



دانشکده علوم طبیعی
گروه زمین شناسی

پایان نامه

جهت دریافت درجه کارشناسی ارشد در رشته زمین شناسی (گرایش پترولوژی)

عنوان

مطالعه پترولوژیکی توده نفوذی شمال روستای جوان شیخ (جنوب کلیبر - شمال شرق اهر)

اساتید راهنما

دکتر محسن مؤید دکتر احمد جهانگیری

استاد مشاور

دکتر میرعلی اصغرمختاری

پژوهشگر

خدیجه دادروان

شهریور ۱۳۸۸

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

تقدیر و تشکر

به نام نامی دوست که هر آنچه داریم همه از لطف و رحمت اوست

ضمن سپاس بیکران از درگاه خداوند متعال ، بر خود لازم میدانم از تمام عزیزانی که در این راه همراهیم نمودند نهایت تشکر را داشته باشم .

اساتید راهنمای بزرگواری جناب آقای دکتر مؤید و جناب آقای دکتر جهانگیری که در تنظیم و ارائه این پایاننامه از راهنماییهای ارزشمند ایشان بهره گرفتم .

استاد مشاور گرامیم جناب آقای دکتر مختاری که زحمت مشاوره این پایاننامه را بر عهده داشتند .

داور ارجمند جناب آقای دکتر عامل که زحمت بازخوانی این پایاننامه را تقبل نمودند .

ریاست محترم گروه زمین شناسی جناب آقای دکتر اصغری مقدم به خاطر مساعدتهای لازم .

کارکنان محترم گروه زمین شناسی آقایان مسیب زاده ، جهانیار ، سالک سپهر و خانمها سمساری و اجلالی .

دوستان و همکلاسیهای عزیزم که در این راه همواره کنارم بودند و وجودشان امیدی برای موفقیتیم بود.

در پایان صمیمانه ترین سپاسگزاریم را به روح پاک پدرم ، مادر فداکارم و برادر عزیزم که در طول مراحل تحصیل همواره مشوق و یاری رسان من بوده اند تقدیم میدارم .

خدیجه دادروان

شهریور ۱۳۸۸

نام خانوادگی : دادروان	نام : خدیجه
عنوان پایان نامه : مطالعه پترولوژیکی توده نفوذی شمال روستای جوان شیخ (جنوب کلیبر- شمال شرق اهر)	
اساتید راهنما : دکتر محسن مؤید - دکتر احمد جهانگیری	استاد مشاور : دکتر میرعلی اصغر مختاری
مقطع تحصیلی : کارشناسی ارشد	رشته : زمین شناسی (گرایش پترولوژی)
دانشکده : علوم طبیعی	تاریخ فارغ التحصیلی : ۸۸/۶/۱۶
تعداد صفحه : ۷۹	
کلید واژه ها : شمالغرب ایران کلیبر فاز پیرنه گرانیتوئید کالک الکالن نوع ۱ قوس آتشفشانی پس از برخورد	
<p>چکیده :</p> <p>منطقه مورد مطالعه در زون البرزغربی - آذربایجان تقریباً در ۲۰ کیلومتری جنوب کلیبر و در شمال روستای جوان شیخ واقع شده است. توده نفوذی مورد نظر در داخل سنگهای آهکی - شیلی کرتاسه فوقانی و گدازه های آتشفشانی آندزیتی ائوسن نفوذ کرده و دگرگونی مجاورتی خفیفی را در کنتاکت با آنها ایجاد کرده است. با توجه به نفوذ توده مورد نظر در تشکیلات با سن کرتاسه فوقانی و ائوسن، سن توده نفوذی را بعد از کرتاسه در نظر می گیریم و احتمالاً در ارتباط با فاز پیرنه (ائوسن بالایی - الیگوسن زیرین) که یک فاز گرانیت زایی در آذربایجان بوده مربوط می باشد. آخرین فعالیتهای ماگمایی الیگوسن در منطقه بصورت رگه ها و دایکهای آپلیتی بوده است که در داخل درز و شکاف سنگهای توده نفوذی و نیز سایر سنگهای اطراف تزریق شده اند. با توجه به مطالعات پتروگرافی سنگهای توده گرانیتوئیدی مورد مطالعه شامل الکالی گرانیت، گرانیت، گرانودیوریت، کوارتز سینیت، کوارتز مونزونیت و کوارتز دیوریت است ولی بخش عمده توده دارای ترکیب کوارتز مونزونیت می باشد. بررسیهای ژئوشیمیایی نشان دهنده ماهیت ساب الکالن با روند کالک الکالن با پتاسیم بالا برای ماگمای سازنده این سنگها است. توده گرانیتوئیدی مورد مطالعه از نظر درجه اشباع از آلومین در محدوده متا آلومین تا پرآلومین قرار می گیرد و با در نظر داشتن عدد آهن متعلق به سری آهندار بوده و طبق شاخص الکالی آهک تصحیح شده در محدوده الکالی کلسیک قرار می گیرد و خصوصیات گرانیتهای تیپ ۱ را نشان می دهد. بر اساس ترمومتری انجام شده بر روی این توده نفوذی درجه حرارت تبلور ۷۵۰-۸۰۰ درجه سانتیگراد برای آن تخمین زده شده است. سنگهای منطقه دارای آنومالی مثبت در عناصر ناسازگار Rb, K (LILE) و Pb بوده و آنومالی منفی در عناصر Ti, Nb می باشند که این آنومالیها نشان دهنده آرایش ماگمایی با مواد پوسته ای در حین تفریق و تشکیل این سنگها از گوشته غنی شده می باشد. مطالعات ژئوشیمی عناصر کمیاب بیانگر این مطلب است که توده نفوذی مورد مطالعه در محیط تکتونیکی قوس آتشفشانی (VAG) و پس از برخورد (Post - COLG) تشکیل شده است.</p>	

فصل اول : بررسی منابع (پایه های نظری و پیشینه پژوهش)

۲	۱ - ۱ - پایه های نظری
۲	۱ - ۱ - مقدمه
۲	۱ - ۲ - انواع گرانیتوئیدها
۶	۱ - ۳ - انواع گرانیتوئیدها و منشأ ماگماها
۹	۱ - ۴ - طبقه بندی پتروژنتیکی گرانیتوئیدها
۱۰	۱ - ۵ - انواع گرانیتوئیدها و محیطهای ژئودینامیکی
۱۱	۱ - ۶ - انواع گرانیتوئیدها و چرخه ویلسون
۱۱	۱ - ۶ - ۱ - کشش قاره ای و ریفت شدگی اصلی
۱۳	۱ - ۶ - ۲ - پشته های میان اقیانوسی
۱۴	۱ - ۶ - ۳ - فرورانش و کمانهای ولکانیکی
۱۴	۱ - ۶ - ۴ - فرورانش و حواشی فعال قاره ای
۱۵	۱ - ۶ - ۵ - برخورد بین دو لیتوسفر قاره ای
۱۶	۱ - ۶ - ۶ - بالآمدگی پس از برخورد
۱۷	۱ - ۶ - ۷ - پایان فرسایش و شروع چرخه جدید
۱۷	۱ - ۷ - گرانیتوئیدها بعنوان اثراتی برای تحول ژئودینامیک
۱۷	۱ - ۸ - نتیجه گیری
۱۸	۲ - ۱ - پیشینه پژوهش

فصل دوم : مواد و روشها

۲۰	۲ - ۱ - جایگاه منطقه در تقسیم بندی مناطق ساختاری ایران
۲۱	۲ - ۲ - زمین شناسی البرز غربی - آذربایجان
۲۲	۲ - ۳ - زمین شناسی عمومی منطقه کلیبر
۲۲	۲ - ۳ - ۱ - مورفولوژی منطقه
۲۳	۲ - ۳ - ۲ - چینه شناسی
۲۴	۲ - ۳ - ۳ - زمین ساخت
۲۴	۲ - ۳ - ۴ - پارینه جغرافیا
۲۵	۲ - ۳ - ۵ - زمین شناسی اقتصادی
۲۶	۲ - ۴ - روش کار و سیر مطالعاتی
۲۶	۲ - ۴ - ۱ - اهداف مطالعه
۲۶	۲ - ۴ - ۲ - روش تحقیق
۲۷	۲ - ۵ - مشخصات و موقعیت جغرافیایی و راههای ارتباطی منطقه مطالعاتی
۲۸	۲ - ۶ - زمین شناسی منطقه مطالعاتی

فصل سوم : بحث و نتایج

- ۳۱ - ۲ - ۳ - مطالعات پتروگرافی نمونه های منطقه مورد مطالعه
- ۳۱ - ۳ - ۲ - ۱ - پتروگرافی توده گرانیتوئیدی منطقه
- ۳۱ - ۳ - ۲ - ۱ - ۱ - پتروگرافی سنگهای گروه اسید
- ۳۳ - الکالی گرانیت - گرانیت
- ۳۴ - گراندیوریت
- ۳۶ - ۳ - ۲ - ۱ - ۲ - پتروگرافی سنگهای گروه حدواسط
- ۳۶ - کوارتز سینیت
- ۳۷ - کوارتز مونزونیت
- ۴۱ - کوارتز مونزودیوریت
- ۴۲ - میکرودیوریت
- ۴۴ - ۳ - ۲ - ۲ - پتروگرافی دایکهای موجود در منطقه
- ۴۵ - ۳ - ۲ - ۳ - پتروگرافی سنگهای آتشفشانی منطقه
- ۴۵ - آندزیت
- ۴۷ - ۳ - ۳ - انواع بافتها در سنگهای گرانیتی
- ۵۰ - ۳ - ۴ - مطالعات شیمیایی توده نفوذی مورد مطالعه
- ۵۲ - ۳ - ۴ - ۱ - رده بندی ژئوشیمیایی نمونه های مورد مطالعه
- ۵۲ - ۳ - ۴ - ۱ - ۱ - نامگذاری نمونه ها با استفاده از کانیهای نورماتیو
- ۵۲ - نمودار (Streckeisen & Le Maitre , 1979)
- ۵۳ - ۳ - ۴ - ۱ - ۲ - نامگذاری نمونه ها با استفاده از نمودارهای کاتیونی
- ۵۳ - نمودار (De La Roche & al , 1980)
- ۵۳ - نمودار (Debon & Le Fort , 1983)
- ۵۴ - ۳ - ۴ - ۱ - ۳ - نامگذاری نمونه ها با استفاده از نمودارهای TAS
- ۵۴ - نمودار (Middelmost , 1985)
- ۵۴ - نمودار (Wilson , 1989)
- ۵۵ - ۳ - ۴ - ۲ - نمودارهای تغییرات
- ۵۵ - ۳ - ۴ - ۲ - ۱ - نمودارهای تغییرات عناصر اصلی
- ۵۷ - ۳ - ۴ - ۲ - ۲ - نمودارهای تغییرات عناصر کمیاب
- ۵۹ - ۳ - ۴ - ۳ - استفاده از داده های عناصر کمیاب
- ۵۹ - ۳ - ۴ - ۳ - ۱ - الگوی عناصر نادر خاکی (REE)
- ۶۰ - ۳ - ۴ - ۳ - ۲ - نمودارهای عنکبوتی
- ۶۲ - ۳ - ۴ - ۴ - پتروژنز سنگهای توده گرانیتوئیدی مورد مطالعه
- ۶۲ - ۳ - ۴ - ۴ - ۱ - تعیین سری ماگمایی
- ۶۲ - نمودار (Irvine & Baragar , 1971)
- ۶۳ - نمودار (Middlemost , 1991)
- ۶۳ - نمودار (Ricwood , 1989)
- ۶۴ - ۳ - ۴ - ۴ - ۲ - شاخص اشباع آلومین (Maniar & Piccolli , 1989)
- ۶۴ - ۳ - ۴ - ۴ - ۳ - نمودار عدد آهن (Fe*) (Frost et al , 2001)
- ۶۵ - ۳ - ۴ - ۴ - ۴ - تعیین شاخص الکالی آهک تصحیح شده (MALI) (Frost et al , 2001)

- ۶۶ ۳- ۴- ۵- تقسیم بندی ژنتیکی گرانیتوئیدها
- ۶۷ ۳- ۴- ۵- ۱- تعیین تیپ توده نفوذی مورد مطالعه از روی عناصر اصلی
نمودار (Chappel & White, 1974)
- ۶۷ نمودار (Chappel & White, 2001)
- ۶۸ نمودار (Pearce, 1984)
- ۶۸ ۳- ۴- ۵- ۲- تعیین تیپ توده نفوذی مورد مطالعه از روی عناصر کمیاب
نمودار (Collins et al, 1982)
- ۶۹ ۳- ۴- ۶- تقسیم بندی موقعیتهای تکتونیکی گرانیتوئیدها
- ۷۰ ۳- ۴- ۶- ۱- تعیین موقعیت تکتونیکی توده نفوذی مورد مطالعه از روی عناصر اصلی
نمودار (Maniar & Piccolli, 1989)
- ۷۱ نمودار (Batchelor & Bowden, 1985)
- ۷۱ ۳- ۴- ۶- ۲- تعیین موقعیت تکتونیکی توده نفوذی مورد مطالعه از روی عناصر کمیاب
نمودار (Pearce, 1984, 1996)
- ۷۲ ۳- ۴- ۷- مقایسه توده گرانیتوئیدی مورد مطالعه با گرانیتوئیدهای مناطق تکتونیکی مختلف
- ۷۴ ۳- ۴- ۸- الگوی تکتونوماگمایی
- ۷۶ ۳- ۴- ۹- ترمومتری توده گرانیتوئیدی مورد مطالعه
نمودار (Watson & Harrison, 1983)

فصل چهارم : نتیجه گیری و پیشنهادات

- ۷۸ ۴- ۱- نتیجه گیری
- ۷۹ ۴- ۲- پیشنهادات
- منابع فارسی
- منابع خارجی
- چکیده انگلیسی



۱ - ۱ - پایه های نظری

۱ - ۱ - مقدمه

سنگهای گرانیتی یا گرانیتوئیدها که معمولاً حاوی کوارتز و دو فلدسپار با بافت گرانولار هستند، بدلیل تنوع در منشأ، فرایندهای مختلف ژنز و تحول، جایگیری در سطوح ساختاری مختلف و تحت رژیم های تکتونیکی متنوع و در محیط های ژئودینامیکی مجزا، دارای تنوع زیادی هستند.

در حدود ۲۰ نوع طبقه بندی پتروژنتیکی گرانیتوئیدها در نوشتجات مختلف مطرح شده است. در این نوشته، گرانیتوئیدها ابتدا بر اساس مؤلفه های صحرایی نظیر پارامترهای کانی شناسی یا پتروگرافیکی و سپس بر پایه مؤلفه های شیمیایی و ایزوتوپی به انواع مختلف تقسیم شده اند.

۱ - ۱ - ۲ - انواع گرانیتوئیدها

گرانیتوئیدها را می توان با انواع مختلفی تقسیم بندی نمود (Barbarin , 1999):

(MPG) - گرانیتوئیدهای پرآلومینوس حاوی موسکویت

(CPG) - گرانیتوئیدهای پرآلومینوس حاوی کلدیریت

(KCG) - گرانیتوئیدهای کالک آلکالن غنی از پتاسیم و آلکالی فلدسپار پورفیری

(ACG) - گرانیتوئیدهای کالک آلکالن غنی از آمفیبول

(ATG) - گرانیتوئیدهای توله ایتی کمان

(RTG) - گرانیتوئیدهای توله ایتی پشته اقیانوسی

(PAG) - گرانیتوئیدهای آلکالن و پرآلکالن

بعد از اینکه سنگهای گرانیتوئیدی بدرستی نامگذاری شدند، در مرحله بعد، بایستی مجموعه کانی شناسی AFM و داده های صحرایی، پتروگرافیکی و جایگیری آنها در نظر گرفته شود. بیوتیت در مقادیر مختلف و مقادیر جزئی آپاتیت وزیرکن در بسیاری از گرانیتوئیدها حضور دارند (شکل ۱-۱- a).

موسکویت می تواند بعنوان فاز فرعی در بسیاری از انواع گرانیتوئیدها وجود داشته باشد اما ورقه های اولیه و حاوی منطقه بندی موسکویت، تنها در گرانیتوئید (MPG) وجود دارد. این لوکوگرانیتوئیدهای غنی از موسکویت یا گرانیتوئیدهای حاوی دو نوع میکا، غالباً حاوی تورمالین، گارنت و موناژیت هستند.

آنها عموماً نفوذی بوده و بی نهایت فقیر از آنکلاو هستند . جائیکه آنکلاوها حضور دارند، عموماً از جنس گزنولیت‌هایی از سنگ‌های دربرگیرنده یا قطعاتی از حاشیه های سریع سرد شده و به مقدار محدودی از نوع رستیت می باشند (شکل ۱-۱ - b). گرانیت‌های حاوی دو نوع میکا می توانند ریشه در سنگ‌های دگرگونی داشته و در نتیجه حاوی آنکلاوهای از نوع رستیت هستند.

کردیریت همراه با سیلیمانیت، مقادیر جزئی آندالوزیت و تعدادی ورقه کوچک موسکویت اولیه، مشخصه نوع دوم گرانیتوئیدها است (CPG). کردیریت ممکن است در مقادیر فراوان موجود باشد (Barbarin, 1992). این کانی عموماً بصورت منشورهای شکلدار بوده و در موارد بسیار استثنائی بصورت نودول‌های متشکل از کردیریت و کوارتز می باشد (Didier and Dupraz, 1985).

(a)

MINERALS	MPG	CPG	KCG	ACG	RTG	PAG
Biotite	x	xxx	xxx	xx	x	xx
Muscovite	xxx	x	x	o	o	x
Cordierite	o	xx	o	o	o	o
Sill.-And.	o	x	o	o	o	o
Amphibole	o	o	x	xxx	xxx	alk. amph.
Pyroxene	o	o	o	xx	xx	alk. pyr.
Apatite	xxx	xxx	xx	xx	xx	xx
Zircon	x	xx	xxx	xxx	xxx	xxx
Monazite	x	x	o	o	o	o
Garnet	xx	x	o	o	o	x
Tourmaline	xxx	xx	o	o	o	o
Allanite	o	x	xx	xx	x	xx
Titanite	o	o	xx	xxx	x	x
Ilmenite	x	x	x	x	x	xx
Magnetite	o	o	x	xx	xx	xx
Plag.-An%	0 - 20	15 - 40	15 - 30	20 - 50	20 - 50	0 - 10

(o : absent; x : rare; xx : common; xxx : abundant)

(شکل ۱-۱ - a) : مجموعه کانی های اصلی تیپ های گرانیتوئیدی

گرانیت و گرانودیوریت‌های کردیریت دار غنی از بیوتیت نیز حاوی تورمالین، گارنت و مونازیت هستند (شکل ۱-۱ - a). این نوع گرانیتوئیدها یا نفوذی بوده یا در عمق زیاد جایگیری کرده اند. آنکلاوها شامل مقدار زیادی رستیت غنی از میکا و تعدادی آنکلاو میکروگرانولار مافیک می باشند (Didier and Barbarin, 1991).

این انکلاوها بویژه در مناطقی فراوان هستند که گرانیتوئیدها هنوز ریشه در سنگهای دگرگونی درجه بالا دارند یا مناطقی که گرانیتوئیدها با سنگهای دگرگونی درجه بالا برای بوجود آوردن مجموعه های آناتکسی، همراهی دارند (شکل ۱-۱ - b). گرانیتوئیدهای غنی از کردیریت نوع S واقع در کمربند Lachlan در جنوب خاور استرالیا (Chappell and White, 1992, a,b) نمونه های بسیار شاخصی از این گرانیتوئیدها هستند. در مقایسه با دو نوع گرانیتوئید یاد شده، گرانیتوئیدهای دیگر حاوی آمفیبول، پیروکسن و مقادیری اسفن و مگنتیت هستند (شکل ۱-۱ - a). فراوانی و ماهیت آمفیبول به مقدار قابل توجهی از یک نوع به نوع دیگر متفاوت است. در گرانودیوریتها و تونالیتها (ACG)، آمفیبولهای کلسیک و اسفن، شایع و حتی غالب بوده و پیروکسن نیز وجود دارد.

(b)

PETROGRAPHY	MPG	CPG	KCG	ACG	RTG	PAG
Petrographic types	Leucogranites (Granites)	(Leucogranites) Granites Granodiorites (Qz diorites)	(Leucogranites) Granites Granodiorites Qz diorites	(Granites) Granodiorites Tonalites Gabbros	Plagiogranites Trondjhemites Tonalites Gabbros	Alk. granites Alk. syenites Syenites Granites (Gabbros) (Anorthosites)
Associated rocks						
Metamorphic	o	Migmatites Anatexites	o	o	o	o
Volcanic	o	o	Acid lavas ("Tuffs") Qz diorites Gabbros (Appinites)	Andesites & Dacites Gabbros (in large amounts)	Olivine-bearing Tholeites Gabbros (in large amounts)	Alkaline lavas Gabbros (in large amounts)
Mafic	o	Qz diorites (Vaugnerites)				
Enclaves						
Xenoliths	x	o - x	x	x	x	x
Restites	x	x x x	x	o	o	o
Felsic M. E.	x	o - x	x	x	x	x
Mafic M. E.	o	x	x x	x x x	x x x	x
(o : absent; x : rare; xx : common; xxx : abundant)						
Differentiation processes	fractional crystallization	fractional crystallization or restite unmixing	fractional crystallization and magma mixing	strong fractional crystallization and magma mixing	extreme fractional crystallization	extreme fractional crystallization and subsolidus interactions

(شکل ۱-۱ - b) : تیپ های گرانیتوئیدی بر اساس پتروگرافی و شواهد صحرایی

گزنولیت ها و انکلاوهای میکروگرانولار فلسیک در حاشیه های این گرانیتوئیدهای نفوذی متداول هستند. انکلاوهای ماگمایی فراوان بوده و دسته انکلاوهای به بزرگی چند متر را تشکیل می دهند (Barbarin, 1991, 1995). انکلاوهای نوع رستیت در این گرانیتوئیدها مشاهده نشده است (شکل ۱-۱ - b). گرانودیوریتها و تونالیت های غنی از آمفیبول، باتولیتهای بزرگی را تشکیل می دهند که ولکانیک های آندزیتی بزرگی در قله آنها وجود دارد.

این گرانیتوئیدها به گرانیتوئیدهای نوع کردیلرانی یا آندی معروف است. چونکه آنها تشکیل دهنده اصلی کردیلرا می باشند که در طول حاشیه باختری قاره آمریکا از Patagonia تا شمال کانادا امتداد دارند. بسیاری از گرانیتوئیدهای نوع ۱ در کمربند Lachlan از این نوع گرانیتوئیدها هستند. یک نوع بخصوص از گرانیتوئیدها (KCG) فقط حاوی مقادیر محدودی آمفیبول بدون حضور پیروکسن و مقداری اسفن هستند (شکل ۱-۱ - a).

(c)

CHEMISTRY	MPG	CPG	KCG	ACG	RTG	PAG
Alumina Index A / CN (molar)	A ≥ CNK ≥ 1		CNK > A > NK < 1			A ≤ NK alkaline
Al ₂ O ₃	x x x	x x x	x x	x x	x x	x
CaO	x	x	x x	x x x	x x	x
Na ₂ O	x x	x x	x x	x x	x x x	x x x
K ₂ O	x x	x x x	x x x	x x	x	x x x
FeOt+MgO+MnO	x	x x	x x	x x x	x x	x x
Fe ³⁺ /(Fe ³⁺ +Fe ²⁺)	x	x	x x	x x x	x x x	x x
FeOt/(FeOt+MgO)	< 0.8	< 0.8	0.8 - 1.0	< 0.8	> 0.8	> 0.8
⁸⁷ Sr / ⁸⁶ Sr	.706 to .760	> .708	.706 to .712	.706 to .708	≤ .704	.704 to .712
εNd	- 4 to -17	- 6 to -9	- 4 to -9		-	-
δ ¹⁸ O (‰)	+ 10 to +14	+ 10 to + 13	+ 5 to + 10		-	-
δ ³⁴ S (‰)	- 12 to + 2		+ 5 to + 20		-	-

(x : low; xx : medium; xxx : high)

(شکل ۱-۱ - C) : عناصر اصلی و ایزوتوپیهای تیپ های گرانیتوئیدی

بافت پورفیری آلکالی فلدسپار، ویژگی اصلی این گرانیتها و گرانودیوریتها (کمتر مشاهده می شوند) می باشد (KCG). مشابه با گرانیتوئیدهای نوع ACG، این گرانیتوئیدها نفوذی بوده و حاوی گزنولیت ها و انکلاوهای میکروگرانولار فلسیک هستند. دسته انکلاوها بصورت استثنائی وجود داشته و انکلاوهای مافیک ماگمایی از فراوانی بالایی نظیر گرانیتوئیدهای نوع ACG برخوردار نیستند. علاوه بر این، تعدادی انکلاو رستیتی مشاهده می شود (شکل ۱-۱ - b). این گرانیتهای پورفیری آلکالی فلدسپار دار و فقیر از آمفیبول، گرانیتوئیدهای شوشونیتی ساب آلکالن نیز نامیده می شوند. این گرانیتوئیدها معمولا با گرانیتوئیدهای پرآلومینوس همراه بوده و بویژه در پلوتونهای کالدونین فراوان هستند. تمایز گرانیتوئیدهای KCG از نوع ACG و نیز از نوع CPG، همیشه آسان نیست.

پلاژیوگرانیت ها ، ترونجمیت ها ، تونالیت ها و گابروهای مربوط به گرانیتوئیدهای نوع RTG ، در داخل پوسته اقیانوسی و در مقادیر کمتر بصورت دایک یا پلوتونهای کوچک حضور دارند (Coleman and Donato , 1979) . این سنگهای غنی از آمفیبول و حاوی پیروکسن (شکل ۱-۱ - a) ، بدلیل همراهی آنها با سنگهای مافیک اقیانوسی (شکل ۱-۱ - b) ، با دیگر انواع گرانیتوئیدها متفاوت هستند. این گرانیتوئیدها در بسیاری از مجموعه های افیولیتی توصیف شده اند (Pedersen and Malpas, 1984 ; Bebien et al , 1997) .

آخرین نوع گرانیتوئیدها نیز حاوی آمفیبول و پیروکسن است اما این کانیها سدیک بوده و کلسیک نیستند (شکل ۱-۱ - a) . آکالی فلدسپار گرانیتوئیدی تا سینیت (PAG) ، سنگهای بسیار هموزن هستند. انکلاوهای مافیک ماگمایی کمیاب بوده و مقادیر جزئی انکلاوها عموماً شامل گزنولیتها و انکلاوهای میکروگرانولار فلسیک هستند (شکل ۱-۱ - b) .

ترکیب بیوتیت و شکل زیرکن ممکن است نشانگر این باشد که میزبان آنها متعلق به چه نوع گرانیتوئیدی است . غنی شدگی Al از گرانیتوئیدهای حاوی موسکویت یا کردیریت به سمت گرانیتوئیدهای حاوی آمفیبول و در نهایت به گرانیتوئیدهای حاوی آمفیبول سدیک و پیروکسن ، کاهش می یابد ، Nachit et al , 1985 ; Abdel-Rahman , (1994) . بیوتیت های گرانیتوئیدهای حاوی کانیهای سدیک نیز از منیزیم تهی شده هستند. زیرکن که در بسیاری از گرانیتوئیدها شایع است ، اشکال بسیار شاخصی را نشان می دهد (Pupin , 1980) .

۱ - ۱ - ۳ - انواع گرانیتوئیدها و منشأ ماگماها

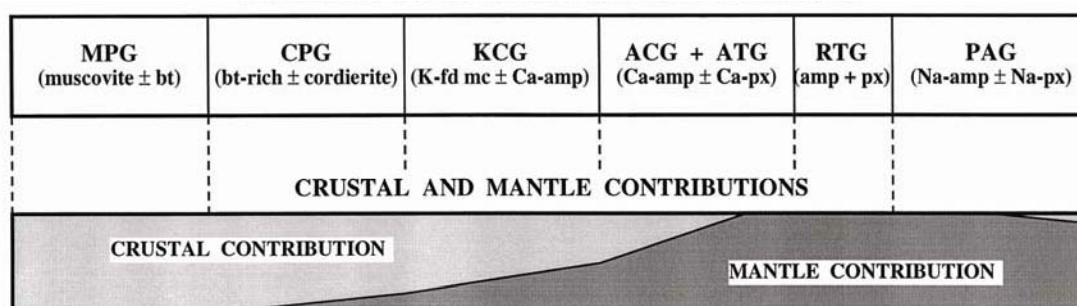
بسیاری از پترولوژیست ها سه منشأ احتمالی برای گرانیتوئیدها در نظر می گیرند : یک منشأ پوسته ای ، یک منشأ حاصل از گوشته و یک منشأ اختلاطی که شامل مؤلفه پوسته ای و مؤلفه حاصل از گوشته می باشد .

از آنجا که مواد پوسته ای و مواد حاصل از گوشته حاوی ویژگیهای شیمیایی مجزایی هستند ، از اینرو گرانیتوئیدهای حاصل از آنها را می توان بوسیله ویژگیهای شیمیایی آنها تشخیص داد . شاخص اشباعی از آلومین ($ASI = Al_2O_3 / [CaO + Na_2O + K_2O]$) (بصورت مولی) ، تمایز شیمیایی بین گرانیتوئیدهای پرآلومینوس ($ASI > 1$) و متآلومینوس ($ASI < 1$) می باشد . ترکیبات متآلومینوس می توانند به گرانیتوئیدهای کالک

آکالن

($Al_2O_3 > Na_2O + K_2O$)، یا گرانیتوئیدهای آلکالن تا پراآلکالن ($Al_2O_3 < Na_2O + K_2O$)، بصورت مولی تقسیم شوند. مجموعه داده های شیمیایی و ایزوتوپی بیانگر اینست که گرانیتوئیدهای پراآلومینوس دارای منشأ پوسته ای بوده، گرانیتوئیدهای کالک آلکالن دارای منشأ اختلاط و گرانیتوئیدهای آلکالن تا پراآلکالن دارای منشأ گوشته ای هستند. گرانیتوئیدهای نوع CPG و MPG از نوع پراآلومینوس بوده و عموماً محتوای بالا تا بسیار بالای Sr_i را نشان می دهند (شکل ۱-۱ - c). گرانیتوئیدهای MPG (گرانیتوئیدهای موسکویت دار پراآلومینوس) و CPG (گرانیتوئیدهای کردیریت دار پراآلومینوس) دارای منشأ پوسته ای هستند (شکل ۱-۲). ویژگی پراآلومینوس گرانیتوئیدهای MPG با پیشرفت تفریق، شدیداً افزایش می یابد در حالیکه در گرانیتوئیدهای CPG، ویژگی پراآلومینوس با پیشرفت تفریق کاهش یافته یا افزایش اندکی نشان می دهد (Barbarin, 1996).

انکلاوهای رستیتی که از ذوب مواد پوسته ای تولید می شوند در هر دو گرانیتوئید فوق الذکر فراوان بوده در حالیکه انکلاوهای میکروگرانولار مافیک در مقادیر محدود تنها در گرانیتوئیدهای CPG حضور دارند (شکل ۱-۱ - b). ویژگیهای شیمیایی و ایزوتوپی و حضور انکلاوهای ماگمایی مافیک در مقادیر محدود، بیانگر اینست که مقداری ماگمای حاصل از گوشته در تشکیل گرانیتوئیدهای CPG دخیل است (شکل ۱-۲).



(شکل ۱-۲): شکل شماتیک انواع مختلف گرانیتوئیدها و مجموعه کانیهای AFM و نسبت مواد پوسته ای و گوشته ای آن

گرانیتوئیدهای آلکالن و پراآلکالن (PAG) از CaO و Al_2O_3 فقیر بوده اما از Na_2O و K_2O و FeO غنی هستند (شکل ۱-۱ - c). منشأ گوشته ای گرانیتوئیدهای PAG بوسیله تعدادی از محققین مورد سؤال واقع شده است چونکه تعدادی از پلوتونها مقادیر بالای Sr_i را نشان می دهند. بررسی دقیق بسیاری از این گرانیتوئیدها نشان می دهد که آرایش پوسته ای محدود و دگرسانی بعد از فعالیت ماگمایی (postmagmatic) شدید می تواند ویژگیهای ایزوتوپی اولیه آنها را به مقدار قابل توجهی تغییر دهد (Eby et al, 1992 ; Bonin, 1996).

تعدادی از گرانیتوئیدهای PAG دارای منشأ خالص گوشته ای نبوده بلکه مقداری مواد پوسته ای نیز در آن دخیل بوده اند (شکل ۱-۲). گرانیتوئیدهای نسبتاً کمیاب نوع RTG ، حاوی محتوای بسیار پایین Sr_i بوده (شکل ۱-۱ - C) و با سنگهای مافیک پوسته اقیانوسی همراه هستند . آنها دارای منشأ گوشته ای می باشند. ماهیت توله ایتی آنها و حضور آنها در داخل پوسته اقیانوسی باعث شده تا آنها را گرانیتوئیدهای نوع RTG (گرانیتوئیدهای توله ایتی پشته ای) نامگذاری کنیم .

نوع دیگری از گرانیتوئیدها نیز دارای ماهیت توله ایتی و منشأ گوشته ای هستند. گرانیتوئیدهای ATG (گرانیتوئیدهای توله ایتی قوسی) متفاوت از گرانیتوئیدهای RTG می باشند . چونکه آنها در قوسهای ولکانیکی و حواشی فعال قاره ای حضور دارند جائیکه معمولاً با گرانیتوئیدهای نوع ACG همراه هستند . بنظر می رسد که گرانیتوئیدهای ATG دارای ویژگیهای مشترک بسیاری با گرانیتوئیدهای ACG هستند ، هرچند که گرانیتوئیدهای ATG مشتمل بر تونالیت و دیوریت های غنی از آمفیبول بوده و مشابه گرانیتوئیدهای ACG از نوع گرانودیوریت و گرانیت نیستند.

گرانیتوئیدهای KCG و ACG از نوع کالک آلکالن بوده و دارای منشأ هیبرید (گوشته + پوسته) هستند . تمایز بین گرانیتوئیدهای نوع KCG (گرانیتوئیدهای کالک آلکالن غنی از آلکالی فلدسپار و پورفیری آلکالی فلدسپار) و ACG (گرانیتوئیدهای کالک آلکالن غنی از آمفیبول) توسط داده های شیمیایی امکانپذیر است (شکل ۱-۱ - C). گرانیتوئیدهای KCG محتوای پایینی از CaO و محتوای بالایی از K_2O (حدود ۵٪) دارند. بالعکس، گرانیتوئیدهای ACG برای مقدار ثابت SiO_2 بطور ثابتی از CaO غنی تر بوده و تنها زمانی از K_2O غنی می شوند که به مقدار بالایی تفریق پیدا کرده باشند. مؤلفه پوسته ای در گرانیتوئیدهای KCG غالب بوده در حالیکه مؤلفه گوشته ای در گرانیتوئیدهای ACG غالب است (Pitcher, 1993). منشأ گوشته ای مطرح شده برای گرانیتوئیدهای نوع کردیلرا (Brown , 1993) با گرانیتوئیدهای ACG و ATG سازگار است.

بطور خلاصه، ۶ نوع گرانیتوئید را می توان بر پایه مجموعه کانی شناسی، ویژگیهای صحرایی، پتروگرافیکی و شیمیایی تفکیک نمود (شکل ۱-۱). دو نوع گرانیتوئید پرآلومینوس با منشأ پوسته ای خالص یا اساساً پوسته ای (CPG و MPG) و دو نوع گرانیتوئید کالک آلکالن با منشأ هیبریدی (KCG و ACG) و دو نوع گرانیتوئید توله ایتی یا آلکالن با منشأ کاملاً گوشته ای یا عمدتاً گوشته ای (PAG و RTG یا ATG) وجود دارد .

۱ - ۴ - طبقه بندی پتروژنتیکی گرانیتوئیدها

بسیاری از طبقه بندیهای مطرح شده برای گرانیتوئیدها در طی سالهای اخیر به منشأ و پتروژنز گرانیتوئیدها اشاره کرده اند . در بسیاری از طبقه بندیها بیشتر از ۷ نوع گرانیتوئید معرفی شده است (شکل ۱-۳). در کمربند Lachlan.

بسیاری از گرانیتوئیدهای نوع S از نوع CPG بوده و فقط تعداد محدودی از نوع MPG هستند. همچنین، بسیاری از گرانیتوئیدهای نوع A از نوع ACG بوده و فقط تعداد محدودی از نوع KCG می باشند.

تقسیم بندی به انواع S, I, M, A, مشابه با بسیاری از طبقه بندیهای دیگر، عمدتاً بر اساس داده های ژئوشیمیایی است. همچنین، مؤلفه شیمیایی برای تکمیل دیگر داده ها برای مشخص کردن منشأ گرانیتوئیدهای PAG و RTG, ATG, ACG, KCG, CPG, MPG مورد استفاده قرار می گیرد . بهرحال، داده های ژئوشیمیایی بدلیل همگرایی شیمیایی بایستی با احتیاط مورد استفاده قرار گیرند . بعنوان مثال، گرانیتوئیدهای با منشأ هیبرید یا گویشته ای می توانند پس از تفریق بسیار زیاد آمفیبول ، واکنش مواد فرار یا هضم سنگهای پلیتی ، ترکیب پرآلومینوس پیدا کنند.

PARAMETERS	AUTHORS	ORIGIN					
		CRUSTAL			MIXED		MANTLE
FIRST CHEMICAL NOMENCLATURES	SHAND (1927 & 1943)	PERALUMINOUS rocks			METALUMINOUS rocks		PERALKALINE rocks
	LACROIX (1933)	Roches CALCO-ALC. HYPERALUMINEUSES			Roches CALCO-ALCALINES		Roches ALCALINES
PETROGRAPHY	CAPDEVILA & FLOOR (1970) CAPDEVILA et al. (1973)	Granites MESOCRUSTALX			Granites MIXTES BASICRUSTALX		
	ORSINI (1976 & 1979)	A.M. SUB-ALC. ALUMINEUX			A.M. SUB-ALC. HYPOALUM. A.M. CALCO-ALC.		
	YANG CHAOQUN (1982)	MM-TYPE	CR-TYPE	MS-TYPE			MD-TYPE
	TISCHENDORF & PALCHEN (1985)	S _i	S _s	S _i	I _{KK}	I _{OK}	I _{MT} I _{MA}
ENCLAVES	DIDIER & LAMEYRE (1969) DIDIER et al. (1982)	C-TYPE (Crustal) ("Leucogranites")			M-TYPE (Mixed or Mantle) ("Monzogranites & Anadorites")		
MINERALOGY (QAP system)	LAMEYRE (1980) LAMEYRE & BOWDEN (1982)	"LEUCOGRANITES" (Crustal fusion)			CALC-ALKALINE Series (High K, Medium K or Low K)		THOLEITIC Series (PER) ALCALINE Series
MAFIC MINERALS	ROSSI & CHEVREMENT (1987)	A.M. ALUMINO-POTASSIQUE (s.s. ou composites)			A.M. MONZONITIQUE	A.M. CALCOALCALINE	A.M. THOLEITIQUE (PER) ALCALINE
BIOTITE COMPOSITION	NACHIT et al. (1985)	Lignées ALUMINO-POTASSIQUES			Lignées CALCOALCALINES et SUBALCALINES		Lignées ALCALINES et HYPERALCALINES
ZIRCON MORPHOLOGY	PUPIN (1980 & 1985)	TYPE 1	TYPE 2	TYPE 3	TYPE 4 & 5		TYPE 7 TYPE 6
OPAQUE OXIDES	ISHIHARA (1977) CZAMANSKE et al. (1981)	ILMENITE - Series			MAGNETITE - Series		
GEOCHEMISTRY (Major Elements)	CHAPPELL & WHITE (1974 & 1983) COLLINS et al. (1982), WHALEN et al. (1987)	S - TYPE			(I - TYPE)'		M - TYPE (A - TYPE)'
	LA ROCHE (1986) LA ROCHE et al. (1980)	AK-L M.A.	AK-G M.A.	SA M.A.	CA M.A.	TH M.A.	A-PA M.A.
	DEBON & LE FORT (1983 & 1988)	ALUMINOUS M.A.			ALUMINO-CAFEMIC and CAFEMIC M.A. (Subalkaline, calc-alkaline, tholeiitic, and peralkaline)		
	MANIAR & PICCOLI (1989)	CCG		POG	CAG	IAG OP	RRG CEUG
GEOCHEMISTRY (Trace Elements)	TAUSON & KOZLOV (1973)	PLUMASITIC LEUCOGR.	ULTRA-MM GRANITES	PALINGENIC GRANITES (Normal and Subalkalines)		PLAGIO-GRANITES	AGPATIC LEUCOGRANITES
	PEARCE et al. (1984)	COLG - Collision Granites (Syntectonic)			VAG Volcanic Arc Granites (Post-tectonic)		ORG WPG Within Plate Granites
ASSOCIATED MINERALIZATIONS	XU KEQIN et al. (1982)	TRANSFORMATION - TYPE (Continental crust)			SYNTEXIS - TYPE (Transitional crust)		MANTLE-DERIVED - TYPE
TECTONIC ENVIRONMENT	PITCHER (1983 & 1987)	HERCYNOTYPE		CALEDONIAN - TYPE	ANDINOTYPE	W/PACIFIC TYPE	NGERA - TYPE
SUGGESTED SYNTHETIC CLASSIFICATION		MPG	CPG	KCG	ACG	ATG RTG	PAG

(شکل ۱-۳) : انواع طبقه بندیهای ارائه شده برای گرانیتوئیدها

۱ - ۱ - ۵ - انواع گرانیتوئیدها و محیط های ژئودینامیکی

یک گرانیتوئید تنها زمانی می تواند بعنوان یک نشانگر ژئودینامیکی مورد استفاده قرار گیرد که نوع آن بدرستی مشخص شده و همچنین دقیقاً سن یابی شود . همچنین واضح است که نایبستی گرانیتوئیدها را به تنهایی برای این موضوع مورد استفاده قرار داد بلکه باید در همراهی با داده های ساختاری استفاده شوند.

هر چند که استفاده از گرانیتوئید بعنوان نشانگر ژئودینامیکی در برخی موارد صحیح نیست ، اما استفاده دقیق از انواع گرانیتوئیدها برای مشکلات ژئودینامیکی اغلب موفقیت آمیز بوده است . در بسیاری موارد ، بایستی گرانیتوئیدها یک وسیله طبیعی تکمیل کننده برای روشهای دیگر در مطالعه تحول محیط های ژئودینامیکی در طی زمان باشند. ترکیب داده های پترولوژیکی، ساختاری و مطالعات ژئودینامیکی نشان می دهد که زلز انواع مختلف گرانیتوئیدها، به شدت تحت تأثیر محیط ژئودینامیکی است . مطالعه مناطقی که هم نوع گرانیتوئیدها و هم محیط ژئودینامیکی در زمان جایگیری این گرانیتوئیدها بخوبی شناخته شده است ، اجازه می دهد تا هر یک از انواع گرانیتوئیدها به محیط ژئودینامیکی بخصوصی مرتبط باشد (شکل ۱-۴) .

گرانیتوئیدهای پرآلمینوس (CPG و MPG) عمدتاً در مناطقی جایگیری کرده اند که ضخیم شدگی پوسته ای ناشی از همگرایی دو لیتوسفر قاره ای وجود دارد. گرانیتوئیدهای CPG در سرتاسر کمربند کوهزایی پراکنده هستند در حالیکه گرانیتوئیدهای MPG در امتداد گسیختگی های تراگذر (transcurrent) و مناطق تراستی که پوسته ضخیم را قطع کرده اند، متمرکز هستند (Barbarin ، 1996) .

GRANITOID TYPES		ORIGIN	GEODYNAMIC ENVIRONMENT
Muscovite-bearing Peraluminous Granitoids	MPG	CRUSTAL ORIGIN PERALUMINOUS GRANITOIDS	CONTINENTAL COLLISION
Cordierite-bearing Peraluminous Granitoids	CPG		
K-rich Calc-alkaline Granitoids (High K - Low Ca)	KCG	MIXED ORIGIN (Crust + Mantle) METALUMINOUS AND CALC-ALKALINE GRANITOIDS	TRANSITIONAL REGIMES
Amphibole-bearing Calc-alkaline Granitoids (Low K - High Ca)	ACG		SUBDUCTION
Arc Tholeiitic Granitoids	ATG	MANTLE ORIGIN THOLEIITIC, ALKALINE AND PERALKALINE GRANITOIDS	OCEANIC SPREADING OR CONTINENTAL DOMING AND RIFTING
Mid-ocean Ridge Tholeiitic Granitoids	RTG		
Peralkaline and Alkaline Granitoids	PAG		

(شکل ۱-۴) : شکل شماتیک ارتباط بین انواع ، منشأ و محیط تکتونیکی گرانیتوئیدها

گرانیتوئیدهای کالک آلکالن و توله ایتی (ATG و ACG) ، به مقدار متغیری در بالای زون فرورانش جایگیری کرده اند. گرانیتوئیدهای ATG با مقادیر زیادی آندزیت در کمانهای ولکانیکی همراه هستند. در حواشی فعال قاره ای ، گرانیتوئیدهای ATG کمیاب بوده و گرانیتوئیدهای ACG باتولیت‌های بزرگی را بموازات گودال تشکیل می دهند. ولکانیکهای آندزیتی بزرگی غالباً در قله این باتولیتها حضور دارند . بسیاری از زونهای فرورانشی بالغ، حاوی مقادیر زیادتری از گرانیتوئیدهای ACG هستند.

پلاژیوگرانیت های توله ایتی پشته ای (RTG) ، با پوسته های اقیانوسی زایشی همراه بوده در حالیکه گرانیت ها و سینیت های آلکالن تا پرآلکالن (PAG) ، به مناطق ریفتی و گنبدی شده قاره ای مرتبط هستند. گرانودیوریت ها و گرانیت های کالک آلکالن با پتاسیم بالا (KCG) ، در بسیاری از محیط های ژئودینامیکی مختلف موجود هستند . در حقیقت، این سنگها تغییرات زیادی را در رژیم تکتونیکی در مقایسه با محیط ژئودینامیکی بخصوص نشان می دهند. این سنگها یا در طی زمانهای افت تنش که زمانهای اوج را در داخل یک رخداد برخوردی جدا می کنند ، تشکیل می شوند یا در طی تحول رژیم فشارشی به رژیم کششی تشکیل می شوند (Lameyer , 1988 ; Bonin , 1990). از اینرو گرانیت‌های KCG در کمربندهای کوهزایی مرتبط با برخورد قاره ای ، بویژه زمانی که برخورد خاتمه پیدا می کند ، غالب هستند . همچنین ، گرانیت‌های KCG با گرانیتوئیدهای ACG و PAG همراه هستند .

۱ - ۱ - ۶ - انواع گرانیتوئیدها و چرخه ویلسون

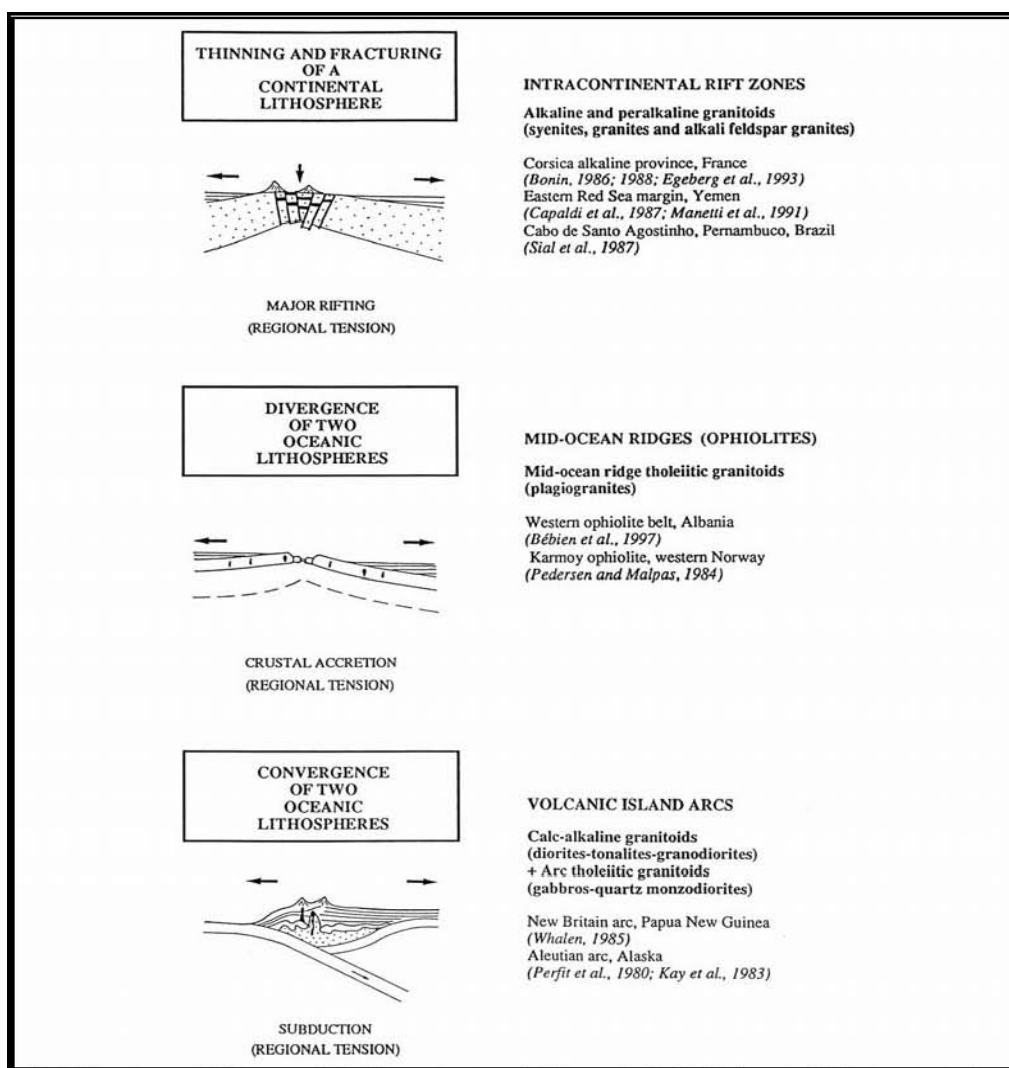
بهترین روش برای نشان دادن ارتباط قوی بین انواع گرانیتوئیدها و محیط ژئودینامیکی، بررسی مراحل متوالی چرخه (Willson , 1966) و اینکه چه نوع گرانیتی با کدامیک از این مرحله ها همراه است، می باشد. گرانیتوئیدهای مشخصی برای هر یک از این مراحل در (شکل ۱-۵) ، نشان داده شده است .

۱ - ۱ - ۶ - ۱ - کشش قاره ای و ریفت شدگی اصلی

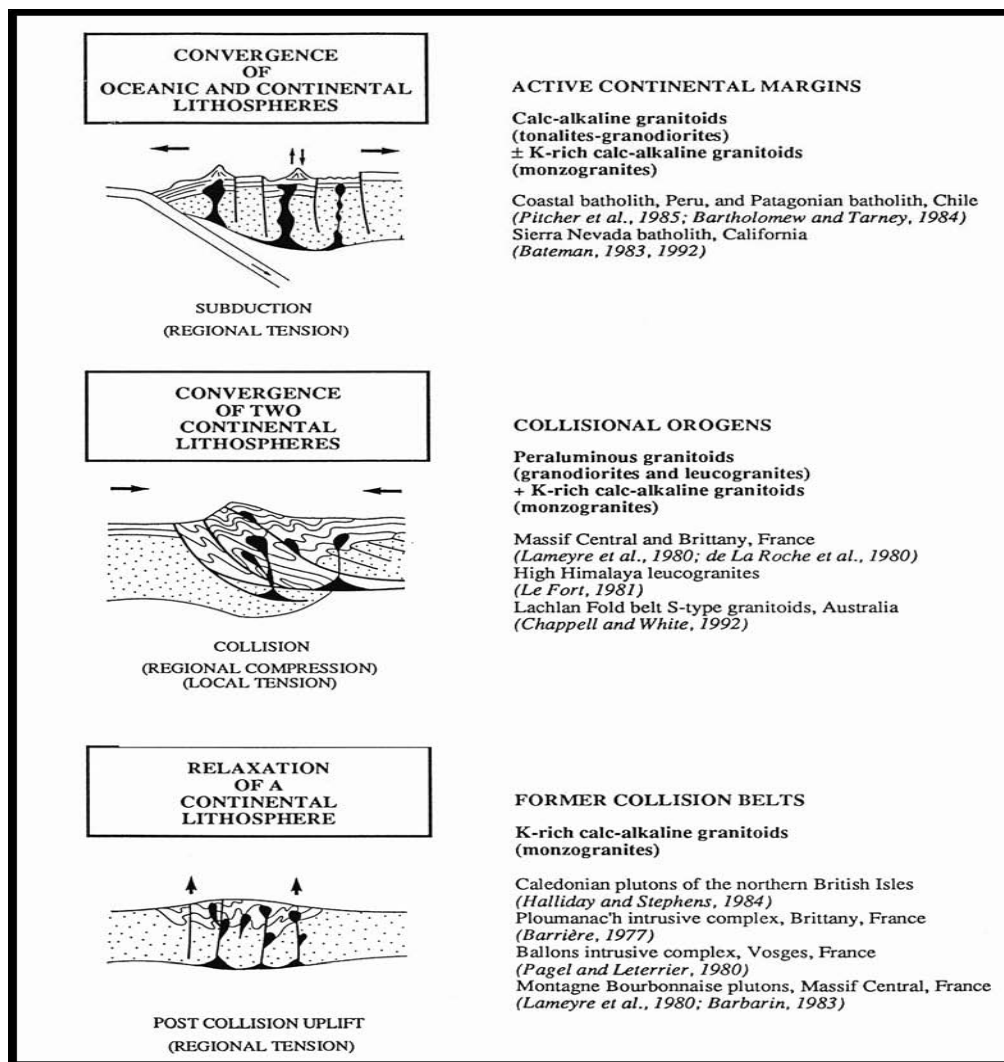
چرخه ویلسون با یک پوسته قاره ای فرسایش یافته که در یک فرایند واگرا درگیر است ، شروع می شود. در طی نازک شدگی و گسیخته شدن این پوسته قاره ای، تشکیل گرابنهای گسترده و بالآمدن گوشته بالایی، منجر به صعود ماگمای

آلکان در امتدا گسلهای نرمال و جایگیری گرانیتوئیدهای آلکان و پراآلکان (PAG) می شود. نمونه های بارز این مناطق عبارتند از:

- گرانیتوئیدهای PAG در منطقه Corsica با خاتمه کوهزایی هرسی نین و باز شدگی تتیس همراه بوده اند. این گرانیتوئیدها کمپلکسهای حلقوی را تشکیل داده اند.
- گرانیتوئیدهای PAG اولیگوسن در دو سمت دریای سرخ موجود هستند . جایگیری این گرانیتوئیدها زمانی خاتمه یافته است که پوسته اقیانوسی در دریای سرخ شروع به تشکیل کرده است.
- گرانیتوئیدهای PAG با مناطق ریفت قاره ای اصلی همراه هستند . آنها زمانی بوجود می آیند که پوسته قاره ای تحت تأثیر کشش قرار می گیرد.



(شکل ۱-۵) : انواع مختلف گرانیتوئیدها در طی مراحل متوالی چرخه ویلسون



ادامه (شکل ۱-۵)

۱ - ۶ - ۲ - پشته های میان اقیانوسی

پلاژیوگرانیت ها (RTG) در داخل پوسته اقیانوسی موجود هستند. جائیکه مقادیر زیادی از ماگماهای توله ایتی گوشته ای برای مدت زمان طولانی در زیر پشته های میان اقیانوسی تجمع یافته اند. پلاژیوگرانیت ها (RTG) در نتیجه تفریق بیش از حد این ماگماها حاصل شده اند. این پلاژیوگرانیتها بصورت دایکهای کوچک کاملاً پراکنده در پشته های اقیانوسی فعال موجود هستند. بررسیها نشان می دهد که گرچه پلاژیوگرانیتهای (RTG) در بسیاری از افیولیتها متداول هستند، اما آنها کمتر از ۲٪ رخنمون کل افیولیتها را تشکیل می دهند.

در کمرند افیولیتی مربوط به ژوراسیک در غرب آلبانیا، پلاژیوگرانیتها دایکهایی با قطر در حد متری تا پلوتونهای در حد کیلومتری را تشکیل می دهند که همه طبقات افیولیت به استثناء پریدوتیت ها را قطع کرده است. پلاژیوگرانیتهای (RTG) عمدتاً در زیر مجموعه دایکهای صفحه ای جایگیری کرده اند.