24
K_2O	15.12	14.62	14.20	15.06	14.30	14.70	14.87	14.63	14.79	14.95
Total	98.76	99.48	99.51	99.48	99.38	99.30	99.12	99.50	99.21	98.99
Si	2.98	2.98	2.97	2.97	2.98	2.97	2.98	2.97	2.98	2.98
Ti	0.000	0.000	0.001	0.001	0.001	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000
Al	1.027	1.022	1.030	1.042	1.029	1.033	1.025	1.036	1.029	1.028
Fe3+	0.000	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.000
Mg	0.001	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.001	0.001	0.000	0.001
Ca	0.001	0.001	0.001	0.003	0.002	0.000	0.001	0.002	0.001	0.001
Ba	0.004	0.004	0.002	0.005	0.006	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004
Na	0.102	0.141	0.168	0.099	0.149	0.123	0.122	0.134	0.122	0.112
K	0.902	0.864	0.837	0.892	0.846	0.870	0.883	0.865	0.877	0.889
Sum	5.013	5.013	5.013	5.009	5.007	5.005	5.013	5.011	5.009	5.011

جدول۲. ترکیب شیمیایی ارتوکلاز منطقه مورد مطالعه

%Ab	%An	%Or
10.15	0.14	89.35
13.98	0.12	85.49
16.64	0.14	83.02
9.94	0.27	89.24
14.86	0.19	84.40
12.32	0.03	87.30
12.06	0.13	87.42
13.29	0.20	86.13
12.19	0.08	87.36
11.17	0.11	88.35



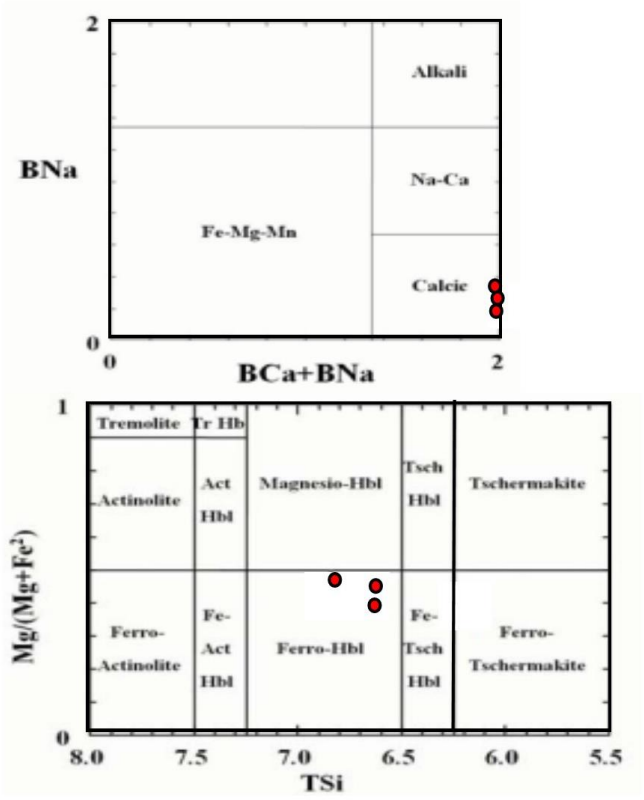
شکل ۶) الف: پلات نمونه های فلدسپات موردمطالعه در نمودار Ab-An-Or (Deer et al.,۱۹۹۱ ،ب) پلات داده های مینرال شیمی در سه تایی Or-An-Ab جهت تعیین دمای تعادلی کانی های ارتوکلاز منطقه مورد مطالعه (Anderson۱۹۹۶) .

نتایج داده‌های ماکروپروب ۳ نمونه آمفیبول در جدول ۳ نمایش داده شده است. بر اساس آنالیز نقطه ای ترکیب آمفیبولها مطابق با تقسیم بندی (Leake et al., 1997) از نوع کلسیک است. داده‌های مینرال شیمی آمفیبول دال برماهیت فروهورنبلند این نمونه‌ها می‌باشد(شکل ۷). این نمونه‌ها ترکیبی از هورنبلند تا چرماکیت داشته و کلسیکی هستند و دارای منشاء آذرین بوده و حاصل تبلور ماگمای می‌باشند(شکل ۸). این نمونه‌ها از نظر شیمیایی دارای Fe<#۳,۰ و ۵,۱ > فوگاسیته‌ی بالای اکسیژن هستند که نشان دهنده موقعیت های تکتونیکی مرز صفحات همگرا می‌باشد(Andesron, 1996) (شکل۴).

جدول۳- مینرال شیمی آمفیبول توده گرانیتوئیدی قهرود

Sample	gh-1	gh-2	gh3
SiO2	42.25	44.1	43.87
TiO2	0.68	0.73	0.84
Al2O3	8.7	9.78	10.52
FeO*	20.64	21.12	22.43
MnO	0.01	0.16	0
MgO	8.56	8.28	6.88
CaO	11.53	11.58	11.45
Na2O	1.07	1.52	1.32
K2O	0.39	0.13	0.49
F	0	98.03	0
Total	96.74	6.62	97.88
Si	6.88	0.05	6.64

Ti	0.07	1.32	0.09
Al iv	1.12	0.42	1.36
Alvi	0.39	0.32	0.53
Fe3+	0.29	2.37	0.24
Fe2+	2.32	0.02	2.6
Mn	0	0	0
Mg	1.92	1.85	1.54
Ca	1.86	1.83	1.89
Na	0.33	0.47	0.36
K	0.06	0.1	0.1
F	0	0.06	0



شکل 7-نمایش ترکیب آمفیبولها بر روی دیاگرام تقسیم بندی آمفیبولها (Leake et al., 1997; Hawthorne, 1981).

از آنجاییکه همزیستی تعادلی زوجهای (Holland and Blundy, 1994) فلدسپات- آمفیبول به عنوان ژئوترمومتر کاربرد دارنداستفاده از این زوج کانی در خصوص نمونه های منطقه موردمطالعه فشار ۱ تا ۱۰ کیلوبار، و درجه حرارت تعادل کانی بین ۶۱۰ تا ۷۲۰ درجه سانتیگراد را نشان می‌دهد. (Schmidt ,1992).

جـــدول 4 -نتـــایج فشارســـنجی آمفیبول های مورد مطالعه ا

Sample	P (Kbar)
1	**4.32**
2	**5.31**
3	**5.99**
average	**5.21**

براساس معادلات ارایه شده جهت محاسبه فشار، مقادیر فشار میانگین تبلور و تعادل نهایی آمفیبول در توده‌ی گرانیتوئیدی قهرود بین ۴/۳۲ تا ۶/۵ کیلوبار بوده است (جدول۴). بنابر داده‌های موجود می توان اذعان داشت که ابتدا مخزن ماگمایی در اعماق حدود ۲۵ کیلومتری در پوسته زیرین- میانی وجود داشته که در آن تبلور تفریقی ماگما سبب تشکیل آمفیبولهای فروهورنبلند شده است. همزمان ارتوکلازها در دمای تا ۷۵۰ درجه سانتی گراد تشکیل شده و این تبلور تا دمای ۸۵۰ درجه سانتی گراد ادامه داشته است.

نتیجه‌گیر ی

توده گرانیتوئیدی قهرود در نزدیکی روستای قهرود و در شمال اصفهان در زون ساختاری ارومیه دختر واقع شده است. کانی‌های عمده تشکیل دهنده این توده شامل کوارتز، ارتوکلاز، پلاژیوکلاز، آمفیبول به همراه کانی‌های اپاک و سایر کانی‌های رعی است. دگرسانی با طیف متنوعی دارای گستردگی وسیعی می‌باشد. رگه و رگچه‌های کوارتز، کلسیت و فلدسپات دیده میشود. همچنین آپلیت و پگماتیت‌ها در منطقه پراکندگی زیادی دارند. نتایج داده‌های ماکروپروب دال بر حضور ارتوکلاز با ساختار پرتیت، ماکل دوتایی و بعضا بدون ماکل می‌باشد. ارتوکلازها در ساختارشان تا ۹۰ درصد ارتوز دارند. همچنین ماکروپروب از هورنبلند دال بر حضور فروهورنبلند می‌باشد. نتایج ترسیم نمودارهای مرتبط با نتایج مینرال شیمی ارتوکلاز و هورنبلند دال بر تشکیل این کانی‌های در دمای ۵۰۰ تا ۸۵۰ درجه ساتی‌گراد و در عمق ۲۵ تا ۱۸ کیلومتری سطح زمین تشکیل شده اند.

منابع

[1]امامی ، م.، . ۱۳۷۹ :ماگماتیسم در ایران. سازمان زمینشناسی و اکتشافات معدنی کشور. . تهران

[2]مهدوی زفرقندی م . ۱۳۵۷ :مطالعه زمینشناسی و پترولوژی سنگهای آذرین ناحیه شمال ابیانه، بین کاشان و نطنز. پایاننامه کارشناسی ارشد. دانشگاه تهران، دانشکده علوم

[3]Alavi, M. (1994) Tectonics of Zagros Orogenic Belt of Iran, New Data and Interpretation. Tectonophysics, 229, 211-238 .

[4]Anderson, J.L., 1996. Status of thermobarometry in granitic batholiths. Earth and Environmental Science Transactions of the Royal Society of Edinburgh, 87(1-2), pp.125-138

[5]Deer, W. A., Howie, R. A. and Zussman, J. (1992) An Introduction to the Rock forming Minerals. 2nd Edition, Longman, London.

[6]Ghasemi, A., Tabatabaei Manesh, M. and Tabatabaei, S.H. (2014) Petrography, mineral chemistry, thermobarometry and the determination of magmatic series in the Ghohroud intermediate enclaves, South of Kashan. Journal of Petrology, 20:127-146 (In Persian with English Abstract.

[7]Hawthorne, F. C. (1981) Crystal chemistry of the amphiboles. In D.R. Veblen, Ed., Amphiboles and other hydrous pyriboles-mineralogy. Reviews in Mineralogy, Mineralogical Society of America, Washington, D.C. 9A: 1–102.

[8]Holland, T. J. B. and Blundy, J. (1994) Non-ideal interactions in calcic amphiboles and their bearing on amphibole-plagioclase thermometry. Contributions to Mineralogy and Petrology 116: 433–447.

[9]Leake, B. E., Woolley, A. R., Arps, C. E. S., Birch, W. D., Gilbert, M. C., Grice, J. D., Hawthorne, F. C., Kato, A., Kisch, H. J., Krivovichev, V. G., Linthout, K., Laird, J., Mandarino, J. A., Maresch, W. V., Nickel, E. H., Rock, N. M. S., Schumacher, J. C., Smith, D. C., Stephenson, N. C. N., Ungaretti, L., Whittaker, E. J. W. and Youzhi, G. (1997) Nomenclature of amphiboles: report of the subcommittee on amphiboles of the International Mineralogical Association, Commission on new minerals and mineral names. Canadian Mineralogist 35: 219– 246.

[10]Radfar, J. and Alaii Mahabadi, S. (1993) Geological map of Kashan, Scale 1:200000, Geological Survey of Iran.

[11]Shabanian, N., Davoudian, A. R., Dong, Y., and Liu, X., 2018. U-Pb zircon dating, geochemistry and Sr-Nd-Pb isotopic ratios from Azna-Dorud Cadomian metagranites, Sanandaj-Sirjan zone of western Iran. Precambrian Research, 306:41-60..

[12]Stocklin, J. (1968) Structural History and Tectonic of Iran: A Review. American Association of Petroleum Geologists Bulletin, USA, 52, 1229-1258.