توزیع جغرافیایی و ویژگی‌های سنگ‌شناسی و ژئوشیمیایی سنگ‌های شوشونیتی ایران

نوشتهٔ حبیبه عطاپور *

و دکتر علیجان آفتابی **

چکیده

گسترش سنگ‌های شوشونیتی در ایران به طور عموم به مناطق ولکانیکی ائوسن و پس از آن محدود می‌گردد. فوران ماگمای شوشونیتی در زون‌های ارومیه- دختر، آذربایجان، البرز، سبزوار، ناحیه لوت و خاور ایران به صورت واحدهای ستبر انواع سنگ‌های روشن تا تیره سری شوشونیتی مشاهده می‌گردد.

بررسی‌های سنگ‌شناسی نشان می‌دهد که شوشونیت‌های آذربایجان در نواحی میانه، سارای، سهند سیلان و تکاب- قروه در ناحیه البرز، شوشونیت‌های طالقان- الموت و به گمان دماوند و در زون ارومیه- دختر در نواحی قم- آران، ساوه، نطنز- نایین، شهربابک و بردسیر گزارش گردیده‌اند.

شوشونیت‌های ایران ویژگی‌های خاص پتروگرافی نمونه‌های تیپیک دنیا را نشان می‌دهند اما با این تفاوت که علیرغم تعاریف رایج، آپسارو کیت‌ها دارای پلاژیوکلاز درشت دانه (فنوکریست) می‌باشند.

بررسی عناصر اصلی، فرعی و کمیاب شوشونیت‌های مطالعه شده ایران نشان می‌دهد که این سنگ‌ها دارای ویژگی‌های ژئوشیمیایی خاص سنگ‌های شوشونیتی دیگر مناطق دنیا می‌باشند فراوانی Zr, Sr, Rb, Ba, K, P و کمبود Nb, Ti در آن‌ها به خوبی نمایان است.

خاستگاه این ماگماها به احتمال زیاد به ذوب گوشته فوقانی متاسوماتیسم شده یا پوسته تحتانی مربوط می‌گردد. پدیده‌های تفریق، هضم و اختلاط نیز می‌تواند در تکوین ماگمای شوشونیتی مؤثر باشد. فهم دقیق موقعیت ژئودینامیکی پوسته ایران نیاز به مطالعات گسترده ایزوتوپی سنگ‌های ولکانیکی و به ویژه شوشونیت‌های این منطقه دارد.

Geographical, petrological and geochemical characteristics of the shoshonitic rocks in Iran

By: Atapour, H., *

and Dr. A. Aftabi **

Abstract

The shoshonitic associations in Iran are limited to volcanic belts of Eocene to recent volcanism.

Shoshonitic eruptions are reported in Uromieh- Dokhtar volcanic belt, Azerbaijan, Alborz, Sabzevar, Lut Block and Eastern zones of Iran as mafic to felsic volcanic rocks.

Geological considerations show that shoshonitic rocks are erupted and exposed in Azerbaijan province (Mianeh, Saray, Sahand, Sabalan, Takab, Qorveh), Alborz zone (Taleghan- Alemut, Damavand) and Uromieh-Dokhtar (Qom- Aran, Saveh, Natanz- Nain, Shahr- Babak, Bardsir).

Petrographic aspects of shoshonitic rocks correspond with typical shoshonitic rocks of many petrological provinces of the world. However the Iranian absarokites have plagioclase phenocrysts.

Mineralogically, the shoshonitic suites of Iranian volcanic belt are mainly composed of olivine, clinopyroxene, labradorite, sanidine, analcime and zeolites. Minor minerals are magnetite, apatite and hematite.

Geochemistry of the major, minor and trace element show that these rocks have geochemical aspects of other shoshonitic rocks.

Geochemically, P, K, Ba, Rb, Sr, Zr show positive anomally, whereas Ti and Nb strongly show negative profile.

It is possible that petrogenesis of shoshonitic magmas in Iranian volcanic belt is probably related to melting of metasomatized upper mantle or lower crust (Oceanic Crust). Differentiation, assimilation and mixing may have been important for evolution of shoshonitic magmas. These, however need further isotopic studies to be proved and also to propose a geodynamic model.

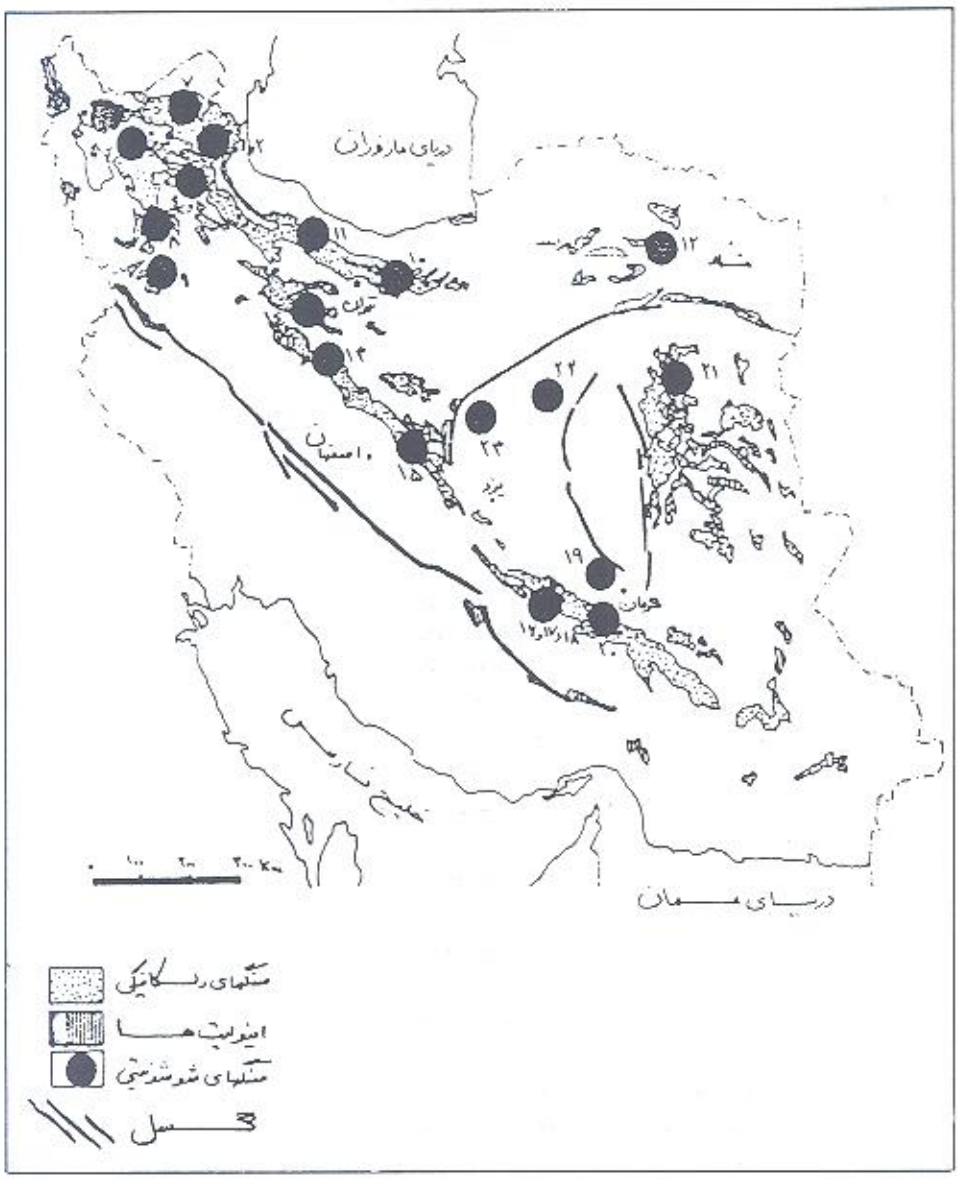
مقدمه

بررسی سنگ‌های شوشونیتی در میان انبوه سنگ‌های آذرین خروجی ایران زمین از دیرباز مورد توجه پژوهشگران مختلف بوده است. اما اغلب بررسی‌ها در حدیک منطقه کوچک محدود گردیده است.

گروهی از پژوهشگران براین باورند که بسیاری از سنگ‌های ولکانیکی ائوسن ایران از نوع شوشونیتی است (Kazmin et al. 1986) لکن بسیاری نیز معتقدند که سنگ‌های مزبور تفریت، فنولیت، بازانیت و بازالت‌های آلکالن سدیم و پتاسیم‌دار می‌باشند اما به‌هر ترتیب بررسی‌ها نشان می‌دهد که بیشتر سنگ‌های آلکالن مطالعه شده ویژگی‌های پتروگرافی و ژئوشیمیایی خاص شوشونیت‌ها را نشان می‌دهد. به دین لحاظ مقاله حاضر سعی کرده است تا تمامی سنگ‌های آلکالن پتاسیم‌داری را که از لحاظ پتروگرافی و ژئوشیمیایی در محدوده سنگ‌های شوشونیتی قرار می‌گیرد مورد بحث و بررسی قرار دهد.

روشن است که گسترش سنگ‌های شوشونیتی با زون‌های ولکانیکی ایران ارتباط تنگاتنگ داشته و در تمامی نقاط زون‌های مزبور پراکنده گردیده است. به طوری که سنگ‌های مزبور را می‌توان در زون ارومیه دختر و ناحیه آذربایجان، ناحیه البرز، ناحیه سبزوار و بلوک لوت و خاور ایران مشاهده نمود (شکل و جدول ۱).

این نوشتار گدازه‌های شوشونیتی مناطق فوق را از دیدگاه سنگ‌شناسی و ژئوشیمیایی مورد مطالعه و بررسی قرار می‌دهد.



شکل ۱: نقشه توزیع سنگ‌های شوشونیتی در ایران (شماره‌ها مطابق با جدول ۱ می‌باشند).

شماره	منطقه	نوع سنگها	سن	تعداد فازهای فورانی	ویژگیهای ساختمانی
۱	شمال شرق آذربایجان	بلیموریت ،کوکولیت	ائوسن ،الیگوسن (۳۱-۵۰)	دو	نبستم گسلهای عمیق و محیط های خشکی
۲	شرق آذربایجان	شوشونیت ، لاتیت ، تفریت	ائوسن - الیگوسن	یک	« فرورانش قدیمی
۳	تبارای	بازانیت و تفریت توسعت دار بازانیت آنالسیم دار، کولیت لوسیت	میوسن بالایی	دو	« فرورانش قدیمی
۴	میانه	لوسیت آندزیت آنالسیم دار	ائوسن	یک	« خشکی درون قاره ای
۵	میانه (بزگوش)	موزاریت ، گدازه های فلدسپاتوئیددار	ائوسن میانی	یک	« کوهزایی
۶	سهند	شوشونیت	میوسن فوقانی	یک	« کوهزایی
۷	سبلان	تراکیت های آنالسیم دار	ائوسن پایینی	یک	« خشکی درون قاره ای
۸	تکاب - قروه	شوشونیت	میوسن (۸/۸-۹/۲)	یک	« کوهزایی
۹	بیجار	شوشونیت ، لاتیت	الیگوسن	یک	« کوهزایی
۱۰	دماوند	شوشونیت	کوا ترنر	یک	« کوهزایی
۱۱	طالقان - الموت	بازانیت آنالسیم دار	ائوسن - الیگوسن	یک	« کوهزایی
۱۲	زون سبزوار - قوچان	شوشونیت	میوسن -پلیوسن (۲۲/۳)	یک	« کوهزایی
۱۳	قم - آران	شوشونیت	ائوسن پایینی تا بالایی	دو	« خشکی درون قاره ای
۱۴	ساوه	شوشونیت	ائوسن	-	—
۱۵	نطنز - تافهن	آبسارونیت ،کوشونیت ،بانارنیت	ائوسن	یک	محیط خشکی درون قاره ای و سیستم هورست و گرابنی
۱۶	شهربابک (جوزم)	فنولیت ،تفریت ،بازانیت شوشونیت	ائوسن	پنج	« کوهزایی
۱۷	شهربابک (مزاحم)	تفلین فنولیت ،تراکی آندزیت شوشونیت	الیگوسن	یک	« کوهزایی
۱۸	شهربابک (محدوده خبر - جوزم - انار)	آندزیت - لاتیت ، لوسیت فنولیت ، توفهای جوش خورده	ائوسن	یک	« کوهزایی
۱۹	کوه ریگ (کرمان)	شوشونیت	ائوسن - بالائی	-	گسل های عمیق
۲۰	بردسیر	آبسارونیت ، شوشونیت	ائوسن - الیگوسن	متعدد	محیط خشکی و فورانهای شکافی
۲۱	شمال بلوک لوت	شوشونیت	۱/۳ + ۳۳/۲ my	یک	« خشکی و گسلهای عمیق
۲۲	شمال شرقی خور	شوشونیت	الوسن بالایی ۲/۲ ۶/۲۱۰	-	« خشکی شرق ایران
۲۳	مسیف آباد ک - خور	شوشونیت	ائوسن	یک	« کوهزایی

جدول ۱: گروه‌بندی سنگ‌های شوشونیتی مطالعه شده در ایران

۱ - ویژگی‌های سنگ‌شناسی شوشونیت‌ها در زون‌های مختلف

۱ - ۱ - پهنه‌های البرز و سبزوار

آثار و شواهد فعالیت ماگمای شوشونیتی در البرز بیشتر محدود به ناحیه طالقان- الموت است. در این ناحیه Stalder (1971) بازانیت‌های آنالیسم‌داری را گزارش نموده است که ویژگی‌های سنگ‌شناسی و ژئوشیمیایی خاص شوشونیت‌ها را نشان می‌دهد. بازانیت‌های حاوی آنالسیم، پیروکسن و اولیوین و تراکی آندزیت‌های حاوی لابرادوریت، پیروکسن و اولیوین و ایدینگسیت بازالت‌های حاوی بیتونیت و آندزین در این ناحیه متعلق به ائوسن- الیگوسن می‌باشد یعنی از سنگ‌های ولکانیکی دماوند نیز از نوع شوشونیتی خوانده شده‌اند (Brousse et al., 1977). مطالعات در ناحیه سبزوار نیز نشان می‌دهد که در رشته کوه‌های میان سبزوار و قوچان، سنگ‌های آتش‌فشانی جوان‌تر از افیولیت‌ها به سن ائوسن- پلیوسن دیده می‌شود که در کمربند افیولیتی نیز نفوذ کرده‌اند. سنگ‌های مزبور بیش‌تر، آندزیت‌های ائوسن، نفوذی‌های داسیتی اولیگوسن- پلیوسن و بازالت‌های قلیایی و شوشونیتی میوسن- پلیوسن می‌باشد (Spies et al., 1985).

سنگ‌های شوشونیتی در منطقه بین زون افیونیتی سبزوار و البرز در ناحیه مشکان نیز گزارش گردیده که سن آن به ۲۲/۳ میلیون سال نسبت داده شده‌اند(Baumann, A., et al, 1985).

۱ - ۲ - گسترهٔ آذربایجان

فعالیت ماگمایی زون ارومیه دختر از آذربایجان تا به زمان ادامه دارد و شوشونیت‌ها در گستره این زون پراکنده شده‌اند، در مقاله حاضر به دلیل فراوانی سنگ‌های شوشونیتی در محدوده فوقانی زون ارومیه دختر، ناحیه آذربایجان را تفکیک کرده و مورد بحث و بررسی قرار داده‌ایم.

بررسی‌های انجام شده نشان می‌دهد که سنگ‌های شوشونیتی آذربایجان در پهنه‌های زیر پراکنده گردیده‌اند:

۱ - ۲ - ۱ - خاور آذربایجان

این سنگ‌ها متعلق به ائوسن- الیگوسن بوده و سن مطلق آن‌ها

به روش K/Ar، ۵۰- ۳۹ میلیون سال تخمین زده شده است (Comin- Chiaramonti, et al, 1979) در ناحیه حرب کندی (Harab Kandy) نیز در خاور آذربایجان سنگ‌های شوشونیتی ائوسن- الیگوسن گزارش گردیده است (Alberti, et al. 1979).

۱-۲-۲- خاور دریاچه ارومیه (آتش‌فشان سارای)

در این استراتوولکان دوسیکل فورانی وجود دارد که ماگمای تشکیل دهنده آن از نوع آلکالن است (Moine, Vaziri, et al. 1991)، سیکل زیرین شامل گدازه‌های جریانی و سنگ‌های آذرآواری از جنس بازانیت و تفریت لوسیت‌دار می‌باشد در حالی که سیکل بالایی با گدازه‌های قطعه‌ای فنولیتی و تراکیتی شروع شده و با بازانیت‌های آنالسیم‌دار ختم می‌شود. در این آتش‌فشان ماگمای نفوذی بعدی متعلق به سری شوشونیتی می‌باشد.

۱-۲-۳- پهنه میانه

لطفی (۱۳۵٤) در بررسی منطقه شمال- شمال خاوری میانه نشان داده است که سنگ‌های ولکانیکی بخش بالایی ائوسن میانی از نوع شوشونیتی است.

ناحیه مورد بررسی Lescuyer and Riou (1976) در ۱۵۰ کیلومتری جنوب باختری تبریز قرار گرفته است. ولکانیسم ائوسن این منطقه گدازه‌های غنی از پتاسیم (تراکیت‌های سانیدین‌دار، و تراکی آندزیت‌های غنی از آنالسیم) می‌باشد.

۱-۲-۴- سبلان

فعالیت ولکانیکی در سبلان از کرتاسه بالایی آغاز شده و تا میوسن و سپس کواترنر ادامه یافته است. در ائوسن پایینی این منطقه توف‌های برشی، تراکی آندزیت‌های پورفیری تراکیت‌ها و تراکیت‌های آنالسیم‌دار که تمایلات شوشونیتی دارد، مشاهده می‌شود(Didon et al, 1976).

۱-۲-۵- پهنه آتش‌فشانی سهند

گدازه‌های غنی از پتاسیم (باناکیت) در میوسن این ناحیه گزارش گردیده است (معین وزیری، ۱۳۵۷).

۱-۲-۶- پهنه تکاب - قروه

گدازه‌های آتش‌فشانی اطراف کانی دریژ در این منطقه از نوع شوشونیتی (آبساروکیت، باناکیت و توسکانیت) و متعلق به ۸/۸ تا ۹/۲ میلیون سال پیش می‌باشند (معین وزیری و امین سبحانی، ۱۳٦٤).

۱-۲-۷- گستره بیجار

بررسی کمربند آتش‌فشانی آنوتالی ترکیه و شمال باختری ایران که به وسیله Innocenti et al, (1982) انجام گرفته است شوشونیتی بودن ولکانیک‌های شمال باختری ایران را تایید می‌کند. نگارندگان تاکید می‌کنند که گدازه‌های شوشونیتی فوران کرده در این منطقه غالباً اسیدی و از نوع ایگنمبریت پتاسیک بوده و متعلق به میوسن میانی تا پایانی می‌باشد.

۱-۳- پهنه آتش‌فشانی ارومیه- دختر (ایران مرکزی)

بررسی‌های انجام شده در باره شوشونیت‌های ایران نشان می‌دهد که ولکانیسم شوشونیتی در زون ارومیه دختر در نواحی زیر گزارش گردیده است:

۱-۳-۱- گستره قم- آران

گدازه‌های شوشونیتی همراه با تراکی بازالت‌ها، تراکی آندزیت‌ها و تراکیت‌ها در محدوده زمانی ائوسن پایینی، در کوه گراب و کوه دم مشاهده می‌شوند در حالی که گدازه‌های شوشونیتی ائوسن بالایی منطقه مزبور در کوه دوازده امام گزارش گردیده است (Amidi, et al, 1984, Emami, 1981).

۱-۳-۲- ساوه

بررسی‌های Caillat et al (1978) نشان می‌دهد که سنگ‌های شوشونیتی ائوسن در ناحیه ساوه نیز مشاهده می‌شود (Emami, 1981).

۱-۳-۳- گسترهٔ نطنز- نایین

گدازه‌های آبساروکیتی، شوشونیتی و انواع اسیدی این مجموعه در سمت چپ گسله نایین مشاهده می‌شود، این سنگ‌ها بیشتر در کوه قلعه خرگوشی، کوه چاه زرد رخ‌نمون داشته و ویژگی‌های خاص شوشونیت‌ها را نشان می‌دهد. به صورتی که آبساروکیته دارای بافت پورفیری و واجد ۵۰٪ پلاژیوکلاز، ۱٦٪ اولیوین، ۱۷٪ کلینوپیروکسن، ۱٤٪ آنالسیم و ۳٪ کانی‌های دیگر (اپاتیت، اسفن، کلریت، سریست، کلسیت و اپاک) می‌باشد. شوشونیت‌های مزبور متعلق به ائوسن بالایی می‌باشد.

۱-۳-۴- شهربابک

گدازه‌های شوشونیتی ناحیه شهربابک متعلق به کمپلکس هزار بوده و ویژگی‌های خاص پتروگرافی شوشونیت‌ها را نشان می‌دهد، این سنگ‌ها متعلق به الیگوسن می‌باشد (Hassanzadeh, 1993) لازم به توضیح است که مرادیان (۱۳٦۹) گدازه‌های بازالتی، تفریت‌ها، فنولیت‌ها و تفری فنولیت‌های ائوسن میانی را جز سری پتاسیک یا سری شوشونیتی قرار داده است.

۱-۳-۵- ناحیه کوه ریگ

دایک شوشونیتی حد واسط در این ناحیه دارای سانیدین‌های درشت بلور (۳٪) و ریزبلور (۳۰٪) بوده و از لحاظ SiO2, K2O متعلق به خانواده آندزیت‌های شوشونیتی باشد (آقانباتی و عباس نژاد، ۱۳٦۷).

۱-۳-۶- گسترهٔ بردسیر

بررسی‌های سنگ‌شناسی بر روی ناودیس گود بیابانی که در

ناحیه بردسیر کرمان قرار گرفته است. عطاپور (۱۳۷۲) نشان می‌دهد که ولکانیسم شوشونیتی الیوسن در قالب کمپلکس هزار و به ستبرای زیاد در این گستره رخنمون دارد. مجموعه شوشونیتی مزبور شامل آنالیسیم شوشونیت، شوشونیت، آبساروکیت و پیروکلاستیک‌ها، بمب‌ها و آگلومراهای همین نوع بوده و میان لایه‌هایی از توف‌های سفیدرنگ اسیدی نیز در آن‌ها دیده می‌شود.

ویژگی‌های پتروگرافی شوشونیت‌ها به خوبی در این گدازه‌ها مشاهده می‌گردد و غالب گدازه‌های کمپلکس هزار در این منطقه از لحاظ ژئوشیمیایی در محدوده شوشونیت‌ها قرار می‌گیرند.

۱-۴- بلوک لوت و خاور ایران

سنگ‌های شوشونیتی در منطقه شمال بلوک لوت توسط Jung et al.(1985) گزارش گردیده است. بررسی‌های سن سنجی نشان می‌دهد که سنگ‌های مزبور متعلق به ۴۳/۴ میلیون سال پیش است. هم‌چنین در شمال خاوری گستره خورسنگ‌های شوشونیتی الیوسن بالایی گزارش گردیده است (Tarkian et al, 1985). در گستره انارک سنگ‌های شوشونیتی بیشتر در نزدیکی تالمی- مسکانی و جنوب شرق چاه خربزه گزارش گردیده‌اند. سنگ‌های مزبور شامل ۵۰- ۳۰٪ سانیدین، ۳۵- ۲۰٪ پلاژیوکلاز (An ۵۰) ۲۰-۱۰٪ اوژیت، ۱۰- ۵٪ آنالسیم، ۵٪- اولیوین است (Sharkovski et al, 1984).

۲- ژئوشیمی شوشونیت‌های ایران

بررسی عناصر اصلی، فرعی و کمیاب در سنگ‌های شوشونیتی بررسی شده ایران (۲۰۵ نمونه) نشان می‌دهد که ویژگی‌های ژئوشیمیایی سنگ‌های مزبور نیز ارتباط تنگاتنگی با گدازه‌های شوشونیتی دنیا دارد. بالابودن درصد Zr, P, Sr, Rb, Ba, Al2O3, K2O و پایین بودن Nb, TiO2, FeO*, MgO شاهد خوبی بر این مدعاست.

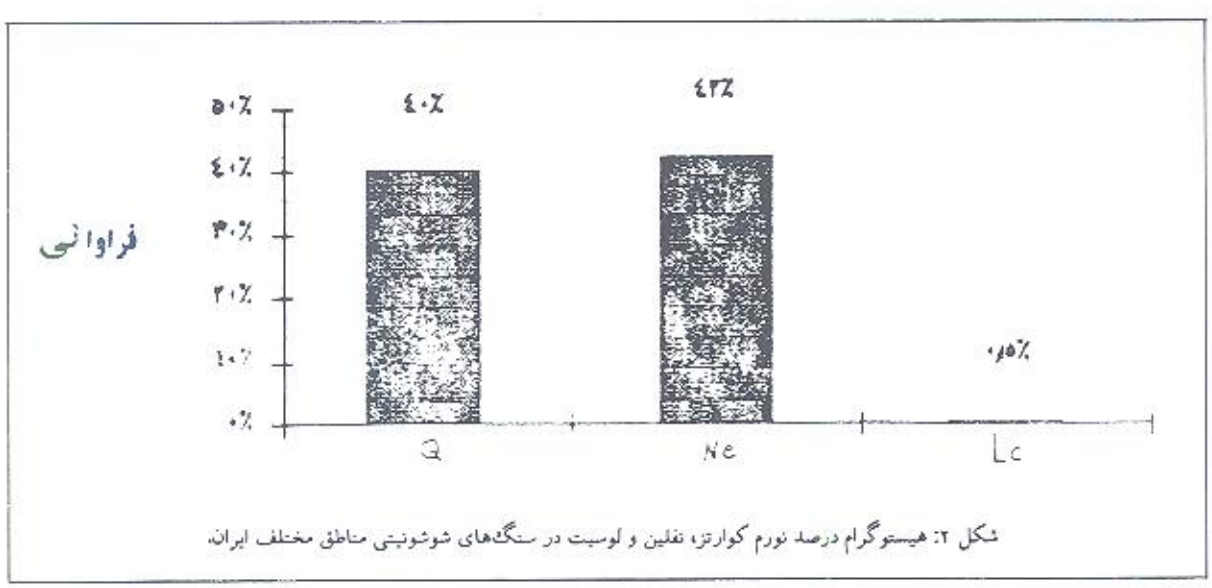
بررسی‌ها نشان می‌دهد مقادیر Na2O و CaO نیز در اغلب سنگ‌ها بالاست در حالی که SiO2 در انواع سنگ‌ها متفاوت است و سری سنگ‌های شوشونیتی را از اعضاً مافیک تا فلسیک نشان می‌دهد.

نکته قابل توجه در نورم CIPW این سنگهاست. همان طور که در شکل ۲ مشاهده می‌شود که ۴۰٪ سنگ‌های شوشونیتی ایران در نورم خود کوارتز دارند. در حالی که ۴۲٪ آن‌ها در نورم نفلین آزاد می‌کنند و تنها ۰/۵٪ درصد از این سنگ‌ها در نورم لوسیت نشان می‌دهند. لازم به توضیح است که نفلین نورماتیو عموماً در شرق آذربایجان، طالقان، نطنز، شهربابک و بردسیر یافت می‌شود در حالی که نورم کوارتز را می‌توان در سنگ‌های میانه، سبلان، تکاب، بیجار، دماوند، قم- آران و ناحیه لوت یافت. لوسیت نورماتیو فقط در یک نمونه از شرق آذربایجان گزارش گردیده است.

نکته قابل توجه این که احتمال هضم در سنگ‌های مناطقی که در آن‌ها کوارتز نورماتیو دیده می‌شود بسیار زیاد است و در مناطقی که نفلین نورماتیو وجود دارد سنگ‌های شوشونیتی از ماگمای قلیایی ذاتی نتیجه شده‌اند.

مقادیر قابل توجهی از عناصر Sr, Rb, Ba در سنگ‌های شوشونیتی دنیا یافت شده است. مجموعه‌های شوشونیتی مطالعه شده ایران از این قاعده مستثنی نیستند. در ناحیه البرز- آذربایجان مقدار باریم ۱۷۹۴ PPm است که از ناحیه تکاب- قروه گزارش گردیده است. هم‌چنین ۸۶۹ PPm استرانسیم و ۶۵ PPm روبیدیم نیز بالاترین مقادیر را در این زون نشان می‌دهد.

در ایران مرکزی، سنگ‌های شوشونیتی ناحیه نطنز تا ۲۰۰۰ PPm باریم دارند در حالی که در یک نمونه از آبساروکیت‌های ناحیه بردسیر ۲۱۱۹ PPm باریم گزارش گردیده است. بالاترین مقدار Sr نیز در تمامی مجموعه‌های مطالعه شده ایران مرکزی همین نمونه است که ۱۴۴۵ PPm استرانسیم دارد. بالاترین مقدار روبیدیم در ایران مرکزی ۴۸۶ PPm است که از ناحیه شهربابک گزارش شده است. مقادیر Nb در سنگ‌های شوشونیتی بسیار کم بوده و بین ۱-۵۹ PPm



شکل ۲: هیستوگرام درصد نورم کوارتز، نفلین و لوسیت در سنگ‌های شوشونیتی مناطق مختلف ایران.

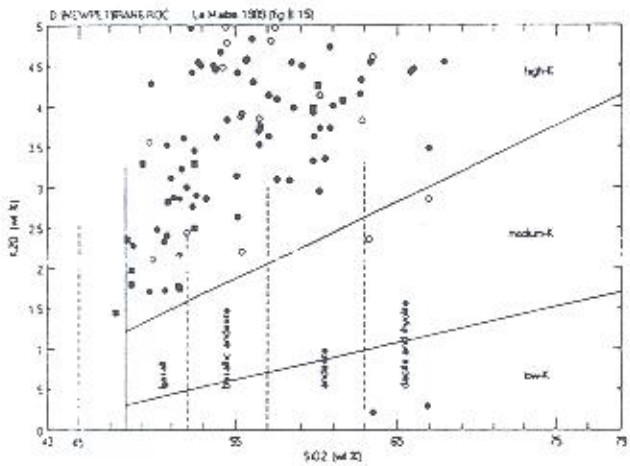
متغیر است.

بررسی نمودارهای تغییرات عناصر اصلی شوشونیت‌های ایران نشان می‌دهد که اغلب سنگ‌های مطالعه شده در سری غنی از پتاسیم یا شوشونیتی قرار می‌گیرند، نمودار لومتر (۱۹۸۹) (شکل ۳) نیز سنگ‌های مذکور را در محدوده شوشونیتی، تفریتی و فنولیتی قرار می‌دهد.

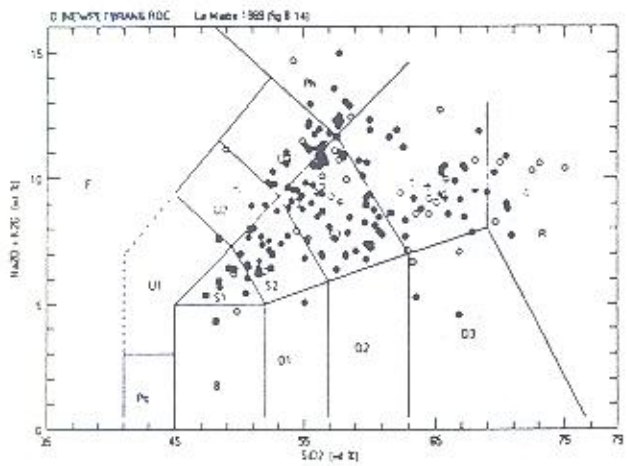
تغییرات SiO2 در مقابل Na2O + K2O (شکل ٤) نشان می‌دهد که غالب نمونه‌های شوشونیتی رسم شده در محدوده سنگ‌های آلکالن (شکل ۵) قرار گرفته‌اند و تنها تعداد کمی از نمونه‌های ایران مرکزی و آذربایجان سری ساب آلکالن را نشان می‌دهند و به نظر می‌رسد دلیل اصلی این مسئله دگرسانی‌های مختلف موجود در سنگ‌ها و یا دخالت فرآیندهای مختلف در حین عمل تفریق می‌باشد.

بررسی نمودارهای عناصر فرعی و کمیاب نشان می‌دهد که تغییرات Sr/Ba (شکل ٦) روند خطی مثبتی نشان می‌دهد و مشخص می‌نماید که باافزایش Sr, Ba نیز در ماگما افزایش می‌یابد بنابراین تفریق ماگما باعث می‌شود Ba, K در ماگما افزایش یابد نمودارهای La/Th, La/Ba, La/Nb نیز در سنگ‌های مطالعه شده را در محدوده سنگ‌های غنی از پتاسیم و آندزیت‌های کوه‌زایی می‌دانند.

نمودارهای عناصر کمیاب در مقابل درصد آن‌ها در گوشته اولیه آنومالی منفی Ti, Nb در مقابل آنومالی مثبت Zr, Ba, Rb, K Th را به خوبی نشان می‌دهد (شکل ۷ و ۸).

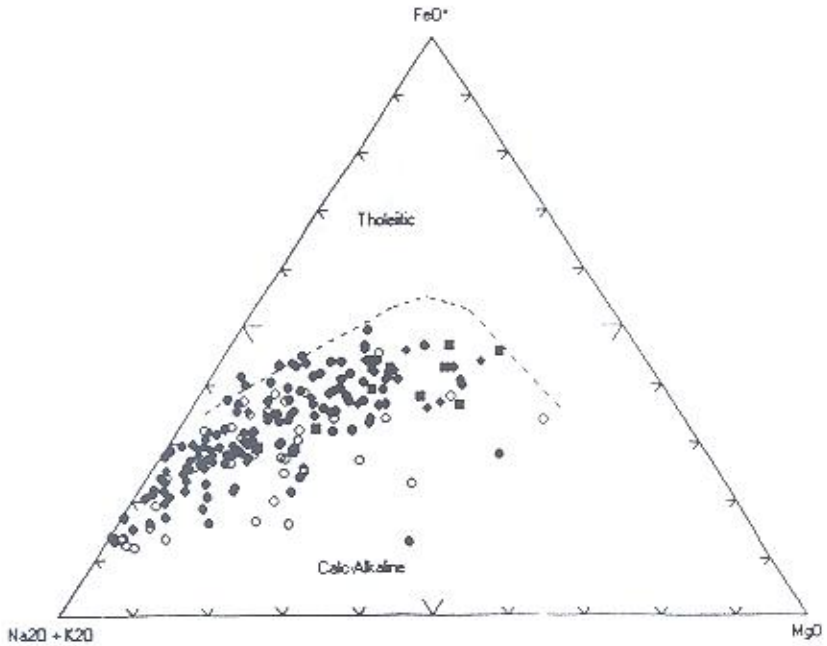


شکل ۳: تغییرات K2O/ SiO2 در نمودار لومتر، ۱۹۸۹، نمودار مشخص می‌نماید که غالب سنگ‌ها در محدوده سری غنی از پتاسیم می‌باشند (O آذربایجان، البرز، ایران مرکزی، بلوک لوت).

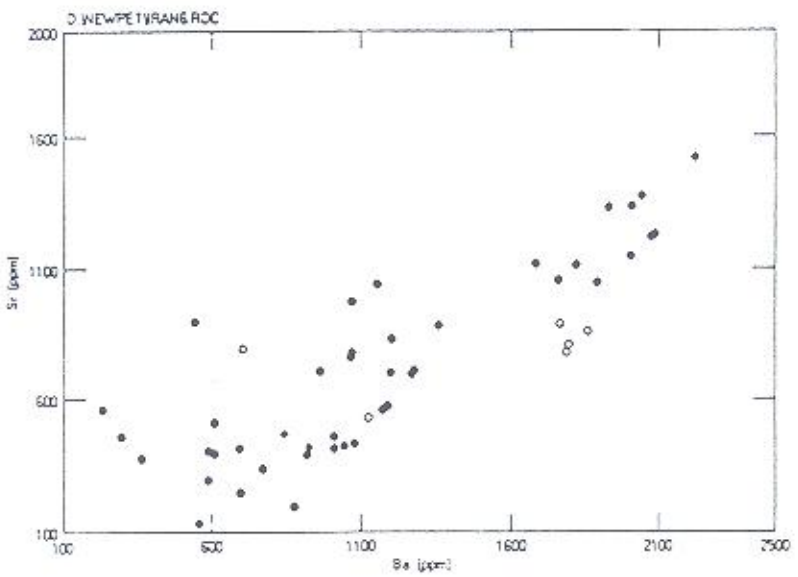


F	foidite
Pc	picrobasalt
B	basalt
O1	basaltic andesite
O2	andesite
O3	dacite
S1	trachybasalt
S2	basaltic trachyandesite
S3	trachyandesite
T	trachyte (q < 20%)
	trachydacite (q > 20%)
R	rhyolite

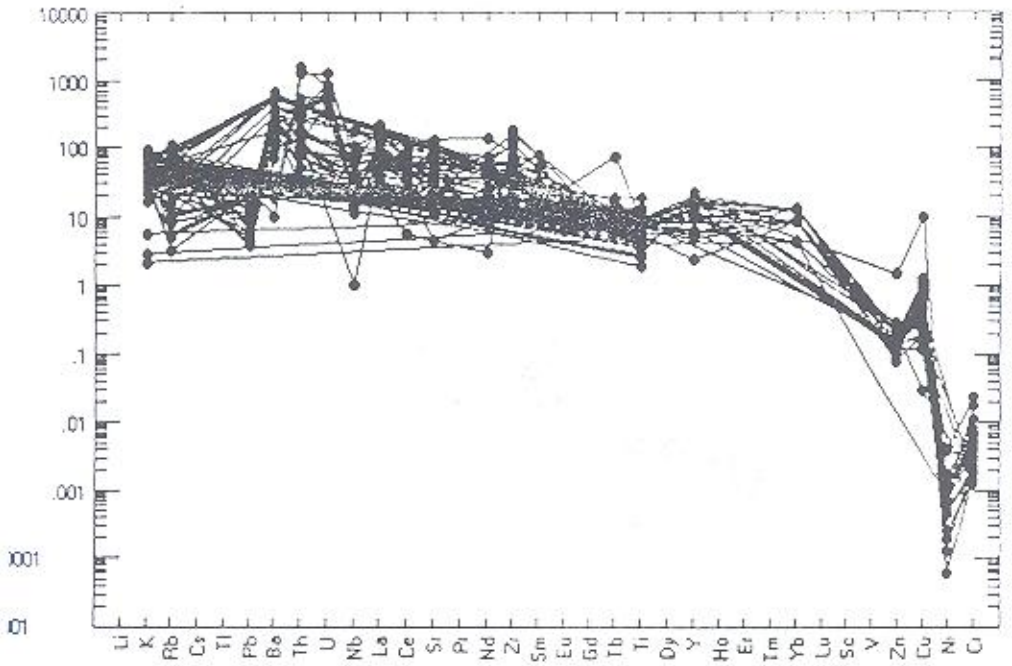
شکل ٤: تغییرات Na2O + K2O در مقابل SiO2 در نمودار لومتر، ۱۹۸۹، نمودار مشخص می‌نماید غالب سنگ‌ها در محدوده شوشونیت، لفریت، فنولفریت، تراکی بازالت، تراکی آندزیت و بعضاً ریوداسیتی می‌باشد.
(O آذربایجان، البرز، ایران مرکزی، بلوک لوت)



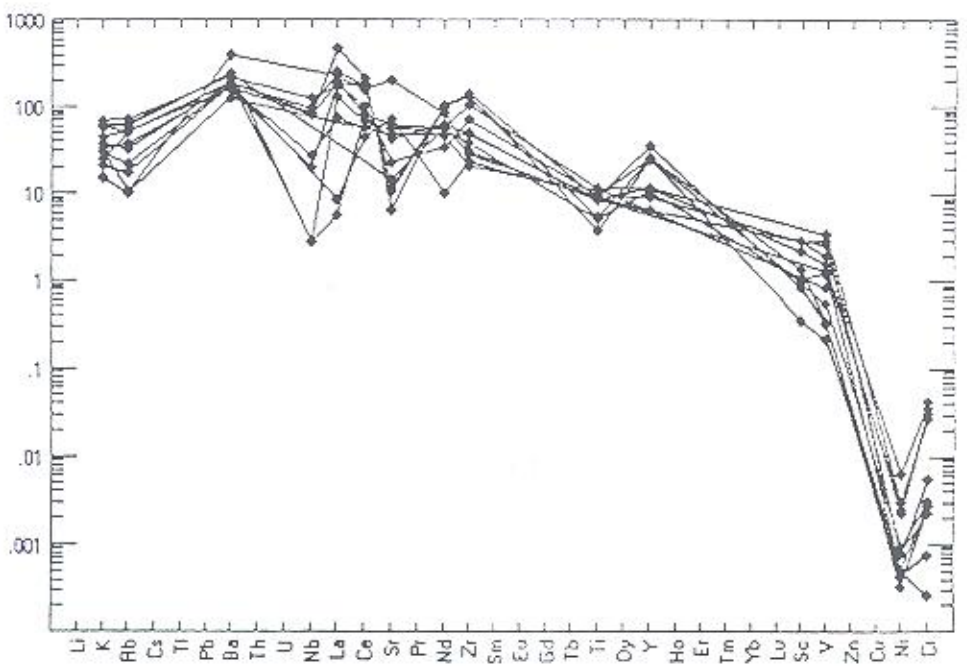
شکل ۵: نمودار AFM، مشخص می‌نماید که سنگ‌ها بشدت از عناصر آلکالن غنی شده‌اند. (O آذربایجان، البرز، ایران مرکزی، بلوک لوت)



شکل ٦: تغییرات Sr/Ba در سنگ‌های شوشونیتی نواحی مختلف ایران، شیب مثبت این نمودار به خوبی مشخص است (O آذربایجان، البرز، ایران مرکزی، بلوک لوت).



شکل ۷: نمودار تغییرات عناصر کم‌یاب ثوشونیت‌های زون ارومیه- دختر در مقابل نسبت آن‌ها در کندریت‌ها.



شکل ۸: نمودار تغییرات عناصر کم‌یاب ثوشونیت‌های بلوک لوت در مقابل نسبت آها در کندریت‌ها.

۳- خاستگاه و جایگاه ژئودینامیکی

۳-۱- خاستگاه

به نظر می‌رسد سنگ منشأ ماگماهای شوشونیتی در ایران یک گوشته فوقانی متاسوماتیسم شده باشد (معین وزیری و امین سبحانی، ۱۳٦٤؛ معین وزیری و همکار، ۱۳۵٦؛ Amidi 1977, Tarkian et al. 1985).

فرآیند غالب تشکیل ماگماهای شوشونیتی تفریق جزیه جز ماگمای اولیه است که از ذوب بخشی گوشته متاسوماتیسم شده حاصل شده است. اما گروهی عوامل دیگر از قبیل آلایش با پوسته قاره‌ای (Tarkian et al. 1985, Amidi et al. 1984, Amidi 1977) را نیز عنوان کرده‌اند. وجود آنکذوهای گنیس در سنگ‌های بازیک ناحیه تکاب- قره (معین‌وزیری، امین سبحانی و ۱۳٦٤) و دیگر گستره‌ها نشانگر این مدعاست.

برپایه شواهد پتروگرافی، فرآیند اختلاط دو ماگمای ناهمگن اسیدی و بازیک نیز در بعضی مناطق گزارش گردیده است (Amidi et al. 1984, Emami 1981)، طبیعی است که بدون در دست داشتن شواهد ایزوتوپی پایدار و ناپایدار یافتن منشأ ماگماهای شوشونیتی و فرآیندهای اختلاط ماگمایی آن‌ها هنوز مطالعات بیشتری را می‌طلبد.

۳-۲- جایگاه ژئودینامیکی

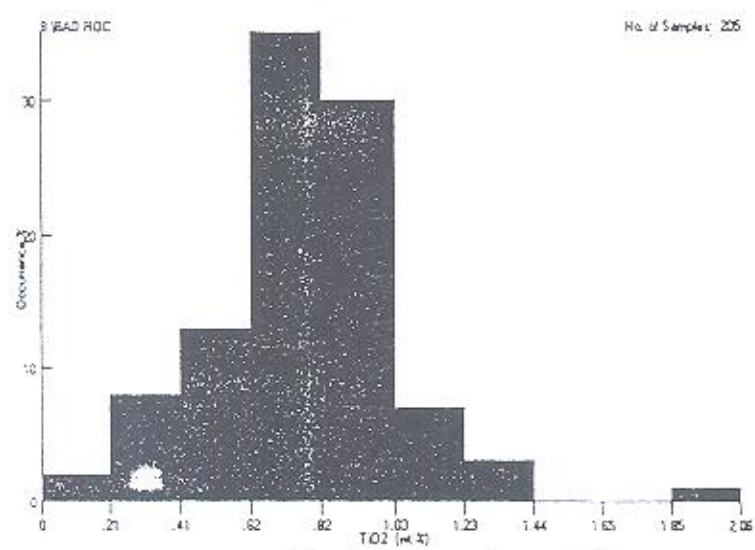
اظهارنظر کلی در مورد موقعیت ژئودینامیکی سنگ‌های شوشونیتی ایران کاری بسیار مشکل است. Edgar (1980) براین باور است که معمای موقعیت ژئودینامیکی و خاستگاه سنگ‌های غنی از پتاسیم یکی از مشکل‌ترین معماها در پترولوژی است و هنوز هیچ پترولوژیستی نمی‌تواند ادعا کند که راه‌حل آن را یافته است. بنابراین نگارندگان سعی می‌کنند تنها جمع‌بندی از اطلاعات موجود را ارائه دهند:

شماری از پژوهشگران معتقدند که حضور لوسیت، گدازه‌های لوسیت‌دار در باختر دریاچه ارومیه (امین سبحانی، ۱۳۵٦، نقل از مرادیان، ۱۳٦۹)، و وجود همین نوع از گدازه‌های پتاسیم‌دار آلکالن غیراشباع از سیلیس و همراه با لوسیت در منطقه شهربابک می‌تواند دلیلی بر وجود سیستم فرورانش در طول گسل زاگرس باشد (مرادیان، ۱۳٦۹)، این در حالی است که Hassan Zadeh (1993) نیز موقعیت سنگ‌های شوشونیتی را به مناطق بعد از برخورد (Post Collisional) مربوط می‌داند. این دیدگاه هم‌چنین توسط Innocenti et al (1982)، معین‌وزیری و همکار (۱۹۹۱)، Brousse et al. (1977), Baumann et al. (1985), Spies et al. (1985) عنوان گردیده است. اما Didon and Gemain (1976), Emami (1981), Caillet et al. (1978), Amidi (1977), سنگ‌های شوشونیتی مناطق مورد مطالعه خود را به ریفت‌های درون قاره‌ای نسبت داده‌اند. در جمع‌بندی کلی نظریه‌های مختلف در باره موقعیت تکتونوماگمایی سنگ‌های شوشونیتی ایران را می‌توان به شرح ذیل ارائه داد:

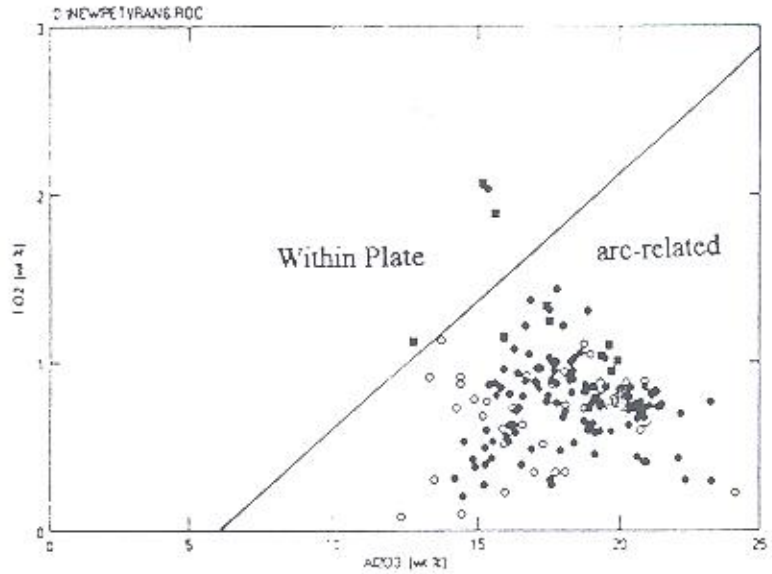
۱- توجیه شوشونیت‌ها اشباع از سیلیس فقط می‌تواند حاصل تفریق یک ماگمای آبساروکیتی و هضم سنگ‌های پوسته قاره‌ای سیلیسی آن باشد که وجود آنکلاوهای گنیس (معین‌وزیری و امین سبحانی، ۱۳٦٤) آنرا تایید می‌کند.

۲- نظریه تشکیل شوشونیت‌های درون قاره‌ای توسط بعضی از محققین گزارش شده است ولی به دلیل فقدان فوران‌های کربناتیتی- نفلینیتی- میلیلیتی که خاص مدل ریفت‌های درون قاره‌ای است مورد تردید قرار گرفته است.

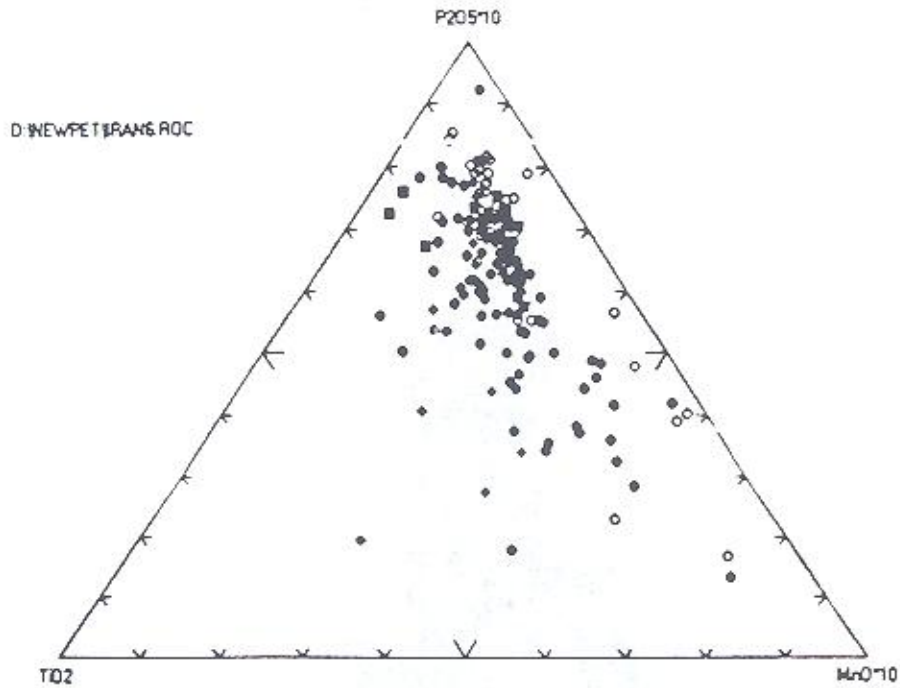
۳- کمبود عیار Ti (شکل ۹) و آنومالی منفی Nb و بالا بودن عیار P_2O_5, Al_2O_3 نظریه فرورانش و ذوب یک اکلوژیت فلوگوپیت‌دار را قوی‌تر جلوه می‌دهد (شکل ۱۰، ۱۱ و ۱۲).



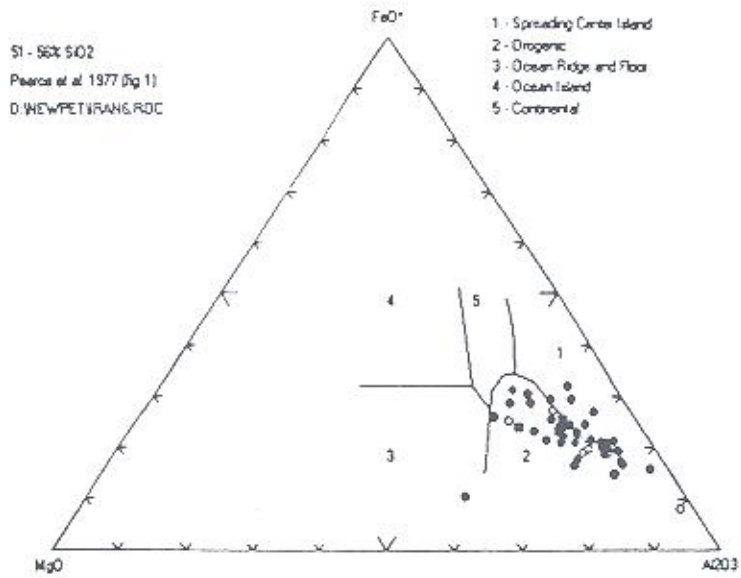
شکل ۹: هیستوگرام توزیع TiO_2 در سنگ‌های شوشونیتی ایران.



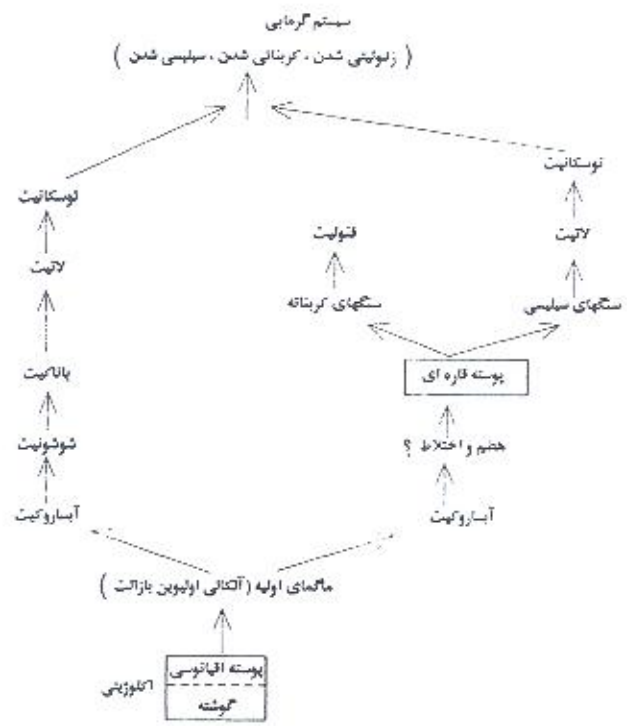
شکل ۱۰: تغییرات Al2O3/ TiO2 (O آذربایجان، البرز، ایران مرکزی، بلوک لوت).



شکل ۱۱: نمودار سه‌تایی بالا غنی بودن شدید عناصر از P2O5 و فقر آن‌ها را از TiO2 مشخص نموده و احتمال کوه‌زایی بودن شوشونیت‌ها را افزایش می‌دهد (O آذربایجان، البرز، ایران مرکزی، بلوک لوت).



شکل ۱۲: در نمودار سه‌تایی FeO- MgO- Al2O3 مشخص می‌شود که غالب سنگ‌های مطالعه شده در محدوده سری‌های کوه‌زایی قرار دارند (O آذربایجان، البرز، ایران مرکزی، بلوک لوت).



شکل ۱۳: مدل احتمالی خط سیر تفریق تا تشکیل ماگماهای شوشونیتی در ایران.

۴- از دیدگاه Kessler, (1976, 1977) که شوشونیت‌ها در دو مرحله ابتدایی و انتهایی سیستم ماگمایی کالکوآلکالن به وجود می‌آیند. شوشونیت‌های ایران نیز با توجه به داده‌های بند چهار دلایل مدعیان نظریه فرورانش و برخورد قاره‌ها را قوی‌تر جلوه می‌دهد.

۵- گسترش سنگ‌های شوشونیتی در بسیاری از نواحی ایران مرکزی مخصوصاً انواع لوسیت‌دار، بیانگر فرورانش و ذوب گوشته فوقانی یا پوسته تحتانی است. تشکیل ماگماهای اولیه آبساروکیتی (شکل ۱۳) و جایگزینی آن‌ها در یک پوسته قاره‌ای موجب هضم پوسته قاره‌ای و تشکیل لوسیت شده است. اما نامنظم بودن توزیع زمانی K2O (شوشونیت‌های ایران از انوسن پائینی تا کواترنر گزارش شده‌اند) و توزیع مکانی K2O (از طرف ترانشه به طرف پوسته قاره‌ای) وجود یک فرورانش را مورد تردید قرار می‌دهد، لکن ویژگی‌های ساختمانی پوسته ایران از جمله گسل‌های امتداد لغز جوان می‌تواند در جابه جایی مکانی شوشونیت‌ها تأثیر داشته باشد.

اما با همه این تفاسیر، تنها مطالعات گسترده بر روی ژئوشیمی ایزوتوپی شوشونیت‌های ایران است که راه روشنی را برای شناخت ژئودینامیک این منطقه فرا راه پژوهشگران خواهد گشود.

۴- نتایج

- سنگ‌های شوشونیتی در تمامی کمربندهای ولکانیکی ایران پراکنده گردیده است.
- بیشترین گسترش شوشونیت‌های ایران متعلق به زون ارومیه- دختر و منطقه آذربایجان می‌باشد.
- ویژگی‌های ساختی- بافتی و کانی‌شناسی شوشونیت‌های ایران، انطباق کاملی با سنگ‌های شوشونیتی دنیا نشان می‌دهد.
- بالابودن P2O5, Al2O3, K2O و کاهش TiO2, MgO در میان عناصر اصلی و آنومالی مثبت Ba, Sr, Rb, Zr، و آنومالی منفی Nb در شوشونیت‌های مطالعه شده ایران با شوشونیت‌های مناطق مختلف دنیا مطابقت دارد.
- به نظر می‌رسد که شوشونیت‌های اشباع از سیلیس حاصل هضم سنگ‌های پوسته قاره‌ای سیلیسی به وسیله یک ماگمای آبساروکیتی باشد در حالی که شوشونیت‌های تحت اشباع (با نفلین نورماتیو) از سیلیس از یک ماگمای شوشونیتی ذاتی در اعماق زیاد نتیجه شده‌اند.
- موقعیت ژئودینامیکی پوسته ایران به صورت دونظریه فرورانش صفحه عربی و بازشدن ریفت‌های درون قاره‌ای هنوز مورد بحث محققان مختلف قرار دارد، این در حالی است که فقدان فوران‌های کربناتیتی- نفلینیتی و میلیلیتی و آنومالی منفی Ti, Nb و بالابودن درصد P2O5, Al2O3 نظریه ریفت‌های درون قاره‌ای را مورد تردید قرار می‌دهد و بر فرورانش پوسته اقیانوسی صحه می‌گذارد اما نامنظم بودن توزیع K2O در اطراف محل ترانشه اقیانوسی مطالعه بیشتری را برای روشن شدن مساله پیشنهاد می‌کند.

آیا می‌توان با طرح مسئله ایجاد دو فرورانش قدیمی و جدیدتر در این منطقه راه‌حلی برای مسئله موقعیت ژئودینامیکی ایران یافت؟ اما این مهم بدون مطالعات ایزوتوپی امکان‌پذیر نخواهد بود.

کتاب نگاری

- احمدی‌پور فرسنگی، حمیدو ۱۳۷۲ و بررسی دینامیزم فعالیت‌های آتش‌فشانی کوه مزاحم (شهربابک)، پایان نامه دروه کارشناسی ارشد، دانشگاه شهید باهنر کرمان، ۳۶۶ صفحه.
- آفتابی، علیجان، عباس نژاد، احمد، ۱۳۶۶، مطالعه پدیده‌های ماگمایی و دگرگونی کوه ریگ رباط و مقایسه آن با کوه گبری رفسنجان، مرکز پژوهش دانشگاه شهیدباهنر کرمان، ۵۱ صفحه.
- امامی، محمدهاشم، خلعتبری جعفری، مرتضی، وثوقی عابدینی، منصور، ۱۳۷۱، پلوتونیسم ترشیری منطقه اردستان و ایران مرکزی، فصلنامه علوم زمین سازمان زمین‌شناسی کشور، شماره ٤، صفحه ۱۳-۲.
- عطاپور، حبیبه، ۱۳۷۲، پترولوژی و ژئوشیمی مجموعه شوشونیتی منطقه گود بیابانی بردسیر، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه شهید باهنر کرمان، ۲۹٤ صفحه.
- عطاپور، حبیبه، ۱۳۷۲، زمین‌شناسی، سنگ‌شناسی و ژئوشیمی سنگ‌های شوشونیتی ایران زمین، سازمان زمین‌شناسی کشور، مدیریت زمین شناسی منطقه جنوب خاوری، ۱٤۱ صفحه.
- لطفی، محمد، ۱۳۵٤، بررسی زمین‌شناسی و پترولوژی منطقه شمال شرق میانه (آذربایجان خاوری)، رساله فوق لیسانس دانشکده علوم دانشگاه تهران، ۲۱۲ صفحه.
- مرادیان، عباس، ۱۳۶۹ و بررسی پترولوژیکی و ارزیابی اقتصادی سنگ‌های آذرین فلدسپاتوئیددار شمال شهربابک (جوزم)، رساله فوق لیسانس دانشکده علوم دانشگاه تهران، ۲٤۲ صفحه.
- معین وزیری، حسین، ۱۳۵۷، تشخیص سه نوع ماگما با منشأ مختلف در منطقه سهند- نشریه دانشکده فنی دانشگاه تهران، شماره ۳۹، صفحه ۱۲۶- ۱۱۷.
- معین وزیری، حسین، امین سبحانی، ابراهیم، ۱۳۵۶، سهند از نظر ولکانولوژی و سدیمانتولوژی، انتشارات دانشگاه تربیت معلم، ۵۵ صفحه.
- معین وزیری، حسین، امین سبحانی، ابراهیم، ۱۳۶٤، مطالعه آتش‌فشان‌های جوان منطقه تکاب- قروه، انتشارات دانشگاه تربیت معلم، ٤۸ صفحه.

References

- Alberti, A., Comin- Chiaramonti, P., DiBattistini, G., Fioriti, R., Sinigei, S., 1981, Crystal Fractionation in the eastern Azerbaijan (Iran) lower Tertiary shoshonitie suite, N. Jb. Miner. Mh., H. 1, pp: 35- 48.
- Amidi, S. M., 1977, Etude geologique de la region de Natanz- Surk (Iran, Central), These ph. D., Grenoble, 316p.
- Amidi, S. M., Emami, M. H., Michel, R., 1984, Alkaline character of Eocene volcanism in the middle part of central Iran and its geodynamic situation. Geol. Rund. 73, 3, 917- 932.
- Baumann, A., spies, O., lensch, G., 1985, Strontium isotopic composition of post- ophiolitic tertiary volcanics between Kashmar- Sabzevaran and Quachan (NE Iran), G. S. I., Rep. No. 51, pp: 267- 276.
- Brousse, R., Lefever, Ch., Maury, R. C., Moine- vaziri, H., Amin Sobhani, E., 1977, Le Damavand: un volcan shoshonitique de la plaque, Iranienne, C. R., Acad. Se. Paris, T. 285, Serie, d- 131- 134.
- Caillet, C., Dehlavi, P., Martel- Jantin, B., 1978, Geologie de la region de saveh (Iran). Contribution a l'etude du volcanisme et du plutonism tertiaires de la zone de l'Iran Central. These 3 ^{eme} cycle., Grenoble, 325p.
- Comin- Chiaramonti, P., Meriani, S., Mosca, R., Sinigoi, S., 1979a, On the occurence of analcime in the Northeastern Azerbaijan volcanic (North western Iran). Lithos, 12, pp: 187- 198.
- Comin- Chiaramonti, P., Pongiluppi, D., Vezzalini, G., 1979, Zeolites in shoshonitic volcanics of the northeastern Azerbaijan (Iran). Bull. Mineral, Vol. 102, pp: 386- 390.
- Didon, J., Gemain, Y. M., 1976, Le Sabalan, Volcan plio quaternaire de l' Azerbaijan orintal (Iran): Etude geologique et petrographique de '' deilice et de son environnent regional. These, Docteur du 3 ^{e} cycle univ. Grenoble, Grenoble, France, 304p.
- Dimitrejivic, M. D., 1973, Geology of Kerman region. Geol. Surv. Iran. rep. No. Yu. 52, 334p.
- Edgar, A. D., 1980, Role of subduction in the genesis of leucite bearing rocks. Discussion. Contrib. Mineral. Petrol. Vol 73, pp: 429- 431.
- Emami, M. H., 1981, Geologie de la region de Qom- Aran (Iran). Contribution a' l' etude dynamic at geochemique du volcanism tertiaire de l' Iran, Central. Ph. D., These, univ., Grenoble, France, 489p.
- Hassanzadeh, J., 1993, Metallogenic and tectonomagmatic events in the SE sector of cenozoic active continental margin of central Iran. (Shar-e- Babak area), Kerman province, Thesis, Ph. D., California, Losangeles, 204p.
- Innocenti, F., Manetti, p., Mazzoli, R., Pasquare, G., Villari, L., 1982, Anatolia and north- western Iran, In: R. S. Thrope. Andesites, John wiley and sons. pp: 327- 349.
- Jung, D., Keller, J., Khorassani, R., Marcks, Chr., Bumann, A., Horn, p., 1985, Petrology of Tertiary magmatic activity in northern lut area, East of Iran. G. S. I., Rep. No. 51, pp: 285- 336.
- Kazmin, V. G., Ricou, L. E., Sbortshikov, I. M., 1980, Structure and evolution of the passive margin of the eastern Tethys. Tectonophysics., Vol. 123, pp: 153- 179.
- Kesler, E. S., 1976, Intrusive rocks associated with porphyry copper mineralization in island are areas: Econ. Geol, Vol. 71, pp: 579- 581.
- Kesler, E. S., et al, 1977, Evolution of porphyry copper mineralization in an oceanic island are: Panama; Econ- Geol, Vol. 72, pp: 1142- 1153.
- Lescuyer, J. L., Ricu, R., 1976, Geologie de la region de Mianeh (Azerbaijan). Contribution a l' etude da volcanism tertiaire de l' Iran. These, Grenoble univ., Grenoble, France, 232p.
- Moine- Vazire, H., Khalili- Marandi, Sh., Brousse, R., 1991, Importance du'n volcanism potassique, au miocene superieur en Azerbaijan (Iran). C. R. Acad. Sci-Paris, T. 313, Serie II, pp: 1603- 1610.
- Sharkovski, M., et al, 1984, Geology of the Anarak Area (Central Iran), V/O Technoexport. Repont. TE/NO. 19, 143p.
- Spies, O., Lensch, G., Mihm, A., 1985, Geochemistry of the post- ophiolitic tertiary volcanics between Sabzevar and Quchan (NE- Iran). Geol. Surv. Iran. Rep. No. 51, pp: 247- 266.
- Stalder, P., 1971, Magmatism Tertiaire et subrecent entre Taleghan et Alamout Alborz, Central Iran. Bull. Suiss. Min. Petrol, Vol. 51, pp: 1-138.
- Tarkian, M., Lotfi, M., Baumann, A., 1985, Tectonic, magmatism and the formation of mineral deposits in the central lut (East Iran). Geol. Surv. Iran. Rep. No. 51, pp: 357- 384.

* سازمان زمین‌شناسی کشور (مدیریت زمین‌شناسی منطقه جنوب خاوری).

** بخش زمین‌شناسی دانشگاه شهید باهنر کرمان.

* Geological Survey of Iran, Kerman Centre.

** Shahid Bahonar University, Geology departmen, Kerman.