IRANIAN SOCIETY of CRYSTALLOGRAPHY and MINERALOGY

Vol. 17, No. 2, Summer 1388/2009

IRANIAN JOURNAL of CRYSTALLOGRAPHY and MINERALOGY

Thermochronology of Cu-bearing-Granitoids in the South of Khezr-Abad Area, Using Apatite Fission Track Analysis

A. Zarasvandi[1], F. Moore[2], H. Pourkaseb[1]

1- Department of Geology, Shahid Chamran University, Ahvaz, Iran
2- Department of Earth Science, Shiraz University, Shiraz, Iran
Email: zarasvandi_a@scu.ac.ir

(Received: 5/7/2008, in revised form: 1/2/2009)

Abstract: The Khezr-Abad area is located in southwest of Yazd in central Iran at the intersection with the Central Iranian Volcano-Plutonic Belt (Urumieh-Dokhtar Belt). The Darreh-Zerreshk and Ali-Abad porphyry copper deposits are the most important deposits in this district. These deposits are associated with Oligocene-Miocene (18-28 Ma) granitoid intrusions which consisted mainly of quartzmonzonite, quartzdiorite, granodiorite and granite. The aim of this study is to determine the age, thermal history and timing of uplift in the Cu porphyry bearing-granitoid rocks, using Apatite Fission Track (AFT) thermochronology. The result of this investigation shows that mineralized intrusions were formed in a short period approximately 1Ma. Timing of uplift and cooling in all samples are all the same (about 21.5-22.6 Ma; Middle to Upper Miocene).

Keywords: *Thermochronology, Granitoid, Khezr-Abad, Apatite Fission Track*

[Downloaded from ijcm.ir on 2024-03-29]

مجله بلورشناسی و کانی شناسی ایران

سال هفدهم، شمارهٔ ۲، تابستان ۸۸، از صفحهٔ ۲۹۱ تا ۲۹۸

انجمن بلورشناسی و کانی شناسی ایران

دما ـ زمان‌سنجی توده‌های گرانیتوئیدی مس‌دار جنوب چهارگوش خضرآباد با استفاده از روش رد شکافت آپاتیت

علیرضا زراسوندی[۱]، فرید مر[۲]، هوشنگ پورکاسب[۱]

۱- دانشگاه شهید چمران، دانشکده علوم، گروه زمین‌شناسی

۲- دانشگاه شیراز، دانشکده علوم، گروه علوم زمین

پست الکترونیکی: zarasvandi_a@scu.ac.ir

(دریافت مقاله: ۸۷/۴/۱۵ ، نسخه نهایی: ۸۷/۱۱/۱۳)

چکیده: منطقهٔ خضرآباد، در جنوب خاوری یزد در ایران مرکزی و در برخورد با بازون آتشفشانی ـ نفوذی ایران (ارومیه ـ دختر) قرار دارد. کانسارهای مس پورفیری علی‌آباد و درهٔ زرشک به عنوان مهمترین کانسارهای این منطقه، به فعالیت‌های ماگمایی الیگو ـ میوسن (میلیون سال ۲۸- ۱۵) وابستگی دارند. این کانسارها با سنگ‌های گرانیتوئیدی منطقه شامل کوارتز مونزونیت، کوارتز دیوریت، گرانودیوریت و گرانیت همراهند. هدف از این کار پژوهشی استفاده ازروش رد شکافت آپاتیت بر توده‌های گرانیتوئیدی میزبان کانه‌زایی مس پورفیری (علی‌آباد و دره زرشک) در منطقهٔ مورد بررسی و بررسی شرایط گرمایی و زمان بالاآمدگی سنگ‌های پورفیری این منطقه بوده است. در این راستا کانی آپاتیت از نمونه‌های سنگ‌های گرانیتوئیدی با کانه زائی مس مورد آنالیز رد شکافت قرار گرفته است. نتایج حاصل از این کار پژوهشی نشان می‌دهند که فاز نفوذی کانه‌دار در این منطقه در گسترهٔ زمانی کوتاهی در حدود ۱ میلیون سال رخ داده است (۲۲/۷ تا ۲۳/۴ میلیون سال). آغاز بالاآمدگی و یا سرد شدن در نمونه‌ها تقریباً مشابه و در حدود ۲۱/۵ تا ۲۲/۶ میلیون سال بوده است که تقریبا در گسترهٔ زمانی میوسن میانی تا بالائی قرار می‌گیرد.

واژه‌های کلیدی: *دما ـ زمان‌سنجی، گرانیتوئید، خضرآباد، رد شکافت آپاتیت.*

مقدمه

منطقهٔ جنوب باختری یزد و به ویژه جنوب چهارگوش ۱:۱۰۰۰۰۰ خضرآباد در ایران مرکزی و در تقاطع بازون آتشفشانی ـ نفوذی ایران(ارومیه ـ دختر) از مناطق معدنی و غنی از مس است که تحت تأثیر فعالیت‌های ماگمایی وابسته به فرورانش صفحات باختری و ایران قرار گرفته است. قرارگیری این گستره در راستای مهمترین کمربند کانه‌زایی مس ایران (یزدـ کرمان) باعث شد که در سال‌های اخیر بررسی‌های مختلف ژئوشیمیایی، ساختاری و پی جویی در این منطقه صورت گیرد[۱]. چندین کانسار مس با ماهیت‌های گوناگون از پورفیری تا چند فلزی در این منطقه دیده می‌شوند که همهٔ آنها به نوعی با نفوذی‌های گرانیتوئیدی ائوسن بالائی تا میوسن

[Downloaded from ijcm.ir on 2024-03-29]

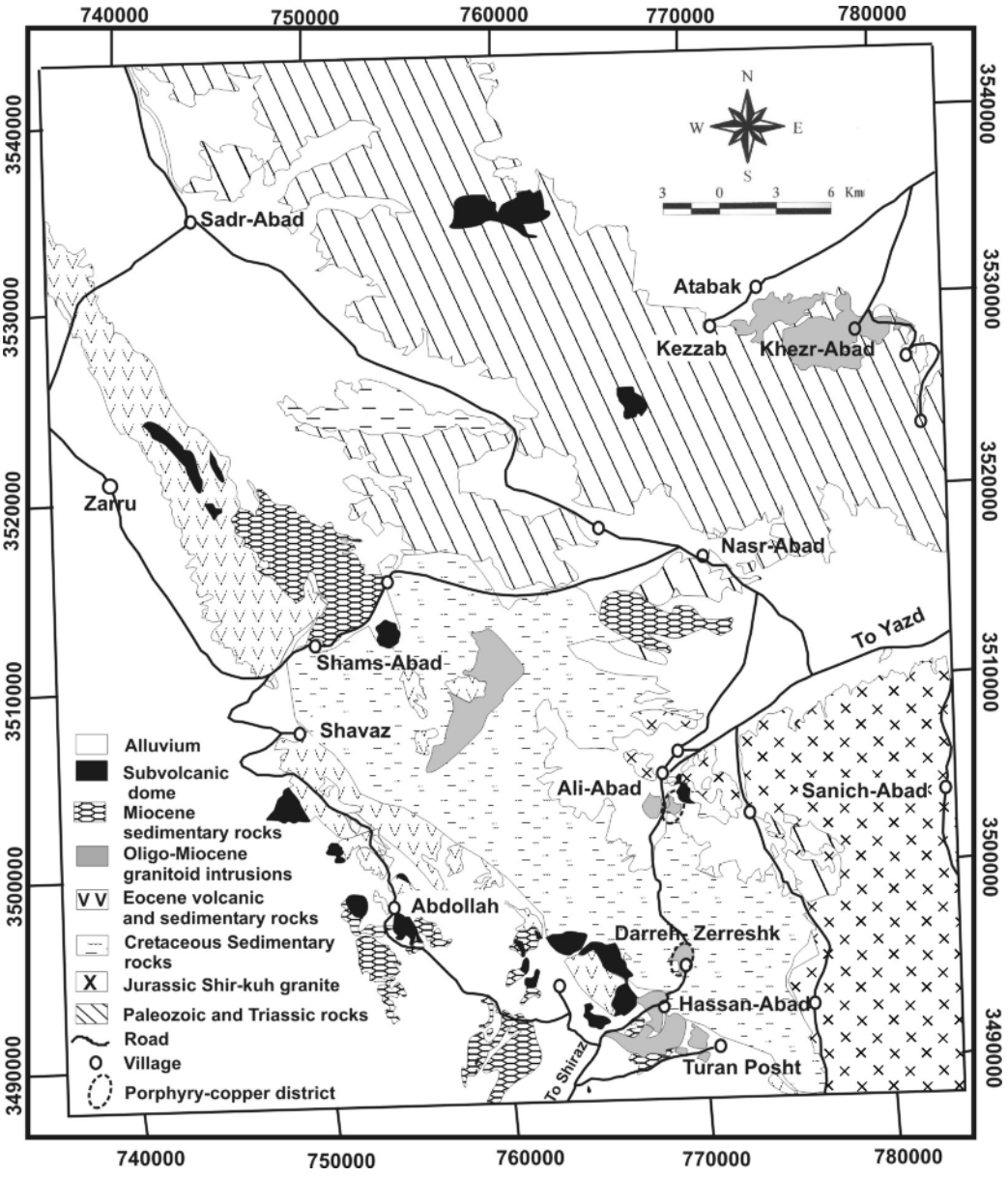
بالایی ارتباط دارند. بیشترین پراکندگی این توده‌های گرانیتوئیدی حاوی مس در جنوب چهارگوش خضرآباد دیده می‌شود. مهمترین کانسارهای قابل یادآوری در این منطقه کانسارهای مس پورفیری علی‌آباد و دره زرشک‌اند که به فعالیت‌های ماگمایی الیگو ـ میوسن (میلیون سال ۲۸- ۱۵) وابسته‌اند [۲]. مهمترین سنگ‌های گرانیتوئیدی منطقه شامل کوارتز مونزونیت، کوارتز دیوریت، گرانودیوریت و گرانیت اند که کانه‌زایی مس بیشتر در کوارتز دیوریت‌ها تا گرانودیوریت‌ها و گرانیت‌ها دیده می‌شود. پورفیری‌های این منطقه در مقایسه با پورفیری‌های مناطق شهر بابک و سرچشمه دارای عمق، گسترش دگرسانی و میزان ذخیرهٔ کمتر و در عوض سن جایگیری بیشتری می‌باشند [۲].

تفاوت‌های اصلی در بسیاری از کانسارهای مس پورفیری زون ارومیه ـ دختراز جمله عمق جایگیری، رخداد تهنشینی کانه در طول کاهش دمایی سیستم ماگمایی ـ گرمابی، بازهٔ زمانی عملکرد دگرسانی گرمابی، پتانسیل ایجاد و یا عدم ایجاد کانه‌زایی هنگام بالاآمدگی و یا رخنمون ناشی از برخورد باعث شدند که تنوع چشمگیری از انواع اقتصادی تا نیمه‌اقتصادی و غیراقتصادی کانسارهای مس پورفیری را در راستای این زون داشته باشیم. بسیاری از موارد یاد شده در بالا در پی جویی و نحوهٔ تشکیل این کانسارها نقش به سزایی دارند که می‌بایست مورد بررسی و قرار گیرند. در این راستا یکی از مهمترین فرآیندهایی که می‌تواند پاسخگوی بسیاری از این سؤالات باشد تاریخچهٔ گرمایش سیستم ماگمایی منطقه و ارتباط آن با بالاآمدگی زمین است که در این زون کمتر به آن پرداخته شده است. روش‌های دما ـ زمان‌سنجی به ویژه روش‌های رد شکافت آپاتیت و زیرکن امروزه کاربرد گسترده‌ای در تحلیل تاریخچهٔ گرمایش، نرخ سرد شدن، بالاآمدگی و ارتباط آنها با عقیم و یا بارور بودن کانسارها دارند [۳، ۴]. تلفیق این روش‌ها با روش‌های سال سنجی K-Ar و Ar-Ar می‌تواند روند سردایش توده‌های ماگمایی را از دمایی در حدود ۱۲۵ تا ۹۰۰ درجه سانتی‌گراد به خوبی نشان دهد. تاکنون بررسی‌های زیادی در دنیا با استفاده از این روش بر روی کانسارهای مس پورفیری صورت گرفته است [۳]. ولی تاکنون جز [۴] بررسی‌هایی از این نوع روی پورفیری‌های مس ایران صورت نپذیرفته است. هدف از این کار پژوهشی استفاده از رد شکافت آپاتیت روی سه نمونه از توده‌های گرانیتوئیدی میزبان کانه‌زایی مس پورفیری (علی‌آباد و دره زرشک) در منطقهٔ مورد بررسی و شرایط گرمایشی و زمان بالاآمدگی پورفیری‌های این منطقه بوده است.

زمین‌شناسی منطقه

منطقهٔ مورد بررسی در جنوب باختری یزد در چهارگوش زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰خضرآباد با طول جغرافیایی ´۴۵ °۵۳ تا ´۵۷ °۵۳ و عرض جغرافیایی ´۳۱ °۳۱ تا ´۴۳ °۳۱ قرار دارد. این منطقه به لحاظ چینه شناسی کاملاً از زون ایران مرکزی پیروی می‌کند و فعالیت‌های ماگمایی و زمین ساختی آن کاملاً با زون ارومیه ـ دختر همخوانی دارد. به طوریکه بیشترین سنگ‌های ته نشستی منطقه شامل واحدهای کنگلومرایی، شیلی و ماسه‌سنگی سازند سنگستان به کرتاسه زیرین و کربنات‌های آهکی ـ دولومیتی تفت با سن بارمین ـ آبتین وابستگی دارند [۲]. گذر از کرتاسه به ائوسن با ته نشینی سازند کنگلومرایی کرمان آغاز می‌شود. با شروع بسته شدن نئوتتیس و حاکم شدن رژیم زمین‌ساختی فشارشی، طیف گسترده‌ای از سنگ‌های آتشفشانی روی سنگ‌های قبلی قرار گرفتند (شکل ۱) [۲]. در الیگوسن- میوسن حجم قابل توجهی از سنگ‌های گرانیتوئیدی شامل گرانیت و گرانیت قلیایی (۳۰ میلیون سال،[۵])، دیوریت، کوارتز دیوریت و گرانودیوریت (۲۵ تا ۱۵ میلیون سال، [۵]) تمامی واحدهای ته نشستی و آتشفشانی یاد شده را در نقاط مختلف چهارگوش خضرآباد قطع کرده‌اند. این فاز ماگماتیسم، کانه‌زایی مس و آهن را به صورت کانسارهای پورفیری و اسکارنی ـ پورفیری به همراه خود دارد. عملکرد سامانهٔ گسلی دهشیر- بافت در این منطقه باعث شد که بلوک‌های متعددی با بالاآمدگی‌ها و فرونشینی‌های متفاوت شکل گیرند. این منطقه به طور کلی تحت تأثیر ساختارها و گسل‌های فرعی گسلهٔ بزرگ ده شیر ـ بافت قرار دارد و تزریق گرانیتوئیدها نیز بیشتر بلوک‌های بالا آمده در زمان عملکرد برشی و کششی این گسل وابسته‌اند[۲].

[Downloaded from ijcm.ir on 2024-03-29]



شکل۱ نقشه زمین شناسی منطقه خضرآباد در جنوب باختری یزد.

روش کار

روش زمان- دما سنجی رد شکافت یک روش قابل استفاده برای مدل کردن دما ـ زمان حوضه‌های ته نشستی، شارش شاره، زمان و نرخ بالاآمدگی زمین ساختی است و کمتر برای بررسی کانسارهای فلزی و غیرفلزی بکار رفته است[۳]. این روش بر پایهٔ بر برانگیخته شدن خودانگیز هستهٔ ^{238}U موجود در سطوح بلورین کانی‌های کمیاب اورانیوم‌داری نظیر آپاتیت است. شکافت هسته‌ای دو نوع شکاف با راستاهای مخالف با شعاع تخریب نزدیک به ۱۶ میکرومتر طول ایجاد می‌کند. این شکاف‌ها با شستشوی سطح صیقل یافته دانه‌های آپاتیت قابل دیدن‌اند. برای دیدن این شکاف‌ها میکروسکوپ‌های نوری با بزرگنمایی $1000X <$ مورد نیاز است. برای هر زون تخریبی رد شکافت که سطح صیقل یافتهٔ آپاتیت‌ها را قطع کرده است، اسید یک حفره را ایجاد می‌کند و سپس شکاف‌های درون آن شمرده می‌شوند (تراکم در واحد سطح). فرایند رد شکافت اورانیوم ادامه دار و نا وابسته به دما و یا زمان است. بنابراین تعداد شکاف‌های ایجاد شده در سطح آپاتیت وابسته به غلظت اورانیوم و زمان بسته شدن بلور آپاتیت است (معمولاً بلورهای

[Downloaded from ijcm.ir on 2024-03-29]

با ۱ تا ۱۰۰ ppm اورانیوم). بنابراین شکاف‌های ایجاد شده (نوزاد) ناشی از واپاشی U^{238} از شکاف‌های القایی قابل تشخیص‌اند. رابطهٔ معنی‌داری بین میزان اورانیوم اندازه‌گیری شده با راکتور هسته‌ای و تعداد شکاف‌ها وجود دارد. سن هر تک دانهٔ آپاتیت از تراکم شکاف‌های اندازه‌گیری شده به وسیلهٔ یک فاکتور همسنجی داخلی (Zeta) و یک استاندارد آپاتیت با سن مشخص قابل دستیابی است. در این پژوهش ۳ نمونه از سنگ‌های گرانیتوئیدی حاوی کانه‌زایی مس از کانسارهای علی‌آباد و درهٔ زرشک به عنوان نمایندهٔ سنگ‌های گرانیتوئیدی الیگو- میوسن جنوب خضرآباد برای بررسی انتخاب شدند. آپاتیت این نمونه‌ها پس از خردایش، شستشو، جدایش با مایع سنگین(بروموفرم) ، جدایشگر مغناطیسی و در نهایت جدایش دستی برای بررسی انتخاب شدند. آپاتیت‌های مناسب در این بررسی می‌بایست دارای ساختار کامل بلورین، فاقد رنگ، میانبار و یا منطقه بندی باشند. سپس تمامی دانه‌های آپاتیت برای هر نمونه (نزدیک به ۱۰۰۰ عدد) در آزمایشگاه تحقیقاتی رد شکافت دانشگاه دالهوزی در Halifax ، کانادا (FTRL) آنالیز شدند. روش مورد استفاده در این آزمایشگاه External Detector Method است. پرتودهی نوترون گرمایی برای دانه‌های آپاتیت در رآکتور هسته‌ای دانشگاه Mc Master در Hamilton کانادا صورت پذیرفت. مشخصات نمونه‌های مورد بررسی و دانه‌های آپاتیت مربوط به آن‌ها در جدول (۱) آورده شده‌اند.

بحث

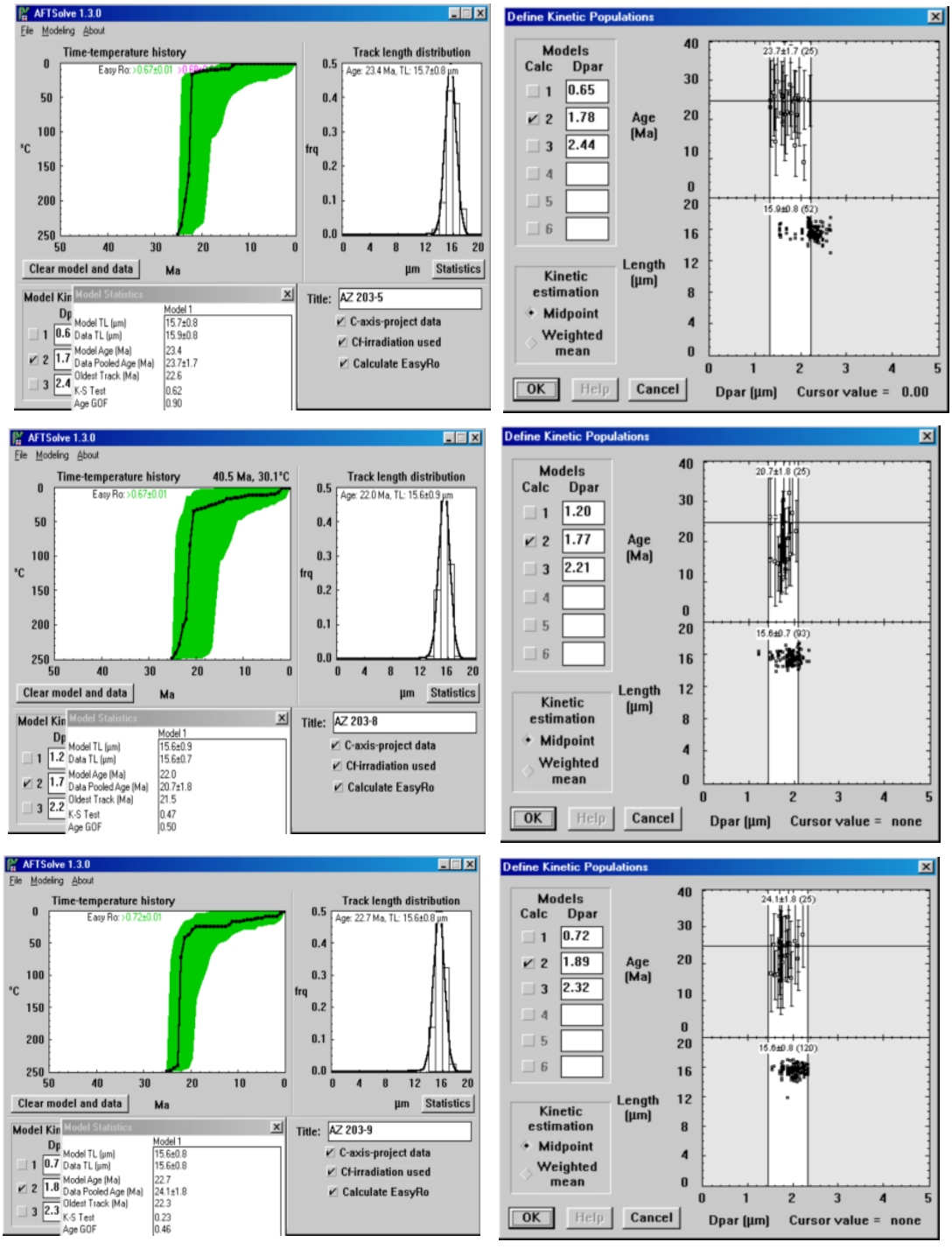
تفسیر داده‌های AFT

در این بررسی سه نمونه از گرانیتوئیدهای منطقهٔ درهٔ زرشک و علی‌آباد از گمانه‌های حفاری برداشت شدند. آپاتیت‌های هر نمونه به صورت مجزا مورد بررسی قرار گرفتند و نمونه‌ها به لحاظ میزان شکستگی و میزان F و Cl مورد بررسی قرار گرفتند (جدول ۱). ترکیب سنگ‌شناسی نمونه‌ها به ترتیب گرانودیوریت، کوارتز دیوریت و دیوریت‌اند و از هسته‌های زون کانه‌دار پورفیری‌های علی‌آباد و درهٔ زرشک برداشت شده‌اند (AZ203-5 ، AZ203-8 و AZ203-9). نتایج حاصل از آنالیز FT این نمونه‌ها وارد نرم‌افزار AFT Solve[3] برای تعیین تاریخچهٔ گرمایی شدند. چنانکه در (شکل ۲) دیده می‌شود این توده‌های نفوذی مس‌دار تماماً در زمان ۳۰ > میلیون سال تشکیل شده‌اند. به طوریکه قدیمی‌ترین اثر شکافت موجود گسترهٔ سنی بین ۲۱٫۵ تا ۲۲٫۶ میلیون سال را نشان می‌دهند (جدول ۲). براساس نمودارهای زمان نسبت به دما شکل (۲)، به نظر می‌رسد که این توده‌ها دارای روند سردایشی بسیار مشابه‌اند و بلافاصله پس از جایگزینی سرد شده‌اند. نمودارهای ستونی شکاف‌های اندازه‌گیری نشان می‌دهند که زمان متوسط به دست آمده متناسب با متوسط طول شکاف در حدود μ_m ۱۵٫۷ است و در واقع دمای متوسط تشکیل نمونه‌های به دست آمده است. این زمان متوسط برای نمونه‌های AZ203-5 ، AZ203-8 و AZ203-9 به ترتیب ۲۳٫۴ ، ۲۲ و ۲۲٫۷ میلیون سال است. این سن‌ها نشان می‌دهند که ماگماتیسم کانه‌داردر گسترهٔ زمانی کوتاهی در حدود ۱ میلیون سال رخ داده است. با توجه به اینکه سن‌های به دست آمده در واقع سن بسته شدن بلوری آپاتیت در ۱۲۵°C است، لذا سن‌های قدیمی‌تر مربوط به دماهای بالاتر و سن‌های جوان در واقع در گسترهٔ دمایی پایین‌تر است. نمودار زمان‌ـدمای این نمونه‌ها نشان می‌دهد که روند سردایش توده‌ها کلاً در زمانی کمتر از ۳۰ میلیون سال رخ داده است. در نمونهٔ Az203-5 سردایش از زمانی در حدود ۲۵ میلیون سال شروع شده و تا زمان به دست آمده (در حدود ۲۲ میلیون سال) خاتمه یافته است و توده در گسترهٔ زمانی ۳ میلیون سال دمای بین ۲۵۰ تا ۵۰ درجه را پشت سر گذاشته است، به عبارتی در هر میلیون سال ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد سرد شده است. در نمونه‌های دیگر نیز این میزان تقریباً یکسان است. یک گسترهٔ زمانی ۲٫۵ تا ۳ میلیون سال برای سردایش، زمان کافی برای غنی شدن توده به لحاظ کانه‌زایی است و لذا این کانسارها می‌توانند به عنوان کانسارهای بارور در نظر گرفته شوند. ولی مشاهدات صحرایی نشان می‌دهند که میزان بالاآمدگی و در نهایت فرسایش خیلی شدید بوده است و به نظر می‌رسد که بخش اعظم کانه‌سازی از بین رفته است [۵] . با توجه به اینکه زمان سردایش و بسته شدن آپاتیت در واقع شروع بالاآمدگی و یا زمان سردایش ناشی از بالاآمدگی هستند لذا در نمونه‌های مورد بررسی زمان آغاز بالاآمدگی و یا سرد شدن، محل شکست نمودار زمان ـ دما است، به طوریکه این زمان در سه نمونه تقریباً مشابه و در حدود ۲۱٫۵ تا ۲۲٫۶ میلیون سال است که تقریبا در گسترهٔ زمانی بسته شدن نئوتتیس (میوسن میانی تا بالائی) قرار می‌گیرد. این زمان با بیشترین ضخیم‌شدگی پوسته و پورفیری‌زایی در زون ارومیه ـ دختر است[۶].

[Downloaded from ijcm.ir on 2024-03-29]

جدول۱ مشخصات عمومی نمونه‌های ارسال شده به آزمایشگاه برای آنالیزAFT .

نمونه	آپاتیت شاهده شده	مقاطع تهیه شده برای رآکتور	کیفیت نمونه: ۱= بد، ۱۰=عالی	ملاحظات
AZ 203-5(گرانودیوریت)	S۱۰۰۰	۱	۱	Dislocations
AZ 203-8(کوارتز دیوریت)	S۱۰۰۰	۱	۶	Dislocations
AZ 203-9(دیوریت)	S۱۰۰۰	۱	۱	Dislocations



شکل۲ شاخص‌های آماری و نمودارهای دما-زمان برای نمونه‌های مورد بررسی در نرم افزار AFT Solve.

[Downloaded from ijcm.ir on 2024-03-29]

جدول۲ سن‌های به دست آمده از AFT برای تشکیل، سرد شدن و بالآمدگی سنگ‌های مورد بررسی.

نمونه	سن سنگ بر اساس مدل نرم افزاری (میلیون سال)	کیفیت نمونه	قدیمی‌ترین رد شکافت (میلیون سال)	زمان اولین بالاآمدگی/سردایش (میلیون سال)	ضریبEasyRo (%)
AZ 203-5	<۳۰	خوب	Dpar (μm) = ۱.۷: ۲۲.۶±۱.۶	Dpar (μm) = ۱.۷: ۲۲.۶±۱.۶	کاربردی نداشت
AZ 203-8	<۳۰	عالی	Dpar (μm) = ۱.۷۷:۲۱.۵±۱.۹	Dpar (μm) = ۱.۷۷:۲۱.۵±۱.۹	کاربردی نداشت
AZ 203-9	<۳۰	خوب	Dpar (μm) = ۲۲.۳:۱.۸۹±۱.۷	Dpar (μm) = ۲۲.۳:۱.۸۹±۱.۷	کاربردی نداشت

برداشت

۱- دما – زمان‌سنجی به روش رد شکافت به ویژه درکانی آپاتیت می‌تواند روشی مفید برای تعیین زمان بالاآمدگی زون ارومیه ـ دختر و در نهایت تعیین میزان فرسایش و توان کانه‌سازی کانسارهای پورفیری این زون باشد.

۲- مقایسهٔ بررسی حاضر با نتایج حاصل از مطالعات [۴] به روش U-Th/He نشان می‌دهد که کمربند مس‌دار زون ارومیه ـ دختر در کرمان دارای سن کانه‌زایی، شروع بالاآمدگی و ضخیم‌شدگی متفاوت از منطقه یزد است.

۳- نتایج به دست آمده از روش AFT نشان می‌دهد که به طور کلی گسترهٔ زمانی از ۲۲ تا ۱۲ میلیون سال(میوسن) را می‌توان برای کانه‌زایی مس در منطقهٔ یزد تا کرمان پیشنهاد کرد.

۴- زمان پیشنهادی با حداکثر ضخیم‌شدگی، کوتاه شدگی و موزائیکی شدن ناشی از فرورانش صفحات عربی و ایران همخوانی دارند.

۵- محاسبهٔ سن سردایش توده‌های مورد بررسی نشان می‌دهد که بالا آمدگی شدید این منطقه باعث از بین رفتن میزان بیشترین مس بر اثر فرسایش نسبت به منطقهٔ کانه‌دار کرمان شده است.

مراجع

[1] Zarasvandi A, Liaghat S., Zentilli M., *"Geology of the Darreh-Zerreshk and Ali-Abad porphyry copper deposit, central Iran"*, International Geology Reviews, 47, 2005, P: 620-646.

[2] Zarasvandi A, *"Magmatic and structural controlson localization of the Darreh-Zerreshk and Ali-Abad porphyry copper deposits, Yazd Province, Central Iran"*, PhD thesis, Shiraz University, Shiraz, Iran, 2004, 280p

[3] Zentilli M., Maksaev V, *"Metallogenetic model for the late Eocene-early Oligocene supergiant porphyry event, northern Chile, In: Clark, A.H., ed.: Proceedings of the 2nd Giant Ore Deposits workshop"*, Queens University, Kingston, Ontario, April 22–27, 1995, corrected 2nd printing, 1995, P: 152–165.

[4] McInnes. B. I. A, Evans. N. J, Belousova. E, Griffin. W. L, *"Porphyry Copper deposits of the Kerman belt, Iran: Timing of Mineralization and Exhumation Processes"*. CSIRO, Scientific Research Report, 2003, 41p.

[Downloaded from ijcm.ir on 2024-03-29]

[5] Zarasvandi. A, Liaghat.S, Zentilli. M., Reynolds P.H., *$^{40}Ar/^{39}Ar$ Geochronology of Alteration and Petrogenesis of Porphyry Copper-Related Granitoids in the Darreh-Zerreshk and Ali-Abad area, Central Iran*". Exploration and Mining Geology, 2007, V, 16:1-2, P: 11-24.

[6] Shafiei. B, Shahabpour. J, Haschke. M, *Transition from Paleogene Normal Calc-Alkaline to Neogene Adakitic-like Plutonism and Cu-Metallogeny in the Kerman Porphyry Copper Belt: Response to Neogene Crustal Thickening*", Journal of Sciences Islamic Republic Of Iran, 2008, V, 19, No, 1, p. 67-85.

[Downloaded from ijcm.ir on 2024-03-29]