

خدایم!

هر جا که باشم از آن تو هستم،

و مرید همه پیام آوران و عاشقان تو.

شاگرد همه اساتیدی که راز تو را می شناسند،

و خدمتگزار تمامی انسان ها و مخلوقات.

زیرا همه آنها از آن تو هستند.



وزارت علوم، تحقیقات و فناوری

دانشگاه شهید بهشتی

دانشکده علوم زمین

گروه آموزشی زمین شناسی

پایان نامه جهت اخذ درجه کارشناسی ارشد

رشته زمین شناسی / گرایش پترولوژی

عنوان:

پتروگرافی، دگرسانی و ژئوشیمی سنگهای آذرین و ارتباط آن با کانی سازی در

محور خاروانا- نوجه مهر (جنوب شرق سیه رود و شمال شرق تبریز)

استاد راهنما:

دکتر سید محمد پورمعافی

دکتر منصور قربانی

استاد مشاور: دکتر ایرج رساء

نگارنده: حمیده غفرانی

نیمسال دوم سال تحصیلی ۸۶-۱۳۸۵

۱۰۲۴۱۴

۱۳۸۶ / ۸ / ۲۷

بسمه تعالی
وزارت علوم ، تحقیقات و فناوری
دانشگاه شهید بهشتی
دانشکده علوم زمین
گروه زمین شناسی
تأییدیه دفاع از پایان نامه
کارشناسی ارشد

این پایان نامه توسط خانم : حمیده غفرانی دانشجوی دوره کارشناسی ارشد ناپیوسته

رشته : زمین شناسی گرایش : پترولوژی در تاریخ ۱۳۸۶/۲/۱۲ مورد دفاع

قرار گرفت و براساس رأی هیأت داوران با نمره ۱۹/۵ و درجه عالی

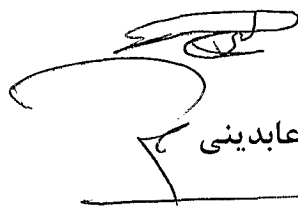
پذیرفته شد .



استاد راهنما : آقای دکتر سید محمد پورمعانی

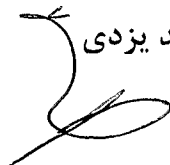
آقای دکتر منصور قربانی

استاد مشاور : آقای دکتر ایرج رساء



استاد داور : آقای دکتر منصور وثوقی عابدینی

استاد داور : آقای دکتر محمد یزدی



خدا را سپاس می گویم که توانستم یک گام دیگر در زندگی فراتر بروم.
از همسر سپاسگزارم که در طول این مدت، هر چند کوتاه، با توانایی های خود تمام
ضعف های مرا جبران کرد.
از پدر و مادرم سپاسگزارم که در این راه مشوق و پشتیبان من بودند.
از اساتید راهنما و مشاور خود تشکر می کنم که در این راستا یاری های خود را از من
دریغ نکردند.
امیدوارم این عزیزان کوتاهی های مرا در این مدت خردانه نگیرند و بر بزرگواری خویش
بیخشنند.

اقرار و تعهدنامه

اینجانب حمیده غفرانی دانشجوی مقطع کارشناسی ارشد دانشگاه شهید بهشتی ، دانشکده علوم زمین ، گروه زمین شناسی ، رشته زمین شناسی ، گرایش پترولوژی پایان نامه حاضر را بر اساس مطالعات و تحقیقات شخصی خود انجام داده و در صورت استفاده از داده‌ها ، مآخذ ، منابع و نقشه‌ها به‌طور کامل به آن ارجاع داده‌ام ، ضمناً داده‌ها و نقشه‌های موجود را با توجه به مطالعات میدانی - صحرایی خود تدوین نموده‌ام . این پایان نامه پیش از این به هیچ وجه در مرجع رسمی یا غیر رسمی دیگری به عنوان گزارش یا طرح تحقیقاتی عرضه نشده است . در صورتی که خلاف آن ثابت شود ، درجه‌ی دریافتی اینجانب از اعتبار ساقط شده ، عواقب و نتایج حقوقی حاصله را می‌پذیرم .

تاریخ ۸۷/۲/۲۴

امضاء

چکیده:

محور خاروانا- نوجه مهر با وسعتی در حدود ۹۰ کیلومتر مربع (۱۸km×۵km) در استان آذربایجان شرقی در ۱۵۰ کیلومتری شمال شهر تبریز در ورقه ۲۵۰۰۰۰ : ۱ تبریز-پلدشت بین طولهای جغرافیائی ۴۶° تا ۴۶°۳۰' شرقی و عرضهای جغرافیائی ۳۸°۳۰' و ۳۹° و در ورقه ۱۰۰۰۰۰ : ۱ سیه رود با مختصات ۴۶°۱۶'۵۵" - ۴۶°۱۳'۹" طول خاوری و عرض ۳۸°۴۹'۲۴" - ۳۸°۴۳'۵۲" واقع شده است. محدوده مورد مطالعه در تقسیم بندی زمین شناسی ایران توسط اشتوکلین (۱۹۶۸) در زون البرز- آذربایجان قرار دارد. سن این مجموعه از کرتاسه بالایی تا پالئوسن تغییر می کند و توف های جوانتر با سن ائوسن نیز در برخی نقاط روی آندزیت ها قرار گرفته اند. این محدوده از نظر سنگ شناسی بسیار متنوع است و شامل چهار بخش سنگ های آذرین درونی، سنگ های آذرین بیرونی، سنگ های آذرین نیمه عمیق و سنگ های آذرآواری است. ترکیب سنگ های آذرین درونی از پیروکسنیت تا آلکالی گرانیت متغیر است و بافت اکثر آنها گرانولار است. ترکیب سنگ های آذرین بیرونی از ریوداسیت تا اولیوین بازالت تغییر می کند و بافت آنها از پورفیریک با خمیره میکروگرانولار یا خمیره میکرولیتی تا سریت می باشد. سنگ های آذرآواری بیشتر از نوع توف است که اکثراً دارای ترکیب سیلیسی و کربناتی هستند. روند تغییرات عناصر اصلی در نمودارهای دو متغیره هارکر نشان می دهد که با افزایش مقدار SiO_2 ، مقدار اکسیدهای CaO ، MgO ، Fe_2O_3 و TiO_2 کاهش و مقدار اکسیدهای Na_2O و K_2O افزایش می یابد. P_2O_5 با افزایش SiO_2 در ابتدا افزایش و سپس کاهش می یابد و مقدار Al_2O_3 در مقابل SiO_2 تقریباً روند ثابتی دارد. مطالعات ژئوشیمیایی نشان می دهد که اکثر سنگ های منطقه ماهیت کالک آلکان با پتاسیم متوسط تا زیاد دارند. از لحاظ محیط تکتونیکی، بازالت ها اکثراً متعلق به بازالت های کالک آلکان جزایر قوسی (CAB) و گرانیتوئیدها نیز جزء گرانیت های قوس آتشفشانی (VAG) و همزمان با تصادم (Syn-COLG) هستند. آندزیت ها از نوع آندزیت های کوهزایی و جزء آندزیت های جزایر قوسی می باشند. در برخی محل ها سیالات هیدروترمالی دگرسانی شدیدی در منطقه ایجاد کرده، و به صورت محدود باعث کانی سازی در منطقه شده اند. دگرسانی های موجود در منطقه شامل دگرسانی آرژیلیک، پتاسیک، فیلیک، پروپیلیتیک، دگرسانی آلونیتی، سیلیسی شدن و آلبیتی شدن می باشد. دگرسانی فراگیر از نوع آرژیلیک بوده که اغلب سنگها به خصوص آندزیتها و داسیتها را تحت تاثیر قرار داده است. در شمال محور مورد مطالعه با توجه به تجمع کانیهای Fe دار و Cu دار شواهدی مبنی بر معادن ذخایر مس و آهن وجود دارد. به طور کلی کانی سازی در منطقه را می توان از لحاظ اهمیت اقتصادی به سه دسته کلی تقسیم کرد که عبارتند از: کانی سازی در توده پورفیری، کانی سازی اسکارن و کانی سازی رگه ای.

فهرست مطالب

صفحه	عنوان
۹-۱	فصل اول : کلیات
۲	۱-۱- محل و موقعیت جغرافیایی
۲	۲-۱- راه های ارتباطی
۲	۳-۱- شرایط اقلیمی
۵	۴-۱- شرایط اجتماعی منطقه
۵	۵-۱- زمین ریخت شناسی
۶	۶-۱- اهداف و روش های مطالعاتی
۷	۷-۱- مطالعات پیشین در منطقه
۲۹-۱۰	فصل دوم : زمین شناسی منطقه
۱۱	۱-۲- مقدمه
۱۱	۲-۲- زمین شناسی عمومی منطقه
۱۷	۳-۲- چینه شناسی منطقه
۱۷	۳-۲-۱- سنگ های آتشفشانی- رسوبی کرتاسه بالایی
۱۸	۳-۲-۲- سنگ های آتشفشانی پالئوسن
۱۹	۳-۲-۳- مجموعه سنگ های آتشفشانی ائوسن
۱۹	۳-۲-۴- سنگ های رسوبی و توده های نفوذی اولیگوسن
۲۰	۳-۲-۵- سنگ های آتشفشانی- رسوبی میوسن
۲۰	۳-۲-۶- نهشته های رسوبی و آبرفتی کواترنری
۲۲	۴-۲- ماگماتیسم ترشیر
۲۳	۴-۲-۱- ماگماتیسم ترشیر آذربایجان
۲۵	۴-۲-۲- ماگماتیسم در منطقه
۲۷	۵-۲- دگرسانی در منطقه
۲۷	۶-۲- کانی سازی در منطقه
۲۷	۷-۲- زمین ساخت منطقه

۶۱-۳۰	فصل سوم : رده بندی و پتروگرافی سنگ های آذرین
۳۱	بخش اول : رده بندی سنگ های آذرین
۳۱	۱-۱-۳- مقدمه
۳۱	۱-۱-۳- طبقه بندی مودال
۳۲	۱-۲-۱-۳- تقسیم بندی و نامگذاری سنگ های آذرین براساس مصوبه کمیته IUGS
۳۵	۱-۳-۳- طبقه بندی شیمیایی
۳۵	۱-۳-۱-۳- نمودار مجموع آلكالی- سیلیس (TAS)
۳۷	۱-۳-۲-۳- طبقه بندی سنگ های آذرین با استفاده از نورم
۳۷	۱-۳-۴- رده بندی سنگ های آذرآواری
۴۰	بخش دوم : پتروگرافی
۴۰	۱-۲-۳- مقدمه
۴۱	۲-۲-۳- پتروگرافی سنگ های آذرین نفوذی
۴۱	۱-۲-۲-۳- مشخصات سنگ شناسی گابرو
۴۵	۲-۲-۲-۳- مشخصات سنگ شناسی کوارتز دیوریت تا گرانودیوریت
۴۷	۳-۲-۳- پتروگرافی سنگ های آذرین نیمه عمیق
۴۷	۱-۳-۲-۳- مشخصات سنگ شناسی دیوریت پورفیری
۴۸	۴-۲-۳- پتروگرافی سنگ های آذرین خروجی
۴۸	۱-۴-۲-۳- مشخصات سنگ شناسی بازالت
۵۰	۲-۴-۲-۳- مشخصات سنگ شناسی آندزیت تا تراکی آندزیت
۵۵	۳-۴-۲-۳- مشخصات سنگ شناسی تراکیت
۵۶	۴-۴-۲-۳- مشخصات سنگ شناسی داسیت تا ریوداسیت
۵۹	۵-۲-۳- پتروگرافی سنگ های آذرآواری
۸۶-۶۲	فصل چهارم : ژئوشیمی و پترولوژی سنگ های آذرین
۶۳	۱-۴- مقدمه
۶۴	۲-۴- بررسی تحولات ماگمایی و ارتباط ژنتیکی سنگ های منطقه
۶۴	۱-۲-۴- نمودارهای دو متغیره هارکر
۶۵	۱-۱-۲-۴- روند تغییرات عناصر اصلی

- ۷۰ ۲-۱-۲-۴- روند تغییرات عناصر کمیاب در مقابل سیلیس
- ۷۸ ۲-۲-۴- کاربرد اندیس های مختلف در ارتباط با تحولات ماگمایی
- ۸۱ ۳-۳- تعیین سری های ماگمایی موجود در منطقه
- ۸۱ ۱-۳-۴- نمودار درصد وزنی K_2O+Na_2O در مقابل SiO_2 از کاکس و همکاران (۱۹۷۹)
- ۸۲ ۲-۳-۴- نمودار آلکالی ها در مقابل سیلیس از ابروین و باراگار (۱۹۷۱)
- ۸۲ ۳-۳-۴- نمودار AFM از ابروین و باراگار (۱۹۷۱)
- ۸۲ ۴-۳-۴- نمودار K_2O در مقابل SiO_2

۱۲۱-۸۷ فصل پنجم : جایگاه تکتونیکی و پتروژنز ماگمایی

- ۸۸ ۱-۵- مقدمه
- ۸۹ ۲-۵- محیط های تکتونیکی
- ۹۰ ۱-۲-۵- محیط تکتونیکی بازالت ها
- ۹۰ ۲-۲-۵- جایگاه تکتونیکی بازالت های منطقه
- ۹۱ ۱-۲-۲-۵- نمودارهای متمایز کننده بازالت ها بر اساس عناصر اصلی
- ۹۱ - نمودار $MgO-FeO-Al_2O_3$ (پیرس و همکاران، ۱۹۷۷)
- ۹۱ ۲-۲-۲-۵- نمودارهای متمایز کننده بازالت ها بر اساس عناصر فرعی
- ۹۱ - نمودار $TiO_2-K_2O-P_2O_5$ (پیرس و همکاران، ۱۹۷۵)
- ۹۲ - نمودار $MnO-TiO_2-P_2O_5$ (مولن، ۱۹۸۳)
- ۹۴ ۳-۲-۲-۵- نمودارهای متمایز کننده با استفاده از عناصر کمیاب
- ۹۴ - نمودارهای $Ti-Zr-Sr$ و $Ti-Zr-Y$ ، $Ti-Zr$ (پیرس و کن، ۱۹۷۳)
- ۹۵ - نمودار $Ti-V$ (شروایس، ۱۹۸۲)
- ۹۸ ۳-۲-۵- محیط های تکتونیکی گرانیت ها
- ۹۸ ۴-۲-۵- جایگاه تکتونیکی گرانیت های منطقه
- ۱۰۰ ۱-۴-۲-۵- نمودارهای مختلف مانیار و پیکولی (۱۹۸۹)
- ۱۰۲ ۲-۴-۲-۵- تقسیم بندی هانیدمن جهت تعیین مقادیر آلومین در گرانیتوئیدها
- ۱۰۳ ۳-۴-۲-۵- نمودارهای متمایز کننده گرانیت ها براساس $Nb-Y$ و $Ta-Yb$ (پیرس و همکاران، ۱۹۸۴)

- ۱۰۳ ۴-۴-۲-۵- نمودارهای متمایز کننده گرانیته ها بر اساس Rb-(Y+Nb) و Rb-(Yb+Ta) (پیرس و همکاران، ۱۹۸۴)
- ۱۰۴ ۵-۴-۲-۵- نمودارهای تغییرات عناصر کمیاب بر حسب درصد SiO_2 برای تفکیک گرانیته ها (پیرس و همکاران، ۱۹۸۵)
- ۱۰۹ ۵-۲-۵- محیط های تکتونیکی آندزیت ها
- ۱۱۳ ۶-۲-۵- جایگاه تکتونیکی آندزیت های منطقه
- ۱۱۵ ۱-۶-۲-۵- نمودار درصد SiO_2 در مقابل K_2O برای تفکیک آندزیت های مختلف (گیل، ۱۹۸۱)
- ۱۱۶ ۷-۲-۵- روند تغییرات عناصر کمیاب بر اساس نمودارهای عنکبوتی
- ۱۱۷ ۱-۷-۲-۵- نمودارهای عنکبوتی در سنگ های آذرین اسیدی
- ۱۱۷ ۲-۷-۲-۵- نمودارهای عنکبوتی در سنگ های آذرین بازیک
- ۱۲۰ ۳-۷-۲-۵- نمودارهای عنکبوتی در سنگ های حدواسط

۱۵۶-۱۲۲

فصل ششم: دگرسانی و ارتباط آن با کانی سازی

- ۱۲۳ ۱-۶- مقدمه
- ۱۲۳ ۲-۶- دگرسانی (Alteration)
- ۱۲۴ ۱-۲-۶- دگرسانی سنگ های دیواره
- ۱۲۴ ۲-۲-۶- عوامل موثر در شدت و نوع دگرسانی
- ۱۲۶ ۳-۲-۶- واکنش های دگرسانی
- ۱۲۸ ۳-۶- انواع دگرسانی موجود در منطقه
- ۱۲۸ ۱-۳-۶- دگرسانی آرژیلیک (Argillic Alteration)
- ۱۳۰ ۲-۳-۶- دگرسانی پتاسیک (Potassic Alteration)
- ۱۳۲ ۳-۳-۶- دگرسانی سریسیتیک (Sericitic Alteration)
- ۱۳۵ ۴-۳-۶- دگرسانی نوع سیلیسی (Silicious Alteration)
- ۱۳۶ ۵-۳-۶- دگرسانی پروپیلیتیک (Propylitic Alteration)
- ۱۳۹ ۶-۳-۶- دگرسانی آلونیتی (Alunitization)
- ۱۴۰ ۷-۳-۶- دگرسانی آلبیتی (Albitization)
- ۱۴۰ ۴-۶- دگرسانی سنگ های آتشفشانی کالک آلکالن
- ۱۴۱ ۱-۴-۶- مراحل دگرسانی هیدروترمال آندزیت

- ۱۴۳ ۵-۶- دگرسانی سنگ های نفوذی کالک آلکالن
- ۱۴۳ ۶-۶- دگرسانی بازالت ها
- ۱۴۴ ۷-۶- دگرسانی سنگ های گابرویی و اولترامافیک
- ۱۴۴ ۸-۶- سنجش از دور
- ۱۵۱ ۹-۶- کانی سازی در منطقه
- ۱۵۲ ۱-۹-۶- کانی سازی در توده پورفیری
- ۱۵۲ ۲-۹-۶- کانی سازی اسکارن توده ای
- ۱۵۲ ۳-۹-۶- کانی سازی اسکارن نواری
- ۱۵۳ ۴-۹-۶- کانی سازی رگه ای

- ۱۵۴ نتیجه گیری
- ۱۵۶ منابع فارسی
- ۱۵۹ REFERENCES

پیوست ها

فهرست ضمايم :

صفحه	تصاویر
۳	تصویر ۱-۱- راه های ارتباطی دسترسی به منطقه مورد مطالعه (برگرفته از اطلس راه های ایران با مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰)
۱۲	تصویر ۱-۲- واحدهای ساختمانی- رسوبی ایران، م.ح. نبوی، (۱۳۵۵)
۱۴	تصویر ۲-۲- واحدهای ساختمانی و گسترش حوزه های رسوبی ایران (افتخارنژاد، ۱۳۵۹)
۱۵	تصویر ۲-۳- واحدهای تکتونیکی مهم ایران، (اشتامپلی، ۱۹۷۸)
۱۶	تصویر ۲-۴- زیرتقسیمات اصلی تکتونیکی در ایران (تغییر داده شده از اشتوکلین، ۱۹۷۷)
۲۰	تصویر ۲-۵- تصویر ماهواره ای از منطقه مورد مطالعه
۲۱	تصویر ۲-۶- نقشه زمین شناسی منطقه (اقتباس از نقشه ۱:۱۰۰۰۰۰ سیه رود)
۲۹	تصویر ۲-۷- عملکرد تکتونیک به صورت گسل پس از دگرسانی که در لایه زرد رنگ افتادگی ایجاد کرده است (دید به سمت شمال)
۲۹	تصویر ۲-۸- گسل دوزال- جنگلو (جهت دید به سمت شمال)
۴۱	تصویر ۳-۱- نمونه H.G.54 (گابرو) برداشته شده از توده نفوذی اطراف روستای میانه
۴۲	تصویر ۳-۲- بلور پیروکسن در امتداد رخها به کانیهای فلزی تبدیل شده است (PPL)
۴۳	تصویر ۳-۳- ماکل پری کلین در بلور پلاژیوکلاز (XPL)
۴۳	تصویر ۳-۴- بافت افیتیک در گابرو (XPL)
۴۳	تصویر ۳-۵- مقطعی از سنگ گابرو مربوط به نمونه G.H.42 با بافت گرانولار (XPL)
۴۴	تصویر ۳-۶- مقطع میکروسکوپی هماتیت موجود در گابرو مربوط به نمونه G.H.52
۴۵	تصویر ۳-۷- گرانیتوئیدهای منطقه (جهت دید به سمت شمال)
۴۵	تصویر ۳-۸- تصویر ماکروسکوپی گرانودیوریت، نمونه G.H.44 (a) و کوارتزیدیوریت، نمونه G.H.47 (b)
۴۶	تصویر ۳-۹- کانی های تشکیل دهنده گرانودیوریت در مقطع G.H.44 (a) XPL و (b) PPL

- ۴۸ تصویر ۳-۱۰- پلاژیوکلازهای سریسیتی شده که اطراف آنها حلقه های آلبیت تشکیل شده است و کلریت های ثانویه در یک سنگ ساب ولکانیک.
(b) PPL و (a) XPL
- ۴۸ تصویر ۳-۱۱- رگه کلسیتی و پلاژیوکلاز زونه موجود در سنگ دیوریت پورفیری
(a) XPL و (b) PPL
- ۴۹ تصویر ۳-۱۲- نمونه G.H.31 ، بازالت برداشته شده از شرق روستای میانه
- ۴۹ تصویر ۳-۱۳- وجود کانی تیتانواوزیت در اولیوین بازالت (XPL)
- ۵۱ تصویر ۳-۱۴- رسوبات قرمز رنگ دشت مانند در دو سمت جاده خاروانا- پهناور.
این رسوبات حاصل اکسید شدن پیریت های موجود در آندزیت های منطقه تحت تاثیر دگرسانی فیلیک است که سطح لایه های آندزیتی را می پوشانند
(جهت دید به سمت شمال)
- ۵۱ تصویر ۳-۱۵- آندزیت های دگرسان شده که دارای اکسید آهن فراوان هستند
(جهت دید به سمت شمال)
- ۵۲ تصویر ۳-۱۶- تصاویری از انواع مختلف آندزیت. (a) نمونه H.G.36 که دچار دگرسانی سیلیسی شده است (برداشت شده از شرق منطقه)؛ (b) نمونه H.G.33 دارای حفرات پر شده از سیلیس ثانویه (برداشت شده از شرق منطقه)؛ (c) نمونه H.G.15 تراکی آندزیت تحت دگرسانی آرژیلیک (برداشت شده از کنار جاده خاروانا- پهناور) و (d) نمونه H.G.34 با دگرسانی سیلیسی و تبلور مجدد کوارتز (برداشت شده از شرق منطقه)
- ۵۲- تصویر ۳-۱۷- بافت پورفیریک با خمیره میکرولیتی در یک نمونه تراکی آندزیتی
(a) و بافت سیریت در نمونه ای از آندزیت (XPL) (b)
- ۵۳ تصویر ۳-۱۸- پلاژیوکلاز تبدیل شده به سریسیت. (a) XPL و (b) PPL
- ۵۳ تصویر ۳-۱۹- ماکل پلی سنتتیک در پلاژیوکلاز (XPL)
- ۵۴ تصویر ۳-۲۰- مقطع طولی کشیده و مقطع عرضی شش ضلعی از هورنبلند
(a) XPL و (b) PPL
- ۵۴ تصویر ۳-۲۱- بافت پوئی کلپتیک میان هورنبلند و پلاژیوکلاز. (a) XPL و (b) PPL
- ۵۵ تصویر ۳-۲۲- کانی های فلزی خودشکل در مقطع نازک آندزیت PPL (a)
، کانی پیریت و کالکوپیریت در مقطع صیقلی (b)
- ۵۵ تصویر ۳-۲۳- تبدیل شدگی کالکوپیریت به بورنیت و کالکوسیت

- ۵۷ تصویر ۳-۲۴- مقطع تراکیت و کانی های تشکیل دهنده آن در نمونه H.G.26. (a) XPL ، (b) PPL
- ۵۷ تصویر ۳-۲۵- نمونه های داسیتی برداشت شده از کنار جاده خاروانا- پهناور. (a) نمونه H.G.18 با رگه های سیلیسی آهن دار، (b) نمونه H.G.25
- ۵۸ تصویر ۳-۲۶- بافت میکروگرانولار در نمونه داسیتی H.G.25 XPL (a) و PPL (b)
- ۵۸ تصویر ۳-۲۷- کانی هماتیت در زیر میکروسکوپ انعکاسی که از اطراف به گوئیت تبدیل شده است.
- ۵۹ تصویر ۳-۲۸- آندزیت ها در زیر توف ها واقع شده اند (جهت دید به سمت شرق)
- ۶۰ تصویر ۳-۲۹- تناوب رنگی در توف های منطقه (جهت دید به سمت شمال)
- ۶۱ تصویر ۳-۳۰- یک نمونه از توف کربناتی دارای قطعات آذرآواری کوارتز. XPL (a) و PPL (b).
- ۶۱ تصویر ۳-۳۱- توف سیلیسی و آلبیتی مربوط به نمونه H.G.19 XPL (a) و PPL (b)
- ۱۳۱ تصویر ۶-۱- دگرسانی سیلیسی و دگرسانی آرژیلیک در منطقه (جهت دید به سمت شمال غرب)
- ۱۳۱ تصویر ۶-۲- تبدیل پلاژیوکلاز و آلکالی فلدسپار به سرسیت در دگرسانی آرژیلیک مربوط به یک مقطع تراکی آندزیتی. XPL (a) و PPL (b)
- ۱۳۳ تصویر ۶-۳- تبدیل هورنبلند به بیوتیت در دگرسانی پتاسیک مربوط به یک نمونه کوارتز دیوریت. XPL (a) و PPL (b)
- ۱۳۵ تصویر ۶-۴- دگرسانی فیلک و آرژیلیک در توف های منطقه (جهت دید به سمت شرق)
- ۱۳۵ تصویر ۶-۵- تبدیل Fe^{2+} به Fe^{3+} در پیریت های موجود در آندزیت ها (جهت دید به سمت شمال)
- ۱۳۵ تصویر ۶-۶- تبدیل پلاژیوکلاز به سرسیت همراه با رگه کوارتز (a). دگرسانی سرسیتیک در داسیت (b) (XPL)
- ۱۳۷ تصویر ۶-۷- دگرسانی سیلیسی همراه با تبلور مجدد کوارتز. XPL (a) و PPL (b)
- ۱۳۹ تصویر ۶-۸- تبدیل شدگی پیروکسن به کلریت. XPL (a) و PPL (b)
- ۱۳۹ تصویر ۶-۹- تبدیل هورنبلند به کلسیت و کلریت در XPL (a). تبدیل شدگی بیوتیت به کلریت و اکسید آهن در PPL (b).

- ۱۳۹ تصویر ۶-۱۰- کانی های اپاک ثانویه حاصل از دگرسانی در یک مقطع بازالتی. XPL (a) و PPL (b)
- ۱۴۰ تصویر ۶-۱۱- دگرسانی پروپیلیتیک. XPL (a) و PPL (b)
- ۱۴۱ تصویر ۶-۱۲- پدیده آلبیتی شدن در مقطع گابرو (XPL)
- ۱۴۶ تصویر ۶-۱۳- طیف بازتابی کانی های زون آرژیلیک متوسط و پیشرفته (رنسز، ۱۹۹۹)
- ۱۴۷ تصویر ۶-۱۴- طیف بازتابی کانی های کلسیت، دولومیت، منتموریلونیت، اپیدوت و کلریت (رنسز، ۱۹۹۹)
- ۱۴۸ تصویر ۶-۱۵- الف: طیف بازتابی هماتیت و گوتیت در محدوده طول موج های ۰/۵-۳ میکرون. ب: طیف بازتابی هماتیت و گوتیت در محدوده طول موج های ۰/۵-۲۵ میکرون (رنسز، ۱۹۹۹)
- ۱۵۰ تصویر ۶-۱۶- طیف بازتابی کانی های ژپس، آلونیت، دولومیت، کلسیت، ژاروسیت، بریل و رکتوریت (رنسز، ۱۹۹۹)

جداول

- ۴ جدول ۱-۱- وضع جوی شهر اهر بر حسب ماه (سالنامه آماری استان آذربایجان شرقی سال ۱۳۸۲)
- ۳۳ جدول ۳-۱- جدول مودال مربوط به سنگ های آذرین درونی منطقه مورد مطالعه
- ۳۸ جدول ۳-۲- رده بندی گرانومتری پیروکلاست ها و قطعات پیروکلاستیک تک منشأیی خوب جور شده (برگرفته از اشمیت، ۱۹۸۱)
- ۴۰ جدول ۳-۳- شماره و نام نمونه های آنالیز شده (XRF) بر اساس طبقه بندی های مختلف
- ۱۰۳ جدول ۵-۱- درصد اکسیدهای CaO و K_2O ، Na_2O ، Al_2O_3 و نسبت A/CNK برای چند نمونه گرانیتی از منطقه مورد مطالعه
- ۱۱۵ جدول ۵-۲- مقایسه میانگین مقدار عناصر کمیاب غیرمتحرک آندزیت های منطقه با مناطق دیگر

نمودارها

- ۳۲ نمودار ۳-۱- طبقه بندی مودال کلی و اسامی سنگ های گابروئی با M.90% و موقعیت سنگ های منطقه در آن (از اشترکایزن، ۱۹۷۴)

- ۳۴ نمودار ۳-۲- دیاگرام QAPF (اشترکایزن، ۱۹۷۶) برای تقسیم بندی و نامگذاری سنگ های نفوذی و موقعیت سنگ های منطقه در آن
- ۳۶ نمودار ۳-۳- طبقه بندی ژئوشیمیایی و نامگذاری سنگ های آتشفشانی با استفاده از نمودارمجموع آلکالی در مقابل SiO_2 از لوماتر و همکاران (۱۹۸۹)
- ۳۶ نمودار ۳-۴- طبقه بندی ژئوشیمیایی سنگ های آتشفشانی بر اساس نمودار TAS اقتباس از کاکس و همکاران (۱۹۷۹)
- ۳۹ نمودار ۳-۵- طبقه بندی انواع توف ها برحسب نوع مواد تشکیل دهنده
- ۶۷ نمودار ۴-۱- روند تغییر اکسیدهای Al_2O_3 ، Fe_2O_3 و MgO در مقابل SiO_2
- ۶۸ نمودار ۴-۲- روند تغییر اکسیدهای CaO ، Na_2O و K_2O در مقابل SiO_2
- ۶۹ نمودار ۴-۳- روند تغییر اکسیدهای MnO ، TiO_2 و P_2O_5 در مقابل SiO_2
- ۷۴ نمودار ۴-۴- روند تغییرات عناصر Ba ، Rb و Sr در مقابل SiO_2
- ۷۵ نمودار ۴-۵- روند تغییرات عناصر Y ، Ga و Zn در مقابل SiO_2
- ۷۶ نمودار ۴-۶- روند تغییرات عناصر Cu ، Ni و V در مقابل SiO_2
- ۷۷ نمودار ۴-۷- روند تغییرات عناصر Cr ، Sc و Co در مقابل SiO_2
- ۸۰ نمودار ۴-۸- روند تغییرات سیلیس در مقابل ضریب انجماد (SI) و ضریب تفریق (DI)
- ۸۴ نمودار ۴-۹- نامگذاری سنگ های آذرین نرمال (غیرپتاسیک) (a) نامگذاری سنگ های ولکانیک (اقتباس از کاکس و همکاران، ۱۹۷۹) (b) نامگذاری سنگ های پلوتونیک (اقتباس از ویلسون، ۱۹۸۹). خط جداکننده میان سری های ماگمایی آلکالی و ساب آلکالی از میاشیرو (۱۹۷۸) است.
- ۸۵ نمودار ۴-۱۰- تعیین سری ماگمایی بر اساس دیاگرام آلکالی در مقابل سیلیس از ایروین و باراگار (۱۹۷۱). (●) سنگ های نفوذی و (◆) سنگ های آذرین خروجی را نشان می دهد.
- ۸۵ نمودار ۴-۱۱- تعیین سری ماگمایی بر اساس دیاگرام مثلثی AFM به نقل از ایروین و باراگار (۱۹۷۱). (●) سنگ های نفوذی و (◆) سنگ های آذرین خروجی را نشان می دهد.
- ۸۶ نمودار ۴-۱۲- تقسیم بندی سنگ های غیرآلکالن با استفاده از نمودار K_2O در مقابل SiO_2 ، از لوماتر و همکاران (۱۹۸۹) و ریکوود (۱۹۸۹) و موقعیت سنگ های منطقه در آن. (●) سنگ های نفوذی و (◆) سنگ های آذرین خروجی را نشان می دهد.

- ۹۳ نمودار ۵-۱- نمودار $MgO-FeO-Al_2O_3$ (اقتباس از پیرس و همکاران، ۱۹۷۷) که مرزهای تعدادی از جایگاه های تکتونیکی را بر اساس دامنه ترکیبی سنگ های آتشفشانی نشان می دهد. این نمودار فقط برای سنگ های ساب آلكالن با دامنه ۵۱-۵۶ درصد وزنی SiO_2 به کار می رود.
- ۹۳ نمودار ۵-۲- نمودار متمایز کننده بازالت ها بر اساس $TiO_2-K_2O-P_2O_5$ (از پیرس و همکاران، ۱۹۷۵)
- ۹۴ نمودار ۵-۳- نمودار متمایز کننده بازالت ها و آندزیت های بازالتی بر اساس $MnO-TiO_2-P_2O_5$ (اقتباس از مولن، ۱۹۸۳). محدوده ها عبارتند از :
 OIT, MORB (تولئیت های جزایر اقیانوسی یا تولئیت های برآمدگی های دریایی)؛
 OIA (آلكالی بازالت های جزایر اقیانوسی یا آلكالی بازالت های زیردریایی)؛
 CAB (بازالت های کالک آلكالن جزایر قوسی)؛ IAT (تولئیت های جزایر قوسی)
- ۹۶ نمودار ۵-۴- نمودار متمایز کننده بازالت ها بر اساس $Ti-Zr-Y$ (اقتباس از پیرس و کن، ۱۹۷۳)
- ۹۶ نمودار ۵-۵- نمودار متمایز کننده بازالت ها بر اساس متغیرهای Zr و Ti (اقتباس از پیرس و کن، ۱۹۷۳)
- ۹۷ نمودار ۵-۶- نمودار متمایز کننده بازالت ها بر اساس $Ti-Zr-Sr$ (اقتباس از پیرس و کن، ۱۹۷۳)
- ۹۷ نمودار ۵-۷- نمودار متمایز کننده بازالت ها بر اساس $Ti-V$ (گردآوری از شروایس، ۱۹۸۲). MORB در $20 < Ti/V < 50$ ، بازالت های جزایر اقیانوسی و آلكالن در $50 < Ti/V < 100$ ، تولئیت های جزایر قوسی در نسبت $10 < Ti/V < 20$ و گدازه های کالک آلكالن با روندی نزدیک به قائم و در نسبت $15 < Ti/V < 50$ قرار می گیرند.
- ۹۹ نمودار ۵-۸- فلوجارت شماتیک رده بندی و تفکیک گرانیتوئیدهای مختلف از هم (مانیار و پیکولی، ۱۹۸۹)
- ۱۰۱ نمودار ۵-۹- نمودار تفکیک گرانیت ها از نظر محیط های تکتونیکی بر اساس درصد وزنی $FeO(T)$ به درصد وزنی MgO (مانیار و پیکولی، ۱۹۸۹)
- ۱۰۱ نمودار ۵-۱۰- نمودار تفکیک گرانیت ها از نظر محیط های تکتونیکی بر اساس درصد وزنی $FeO(T)+MgO$ به درصد وزنی CaO (مانیار و پیکولی، ۱۹۸۹)

- ۱۰۲ نمودار ۵-۱۱- دباگرام شاند برای تفکیک گرانیتوئیدهای مختلف از یکدیگر (مانیار و پیکولی، ۱۹۸۹). بر اساس این نمودار، نمونه‌ها در قسمت پرآلومین قرار گرفته‌اند پس می‌توانند جزء گرانیت‌های برخورد قاره‌ای (CCG) باشند. محور عرضی این نمودار نسبت $Al_2O_3/(Na_2O+K_2O)$ و محور طولی آن $Al_2O_3/(CaO+Na_2O+K_2O)$ است.
- ۱۰۵ نمودار ۵-۱۲- (a) نمودار متمایز کننده گرانیت‌ها بر اساس Nb-Y (اقتباس از پیرس و همکاران، ۱۹۸۴) که محدوده گرانیت‌های قوس آتشفشانی (VAG)، گرانیت‌های همزمان با برخورد (syn-COLG)، گرانیت‌های درون صفحه‌ای (WPG) و گرانیت‌های پشته اقیانوسی (ORG) را نشان می‌دهد. (b) نمودار متمایز کننده گرانیت‌ها بر اساس Ta-Yb (اقتباس از پیرس و همکاران، ۱۹۸۴) که محدوده‌های گرانیت‌های قوس آتشفشانی (VAG)، گرانیت‌های همزمان با برخورد (syn-COLG)، گرانیت‌های درون صفحه‌ای (WPG) و گرانیت‌های پشته اقیانوسی را نشان می‌دهد.
- ۱۰۶ نمودار ۵-۱۳- (a) نمودار متمایز کننده گرانیت‌ها بر اساس Rb-(Y+Nb) و (b) بر اساس Rb-(Yb+Ta) (اقتباس از پیرس و همکاران، ۱۹۸۴) که هر دو محدوده‌های گرانیت‌های همزمان با برخورد (syn-COLG)، گرانیت‌های درون صفحه‌ای (WPG)، گرانیت‌های قوس آتشفشانی (VAG) و گرانیت‌های پشته اقیانوسی (ORG) را نشان می‌دهند.
- ۱۰۷ نمودار ۵-۱۴- نمودارهای تغییرات عناصر کمیاب بر حسب درصد SiO_2 برای تفکیک گرانیت‌های مختلف از هم (پیرس و همکاران، ۱۹۸۵)
- ۱۰۸ نمودار ۵-۱۵- نمودارهای تغییرات عناصر کمیاب بر حسب درصد SiO_2 برای تفکیک گرانیت‌های مختلف از هم (پیرس و همکاران، ۱۹۸۵)
- ۱۱۳ نمودار ۵-۱۶- نمودار آلکالی در مقابل درصد وزنی سیلیس برای تشخیص آلکالی یا کلسیتی بودن سنگ‌ها (پیکاک، ۱۹۳۱). به جز دو نمونه ریوداسیتی که در محدوده کلسیتی می‌افتند، اکثر سنگ‌های منطقه ما در محدوده آلکالی تا آلکالی کلسیک قرار می‌گیرند.
- ۱۱۶ نمودار ۵-۱۷- تفکیک ۶ نوع آندزیت مختلف بر اساس مقدار درصد SiO_2 در مقابل K_2O (گیل، ۱۹۸۱)
- ۱۱۸ نمودار ۵-۱۸- نمودارهای عنکبوتی عناصر کمیاب سنگ‌های خروجی اسیدی منطقه، نورمالیز شده با کندریت و گوشته اولیه (تیلور و مک لنن، ۱۹۸۵)

- ۱۱۸ نمودار ۵-۱۹- نمودارهای عنکبوتی عناصر کمیاب سنگ های نفوذی اسیدی منطقه، نورمالیز شده با کندریت و گوشته اولیه (تیلور و مک لنن، ۱۹۸۵)
- ۱۱۹ نمودار ۵-۲۰- نمودارهای عنکبوتی عناصر واسطه سنگ های اسیدی منطقه، نورمالیز شده با کندریت و گوشته اولیه (تیلور و مک لنن، ۱۹۸۵). (● سنگ های اسیدی نفوذی و ► سنگ های آتشفشانی را نشان می دهند)
- ۱۱۹ نمودار ۵-۲۱- نمودارهای عنکبوتی عناصر کمیاب و عناصر واسطه مربوط به سنگ های بازالتی منطقه، نورمالیز شده با کندریت و گوشته اولیه (تیلور و مک لنن، ۱۹۸۵)
- ۱۲۰ نمودار ۵-۲۲- نمودارهای عنکبوتی عناصر کمیاب و عناصر واسطه مربوط به سنگ های حدواسط منطقه، نورمالیز شده با کندریت و گوشته اولیه (تیلور و مک لنن، ۱۹۸۵)

فصل اول:

«کلیات»