

## ویرگیهای آنالسیم و شرایط تشکیل آن در سنگهای آتشفشانی ایران

علی درویش زاده

دانشکده علوم دانشگاه تهران

چکیده: در بعضی از سنگهای آتشفشانی کرتاسه واقعیت ایران مانند اطراف سبلان، باختر میانه، کوههای بزرگ‌گوش سراب، طالقان، عقدا، و شمال شهر بابک، درشت بلورهای از آنالسیم سدیک دیده می‌شوند که از نظر اندازه (بطور متوسط ۵۰ سانتیمتر) و فراوانی (۲۰ تا ۳۰ درصد حجم سنگ) جنبه 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 و به صورت قطعه یکپارچه‌ای در می‌آیند. در مقاطع میکروسکوپی، تمام درشت بلورها دارای حاشیه نازک به رنگ سفیدند که با توجه به رنگ آمیزی مقاطع، از نوع سدیک (آلیت 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 پرتو X و تجزیه 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 اندازه بلورها، آنها را اولیه دانسته و بر اساس فراوانی آنها، باید پذیرفت که شرایط بلوری شدن آنها تا مدت‌ها ادامه داشته است.

از آنجاکه آنالسیم کانی آبداری است، لذا تنها در شرایط فشار بخار آب نسبتاً بالا بوجود می‌آید. بر اساس کارهای آزمایشگاهی هامیلتون و رو [۱] و گوپتاویاگی [۲] می‌توان شرایط تشکیل درشت بلورهای آنالسیم در سنگهای آتشفشانی ایران را چنین خلاصه کرد. در ماده مذاب غیر اشباع از سیلیس، در فشار آب نسبتاً بالا - ۵۰ کیلوبار - و دمای در حدود ۶۴۰ تا ۶۶۰ درجه 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.

### آنالسیم چیست؟

آنالسیم یا آنالسیت، سیلیکات آبدار سدیم دار به فرمول  $\text{NaAlSi}_7\text{O}_6 \cdot n\text{H}_2\text{O}$  است، و اصولاً در صورتی که اولیه باشد آن را یک فلدسپاتوئید به حساب می‌آورند، زیرا در سنگها نقش فلدسپاتوئید مانند نفلین یا لوسيت را بازی می‌کند. آنالسیم ممکن است اولیه و یا ثانویه باشد.

آنالسیم‌هایی را اولیه می‌گویند که مستقیماً از ماغما به وجود آمده باشد. این قبیل آنالسیم‌ها در ژیزمانی‌هایی که در ایران دیده ایم خود برونوی است:

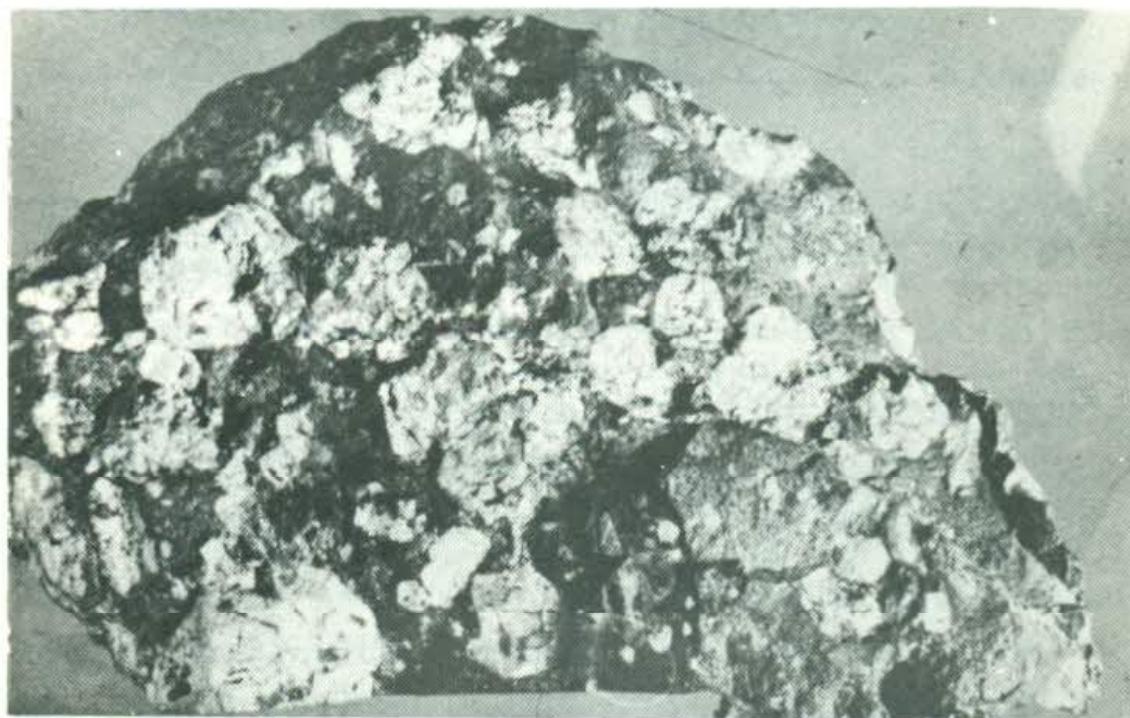
الف - بلورهای شکل دار ذوزنقه‌ای به قطر ۵ تا ۵ سانتیمتر، بیشتر در حدود ۲ تا ۵ سانتیمتر، به رنگ سفید، خاکستری، نخودی یا گلی است، و شباht زیادی به لوسيت دارد، به طوری که قبلاً به آنها لوسيت گفته می‌شد. این همان نمونه‌هایی است که بحث این مقاله را تشکیل می‌دهد (شکل ۱).

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

آنالسیم‌های ثانویه، همان انواعی هستند که در درز و شکاف بسیاری از سنگها آتشفشاری به صورت انبوهای اسپرولیتی وجود دارند. در اینحالت جزء گروه زئولیت‌ها محسوب می‌شوند و مورد بحث این مقاله نیست.

آنالسیم‌های مورد مطالعه از نظر ظاهری به شکل ذوزنقه 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 ظاهرآً انبوهای 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 سه آنها یاری گرفته‌ایم.

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



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

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

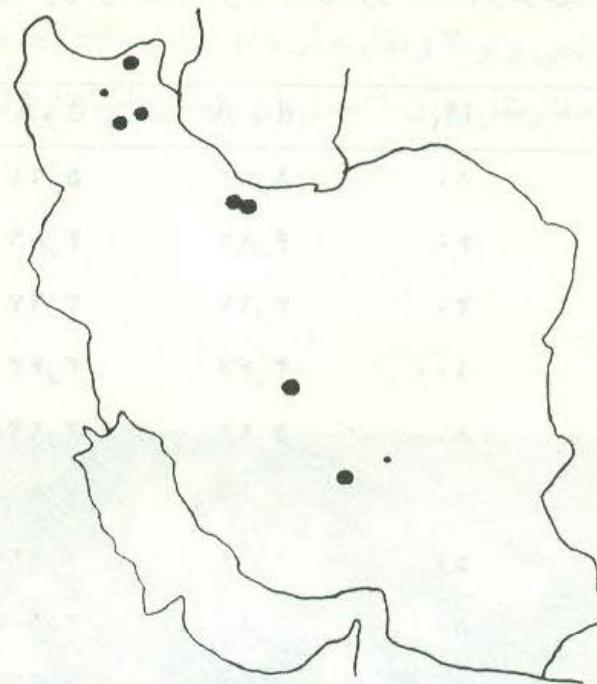
(hkl)	I/I <sub>1</sub>	d و Å	d و Å*
۲۱۱	۸۰	۵۶۲	۵۶۱
۲۲۰	۴۰	۴۸۶	۴۸۶
۳۲۱	۲۰	۳۶۷	۳۶۷
۴۰۰	۱۰۰	۳۴۴	۳۴۳
۳۳۲	۸۰	۲۹۲	۲۹۲۵
۴۲۲	۲۰	۲۸۰	۲۸۰۱
۴۳۱	۵۰	۲۶۹	۲۶۹۳
۵۲۱	۵۰	۲۵۰	۲۵۰۵
۴۴۰	۳۰	۲۴۲	۲۴۲۶
۶۱۱، ۵۳۲	۴۰	۲۲۲	۲۲۲۶
۶۲۰	۵	۲۱۷	۲۱۶۸
۶۴۰	۵۰	۱۹۰	۱۹۰۳
۶۳۳	۴۰	۱۸۶	۱۸۵۷
۷۳۲، ۶۵۱	۶۰	۱۷۴	۱۷۴۳
۸۰۰	۳۰	۱۷۱	۱۷۱۶
۷۴۱	۴۰	۱۶۸	۱۶۸۹
۸۳۱	۳۰	۱۵۹	۱۵۹۶

$$a_0 = ۱۳۷۷۲ \text{ Å}$$

$$a_0 = ۱۳۷۷۲ \text{ Å}$$

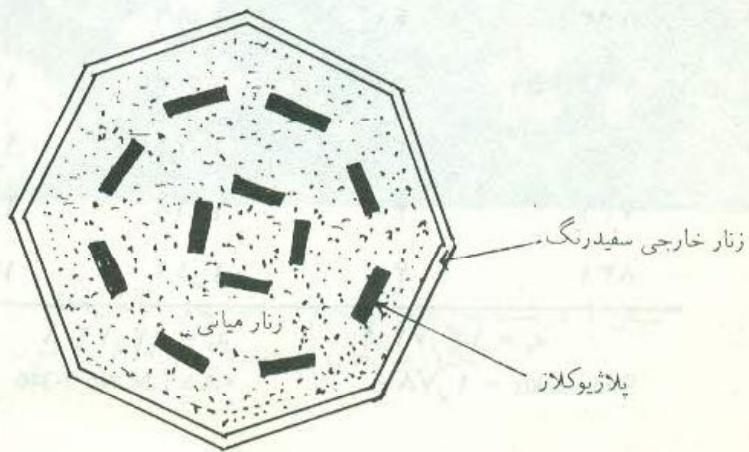
$$\text{Rad. Cok}\alpha = ۱۷۸ \text{ Å}$$

\*A.S.T.M No 7-340



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

- درشت بلورها
- بلورهای میکروسکوپی



شکل ۳ مقطع یک بلور آنالسیم ۵ را ۱ سانتیمتری طالقان و وجود انکلوزیون - پلاز - یوکلاز ( $A_n = ۴۴$ ) به صورت هم مرکز در درون آن. شکل از روی مقطع ترسیم شده است.

مناطقی که درشت بلورهای آنالسیم دیده شده‌اند.

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

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

۲- در شمال آذربایجان خاوری، رشته کوههای صلوات (حوالی دشت معان)، آنالسیم‌ها در سنگهای بلرموریت (Blairmorite) که نوعی نفریت آنالسیم‌دار است گزارش شده‌اند [۶].  
سن این سنگها به کرتاسه فوقانی می‌رسد.

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

۴- در باختر میانه، ناحیه عجمی، درشت بلورهای با قطر ۱ تا ۲ سانتیمتر. آنالسیم در سنگهای تراکی آندزیت جاگرفته‌اند و متعلق به آخرین فورانهای آتشفسانی ائوسن فوقانی هستند [۷].

۵- 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].

۶- مطالعه تفصیلی همین ناحیه توسط مرگویل و همکاران [۹]، در قلعه خرگوشی و حوالی کاروانسرای قدیمی این ناحیه ۵ روانه 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.

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

۸- 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].

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

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

### ویرگیهای میکروسکوپی

در اکثر موارد، به خصوص نمونه های آذربایجان، بلورهای آنالسیم بالای نازک کاملاً سفید رنگی پوشیده می شود. رنگ آمیزی نمونه نشانه ای از ترکیبات سدیک بدست می دهد که ممکن است از نوع آلبیت یا نفلین باشد. ولی درون بلورها منظره ای چرکین، غالباً گلی رنگ یا سفید کدر و احتمالاً اباشه از کانی های 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 فراگرفته اند. 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 لوسيت و در نور قطبیده همسانگر دند. در درون بلورهای آنالسیم غالباً آنکلوزيون هایی از بلورهای پلازیوکلاز و بیوتیت و گاهی کانیهای کدر و پیروکسن و حتی آپاتیت نیز دیده شده اند. در نمونه های شمال شهر بابک و بزگوش و طالقان پلازیوکلازها ترکیب آندزین داشته و با پلازیوکلازهای متن سنگ یکی هستند. به علاوه می توان بلورهای پلازیوکلاز را به صورت نوارهای هم مرکز در درون درشت بلورهای آنالسیم ملاحظه کرد (شکل ۳) (مانند نمونه های طالقان و شمال شهر بابک). بروس [۱۲]، در ناحیه مون دور فرانسه، وجود آنالسیم را در درون اردانشیت (که نوعی تراکی آندزیت ها نوئین دار است) گزارش کرده و بنابر نوشتۀ او این درشت بلورهای آنالسیم واجد بلورهای پیروکسن به صورت هم مرکزند. توضیح آنکه در درشت بلورهای آنالسیم شمال شهر بابک بیوتیت های در حال شکل گیری یافت می شود.

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 بلور دیررس درشت بلورهای آنالسیم نسبت به انکلوزیون موجود در درون آن باشد.

### ترکیب شیمیایی درشت بلورهای آنالسیم ایران

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

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

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

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

۴- در چهار نمونه 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.

۵- مقایسه این ترکیبات با ترکیب شیمیایی لوسيت و پسدولوسيت، در مقدار سدیم و آب موجود در نمونه‌های آنالسیم تفاوت‌هایی را نشان می‌دهد.

۶- 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  $\text{CaO}$  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

خاطر نشان کرده‌اند.

۷- 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 شماره ۲ تجزیه شیمیایی بعضی از درشت بلورهای آنالسیم ایران

۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	اکسیدها
۵۴ر۷۴	۵۷ر۱۸	۵۵ر۶۳	۵۷ر۲۱	۵۵ر۷۶	۵۲ر۷۳	۵۳ر۱۸	SiO <sub>2</sub>
۲۲ر۶۳	۲۰ر۵۵	۲۲ر۷۴	۲۱ر۹۵	۲۰ر۹۰	۲۲ر۰۶	۲۱ر۹۵	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
۰ر۳۲	۱ر۱۸	۰ر۹۲	۰ر۰۷	۱ر۲۲	۱ر۵۸	۱ر۲۹	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
۰ر۵۷	-	-	۰ر۲۶	۰ر۱۷	۰ر۱۴	۰ر۹۳	FeO
۰ر۲۲	۰ر۰۹	۰ر۰۸	۰ر۲۵	۰ر۳۲	۰ر۰۸	۰ر۳۲	MgO
۰ر۸	۰ر۳	۰ر۰۳	۰ر۰۲	۰ر۰۲	۲ر۷۵	۴ر۴۱	CaO
۱۳ر۲۰	۱۱ر۴۶	۱۲ر۵۵	۱۰ر۵۳	۱۰ر۵۳	۹ر۹۵	۷ر۷۲	Na <sub>2</sub> O
۰ر۲۰	۰ر۲۳	۰ر۲۶	۲ر۴۰	۲ر۱۰	۱ر۷۷	۳ر۴۲	K <sub>2</sub> O
-	-	-	-	-	۰ر۲۱	۰ر۲۸	TiO <sub>2</sub>
۰ر۰۴	-	-	۰ر۰۷	۰ر۰۸	۱ر۰۴	۰ر۰۶	MnO
۸ر۰۴	۸ر۵۰	۸ر۵۰	۷ر۸۳	۷ر۳	۷ر۵۸	۵ر۳۸	H <sub>2</sub> O
۱۰۰ر۷۶	۹۹ر۴۹	۹۹ر۷۶	۱۰۰ر۶۳	۹۸ر۴۵	۹۹ر۸۹	۹۹ر۵۸	جمع

۱۰- آنالیسم‌های درشت پلور، جمع آوری شده از گذارهای نفرینی شمال شهر بابک [۱۰].

۳۴- آنالیسم‌های درشت بلور، جمجمه آوری شده از گذاره‌های موزه آریت و بازانیت کوه بزگوش [۴].

۵-۶- آنالیسم‌های درشت بلور، جدا شده از گدازهای بلرموریت کوههای صلوات - شمال آذربایجان خاوری [۶].

۷- آنالیسم‌های ناحیه عقدا- قلعه خرگوشی [۸].

### ویژگیهای شیمیایی سنگهای آنالسیم دار ایران

از نظر ژئوشیمیایی، سنگهای آنالسیم دار ایران دارای ویژگیهای زیر هستند:

۱- تمام سنگهای آنالسیم دار به استثنای یک نمونه (متعلق به حوالی کوه عجمی - باختر میانه که ۸۰ درصد کوارتز در نمونه دارد) از نوع غیر اشباع از سلیس اند و در نور نفلین ظاهر می‌سازند.

۲- آب نسبتاً زیادی در ترکیب دارند که این از دیاد را به وفور آنالسیم‌های موجود در آن ارتباط داده ایم.

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

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

۵- محاسبه ضرایب انجماد (S.I) نمونه‌ها براساس فرمول کونو [۱۳] نشان داده است که کلیه سنگهای آنالسیم دار ایران مرحله انجماد را پشت سر گذاشته‌اند و از نظر انجماد جزء انواع میانی اند (جدول شماره ۳). بنابر پیشنهاد کونو، هرگاه عدد مزبور کمتر از ۳۵ باشد نمونه‌ها انجماد یافته هستند. در کلیه موارد، سنگهای آنالسیم دار، اعداد کمتر از ۳۵ را نشان می‌دهند و گاهی انجماد مرحله بسیار پیشرفته‌ای دارد (نمونه ۱)، بعضی فقط اندکی انجماد یافته‌اند (نمونه‌های ۳ و ۴)، ولی اکثر آنجماد متوسطی را پشت سر گذاشته‌اند و به همین دلیل ما آنها را از سنگهای میانی می‌دانیم.

## جدول شماره ۳ تجزیه شیوه‌ای نوین‌هایی از سنگهای آنالیزم دارایان

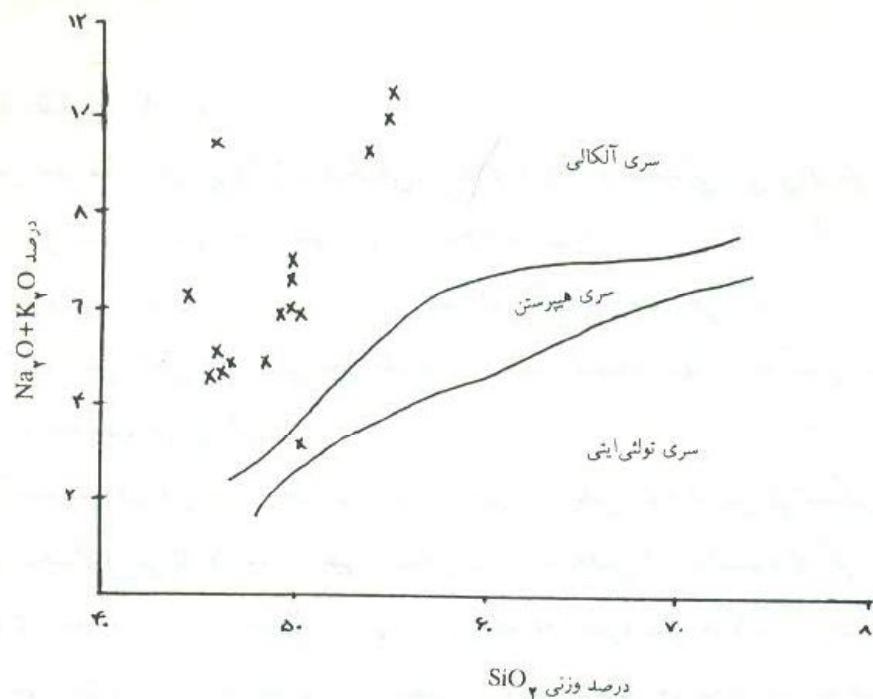
شیر  
نحوه‌ها

آنرا کم آندزیت آنالیزیم دار منطقه عجمی - با خبر می‌اند [۷].

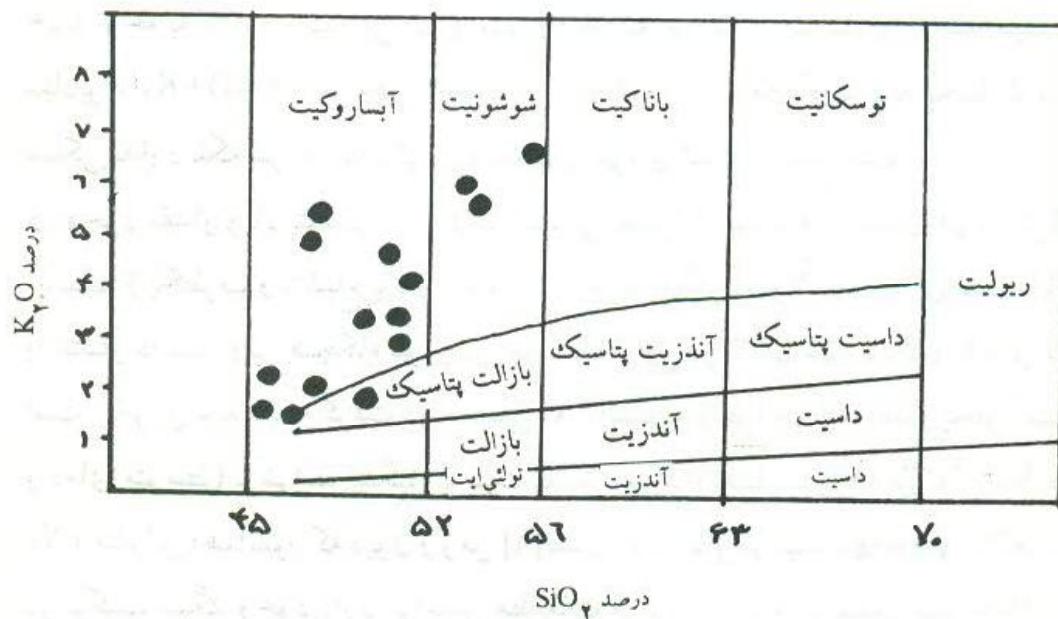
۲- فنون تحریری آنسیج دار منطقه عجمی - باخته میانه [۷].

۳ و ۴- پلی موریت آنالسیست دار - سری سه جعفر لو، کوه صلوات - حوالی دشت معان [۶].

۵- موزه آرایت آنالیسم دارکوه بروگوش [۴].  
۶- ۷، ۸، ۹ و ۱۰- بازدید های آنالیسم دار طلاقان - جوستان [۵].  
۱۱- ۱۲، ۱۳، ۱۴ و ۱۵- آسپارکیت و شمومونیت های حبوب عقدا- تله خرگشی [۶].



شکل ۴ پراکندگی سنگهای آنالسیم دار در نمودار آلکالان بر حسب سیلیس.



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

### شرایط تشکیل آنالسیم

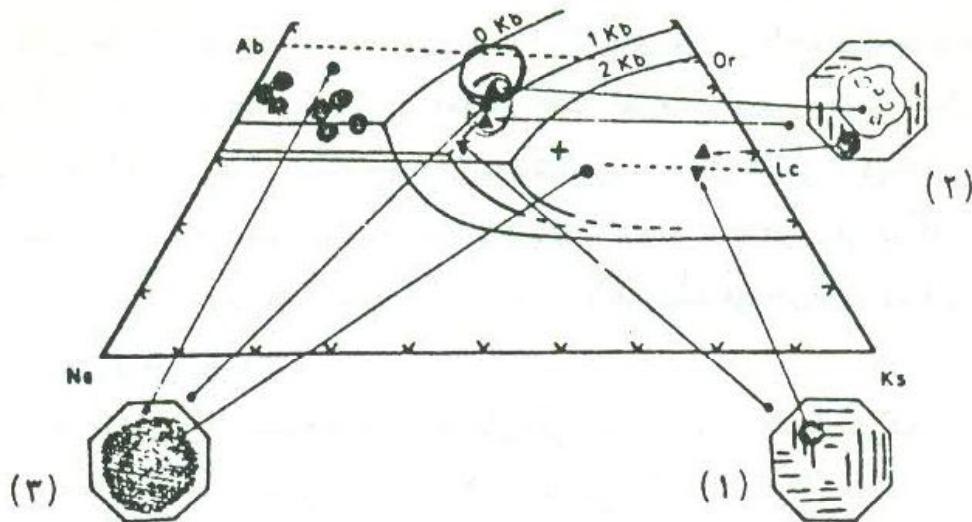
براساس مطالعه صحرایی، آزمایشگاهی، و داده‌های ژئوشیمیایی می‌توان شرایط تشکیل درشت بلورهای آنالسیم را به صورت زیر خلاصه نمود:

- ۱- آنالسیم کانی آبداری است لذا در شرایط فشار آب به وجود می‌آید.
- ۲- آنالسیم طبق شکل (۶) کانی غیر اشباع از سیلیس است و تنها در ماقماں غیر اشباع از سیلیس و قلیاً بلورین می‌شود.

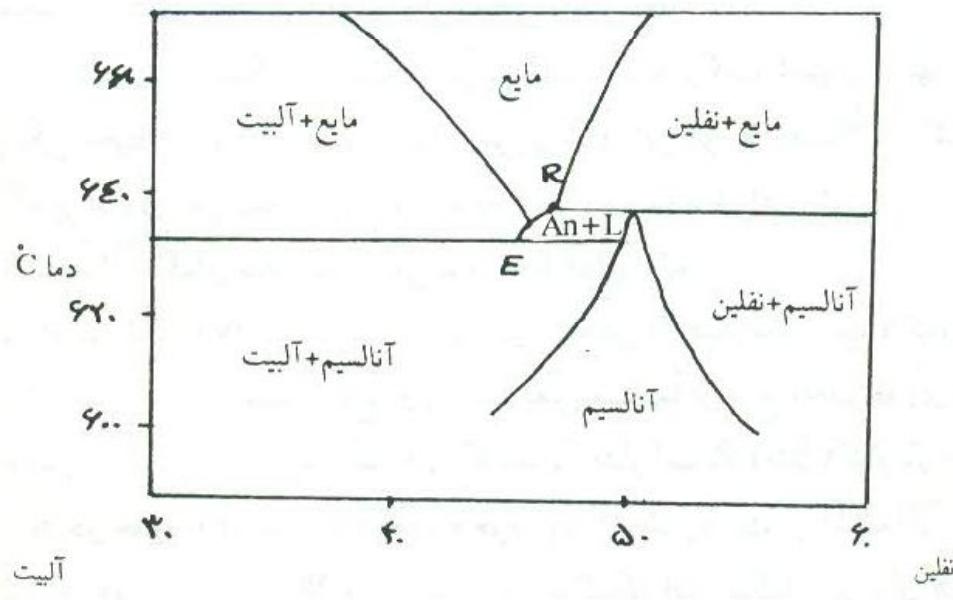
۳- آنالسیم تنها در شرایط آتشفسانی به وجود می‌آید. یعنی بلورها پس از تشکیل باید سریعاً محیط انجماد را ترک کنند، در غیر اینصورت مانند بعضی از آنالسیم‌های کوه بزگوش، یا کوههای صلوات (آذربایجان خاوری) به مجموعه اسفوولیتی مرکب از پلازیوکلازهای اسید، سریست، بیوتیت و بعضی از کانیهای آرژیلی تبدیل می‌شود. این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

۴- با توجه به ترکیب شیمیایی بسیار متنوع (مقایسه ضریبهای انجماد و درصد سیلیس و مقادیر  $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$ ) نمونه‌ها، ملاحظه می‌کنیم که بلوری شدن آنالسیم به محیط شیمیایی بستگی ندارد بلکه شرایط فیزیکی از ویژگیهای بلوری شدن آنالسیم است.

۵- 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 لوسيت را انتظار داشت. ولی هیچگاه بلورهای لوسيت (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 لوسيت تطبیق نمی‌کند (فشار بسیار ناچیز ولی دما بسیار بالا). بنابراین، همانطور که دیون و زمن [۶] نشان دادند کانی لوسيت تنها به صورت مجازی در ترکیب سنگ وجود دارد. براساس مطالعات مرادیان [۱۰]، در شمال شهر بابک، پنج فوران مختلف آتشفسانی در طی ائوسن وجود داشته است که در اثر فورانهالوسيت و در بعضی آنالسیم بلوری شده‌اند، و این دو هیچگاه با هم در یک گدازه دیده نمی‌شوند.



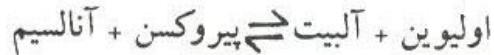
شکل ۶ بخش غیر اشباع سیستم سیلیس - نفلین - کالیو فیلیت و محل نمونه‌های آنالسیم ایران در آن با دایره‌های سیاه تپر نشان داده شده است (نمودار گوپتاویاگی [۲] نقل از درویش زاده [۱۵]).



شکل ۷ بخشی از سیستم دوتایی آلیت - نفلین که فازهای مختلف را در ۶ کیلوبار فشار بخار آب نشان می‌دهد. آنالسیم فقط در محدوده کوچک مستقیماً از مایع مذاب سرشار از سدیم بلورین می‌شود [۱۶].

۶- 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 تاخری است و بلوری شدن آن با بیوتیت و فلدسپات قلایی همزمان است. مطالعات میکروسکوپی نشان داده است که هرگاه آنالسیم در سنگ وجود داشته باشد هورنبلندهای بازالتی یا دیده نمی‌شوند یا به شدت تحلیل رفته‌اند و تنها شبھی 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].

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



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 زیاد است که پاسخگوی تشکیل آنالسیم به طریق دگر ریختی را نمی‌دهد.

۸- قبل از این که در تشکیل آنالسیم نه سن دخالت دارد نه ترکیب شیمیایی، تنها شرایط فیزیکی محیط است که آنالسیم می‌تواند بلوری شود. این شرایط احتمالاً در آشیانه‌های ماگمایی ثانوی (در نیمه راه پوسته به سطح زمین) می‌تواند فراهم شود. در اینحالت آنالسیم‌ها از ماگمای میانی بلوری می‌شوند نه ماگمای اولیه.

۹- 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 بخار آب بالا (مثلاً ۶ کیلوبار در شکل) و دمای در حدود  $630$  تا  $640$  درجه به وجود آیند. این شرایط تنها در آشیانه‌های ماگمایی ثانوی فراهم است که در بالا به آن اشاره شد. به کمک این شکل می‌توان همزیستی آنالسیم + آلبیت یا آنالسیم + نفلین را بخوبی توضیح داد.

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

کالیوفیلیت در شکل ۶ با علامت دایره تو خالی مشخص است) تا ۸۴۰ درجه سانتیگراد و ۲ کیلوبار فشار آب گرم کردند و سپس آن را در شرایط متفاوت زیر منجمد کردند:  
الف - 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 ۶).

ب - اگر فشار و دمای ظرف محتوی نمونه به آرامی پایین آورده شود پس از باز کردن ظرف لوسیتهای زnar همراه با شیشه و بخار بدست می‌آید و ترکیب زnar خارجی پسدو لوسیت بوده است (شماره ۲ در شکل ۶).

ج - اگر دمای ظرف محتوی نمونه از ۸۴۰ به ۶۳۰ درجه رسانده شود و سپس آن را به مدت ۲ تا ۴ ساعت در شرایط ۶۳۰ درجه سانتیگراد و در ۲ کیلوبار فشار بخار آب قرار دهنده، پس از باز کردن ظرف، حاشیه 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 تجزیه شیمیایی نمونه‌ها با کارهای آزمایشگاهی، می‌توان چنین نتیجه گرفت که آنالسیم از ماقمای قلیایی، آبدار غیر اشباع از سیلیس و در دماهای متوسط ۶۲۰-۶۴۰ 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 ۶۰۰ تا ۶۴۰ درجه سانتیگراد به وجود می‌آید. این شرایط در اعماق ۱۵ تا ۲۰ کیلومتری پوسته فراهم است یعنی محلی که ماقمای شوشونیتی در آن هیچگاه نمی‌تواند به وجود آید. حال اگر نمونه‌های پسدو لوسیت نفلین دار نواحی کلیر اهر را که در سنگهای آذرین درونی از نوع سینیت در سنگهای این مناطق به وجود آمده، و عدم حضور آنالسیم درشت بلور در سنگهای سینیتی مذبور که از نظر ترکیب شیمیایی و سن نیز با انواع بزرگ‌گوش و کوه عجمی باخته میانه تقریباً مشابه‌اند بررسی کنیم به این نتیجه می‌رسیم که اگر سنگهای آنالسیم دار مورد بحث، در شرایط درونی بلوری می‌شدنند هیچگاه آنالسیم

نمی شدند.

حضور بخار آب و حالت انفجاری شدید و هیپرآلومین و مقدار تیتان کم در نمونه های مورد مطالعه و با توجه به سن و موقعیت زمین شناسی محل، این فکر را تقویت می کند که باید نمونه های آنالسیم دار ایران در مناطق در حال فرو رانش به وجود آمده باشد که آتشفسانی از نوع شو شونیتی از ویژگی های این قبیل مناطق است. فاز کوه زایی در مرز اونسن - اولیگوسن ایران، خود ممکن است حاکی از یک فرو راندگی برای پاسخ دقیق به داده های ژئو شیمیایی و ایزو توپی زیادی نیاز مندیم.

## مراجع

- 1- Roux J, Hamilton D L, 1976, Primary igneous analcrite, 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.
- 4- لطفی، م، ۱۳۴۵، «بررسی های زمین شناسی و پترولوری منطقه شمال- شمال شرق میانه آذربایجان خاوری» رساله فوق لیسانس دانشکده علوم دانشگاه تهران، ۱۲۷ صفحه.
- 5- Stalder P, 1971, "Magnatismes tertiaire et Subsecent entre Taleghan et Alamout Elbourz Central (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 Oriental (Iran), étude geologique et Petrographique du l' edifice et Son son environnement 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 à 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 à 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, Report

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'eo et Mineral Clermont Fd. France, 15P.

۱۰- مرادیان شهر بابکی، ع، ۱۳۶۹، «بررسی پترولوزی سنگهای آتشفشانی شمال شهر بابک». رساله فوق لیسانس دانشکده تهران، ۱۶۹ صفحه.

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، «پترولوزی تجزیه و کاربردهای آن». انتشارات دانشگاه تهران - شماره ۱۹۵۶، ۱۹۵۶ صفحه.

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