



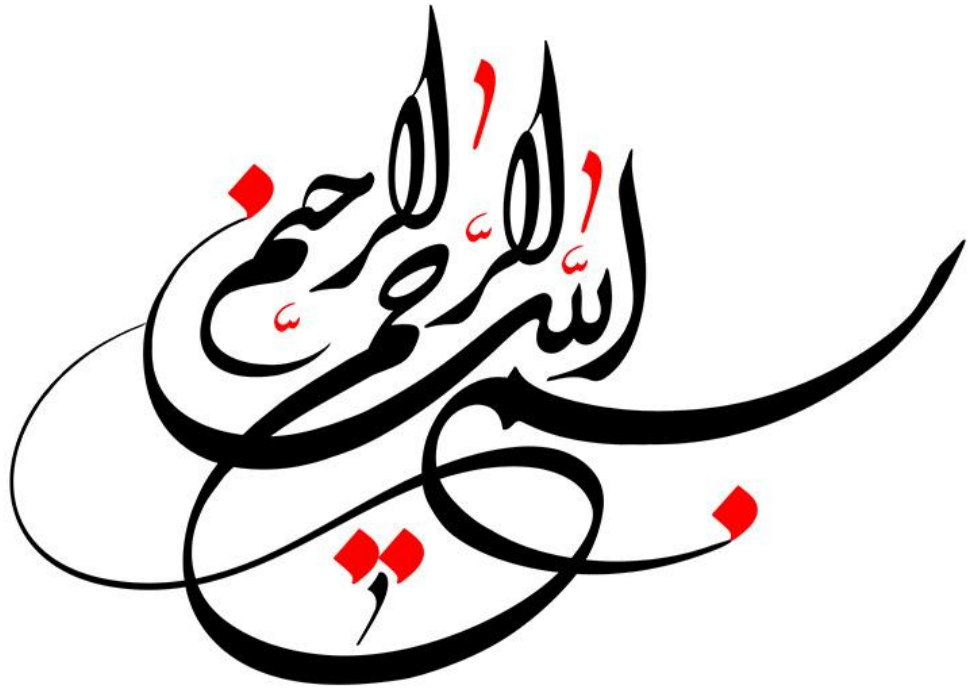
نگاهی به آداکیت های ایران
و ارتباط آن با ذخایر مس - طلا

منیر مجرد

دانشیار پتروالوژی

دانشگاه ارومیه

۱۳۹۹



آداکیت‌ها گروه وسیعی از سنگ‌های آذرین هستند که علائم ژئوشیمیایی ویژه‌ای دارند. در واقع آنها زیر مجموعه‌ای از انواع داسیت تا آندزیت‌اند که اغلب از ذوب پوسته اقیانوسی جوان فرورانده تشکیل شده‌اند.

با توجه به ساز و کارهای منحصر بفرد تشکیل چنین ماگماهایی شایسته می‌نماید که ما در ایران نگرشی دوباره به تمامی سنگ‌های مشابه با آن داشته باشیم. به نظر می‌رسد با چنین کاری می‌توانیم از مزایای شناسایی آداکیت‌ها بهره‌مند شویم. یکی از قابلیت‌های مثبت شناخت صحیح آداکیت‌ها، همراهی آنها با ذخائر پورفیری مس / طلا است، البته این همراهی همیشگی نیست.

نگارش این کتاب بیش از دو سال طول کشید و در طی نگارش آن سعی شد تا مطالب مفید و سودمندی برای مطالعه دانشجویان کارشناسی ارشد و دکتری در دو گرایش پترولوژی و زمین شناسی اقتصادی ارائه شود. همچنین پژوهشگران سنگ‌شناس می‌توانند با مراجعه به آن، داده‌های خود را در بستر آماده شده با آداکیت‌های جهان و ایران قیاس کرده، نتیجه را با استفاده از موارد مندرج در متن کتاب، تحلیل کنند.

آنچه در این جا ضروری می‌نماید آن است که دانشجویان در حین مطالعه کتاب به نکات مهم زیر دقت کافی داشته باشند:

- ۱- سن بیشتر واحدهای آداکیتی ایران به صورت نسبی و نه مطلق تعیین شده و اغلب با شک همراه است.
- ۲- آداکیت مفهومی مربوط به خصوصیات ژئوشیمیایی است و هرگز در صحرا قابل تشخیص نیست. این مسأله به زعم زمین شناسانی که دید بزرگ مقیاس و ناحیه‌ای نسبت به موضوع دارند، یک نقص محسوب می‌شود.
- ۳- فقدان نتایج ایزوتوپی در اغلب نواحی آداکیتی ایران مانع از ارائه تفسیر متقن درباره آنها می‌شود و همواره این تردید باقی است که ماگمای مولد به چه طریق تکوین یافته است؟
- ۴- آنالیزهای نامعتبر همواره مانع از جمع‌بندی و مقایسه‌های کلی گروه‌های سنگی شده است. این مسأله بر صحت تحلیل‌های فصول پنجم و ششم کتاب سایه انداخته، دامنه شک‌ها را نسبت به موضوع افزایش می‌دهد.
- ۵- سیستم‌های پورفیری اغلب دگرسان بوده، معمولاً عناصر متحرک آنها، سیستم را ترک کرده‌اند. استفاده از نمودارهای مبتنی بر چنین عناصری، اشکالات مهمی دارد که می‌بایست با بهره‌گیری از سایر عناصر جزئی غیر متحرک جبران شود. با توجه به این که موضوع مورد بحث ابهام‌هایی را در فصل ششم کتاب پیش می‌آورد، شایسته است که نسبت به آن دقت کافی داشته باشیم.
- ۶- نکته مهم دیگر در این جا، تعدد فرضیات درباره زمان فرورانش و بسته شدن نئوتتیس بین محققان ایرانی است. این مطلب باعث می‌شود که در نسبت دادن ماگمازایی به فرایندهای همزمان با فرورانش و پس از تصادم با مشکل مواجه شویم.

۷- عدم تعلق آداکیت‌ها به یک سری خاص و واحد، مشکل دیگر این مباحث است. در این خصوص این جانب با پروفیسور کاستیلو استاد انیستیتو اقیانوس شناسی کالیفرنیا از محققین بنام این حوزه مکاتبه نموده و بطور مشخص آنرا جویا شدم. در این جا برای آگاهی دانشجویان پاسخ ایشان را عینا ذکر می‌کنیم:

On Thu, Aug 27, 2020 at 12:20 AM

Dear Prof. Modjarrad,

Thank you for your email. Unfortunately, the proponents of adakites did not assign them to a specific magma series; that is part of the confusion. The term adakite was based primarily on chemical characteristics of individual rocks, so as far as I can tell, they do not belong to a specific magma series. In other words, I am sorry that I cannot give you a short, straight answer because I was not the one who proposed the term adakite.

Good luck,
Pat Castillo

همانطور که قبلا هم ذکر شد، سری ماگمایی آداکیت‌ها نامعلوم می‌باشد و می‌تواند کالک آلکالن تا شوشونیتی باشد.

در فصل اول ضمن تعریف آداکیت، به ذکر ویژگی‌های ژئوشیمیایی و توصیف انواع آن پرداخته‌ایم. همچنین آداکیت‌های کار شده در جهان و نحوه ارتباط آداکیت‌ها با ذخائر ارزشمند فلزی و مدل‌های ژئودینامیکی مسؤول در تشکیل ماگمای آداکیتی از دیگر مطالب این فصل است.

در فصل دوم برخی نمودارهای مهم و تعیین‌کننده در مطالعات آداکیتی رسم شده است. تعدادی از نمودارها برای تعیین منشاء ماگمای آداکیتی کاربرد دارند. هدف از این فصل تسهیل و اطمینان در تشخیص درست گروه سنگی مورد مطالعه آداکیت برای دانشجویان بوده است.

در فصل سوم خلاصه‌ای از آداکیت‌های کار شده در ایران، برای مخاطبان ذکر شده است. که مطالب آن مشتمل بر نام منطقه، نام استان قرار گیری برونزد، نوع سنگ خاستگاه، سن حدودی و ارجاع به محقق است. در پایان این فصل در اطلس سنگ‌های خروجی ایران، موقعیت تقریبی آداکیت‌های یاد شده (با صرف وقت زیاد) مشخص شده است. امید است مورد استفاده پژوهشگران قرار گیرد.

در فصل چهارم به مطالعات موردی و کامل سه لکه آداکیتی در استان آذربایجان غربی که توسط نویسنده و دانشجویان وی مورد بررسی قرار گرفته، اشاره شده است. این نتایج به صورت مقاله در نشریه‌های معتبر علمی به چاپ رسیده است. این فصل می‌تواند الگویی برای پژوهش و مطالعه دانشجویان علاقه‌مند به این گروه سنگی باشد.

در فصل پنجم با عنایت به احتمال همسانی منشاء آداکیت ها در گوشه شمال غربی ایران به مقایسه هفت مورد آداکیت کار شده در این منطقه اهتمام نموده‌ایم. بی اغراق باید گفت شباهت بسیار زیادی از حیث فراوانی عناصر اصلی و نسبت‌های تعیین کننده آداکیتی بودن، بین این نواحی دیده می‌شود و فرضیه مطرح شده را بسیار قوت می‌بخشد. البته هیچ چیز مانند یک مقایسه درست و کامل از نظر ژئوشیمیایی نمی‌تواند بیانگر خاستگاه و مکانیسم های همانند در تولید ماگماها باشد.

در فصل ششم با توجه به پیدا شدن شواهدی از همراهی گروه سنگی آداکیت با ذخائر مس / طلا به بررسی سنگ‌های آداکیتی همراه با این ذخائر در چند معدن ایران پرداخته‌ایم. این فصل از حیث مطالب علمی و نظری مهم‌ترین بخش این کتاب بوده، امیدواریم از حیث کاربردی نیز اهمیت داشته باشد. در واقع آداکیت کلیدی برای پیدا کردن ذخائر اقتصادی فلزی است که می‌بایست در ایران مورد توجه ویژه زمین شناسان قرار گرفته، مسیری در جهت پی جوئی صحیح ذخائر اقتصادی تلقی شود.

در اینجا ضروری است از استاد ارجمندم جناب پروفیسور محسن مؤید استاد پترولوژی دانشگاه تبریز که زحمت داوری و ویرایش علمی این مکتوب را به عهده گرفتند کمال تشکر داشته باشیم. ایشان علاوه بر آموزش مفاهیم سنگ های ماگمایی و ماگماتیسم ایران به این شاگرد خود، با صرف وقت ارزشمند خویش و دقت علمی خاصی نواقص و کاستی های آن را یادآور شدند. در برخی موارد یادداشت‌ها و عین عبارات استاد را در متن آورده و به آنها ارجاع داده‌ام.

در پایان از همه استادان و همکارانم در گروه زمین شناسی دانشگاه ارومیه بویژه آقای دکتر علی عابدینی و خانم دکتر اکرم علیزاده که با حمایت‌ها و ارائه نکته نظرات ارزشمند خود موجب ارتقاء کیفی و علمی این کتاب شدند، سپاسگزارم.

از همکاران خود و دانشجویان تحصیلات تکمیلی خواهشمندم نکته نظرات خود را در مورد مباحث این کتاب برای نویسنده بازگو نمایند تا در ویرایش آتی برای تکمیل مطالب کتاب از آن بهره‌مند گردد.

و من ... التوفیق

منیر مجرد

شهریورماه ۱۳۹۹

فهرست مطالب

فصل اول

تعریف آداکیت و پارامتر های ژئوشیمیایی متمایز کننده

۲	کلیات
۳	۱-۱ آداکیت چیست؟
۱۰	۱-۲ ارتباط آداکیت با ذخائر مس / طلا
۱۴	۱-۳ الگوی عناصر جزئی در آداکیت ها
۱۶	۱-۴ نسبت های ایزوتوپی در آداکیت ها
۱۷	۱-۵ مدل ژئودینامیکی پیدایش آداکیت ها
۲۰	References

فصل دوم

برخی نمودارهای کلاسیک برای تشخیص آداکیت ها

۳۶	۲-۱ معرفی نمودارهای پر کاربرد در پژوهشهای آداکیتی
۴۳	References

فصل سوم

آداکیت های ایران در یک نگاه

۴۶	۳-۱ پیشینه پژوهش بر روی آداکیت های ایران
۵۹	منابع
۶۰	References

فصل چهارم

آداکیت های استان آذربایجان غربی

۶۸	۴-۱ آداکیت های بزوداگی ارومیه
۶۸	۴-۱-۱ چکیده
۶۹	۴-۱-۲ مقدمه
۷۰	۴-۱-۳ زمین شناسی منطقه
۷۱	۴-۱-۴ روش انجام پژوهش
۷۲	۴-۱-۵ پتروگرافی
۷۲	۴-۱-۶ ژئوشیمی
۷۷	۴-۱-۷ جایگاه تکتونیکی و منشاء
۷۹	۴-۱-۸ پتروژنز؛ خاستگاه آداکیتی
۸۷	۴-۱-۹ نتیجه گیری
۸۸	۴-۲ آداکیت زنبیل داگی ارومیه
۸۸	۴-۲-۱ چکیده

۸۹	۴-۲-۲ مقدمه
۹۰	۴-۲-۳ زمین شناسی منطقه
۹۰	۴-۲-۴ روش کار
۹۱	۴-۲-۵ پتروگرافی
۹۴	۴-۲-۶ ژئوشیمی
۹۷	۴-۲-۷ ژئوشیمی عناصر جزئی
۱۰۰	۴-۲-۸ ژئوشیمی عناصر نادر خاکی
۱۰۲	۴-۲-۹ محیط تکتونیکی
۱۰۳	۴-۲-۱۰ پتروژنز آداکیتی
۱۱۰	۴-۲-۱۱ مدل تکتونیکی
۱۱۱	۴-۲-۱۲ نتیجه گیری
۱۱۳	۴-۳ آداکیت های کوه سلطان مهاباد
۱۱۳	۴-۳-۱ چکیده
۱۱۳	۴-۳-۲ مقدمه
۱۱۵	۴-۳-۳ زمین شناسی منطقه
۱۱۸	۴-۳-۴ روش انجام پژوهش
۱۱۹	۴-۳-۵ پتروگرافی
۱۲۲	۴-۳-۶ ژئوشیمی
۱۲۵	۴-۳-۷ الگوی عناصر نادر خاکی و عنکبوتی
۱۲۶	۴-۳-۸ جایگاه تکتونیکی
۱۲۷	۴-۳-۹ منشاء آداکیتی
۱۲۹	۴-۳-۱۰ بحث
۱۳۰	۴-۳-۱۱ نتیجه گیری
۱۳۱	۴-۴ توده ساب ولکان ایوب انصار تکاب
۱۳۱	۴-۴-۱ چکیده ۱
۱۳۲	۴-۴-۲ چکیده ۲
۱۳۳	منابع
۱۳۳	References

فصل پنجم

مقایسه ژئوشیمیایی آداکیت های شمالغرب ایران

۱۵۲	۵-۱ آداکیت های شمالغرب ایران
۱۵۶	۵-۲ ژئوشیمی
۱۵۸	۵-۳ پتروژنز آداکیتی
۱۶۸	۵-۴ نتیجه گیری
۱۶۹	References

فصل ششم

بررسی ۷ مورد سنگ آداکیتی مرتبط با ذخائر مس - طلا در ایران

۱۷۸	۶-۱ چکیده
۱۷۸	۶-۲ مقدمه
۱۸۱	۶-۳ روش مطالعه
۱۸۴	۶-۴ بحث و بررسی
۱۸۴	۶-۴-۱ منطقه ارغش - قاسم آباد
۱۸۵	۶-۴-۲ منطقه ماهرآباد
۱۸۵	۶-۴-۳ استوک پورفیری ایجو
۱۸۶	۶-۴-۴ معدن مس پورفیری سرچشمه
۱۸۶	۶-۴-۵ توده نفوذی گاودل
۱۸۶	۶-۴-۶ ذخیره مس / طلا استرقان خاروانا
۱۸۷	۶-۴-۷ ناحیه خونارود
۱۸۷	۶-۵ ژئوشیمی
۱۸۸	۶-۶ پتروژنز آداکیتی
۱۹۲	۶-۷ تعیین خاستگاه
۱۹۸	۶-۸ نتیجه گیری
۲۰۰	References
۲۱۳	<u>ضمائم</u>

فصل اول

تعریف آداکیت

و پارامترهای ژئوشیمیایی متمایز کننده آن

کلیات

واژه آداکیت در گذشته برای تعریف سنگهای نفوذی و خروجی غنی از سیلیس با نسبت بالای Si/Y و La/Yb بکار می رفت که از ذوب بخش بازالتی پوسته اقیانوسی فرورونده به زیر قوس آتشفشانی مشتق شده است (Castillo, 2006).

همچنین در اوایل اعتقاد بر این بود که آداکیت فقط در مرزهای همگرا رخ می دهد جایی که تختال اقیانوسی جوان و در نتیجه هنوز داغ فرورانده می شود. اما بعدها مطالعات نشان داد که این نوع سنگها در موقعیت های قوسی دیگر نیز بوجود می آیند جایی که شرایط تکتونیکی غیر عادی توانسته نقطه سالیدوس تختال های قدیمی تر را پایین بیاورد.

در حال حاضر واژه آداکیت برای توضیح طیف گسترده ای از سنگهای قوس بکار می رود، شامل: مذاب تختالی، مذاب هیبریدی آداکیتی-پریدوتیتی تا مذاب مشتق شده از پریدوتیت متاسوماتیزه شده توسط مواد مذاب تختالی (Castillo, 2006).

مطالعات آداکیتی باعث سردرگمی هایی نیز شده است زیرا: (۱) در تعریف آداکیت اشتراکی از محدودیت های ترکیبی با یک تفسیر ژنتیکی (دوب بازالت فرورانده) همراه شده است. (۲) تعریف کلی نیست و برای تشخیص ویژگی ها وابسته به شیمی است. (۳) استفاده از نتایج ذوب تجربی فشار بالا روی بازالت آبدار بعنوان ادله که نابرابر با شرایط ذوب تختال در شرایط طبیعی است. (۴) وجود سنگهای آداکیتی با ویژگی های شیمیایی مشابه با آداکیت ها و لیکن به طور واضح بی ارتباط با ذوب تختال.

پژوهش های جدید تر نشان دادند که سنگهای آداکیتی و تعدادی از آداکیت های گزارش شده قبلی از طریق ذوب پوسته زیرین مافیک یا ماگمای بازالتی تجمع یافته، تبلور تفریقی فشار بالای ماگمای بازالتی و تبلور تفریقی فشار پایین ماگمای بازالتی به همراه فرایندهای اختلاط ماگمایی در هر دو محیط مرتبط و نامرتبط با قوس تولید شده اند (Castillo, 2006).

علی رغم تفاسیر گیج کننده درباره پتروژنز آداکیت ها و سنگهای آداکیتی، باید گفت تحقیقات دانشمندان روی این گروه سنگی درک ما را از مواد چرخش یافته در مناطق فرورانش، فرایندهای تکوین پوسته ای و کانی زایی اقتصادی عمیق تر کرده است.

۱-۱ آداکیت چیست؟

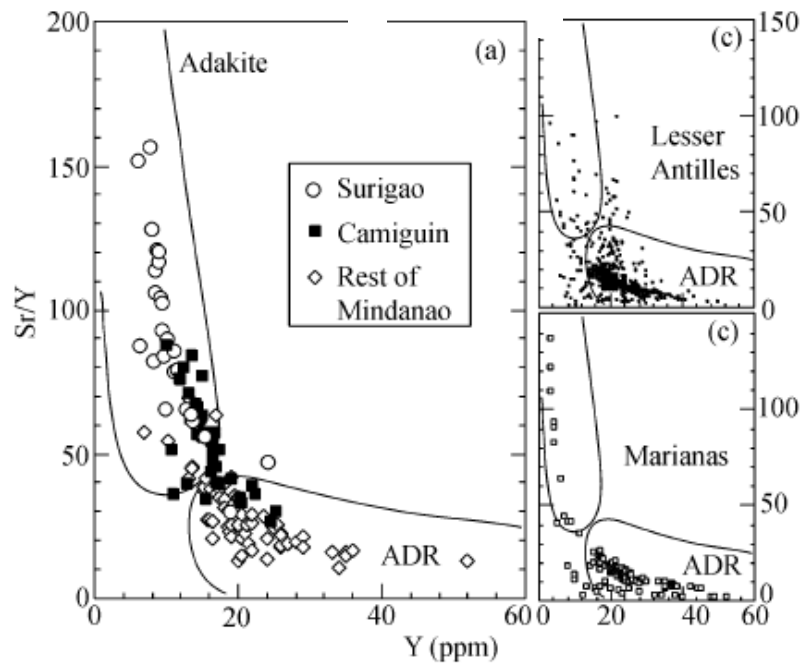
در ابتدا واژه آداکیت به گروهی از سنگها گفته می شد که در حاشیه صفحات همگرا از ذوب پوسته اقیانوسی گرم و جوان (کمتر از ۲۵ میلیون سال) به وجود آمده بودند (Kay, 1978).

ویژگی ژئوشیمیایی این سنگها عبارت است از میزان بالای Al, Ba, Sr و نسبت بالای Sr/Y, La/Yb. جدول ۱-۱ این مشخصات را نشان می دهد.

امروزه آداکیت به گروه بزرگی از سنگها اطلاق می شود که میزان Sr/Y و La/Yb بالایی دارند (شکل ۱-۱). این ویژگی بر اثر فرایندهایی مانند: ذوب پوسته اقیانوسی فرورانده، ذوب خاستگاه غنی از Sr, La و فقیر از Y, Yb، ذوب در مناطق عمیق با گارنت برجامانده، جدایش بلوری و واکنش گدازه فلسیک با گوشته بوجود آمده است (Martin et al., 2005).

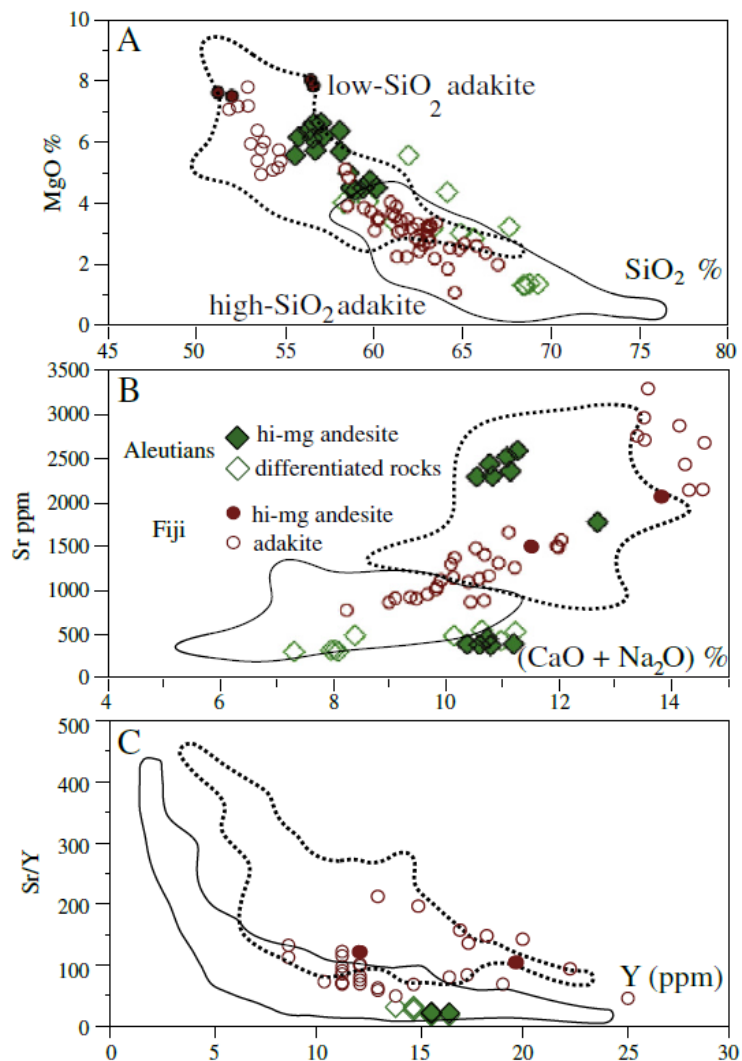
جدول ۱-۱ خلاصه ی ویژگی های ژئوشیمیایی آداکیت ها (Castillo, 2006).

ذوب فشار بالای اکلوژیت/گارنت آمفیبولیت	سیلیس بالا (بیش از ۵۶٪)
در محتوای سیلیس حدود ۷۰٪، ذوب بخشی فشار بالای اکلوژیت یا آمفیبولیت	اکسید آلومینیوم بالا (بیش از ۱۵٪)
نیکل و کروم اندک، در شرایط ذوب اولیه، نه مشتق شده از پریدوتیت گوشته ای	اکسید منیزیم اندک (بیش از ۳٪)
ذوب پلاژیوکلاز یا غیبت پلاژیوکلاز در تفاله یا تفاله پلاژیوکلاز کم یا بازالت منبع تهی از یورپیم	استرانسیم بالا (بیش از ۳۰۰ ppm)
حضور گارنت (کمتر هورنبلند یا کلینوپیروکسن) بعنوان تفاله یا فاز لیکیدوس	نبود بی هنجاری یورپیم ایتریم اندک (کمتر ۱۵ ppm)
بالاتر از آن تولید شده توسط تفریق بلورین عادی، حضور گارنت و آمفیبول بعنوان فاز تفاله یا فاز لیکیدوس	نسبت بالای استرانسیم به ایتریم (بیش از ۲۰)
بمعنی HREE اندک، حضور گارنت بعنوان تفاله یا فاز لیکیدوس	ایتریم اندک (کمتر از ۲ ppm)
نسبت بالای LREE/HREE، حضور گارنت بعنوان تفاله یا فاز لیکیدوس	نسبت بالای لانتانیم به ایتریم (بیش از ۲۰)
مانند بیشتر گدازه های قوس، فاز دارای تیتانیم یا هورنبلند در منبع	محتوای کم عناصر با میدان پایداری بالا (نیوبیم و تانتالیم)
بعلاوه ایزوتوپی سرب، پتاسیم به لانتانیم، ربیدیم به لانتانیم و باریم به لانتانیم اندک و نسبت ایزوتوپی بالای نیودیمیم، علامت مورب عادی	نسبت ایزوتوپ استرانسیم کم (کمتر از ۰/۷۰۴)



شکل ۱-۱ نمودار Sr/Y در برابر Y از Castillo (2006) برای تفکیک آداکیت ها از سنگهای قوس عادی.

سپس آداکیت‌ها به دو نوع کم سیلیس (LSA) و پرسیلیس (HSA) تقسیم شدند (Martin et al., 2005). آداکیت‌های پرسیلیس همان آداکیت‌های کلاسیک معرفی شده از سوی Drummond و Defant هستند، در حالیکه آداکیت‌های کم سیلیس به گروهی از سنگ‌ها گفته می‌شود، که علاوه بر داشتن مشخصات معمول، دارای سیلیس کمتر از ۶۰ و بیش از ۵۰ درصد باشند (شکل ۱-۲). مارتین (۲۰۰۵) میزان Na_2O این سنگ‌ها را بیش از ۳/۵٪ تا ۷/۵٪، نسبت $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$ آنها را حدود ۰/۴ و میزان $\text{Mg}^\#$ آنها را حدود ۴۰ تا ۵۰ معرفی کرده است.



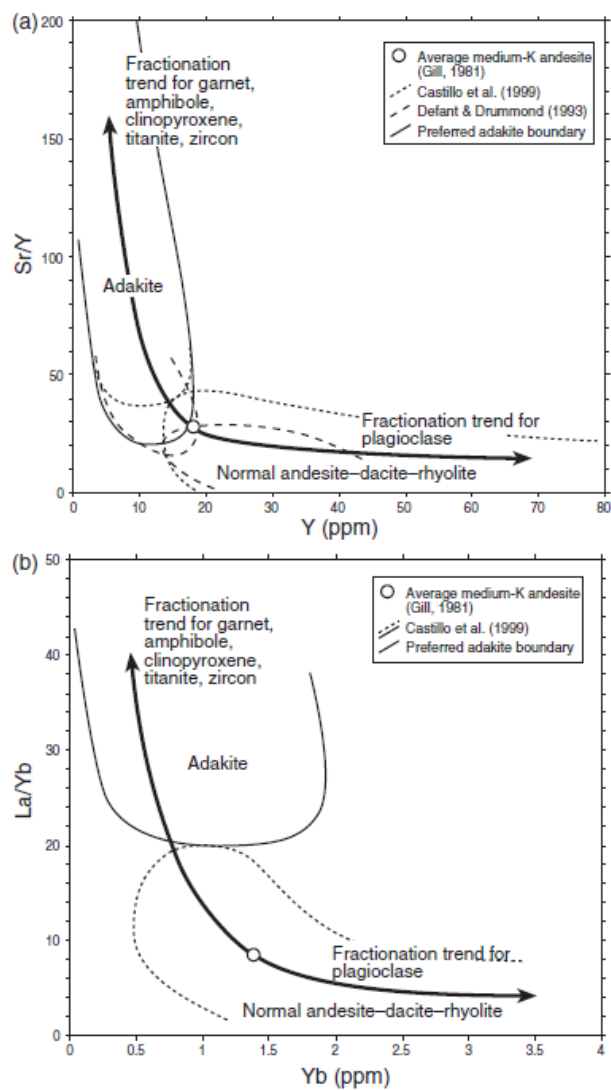
شکل ۱-۲ نمودارهای اکسید منیزیم در برابر سیلیس، استرانسیم در برابر مجموع اکسیدهای کلسیم و سدیم و نسبت استرانسیم به ایتیریم در برابر ایتیریم برای نمایش تفاوت های بین آداکیت های پرسیلیس و کم سیلیس معرفی شده توسط مارتین (۲۰۰۵). آندزیت های پر منیزیم آلووشین و مشتقات آن (Kay, 1978; Yogodzinski et al., 1995) و خروجی های فیجی (Danyushevsky et al., 2008) نیز پیاده شده اند.

پژوهشگران دیگر سنگ های پتاسیک با نسبت بالای Sr/Y را جزء آداکیت های قاره ای به حساب می آورند، که بر اثر فریندآهای پتروژنی متنوع حاصل می شوند (Rapp et al., 2002; Ding et al., 2007; Xiao et al., 2007; Pearce, 1983).

آداکیت های با سیلیس کم و آداکیت های با سیلیس زیاد در محیط های وابسته به فرورانش و در زمانی که لیتوسفر فرورونده گرم و جوان باشد، تشکیل می شوند (Defant & Drummond, 1990; Morris, 1990; Martin, 1999).

ولی امروزه مشخص شده است که آداکیت می تواند بوسیله ذوب بخشی پوسته زیرین ضخیم شده و/ یا تبلور تفریقی نیز حاصل شود (Defant et al., 2002; Kay and Kay, 2002; Chung et al., 2003; Castillo, 2006; Wen et al., 2008; Goss and Kay, 2009). این دو دسته ماگما توسط متمایز کننده های ژئوشیمیایی مانند نسبت های Sr/Y و La/Yb ، محتوای MgO و Na_2O و یا کمیت های ایزوتوپی قبل تفکیک هستند.

آداکیت ها دارای مشخصات ژئوشیمیایی ویژه ای هستند. از اینرو بنظر می رسد این مشخصات توسط پدیده های متعددی ایجاد شده باشند (جدول ۱-۱)، از قبیل: حضور گارنت در محل منشأ (Y اندک)، غیبت پلاژیوکلاز در تفاله باقیمانده و مشارکت آن در ذوب (Sr بالا و Sr/Y بالا، شکل ۳-۱)، ذوب بخشی پوسته ضخیم شده (Petford and Atherton, 1996; Zhang et al, 2001b) یا پوسته جلوی قوس قاره ای که توسط فرورانش و فرسایش تحت تاثیر قرار گرفته (Kay and Kay, 2002) یا پوسته قاره ای زیرین (Gao et al., 2004). تبلور تفریقی فشار بالای کانی هایی مانند گارنت (Castillo, 2006) یا آمفیبول (Richards and Kerrick, 2007) در ماگماهای عادی قوس و تبلور تفریقی ماگمای آبدار استثنائی (Rodriguez et al., 2007).



شکل ۱-۳ نمودار a در برابر Y از Defant & Drummond (1993) برای گدازه های آداکیتی، آندزیتی و ریولیتی. b نمودار نسبت La/Yb در برابر Yb از Castillo et al. (1999). مسیرهای تفریق کانی های مختلف از Castillo et al. (1999).

آداکیت ها امروزه در نقاط مختلفی از جهان مورد کاوش قرار گرفته اند. جدول ۱-۲ خلاصه ای از آن را نشان می دهد.

جدول ۱-۲ آداکیت های کار شده در سراسر جهان (Castillo, 2012).

<i>Locations</i>	<i>References</i>
Aleutians	1-3
Austral Chile	4-11
Baja California, Mexico	12-15
Cascades, western U.S.	16-18
Central America	18-20
Gangdese, Southern Tibet	21
Jamaica	22
Japan	23-25
Jungar, NW China	26
Kamchatka	27-29
Mian-Lueyang, Central China	30
Northern Andes	31-34
Northern Philippines	18, 35-36
Northern Tonga Trench	37
Papua New Guinea	18
Skagway Batholith, Alaska	18
Solomon Islands	38
Southern Philippines	39-41
Trans-Mexican Volcanic Belt	42-43
Woodlark Basin	18
Zagros Mountains, Iran	44

References: 1 = Kay, 1978; 2 = Myers and Frost, 1994; 3 = Yogodzinski et al., 1995; 4 = Lopez-Escobar et al., 1977; 5 = Martin, 1999; 6 = Futa and Stern, 1988; 7 = Kay et al., 1993; 8 = Bourgois et al., 1994; 9 = Guivel et al., 2003; 10 = Stern and Kilian, 1996; 11 = Sigmarsson et al., 1998; 12 = Saunders et al., 1987; 13 = Aguilón-Robles et al., 2001; 14 = Calmus et al., 2003; 15 = Pallares et al., 2007; 16 = Condie and Swenson, 1973; 17 = Defant and Drummond, 1993; 18 = Defant and Drummond, 1990; 19 = Defant et al., 1991; 20 = Defant et al., 1992; 21 = Qu et al., 2004; 22 = Hastie et al., 2010b; 23 = Morris, 1995; 24 = Tatsumi and Hanyu, 2003; 25 = Kamei et al., 2004; 26 = Xu et al., 2001; 27 = Kepezhinskas, 1989; 28 = Kepezhinskas et al., 1995; 29 = Kepezhinskas et al., 1996; 30 = Xu et al., 2000; 31 = Monzier et al., 1999; 32 = Samaniego et al., 2002; 33 = Bourdon et al., 2002; 34 = Gutscher et al., 2000; 35 = Schiano et al., 1995; 36 = Gregoire et al., 2008; 37 = Falloon et al., 2008; 38 = König et al., 2007; 39 = Sajona et al., 1993; 40 = Sajona et al., 1994; 41 = Sajona et al., 2000; 42 = Martinez-Serrano et al., 2004; 43 = Gomez-Tuena et al., 2003; 44 = Omrani et al., 2008.

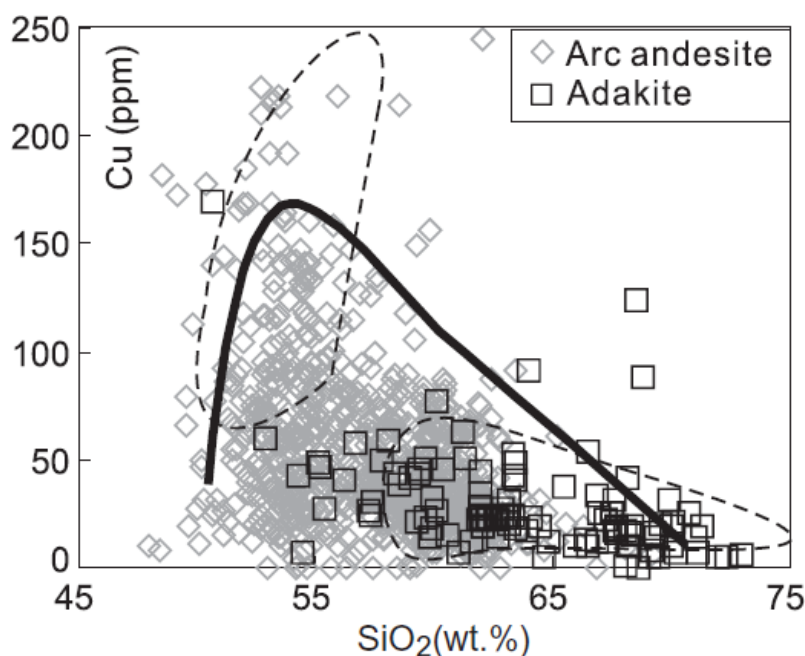
۲-۱ ارتباط آداکیت با ذخائر مس / طلا

یک رابطه نزدیک و معنی دار بین آداکیت ها و ذخائر فلزی اپی ترمال / پورفیری مانند طلا، مس، نقره و مولیبدن بوسیله دانشمندان ارائه شده است (Thieblemont et al., 1997; Zhang et al., 2001a). آنها متوجه شدند که ذخائر مطالعه شده توسط آنها در بیشتر نقاط جهان یا به میزبانی آداکیت تشکیل شده یا همراهی نزدیکی با آن داشته است (شکل ۴-۱). این نکته بوسیله مطالعات متعدد بعدی نیز قوت گرفت. برای مثال ذخیره مس پورفیری فیلیپین (Sajona and Maury, 1998)، ذخیره طلای اپی ترمال اکوادور (Beate et al., 2001)، مس پورفیری مغولستان (Morozumi, 2003) و شیلی (Kay et al., 1999; Reich et al., 2003)،

ذخیره طلا و مس پورفیری در چین (Hou et al., 2004; Xie et al., 2009) و طلا در مکزیک (Levresse et al., 2004) با این گروه سنگی در ارتباط بوده است.

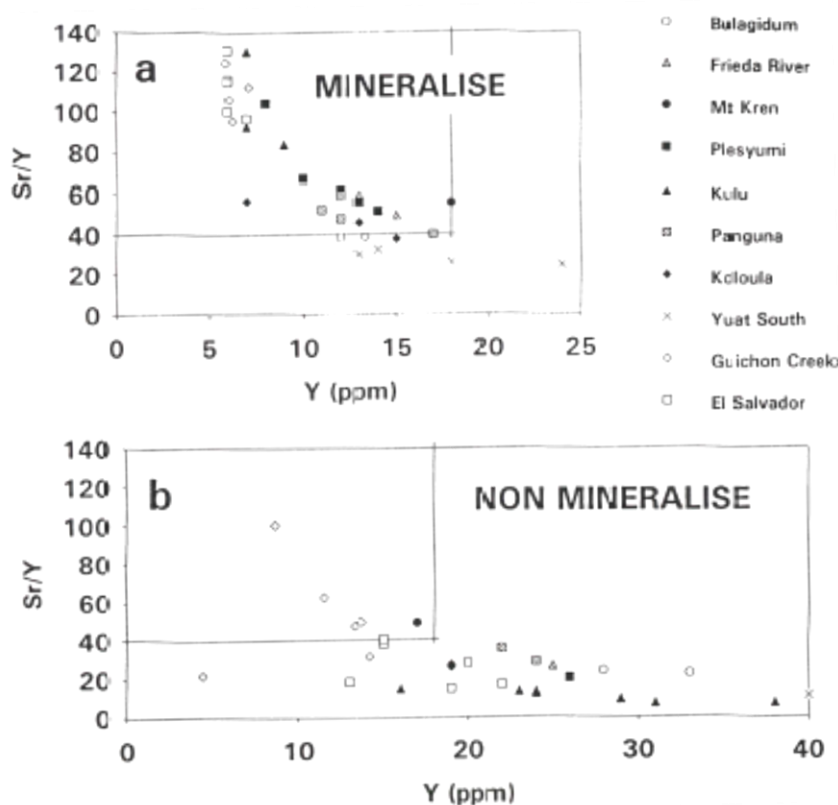
این مشاهدات در تطابق با نظریات دانشمندان قدیمی است (Mason and MacDonald, 1978) که بر نقش ذوب بخشی سنگهای بازیک در تشکیل ذخائر پورفیری تاکید داشتند. البته باید در نظر داشت فاکتورهای متعددی در این باره دخیل هستند مانند در دسترس بودن عناصر کالکوفیل برای ماگمای قوس در منبع گوشته ای و نیز عملکرد سیستم های هیدروترمال مناسب در پوسته فوقانی در جائیکه ذخیره در نهایت در آن استقرار می یابد (Mungall, 2002).

این رابطه نزدیک ممکن است بدلیل فوگاسیته اکسیژن بالا در ماگمای آداکیتی باشد (Mungall, 2002). برخی دانشمندان معتقدند که رخداد آداکیت می تواند بعنوان یک شناساگر مفید برای ذخائر مس باشد (Zhang et al., 2004). پیوند بین آداکیت و ذخائر مس بطور جدی توسط دانشمندان مورد توجه قرار گرفت (Rabbia et al., 2002; Richards and Kerrich, 2007). آنها دریافتند مشخصات ژئوشیمیایی آداکیت ها می تواند در ماگماهای قوسی تولییتی - کالک آلکالن مشتق شده از استنوسفر، از طریق فرایندهای رایج پوسته، تفریق (Richards, 2002)، ذوب بخشی پوسته ضخیم شده (Rabbia et al., 2002) و بدون نیاز به ذوب تختال شکل گیرند.



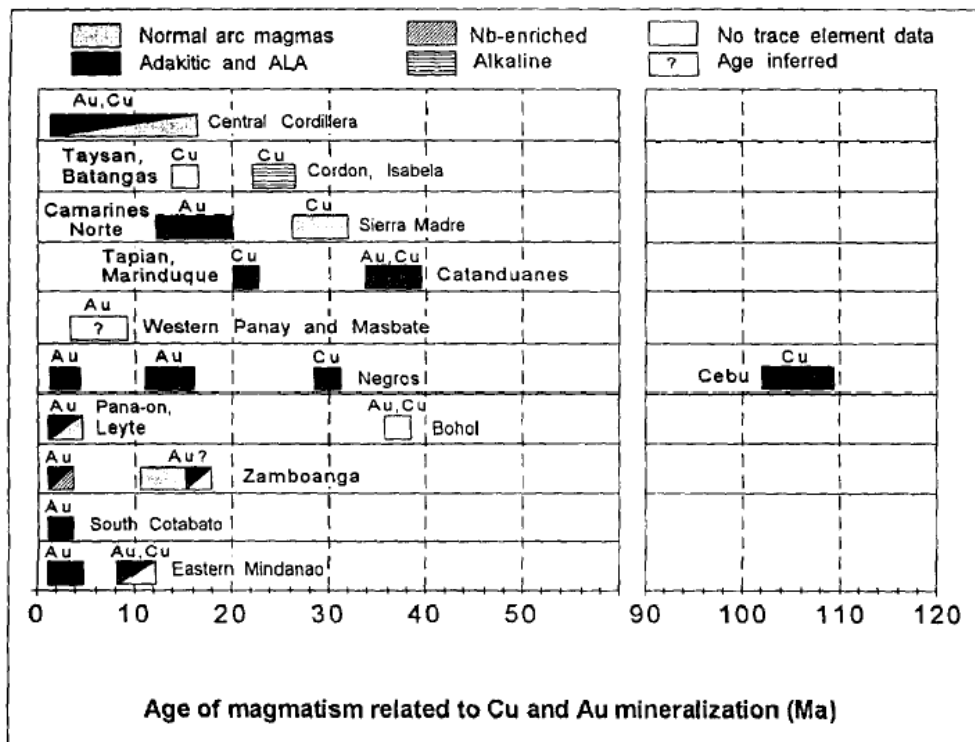
شکل ۴-۱ نمودار Cu در مقابل سیلیس برای آداکیت ها و سنگهای قوس عادی که بوسیله داده های GEOROC ترسیم شده و خطوط تفکیکی از Sun et al. (2004) است.

باید این واقعیت را پذیرفت که همراهی آداکیت ها با ذخائر طلا و مس همیشگی نیست (Sun et al., 2011) (شکل ۵-۱). برای مثال آداکیت‌های متعددی در جهان هستند که با هیچ ذخیره فلزی همراه نیستند (Chiaradia et al., 2004; Huang et al., 2008). یا برخی سنگها بدون هیچ علامتی از آداکیت دارای ذخائر قابل توجه فلزی هستند (Imai, 2002). بنابراین تصور می شود بجای ترکیب آداکیتی، فوگاسیته بالای اکسیژن یک اصل ضروری در تشکیل ذخائر مس پورفیری باشد (Imai, 2002; Bissig et al., 2003). البته باید در نظر داشت که با توجه به دگرسانی گسترده در سیستم های پورفیری و تحرک بالای استرانسیم در این محیط ها و حتی عناصر نادر خاکی که تحرک آنها در محیط های دگرسانی گرمایی اثبات شده است، استفاده از این نمودارها برای تفکیک انواع مینرالیزه و عقیم باید با دقت صورت گیرد (دکتر مؤید، ویرایش علمی).



شکل ۵-۱ نمودارهای Sr/Y در برابر Y برای آداکیت های دارای / فاقد (عقیم) ذخائر مس پورفیری از Thieblemont et al. (1997).

قرابت بین ذخائر مس و طلا در آداکیت های فیلیپین که عمدتاً متعلق به دوران سنوزوئیک می باشند، یکی از منابع شاخص برای این مطلب محسوب می شود (شکل ۶-۱).



شکل ۱-۶ توزیع سنی سنگهای محتوی مس پورفیری و طلای اپی ترمال در فیلیپین (Sajuna & Maury, 1997).