مجلهٔ بلورشناسی و کانی‌شناسی ایران، سال اوّل، شمارهٔ یکم، بهار ۱۳۷۲، از صفحهٔ ۱۶ تا ۳۳

ویژگیهای آنالسیم و شرایط تشکیل آن در سنگهای آتشفشانی ایران

علی درویش زاده
دانشکدهٔ علوم دانشگاه تهران

چکیده: در بعضی از سنگهای آتشفشانی کرتاسه وائوسن ایران مانند اطراف سبلان، باختر میانه، کوههای بزگوش سراب، طالقان، عقدا، و شمال شهر بابک، درشت بلورهایی از آنالسیم سدیک دیده می‌شوند که از نظر اندازه (بطور متوسط ۲٫۵ سانتیمتر) و فراوانی (۲۰ تا ۳۰ درصد حجم سنگ) جنبهٔ کاملاً استثنایی دارند. درشت بلورهای مزبور شکل ذوزنقه و ظاهر لوسیت مانند داشته و رنگ آنها سفید، خاکستری، نخودی و گاهی گلی است. بعضی اوقات چندین درشت بلور از آن به هم پیوسته وبه صورت قطعه یکپارچه‌ای در می‌آیند. در مقاطع میکروسکوپی، تمام درشت بلورها دارای حاشیهٔ نازک به رنگ سفیدند که با توجه به رنگ آمیزی مقاطع، از نوع سدیک (آلبیت یا نفلین) اند، ولی بخش درونی آنها بیشتر منظره‌ای چرکیده و شبیه حالت کائولینیت در فلدسپات پتاسیک دارد. این آنالسیم‌ها فاقد ماکل مخصوص لوسیت هستند.

بر اساس داده‌های پراش سنجی پرتوX و تجزیهٔ شیمیایی ثابت شده است که نمونه‌های مزبور از نوع آنالسیم سدیم دارند. این کانی در سنگهای آتشفشانی میانی شکل می‌گیرد و غالباً غیر اشباع از سیلیس ولی سرشار از قلیاست. با توجه به اندازهٔ بلورها، آنها را اولیه دانسته و بر اساس فراوانی آنها، باید پذیرفت که شرایط بلوری شدن آنها تا مدتها ادامه داشته است.

از آنجا که آنالسیم کانی آبداری است، لذا تنها در شرایط فشار بخار آب نسبتاً بالا بوجود می‌آید. براساس کارهای آزمایشگاهی هامیلتون ورو [۱] و گوپتاویاگی [۲] می‌توان شرایط تشکیل درشت بلورهای آنالسیم در سنگهای آتشفشانی ایران راچنین خلاصه کرد. در مادهٔ مذاب غیر اشباع ازسیلیس، در فشار آب نسبتاً بالا ـ ۵تا۸ کیلوبار ـ و دمای در حدود ۶۰۰ تا ۶۴۰ درجهٔ سانتیگراد، ممکن است مستقیماً به جای نفلین، آنالسیم به وجود آید، در صورتی که در مایع مذاب غنی از پتاسیم و دمای بالاتر، پسدولوسیت تشکیل می‌شود.

[Downloaded from ijcm.ir on 2024-03-28]

آنالسیم چیست؟

آنالسیم یا آنالسیت، سیلیکات آبدار سدیم دار به فرمول $NaAlSi_2O_6, nH_2O$ است، و اصولاً در صورتی که اولیه باشد آن را یک فلدسپاتوئید به حساب می‌آورند، زیرا در سنگها نقش فلدسپاتوئید مانند نفلین یا لوسیت را بازی می‌کند. آنالسیم ممکن است اولیه و یا ثانویه باشد.

آنالسیم‌هایی را اوّلیه می‌گویند که مستقیماً از ماگما به وجود آمده باشد. این قبیل آنالسیم‌ها در ژیزمانی‌هایی که در ایران دیده ایم خود بر دو نوع است:

الف ـ بلورهای شکل دار ذوزنقه‌ای به قطر ۰٫۵ تا ۵ سانتیمتر، بیشتر در حدود ۲ تا ۲٫۵ سانتیمتر، به رنگ سفید، خاکستری، نخودی یا گلی است، و شباهت زیادی به لوسیت دارد، به طوری که قبلاً به آنها لوسیت گفته می‌شد. این همان نمونه‌هایی است که بحث این مقاله را تشکیل می‌دهد (شکل ۱).

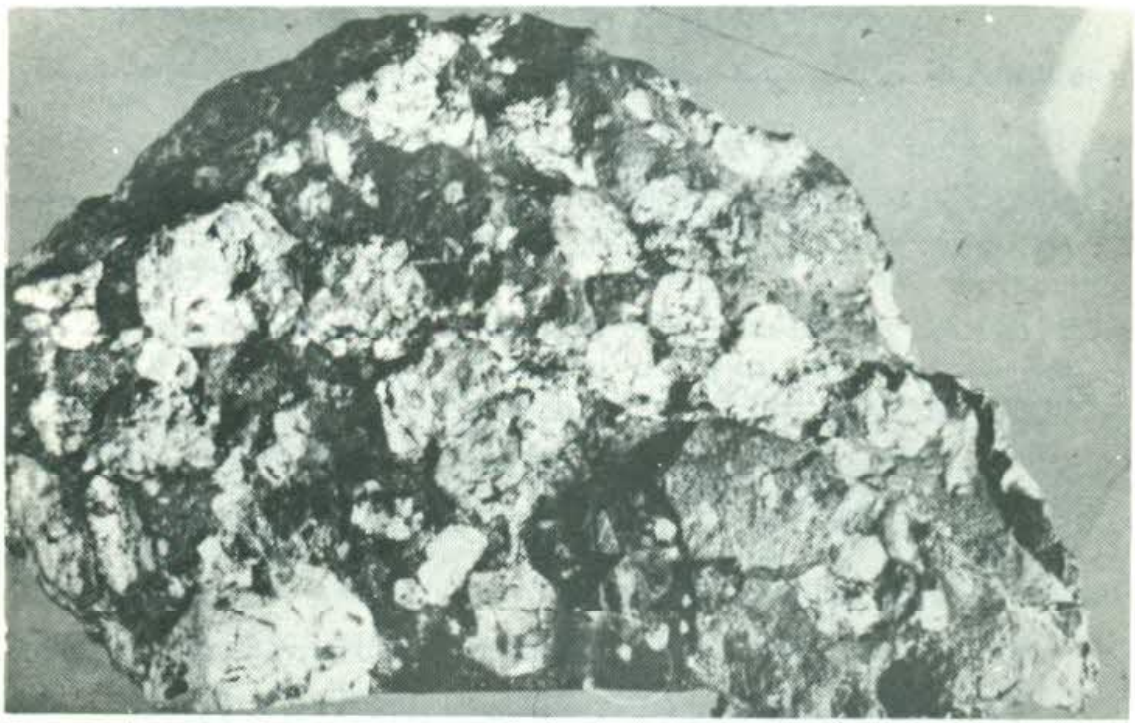
ب ـ بلورهای کوچک غالباً گرد و میلیمتری و یا گاهی مانند بعضی از نفریت‌های شمال غرب کرمان (قلعهٔ حسن علی) به صورت بلورهای بسیار کوچک، میکروسکوپی همسانگر، به رنگ صورتی یا گلی در متن سنگ دیده می‌شوند.

آنالسیم‌های ثانویه، همان انواعی هستند که در درز و شکاف بسیاری از سنگهای آتشفشانی به صورت انبوهه‌های اسفرولیتی وجود دارند. در اینحالت جزء گروه زئولیت‌ها محسوب می‌شوند و مورد بحث این مقاله نیست.

آنالسیم‌های مورد مطالعه از نظر ظاهری به شکل ذوزنقهٔ سفید، خاکستری، سبز روشن، نخودی، و گاهی گلی هستند. بلورهای کوچک آن در گدازه‌ها در حدود میلیمتر و کوچک‌تر و اصولاً گردند. گاهی چند بلور آن به هم پیوسته و ظاهراً انبوهه‌ای تشکیل می‌دهند که با گدازه‌های متخلخل به هم می‌پیوندند. مسئله اخیر با توجه به چگالی کم آنالسیم ممکن است نشانه‌ای از صعود بلورها به سطح توده‌های مذاب باشد. برای اثبات آنکه درشت بلورهای مورد بحث از نوع آنالسیم‌اند سه راه حل وجود دارد که ما از هر سهٔ آنها یاری گرفته‌ایم.

[Downloaded from ijcm.ir on 2024-03-28]

۱- مطالعهٔ مقاطع میکروسکوپی که در آن ماکل مخصوص لوسیت اصلاً دیده نمی‌شود.
۲- بررسی‌های پراش سنجی پرتو X و مقایسه آن با اعداد استاندارد (جدول ۱).
۳- تحلیل شیمیایی نمونه‌ها ومقایسه آن با تحلیل‌های شیمیایی استاندارد [۳].



شکل ۱ درشت بلورهای آنالسیم در نفریتهای طالقان، مقیاس طبیعی است. به انکلوزیون‌های موجود در بلورها توجه شود.

[Downloaded from ijcm.ir on 2024-03-28]

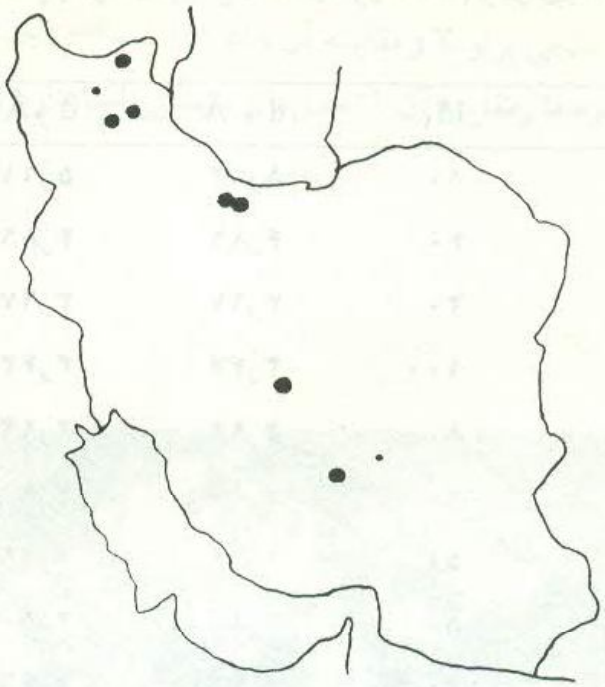
جدول ۱ مقایسه پارامتر a_o و فواصل شبکه‌ای بلور آنالسیم بزگوش با اعداد استاندارد [۴،۳]

(hkl)	I/I_1	d و Å	d و Å *
۲۱۱	۸۰	۵٫۶۲	۵٫۶۱
۲۲۰	۴۰	۴٫۸۶	۴٫۸۶
۳۲۱	۲۰	۳٫۶۷	۳٫۶۷
۴۰۰	۱۰۰	۳٫۴۴	۳٫۴۳
۳۳۲	۸۰	۲٫۹۲	۲٫۹۲۵
۴۲۲	۲۰	۲٫۸۰	۲٫۸۰۱
۴۳۱	۵۰	۲٫۶۹	۲٫۶۹۳
۵۲۱	۵۰	۲٫۵۰	۲٫۵۰۵
۴۴۰	۳۰	۲٫۴۲	۲٫۴۲۶
۶۱۱،۵۳۲	۴۰	۲٫۲۲	۲٫۲۲۶
۶۲۰	۵	۲٫۱۷	۲٫۱۶۸
۶۴۰	۵۰	۱٫۹۰	۱٫۹۰۳
۶۳۳	۴۰	۱٫۸۶	۱٫۸۵۷
۷۳۲,۶۵۱	۶۰	۱٫۷۴	۱٫۷۴۳
۸۰۰	۳۰	۱٫۷۱	۱٫۷۱۶
۷۴۱	۴۰	۱٫۶۸	۱٫۶۸۹
۸۳۱	۳۰	۱٫۵۹	۱٫۵۹۶

a_o = ۱۳٫۷۲ Å — a_o = ۱۳٫۷۲ Å

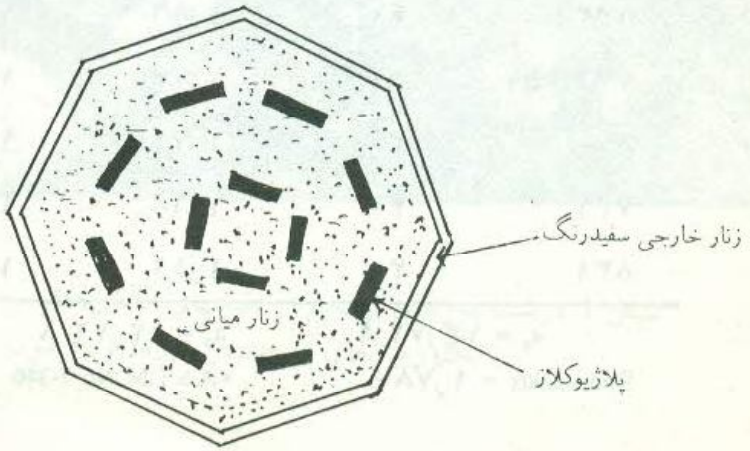
Rad. Cokα = ۱٫۷۸ Å — *A.S.T.M No 7-340

[Downloaded from ijcm.ir on 2024-03-28]



شکل ۲ مناطقی که بلورهای آنالسیم در ایران و در ارتباط با سنگهای آتشفشانی دیده شده‌اند.

● درشت بلورها
• بلورهای میکروسکوپی



شکل ۳ مقطع یک بلور آنالسیم ۵ر۱ سانتیمتری طالقان و وجود انکلوزیون ـ پلاژ ـ یوکلاز ($A_{n}=۴۴$) به صورت هم مرکز در درون آن. شکل از روی مقطع ترسیم شده است.

[Downloaded from ijcm.ir on 2024-03-28]

مناطقی که درشت بلورهای آنالسیم دیده شده‌اند.

مناطقی که در آنها تاکنون درشت بلورهای آنالسیم پیدا شده‌اند عبارتند از:

۱ـ در کوههای طالقان (منطقهٔ جوستان) البرز مرکزی، در درون سنگهایی که استالدر آنها را بازانیت خوانده است و از نظر سنی به ائوسن پایانی تعلق دارند [۵].

۲ـ در شمال آذربایجان خاوری، رشته کوههای صلوات (حوالی دشت مغان)، آنالسیم‌ها در سنگهای بلرموریت (Blairmorite) که نوعی نفریت آنالسیم‌دار است گزارش شده‌اند [٦]. سن این سنگها به کرتاسه فوقانی می‌رسد.

۳ـ در کوههای بزگوش (حوالی سراب آذربایجان)، به سن ائوسن میانی، که آنالسیم‌ها در درون بازانیت، موژآریت فلدسپاتوئیددار، دیده شده‌اند [۴].

۴ـ در باختر میانه، ناحیهٔ عجمی، درشت بلورهای با قطر ۱ تا ۲ سانتیمتر. آنالسیم در سنگهای تراکی آندزیت جاگرفته‌اند ومتعلق به آخرین فورانهای آتشفشانی ائوسن فوقانی هستند [۷].

۵ـ در جنوب عقدا (بین نائین و یزد)، که آنالسیم‌های بلورین با ابعاد ۲ تا ۳ سانتیمتر در درون سری شوشونیتی ائوسن فوقانی دیده شده‌اند [۸].

٦ـ مطالعه تفصیلی همین ناحیه توسط مرگویل و همکاران [۹]، در قلعهٔ خرگوشی و حوالی کاروانسرای قدیمی این ناحیه ۵ روانهٔ بازی با ترکیب آبساروکیت و شوشونیت گزارش کرده‌اند که با لایه‌های سرخ از هم جدا شده‌اند. در اینجا این بلورها در حدود ۲ سانتیمتر (بطور متوسط) قطر دارند.

۷ـ در ناحیهٔ اهر، درشت بلورهای آنالسیم به سن نئوژن (بطور مشکوک) گزارش شده است.

۸ـ در شمال شهر بابک، درشت بلورهای آنالسیم در ابعاد ۱ تا ۵ سانتیمتر به سن ائوسن فوقانی در درون فنولیت و نفریت‌های این منطقه دیده شده‌اند [۱۰].

۹ـ در شمال باختری کرمان (ناحیهٔ قلعهٔ حسن علی) به سن دوران چهارم، نفریت‌هایی به سن چند هزارساله دیده شده [۱۱] که در آنها بلورهای میکروسکوپی گلی رنگ آنالسیم قابل تشخیص‌اند. خاصر نشان کنیم که در کوههای قفقاز کوچک و کوههای آتشفشانی ترکیه، همین نوع بلورها در سنگهایی با ترکیب حد واسط دیده شده‌اند.

[Downloaded from ijcm.ir on 2024-03-28]

با توضیحات بالا، ملاحظه می‌شود که کانی آنالسیم در زنارهای مختلف آتشفشانی ایران، با سن متفاوت و ترکیب سنگ مادر مختلف، دیده می‌شود و چنانچه بعداً اشاره خواهد شد، بلوری شدن این درشت بلورها بیش از سایر عوامل به شرایط محیط بلوری شدن وابسته است.

ویژگیهای میکروسکوپی

در اکثر موارد، به خصوص نمونه‌های آذربایجان، بلورهای آنالسیم با لایهٔ نازک کاملاً سفید رنگی پوشیده می‌شود. رنگ آمیزی نمونه نشانه‌ای از ترکیبات سدیک بدست می‌دهد که ممکن است از نوع آلبیت یا نفلین باشد. ولی درون بلورها منظره‌ای چرکین، غالباً گلی رنگ یا سفید کدر و احتمالاً انباشته از کانی‌های رسی است. هیچگاه بلورهای شفاف آنالسیم پیدا نشده است. در بعضی از مقاطع میکروسکوپی، بلورهای کوچک و گرد آنالسیم به مقدار زیاد و بلورهای پیروکسن از نوع سالیت را فراگرفته‌اند. این مسئله ممکن است مربوط به وزن حجمی کم بلورهای آنالسیم باشد که در حین صعود، بلورهای پیروکسن را به صورت کف فراگرفته باشند.

بلورهای آنالسیم فاقد کلیوار و ماکل مخصوص لوسیت و در نور قطبیده همسانگردند. در درون بلورهای آنالسیم غالباً آنکلوزیون‌هایی از بلورهای پلاژیوکلاز و بیوتیت و گاهی کانیهای کدر و پیروکسن و حتی آپاتیت نیز دیده شده‌اند. در نمونه‌های شمال شهر بابک و بزگوش و طالقان پلاژیوزکلازها ترکیب آندزین داشته و با پلاژیوکلازهای متن سنگ یکی هستند. به علاوه می‌توان بلورهای پلاژیوکلاز را به صورت نوارهای هم مرکز در درون درشت بلورهای آنالسیم ملاحظه کرد (شکل ۳) (مانند نمونه‌های طالقان و شمال شهر بابک). بروس [۱۲]، در ناحیهٔ مون دور فرانسه، وجود آنالسیم را در درون اردانشیت (که نوعی تراکی آندزیت‌ها ثوئین‌دار است) گزارش کرده و بنابر نوشتهٔ او این درشت بلورهای آنالسیم واجد بلورهای پیروکسن به صورت هم مرکزند. توضیح آنکه درشت بلورهای آنالسیم شمال شهر بابک بیوتیت‌های در حال شکل گیری یافت می‌شود.

[Downloaded from ijcm.ir on 2024-03-28]

از بحث بالا به این نتیجه می‌رسیم که انکلوزیون‌های موجود در بلورهای آنالسیم بستگی به ترکیب محیط مذاب دارد که می‌تواند در شرایطی پلاژیوکلاز و در شرایطی پیروکسن و یا بیوتیت باشند. وجود بلورهای هم مرکز می‌تواند نشانه‌ای از هم رشدی این قبیل انکلوزیون‌ها با بلورهای آنالسیم و یا تبلور دیررس درشت بلورهای آنالسیم نسبت به انکلوزیون موجود در درون آن باشد.

ترکیب شیمیایی درشت بلورهای آنالسیم ایران

تجزیهٔ شیمیایی ۷ نمونه از آنالسیم‌های مختلف ایران ویژگیهای زیر را بدست می‌دهند: (جدول شماره ۲).

۱ـ مقایسه ترکیب آنالسیم‌های ایران با انواع استاندارد [۳] نشان می‌دهد که این ترکیبات کم و بیش شبیه هم هستند.

۲ـ آنالسیم‌های ایران آب نسبتاً زیادی در ترکیب خود دارند که این مسئله با توجه به ترکیب شیمیایی استاندارد، امری طبیعی بنظر می‌رسد.

۳ـ مقدار سدیم آنالسیم‌های ایران زیاد و حتی در بعضی موارد بیش از حد استاندارد است (نمونه شماره ۷).

۴ـ در چهار نمونهٔ اول جانشین‌هایی از پتاسیم در درون آنالسیم صورت گرفته است. چنانکه خواهیم دید این مسئله را به گرمای محیط تشکیل و فراوانی یون پتاسیم مربوط می‌دانیم.

۵ـ مقایسه این ترکیبات با ترکیب شیمیایی لوسیت و پسدولوسیت، در مقدار سدیم و آب موجود در نمونه‌های آنالسیم تفاوتهایی را نشان می‌دهد.

۶ـ وجود ترکیبات غیر عادی مانند آهن و منیزیم در ترکیب شیمیایی آنالسیم با انکلوزیون‌هایی که در شکل (۱) دیده‌ایم در ارتباط است که بعضی، از نوع اکسیدهای کدر و بیوتیت و گاهی پیروکسن‌اند. ضمناً وجود مقداری CaO به نسبت غیر عادی و زیادتر از حد استاندارد در نمونه‌های ۱ و ۲ ممکن است به انکلوزیون پلاژیوکلازها در آنالسیم در ارتباط باشد که در مقاطع نازک قابل رویت‌اند (شکل ۳). دیدون و زمن [۶] در آنالسیم‌های منطقه شمال آذربایجان خاوری، حالات ناپایداری لابرادور، و تبدیل آن به آنالسیم را

[Downloaded from ijcm.ir on 2024-03-28]

خاطر نشان کرده‌اند.

۷ـ در نمودار گوپتاویاگی [۲] تمام نمونه‌ها در زیر خط اشباع Ab-Or قرار می‌گیرند و به ترکیبات شیمیایی آنالسیم مورد آزمایش این پژوهشگران که در شرایط آزمایشگاه بوجود آمده نزدیک‌اند.

جدول شمارهٔ ۲ تجزیهٔ شیمیایی بعضی از درشت بلورهای آنالسیم ایران

اکسیدها	۱	۲	۳	٤	٥	٦	۷
SiO_2	۵۳٫۱۸	۵۲٫۷۳	۵۵٫۷۶	۵۷٫۲۱	۵۵٫۶۳	۵۷٫۱۸	۵۴٫۷۴
Al_2O_3	۲۱٫۹۵	۲۲٫۰۶	۲۰٫۹۰	۲۱٫۹۵	۲۲٫۷۴	۲۰٫۵۵	۲۲٫۶۳
Fe_2O_3	۱٫۲۹	۱٫۵۸	۱٫۲۲	۰٫۰۷	۰٫۹۲	۱٫۱۸	۰٫۳۲
FeO	۰٫۹۳	۰٫۱۴	۰٫۱۷	۰٫۲۶	—	—	۰٫۵۷
MgO	۰٫۳۳	۰٫۰۸	۰٫۳۲	۰٫۲۵	۰٫۰۸	۰٫۰۹	۰٫۲۲
CaO	۴٫۴۱	۳٫۷۵	۰٫۰۲	۰٫۰۲	۰٫۰۳	۰٫۳	۰٫۸
Na_2O	۷٫۷۳	۹٫۹۵	۱۰٫۵۳	۱۰٫۵۳	۱۲٫۵۵	۱۱٫۴۶	۱۳٫۲۰
K_2O	۳٫۴۲	۱٫۷۷	۲٫۱۰	۲٫۴۰	۰٫۲۶	۰٫۲۳	۰٫۲۰
TiO_2	۰٫۲۸	۰٫۲۱	—	—	—	—	—
MnO	۰٫۰۶	۱٫۰۴	۰٫۰۸	۰٫۰۷	—	—	۰٫۰۴
H_2O	۵٫۳۸	۷٫۵۸	۷٫۳	۷٫۸۳	۸٫۵۰	۸٫۵۰	۸٫۰۴
جمع	۹۹٫۵۸	۹۹٫۸۹	۹۸٫۴۵	۱۰۰٫۶۳	۹۹٫۷۶	۹۹٫۴۹	۱۰۰٫۷۶

۱ و۲ـ آنالسیم‌های درشت بلور، جمع آوری شده از گدازه‌های نفریتی شمال شهر بابک [۱۰].
۳ و۴ـ آنالسیم‌های درشت بلور، جمع آوری شده از گدازه‌های موزه‌آریت و بازانیت کوه بزگوش [۴].
۵ و٦ـ آنالسیم‌های درشت بلور، جدا شده از گدازه‌های بلرموریت کوههای صلوات ـ شمال آذربایجان خاوری [٦].
۷ـ آنالسیم‌های ناحیهٔ عقدا ـ قلعهٔ خرگوشی [۸].

[Downloaded from ijcm.ir on 2024-03-28]

ویژگیهای شیمیایی سنگهای آنالسیم‌دار ایران

از نظر ژئو شیمیایی، سنگهای آنالسیم‌دار ایران دارای ویژگیهای زیر هستند:

۱ـ تمام سنگهای آنالسیم‌دار به استثنای یک نمونه (متعلق به حوالی کوه عجمی ـ باختر میانه که ۸ر۰ درصد کوارتز در نمونه دارد) از نوع غیر اشباع از سلیس‌اند و در نورم نفلین ظاهر می‌سازند.

۲ـ آب نسبتاً زیادی در ترکیب دارند که این ازدیاد را به وفور آنالسیم‌های موجود در آن ارتباط داده‌ایم.

۳ـ تمام سنگهای آنالسیم‌دار، در قلمرو قلیایی قرار می‌گیرند (شکل ۴). به علاوه تمام آنها به جز یک نمونه مشکوک (شماره ۳) جزء سنگهای هیپرالومین محسوب می‌شوند.

۴ـ کلیه نمونه‌ها در نمودار پتاسیم بر حسب سیلیس، سرشار از پتاسیم هستند و تماماً به سری شوشونیت، آبساروکیت و یا بازالت پتاسیک تعلق دارند (شکل ۵).

۵ـ محاسبهٔ ضرایب انجماد (S.I) نمونه‌ها براساس فرمول کونو [۱۳] نشان داده است که کلیهٔ سنگهای آنالسیم‌دار ایران مرحلهٔ انجماد را پشت سر گذاشته‌اند و از نظر انجماد جزء انواع میانی‌اند (جدول شمارهٔ ۳). بنابه پیشنهاد کونو، هرگاه عدد مزبور کمتر از ۳۵ باشد نمونه‌ها انجماد یافته هستند. در کلیه موارد، سنگهای آنالسیم‌دار، اعداد کمتر از ۳۵ را نشان می‌دهند و گاهی انجماد مرحلهٔ بسیار پیشرفته‌ای دارد (نمونهٔ ۱)، بعضی فقط اندکی انجماد یافته‌اند (نمونه‌های ۳ و ۴)، ولی اکثراً انجماد متوسطی را پشت سرگذاشته‌اند و به همین دلیل ما آنها را از سنگهای میانی می‌دانیم.

[Downloaded from ijcm.ir on 2024-03-28]

[Downloaded from ijcm.ir on 2024-03-28]

جدول شمارهٔ ۳ تجزیهٔ شیمیایی نمونه‌هایی از سنگهای آنالیسم‌دار ایران

اکسیدها	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲	۱۳	۱۴	۱۵
SiO^{2}	۵۵٫۹۰	۵۳٫۳۰	۴۶٫۷۰	۴۶٫۳۱	۵۳٫۱۵	۵۰٫۵	۴۶٫۰۰	۴۶٫۵	۴۵٫۷	۴۹٫۵	۴۶٫۵۴	۴۸٫۸۳	۴۹٫۳۰	۴۹٫۴۷	۴۹
Al_2O_3	۱۸٫۶۰	۱۸٫۰۰	۱۰٫۵۵	۱۵٫۸۰	۲۰٫۵۰	۱۸٫۶	۱۶٫۹	۱۶٫۸	۱۸٫۶	۱۸٫۴	۱۷٫۴۵	۲۰٫۷۲	۲۰٫۰۸	۲۰٫۱۱	۲۰٫۱۰
Fe_2O_3	۵٫۷۵	۴٫۹۵	۹٫۰۰	۴٫۳۳	۴٫۸۸	۶٫۸	۵٫۳	۵٫۹	۵٫۷	۶٫۹	۵٫۶	۵٫۰۹	۴٫۵۸	۴٫۶۰	۵٫۲۵
FeO	۰٫۱۰	۰٫۶۵	۲٫۱۵	۲٫۰۰	۰٫۷۶	۱٫۴	۵٫۲	۳٫۸	۳٫۳	۱٫۵	۴٫۰۳	۲٫۴۹	۲٫۶۶	۲٫۷۸	۲٫۰۱
MgO	۰٫۶۰	۲٫۰۰	۹٫۲۵	۹٫۲۵	۱٫۹۶	۳٫۳	۶٫۲	۱٫۴	۴٫۰۰	۶٫۰۰	۶٫۶۶	۳٫۸۵	۳٫۱۳	۳٫۷۰	۴٫۰۶
CaO	۳٫۷۰	۴٫۶۰	۱۴٫۰۵	۵٫۶۸	۳٫۹۳	۸٫۳	۱۰٫۷	۹٫۵۰	۸٫۸۰	۴٫۴۰	۹٫۳۵	۸٫۹۳	۷٫۵۰	۷٫۷۰	۷٫۷۰
Na_2O	۴٫۰۰	۴٫۷۰	۰٫۶۵	۵٫۲۵	۵٫۳۰	۳٫۸۰	۳٫۸۰	۵٫۵۰	۳٫۵۰	۳٫۲۶	۴٫۱۷	۴٫۲۶	۲٫۳۹	۴٫۰۰	
K_2O	۶٫۵۰	۵٫۴۵	۴٫۶۰	۵٫۳۵	۵٫۸۰	۲٫۴۰	۱٫۴۰	۱٫۹۰	۱٫۷۰	۳٫۱۰	۲٫۱۹	۱٫۶۶	۳٫۰۸	۴٫۱۷	۳٫۴۰
TiO_2	۰٫۸۰	۱٫۰۰	۰٫۸۵	۰٫۸۷	۰٫۵۸	۱٫۰۰	۱٫۳۰	۱٫۲۰	۰٫۹۰	۰٫۸۰	۰٫۸۹	۰٫۷۲	۰٫۷۱	۰٫۷۹	۰٫۸
MnO	۰٫۱۵	۰٫۱۵	۰٫۲۵	۰٫۲۵	۰٫۱۰	۰٫۱۷	۰٫۲۵	۰٫۲۵	۰٫۱۹	۰٫۱۵	۰٫۲۱	۰٫۱۹	۰٫۱۵	۰٫۱۶	۰٫۱۵
P_2O_5	۰٫۶۰	۰٫۸۵	۰٫۲۰	۰٫۱۰	۰٫۷۱	۰٫۶۰	۰٫۵۵	۰٫۶۰	۰٫۷۰	۰٫۷۰	۰٫۳۷	۰٫۴	۰٫۳۶	۰٫۱۲	۰٫۳۱
H_2O^{+}	۲٫۹۵	۳٫۶۰	۰٫۱۵	۳٫۰۰							۰٫۴۴	۰٫۵۸		۱٫۸۷	۰٫۲۴
					۱٫۹۰	۳٫۰۰	۲٫۸۰	۳٫۵۰	۴٫۳۰	۴٫۷۰			۲٫۹		
H_2O^{-}	۱۰٫۵۰	۰٫۲۰	۰٫۰۵	۱٫۶۵							۳٫۳۵	۲٫۲۵		۰٫۴۴	۲٫۴۰
جمع	۱۰۰٫۱۵	۹۹٫۴۵	۹۹٫۳۵	۹۹٫۸۰	۹۹٫۱۲	۹۹٫۹۰	۱۰۰٫۴۰	۱۰۰٫۲۰	۹۹٫۴۰	۹۹٫۷۰	۹۹٫۹۷	۱۰۰٫۳۲	۹۹٫۱۸	۱۰۰٫۰۸	۱۰۰٫۲۶
ضریب انجماد S.I	۳٫۶۰	۱۱٫۲	۳۴٫۷	۳۴٫۶	۱۲٫۴	۱۸٫۶	۲۸٫۳	۲۹٫۴	۱۹٫۸	۲۸٫۵	۲۹٫۰۳	۲۲٫۳۰	۱۷٫۶	۲۰٫۹	۲۲٫۷

شرح نمونه‌ها

۱ـ تراکم آندزیت آنالسیم‌دار منطقهٔ عجمی ـ باختر میانه [۷].

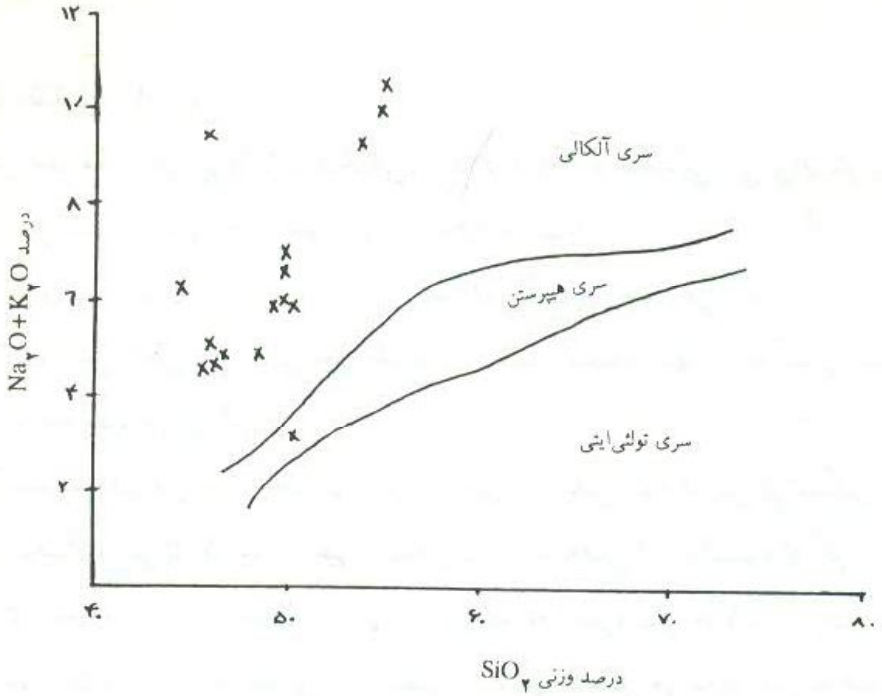
۲ـ فونولیت نفریتی آنالسیم دار منطقه عجمی ـ باختر میانه [۷].

۳ و ۴ـ بلرموریت آنالسیم‌دار ـ سری سه جعفرلو، کوه صلوات ـ حوالی دشت مغان [۶].

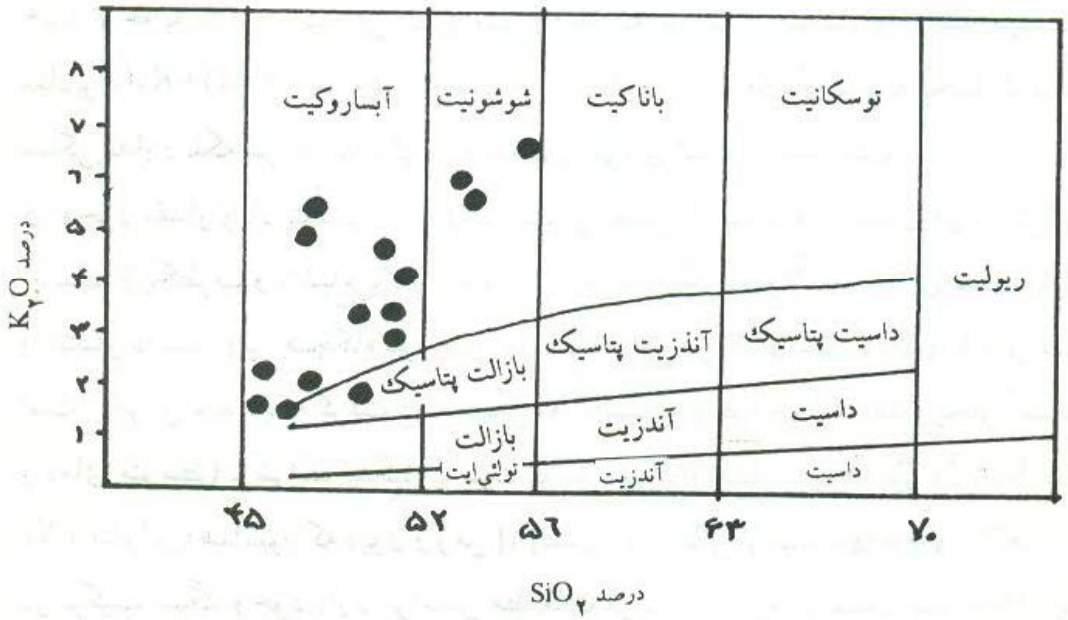
۵ـ موزه‌آرایت آنالسیم دار کوه بزگوش [۴].

۶، ۷، ۸، ۹ و ۱۰ـ بازانیت‌های آنالسیم‌دار طالقان ـ جوستان [۵].

۱۱، ۱۲، ۱۳، ۱۴ و ۱۵ـ آبساروکیت و شوشونیت‌های جنوب عقدا ـ قلعه خرگوشی [۸].



شکل ۴ پراکندگی سنگهای آنالسیم دار در نمودار آلکالن برحسب سیلیس.



شکل ۵ کلیهٔ سنگها در نمودار پکسریلو و تایلور [۱۴] که اساساً در قلمرو آبساروکیت، شوشونیت و باناکیت قرار می‌گیرند.

[Downloaded from ijcm.ir on 2024-03-28]

شرایط تشکیل آنالسیم

براساس مطالعهٔ صحرایی، آزمایشگاهی، و داده‌های ژئوشیمیایی می‌توان شرایط تشکیل درشت بلورهای آنالسیم را به صورت زیر خلاصه نمود:

۱ـ آنالسیم کانی آبداری است لذا در شرایط فشار آب به وجود می‌آید.

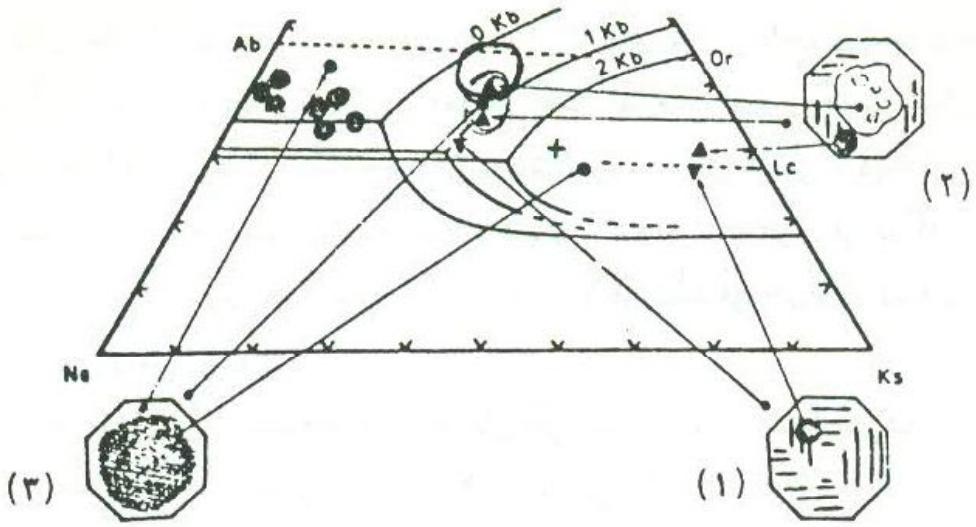
۲ـ آنالسیم طبق شکل (٦) کانی غیر اشباع از سیلیس است و تنها در ماگمای غیر اشباع از سیلیس و قلیا بلورین می‌شود.

۳ـ آنالسیم تنها در شرایط آتشفشانی به وجود می‌آید. یعنی بلورها پس از تشکیل باید سریعاً محیط انجماد را ترک کنند، در غیر اینصورت مانند بعضی از آنالسیم‌های کوه بزگوش، یا کوههای صلوات (آذربایجان خاوری) به مجموعه اسفرولیتی مرکب از پلاژیوکلازهای اسید، سریست، بیوتیت و بعضی از کانیهای آرژیلی تبدیل می‌شود. این موضوع ممکن است به دو طریق صورت گیرد، یا از فورانهای آتشفشانی یا از کفی از گدازهٔ محتوی آنالسیم که به بخش‌های فوقانی ماگما صعود کرده باشد.

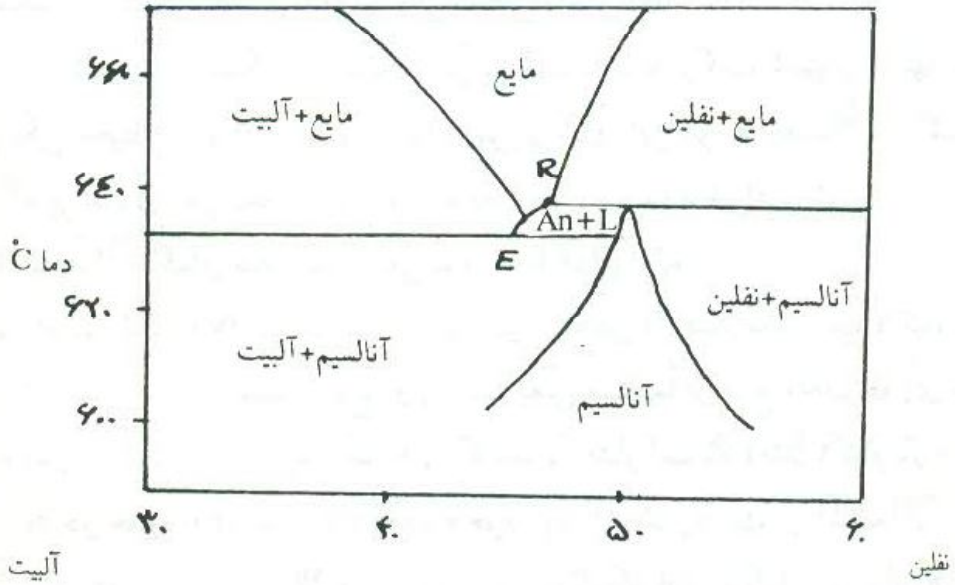
۴ـ با توجه به ترکیب شیمیایی بسیار متنوع (مقایسه ضریبهای انجماد و درصد سیلیس و مقادیر Na_2O+K_2O) نمونه‌ها، ملاحظه می‌کنیم که بلوری شدن آنالسیم به محیط شیمیایی بستگی ندارد بلکه شرایط فیزیکی از ویژگیهای بلوری شدن آنالسیم است.

۵ـ وجود مقدار زیاد پتاسیم در ترکیب شیمیایی بعضی از سنگ‌ها و فقدان آن در ترکیب آنالسیم از یکطرف و نااشباع بودن از سیلیس از طرف دیگر، اصولاً باید بلوری شدن لوسیت را انتظار داشت. ولی هیچگاه بلورهای لوسیت (به جز در شمال شهر بابک) تشکیل نشده است. بنابراین باید نتیجه گرفت در محیطی که آنالسیم به وجود می‌آید (فشار بخار آب بالا و دمای متوسط) با شرایط تشکیل لوسیت تطبیق نمی‌کند (فشار بسیار ناچیز ولی دما بسیار بالا). بنابراین، همانطور که دیون و ژمن [٦] نشان دادند کانی لوسیت تنها به صورت مجازی در ترکیب سنگ وجود دارد. براساس مطالعات مرادیان [۱۰]، در شمال شهر بابک، پنج فوران مختلف آتشفشانی در طی ائوسن وجود داشته است که در اثر فورانهالوسیت و در بعضی آنالسیم بلوری شده‌اند، و این دو هیچگاه با هم در یک گدازه دیده نمی‌شوند.

[Downloaded from ijcm.ir on 2024-03-28]



شکل ٦ بخش غیر اشباع سیستم سیلیس ـ نفلین ـ کالیو فیلیت و محل نمونه‌های آنالسیم ایران در آن با دایره‌های سیاه توپر نشان داده شده است (نمودار گوپتاویاگی [۲] نقل از درویش زاده [۱۵]).



شکل ۷ بخشی از سیستم دوتایی آلبیت ـ نفلین که فازهای مختلف را در ٦ کیلوبار فشار بخار آب نشان می‌دهد. آنالسیم فقط در محدوده کوچک An+L مستقیماً از مایع مذاب سرشار از سدیم بلورین می‌شود [۱٦].

[Downloaded from ijcm.ir on 2024-03-28]

۶ـ در شرایطی که آنالسیم به صورت درشت بلور بلورین می‌شود این کانی از تخریب یا دگرسازی سایر کانیها حاصل نشده است، بلکه از کانیهای بلورین تاخیری است و بلوری شدن آن با بیوتیت و فلدسپات قلیایی همزمان است. مطالعات میکروسکوپی نشـان داده است که هر گاه آنالسیم در سنگ وجود داشته باشد هورنبلندهای بازالتی یا دیده نمی‌شوند یا به شدت تحلیل رفته‌اند و تنها شبحی از آن‌ها باقی مانده است. به طور کلی در گدازه‌های غیر اشباع از سیلیس و در فشار بخار آب و دماهای بالا هورنبلند قهوه‌ای و در دماهای پایین آنالسیم بلوری می‌شود [۱۶].

۷ـ استالدر [۵] برای آنالسیم‌های منطقه طالقان دگر ریختی زیر را پیشنهاد می‌کند:

اولیوین + آلبیت ⇌ پیروکسن + آنالسیم

ولی این مسئله نمی‌تواند در مورد تمام آنالسیم‌های ایران صادق باشد، زیرا اولاً در بعضی از سنگهای آنالسیم‌دار مقدار MgO بسیار ناجیز است. بنابراین اولاً شرایط بلوری شدن کانی اولیوین و یا پیروکسن فراهم نیست، ثانیاً مقدار آنالسیم در سنگ آنچنان زیـاد است کـه پاسخگوی تشکیل آنالسیم به طریق دگر ریختی را نمی‌دهد.

۸ـ قبلاً گفته‌ایم در تشکیل آنالسیم نه سن دخالت دارد نه ترکیب شیمیایی، تنها شـرایـط فیزیکی محیط است که آنالسیم می‌تواند بلوری شود. این شرایط احتمالاً در آشیـانه‌های ماگمایی ثانوی (در نیمه راه پوسته به سطح زمین) می‌تواند فـراهـم شـود. در اینحـالت آنالسیم‌ها از ماگمای میانی بلوری می‌شوند نه ماگمای اولیه.

۹ـ براساس شکل (۷)، در سیستم دوتایی آلبیت، نفلین در فشار بخار آب ۶ کیلوبار، تنها در شرایط R تا E آنالسیم از نوع اولیه است یعنی مستقیماً از مایع مذاب بلوری می‌شود. براساس این شکل، باید درشت بلورهای آنالسیم در فشار آب بالا (مثلاً ۶ کیلو بار در شکل) و دمای در حدود ۶۳۰ تا ۶۴۰ درجه به وجود آیند. این شرایط تنها در آشیانه‌های ماگمایی ثانوی فراهم است که در بالا به آن اشاره شد. به کمک ایـن شکـل مـی‌توان هـمزیستی آنالسیم + آلبیت یا آنالسیم +نفلین را بخوبی توضیح داد.

۱۰ـ تایلور و مک‌کنزی [۱۷] مخلوطی از سه ترکیب نفلین، کالیوفیلیت و کوارتز را (بـا نسبت تقریبی به ترتیب ۲۵، ۴۵ و ۳۰ درصد که محل نمایش آن در نمودار سیلیس نفلین ـ

[Downloaded from ijcm.ir on 2024-03-28]

کالیوفیلیت در شکل ٦ با علامت دایره توخالی مشخص است) تا ۸۴۰ درجه سانتیگراد و ۲ کیلوبار فشار آب گرم کردند و سپس آن را در شرایط متفاوت زیر منجمد کردند:

الف ـ وقتی ظرف محتوی نمونه با هوای فشرده سرد شود بلورهای لوسیت همراه با شیشه و بخار در ظرف بر جا ماند. بلورهای لوسیت دارای تیغه‌های اکسولسیون با ترکیب احتمالی آنالسیم بوده است(حالت ۱، شکل ٦).

ب ـ اگر فشار و دمای ظرف محتوی نمونه به آرامی پایین آورده شود پس از باز کردن ظرف لوسیتهای زنار همراه با شیشه و بخار بدست می‌آید و ترکیب زنار خارجی پسدولوسیت بوده است (شمارهٔ ۲ در شکل ٦).

ج ـ اگر دمای ظرف محتوی نمونه از ۸۴۰ به ٦۳۰ درجه رسانده شود و سپس آن را به مدت ۲ تا ۴ ساعت در شرایط ٦۳۰ درجه سانتیگراد و در ۲ کیلوبار فشار بخار آب قرار دهند، پس از باز کردن ظرف، حاشیهٔ ترکیب آنالسیم داشته (مشابه نمونه‌های مورد مطالعه که با دایره‌های کوچک توپر مشخص شده‌اند) و هسته مخلوطی از لوسیت و آنالسیم بوده است. به این نکته باید توجه داشت که بلوری شدن هسته سرشار از لوسیت، مایع باقیمانده را از آب و سدیم اشباع می‌کند و محیط را برای بلوری شدن آنالسیم فراهم می‌آورد.

با توضیحات بالا و با مقایسه تجزیهٔ شیمیایی نمونه ها با کارهای آزمایشگاهی، می‌توان چنین نتیجه گرفت که آنالسیم از ماگمای قلیایی، آبدار غیر اشباع از سیلیس و در دماهای متوسط ٦۲۰ـ ٦۴۰ درجه و فشار بخار آب ۵ کیلوبار به بالا بلوری می‌شود. امروزه با توجه به کارهای آزمایشگاهی به این نتیجه رسیدند که آنالسیم در فشار فاز آبدار ۵ تا ۱۳ کیلوبار و در دمای ٦۰۰ تا ٦۴۰ درجه سانتیگراد به وجود می‌آید. این شرایط در اعماق ۱۵ تا ۲۰ کیلومتری پوسته فراهم است یعنی محلی که ماگمای شوشونیتی در آن هیچگاه نمی‌تواند به وجود آید. حال اگر نمونه‌های پسدولوسیت نفلین‌دار نواحی کلیبر اهر راکه در سنگهای آذرین درونی از نوع سینیت در سنگهای این مناطق به وجود آمده، و عدم حضور آنالسیم درشت بلور در سنگهای سینیتی مزبور که از نظر ترکیب شیمیایی و سن نیز با انواع بزگوش و کوه عجمی باختر میانه تقریباً مشابه‌اند بررسی کنیم به این نتیجه می‌رسیم که اگر سنگهای آنالسیم دار مورد بحث، در شرایط درونی بلوری می‌شدند هیچگاه آنالسیم

[Downloaded from ijcm.ir on 2024-03-28]

نمی‌شدند.

حضور بخار آب و حالت انفجاری شدید و هیپرآلومین و مقدار تیتان کم در نمونه‌های مورد مطالعه و با توجه به سن و موقعیت زمین‌شناسی محل، این فکر را تقویت می‌کند که باید نمونه‌های آنالسیم‌دار ایران در مناطق در حال فرو رانش به وجود آمده باشد که آتشفشانی از نوع شوشونیتی از ویژگیهای این قبیل مناطق است. فاز کوهزایی در مرز ائوسن ـ اولیگوسن ایران، خود ممکن است حاکی از یک فرو راندگی برای پاسخ دقیق به داده‌های ژئو شیمیایی و ایزوتوپی زیادی نیازمندیم.

مراجع

1- Roux J,Hamilton D L, 1976, Primary igneous analcite, an experimental Study, *J Petro,* **17**, 2

2- Gupta A K, Yagi K, 1980, petrology and genesis of leucite-bearing rocks, springer verlag 254 pp

3- Deer W A, Howie R A, Zussman J, 1963, **Rock forming minerals,** 5vol, John Wiley and sons. Inc.

۴ـ لطفی، م، ۱۳۴۵، «بررسی‌های زمین شناسی و پترولوژی منطقهٔ شمال‌ـ شمال شرق میانه آذربایجان خاوری» رساله فوق لیسانس دانشکدهٔ علوم دانشگاه تهران، ۱۲۷ صفحهٔ .

5- Stalder P, 1971, "Magnatismes tertiane et Subsecent enter Taleghan et Alamout Elbourz Centeral (Iran), *Suisse de Min, et Petr,* Vol **51**,1,151P.

6- Didon J, et Gemain Y A, 1976, Le Sabalan, Volcan Plio - quaternarie de l´ Azerbaijan Driental (Iran), étude geologiqve et Petrographique du l´ edifice et Son son environement régional. **these zeme cycle,** Univ. Sci. et medical de Grenoble, France, 304P

7- Lescuyer J L, et Riou R, 1976, Geologie de la region de Mianeh (Azerbaijan). Contribution á l' étude du Volcanisme tertiaire de l' Iran. **These zeme cycle,** uni. de sci. et Medicale de Grenoble, France, 233P.

8- Amidi S M, 1975, "Contribution á l' étude Strgraphique Petrologique et Petrochimique des rockes Magnaetique de la region Natanz-Nain-Surk". (Iran Center) These uni. sci, et Medical de Grenoble, France, 316P.

9- Mergoil J, Cantagrel J M, Bina M, Darvichzadeh A, et Motamed A, 1978, Repport

[Downloaded from ijcm.ir on 2024-03-28]

de mission en Iran. Etude et lever géologique de formations volcanique aé la bordure nord-est du Zagras dans le Secteur, Nain, Esfahan, Ardestan, Kashan, **Trauaux du Dept. de G'eol et Mineral Clermont Fd.** France, 15P.

۱۰ - مرادیان شهر بابکی، ع، ۱۳۶۹، «بررسی پترولوژی سنگهای آتشفشانی شمال شهر بابک». رساله فوق لیسانس دانشکدهٔ تهران، ۱۶۹ صفحهٔ.

11- Multon D J, 1977 Gale'h Hassan Ali Maars, Central Iran. *Bull, Volcanol.* **Vol40,** No.3

12- Brousse R, 1960, Minéralogie et Pétrographie des rocks volcaniques du Massif du Mont-Dore (Auvergne), **These Dr. état université de Paris,** France.

13- Kuno H, 1959, "Origin of Cenozoic Petrographic Provincey of Japan and Surronding areas. *Bull. Volcanol,* **20,** p.37-76

14- Peccerulo A, Taylor S R, 1976, "Geochemistry of Eocene calcalkalin volcanic rocks, Contr. *Mineral Petral,* 68.

۱۵ - درویش زاده، ع، ۱۳۶۷، «پترولوژی تجزیه و کاربردهای آن». انتشارات دانشگاه تهران - شماره ۱۹۵۶، ۵۲۱ صفحهٔ.

16- Darvichzade A, 1971, "Les Amphiboles et les minéraux associes' dans les leves basaltiques du Massif Centeral Francais. **These. Dr.Spécialité. Clermont,** Ed France, 169P.

17- Taylor S R, Mekeniie S D, 1975, "The Application of trace Element Data to Problems in Petrology. Phys. Chem. *Earth* **6,** 133-213.

[Downloaded from ijcm.ir on 2024-03-28]