



## بررسی های سنگ نگاری، کانی شیمی و ژئوشیمی توده های لامپروفیری و گابروی قلیایی هوای (شمال شرقی هوراند، شمال غربی ایران)

علیرضا روان خواه<sup>\*</sup>، محسن مؤید<sup>۱</sup>، محمدرضا حسین زاده<sup>۱</sup>، امیر مرتضی عظیم زاده<sup>۲</sup>، جمشید حسن زاده<sup>۳</sup>، نصیر عامل<sup>۱</sup>

۱- گروه زمین شناسی، دانشکده علوم طبیعی، دانشگاه تبریز

۲- گروه زمین شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه زنجان

۳- مؤسسه تکنولوژی کالیفرنیا، بخش زمین شناسی و نجوم

(دریافت مقاله: ۹۳/۶/۹، نسخه نهایی: ۹۳/۹/۲۵)

**چکیده:** توده های لامپروفیری هوای در شمال شرق هوراند و شمال غرب ایران و به شکل لاکولیت در هسته های طاقدیسی پلانچدار با روند محوری WNW-ESE و متشکل از نهشته های فیلیشوئیدی کرتاسه فوقانی - پالئوسن تزریق شده و خود به وسیله ای استوک گابروی قلیایی قطع شده است. ترکیب سنگ شناسی توده های لامپروفیری کامپتونیت تا سانائیت ارزیابی شده است. ماگمای مولد البیون گابروها و لامپروفیرها براساس نمودار TAS دارای سرشت قلیایی هستند. براساس نمودارهای عنکبوتی در هر دو گروه سنگی، غنی شدگی LREE نسبت به HREE مشاهده می شود. دما- فشارسنجی به روش های متعدد نشان می دهد که فشار تبلور کانی های توده های لامپروفیری ۶ کیلو بار و دمای ۸۷۷ درجه سانتی گراد بوده و البیون در البیون گابروها در دمای ۱۰۱۳ درجه سانتی گراد متبلور شده است. ماگمای مولد گابروی قلیایی از ذوب ۵ درصدی اسپینل - گارنت لرزولیت و لامپروفیر قلیایی از ذوب یک درصد اسپینل - گارنت لرزولیت حاصل شده اند. گابروی قلیایی از ذوب گوشته لیتوسفری غنی شده ریشه گرفته و با صعود به سمت بالا در قاعده های پوسته ای قاره ای متوقف شده و ضمن آرایش اندک با مواد پوسته ای به ماگمای مولد لامپروفیرهای قلیایی تغییر کرده است و در ترازهای بالای پوسته ای و در محور طاقدیس پلانچدار جایگیری کرده و به دنبال آن با صعود دیابیرهای ماگمای بازالتی قلیایی و تزریق آن به داخل توده های لامپروفیری، استوک گابروئی شکل گرفته است. بررسی ها نشان می دهد که هر دو گروه سنگی در یک محیط قوس ماگمایی پسا برخوردی، تکوین یافته اند.

**واژه های کلیدی:** لامپروفیر؛ هوای؛ لاکولیت؛ ترموبارومتري؛ گوشته لیتوسفری؛ قوس ماگمایی.

### مقدمه

اغلب لامپروفیرهای شناخته شده نظیر شریف آباد خوی [۱]، منور [۲]، جزیره ای اسلامی [۳] و قخلار مرند [۴] وابسته به اواخر دوران سوم (پلیوسن) و برخی دیگر نظیر گوی پستی مراغه [۵]، میشو [۶] و کرینگان [۷] دارای سن قدیمی تر هستند. با توجه به مشخصات کانی شناسی و شواهد ژئوشیمیایی، نمونه های لامپروفیری بررسی شده از نوع قلیایی بوده و جزء کامپتونیت ها تا سانائیت ها هستند. توده های

منطقه ای مورد بررسی در شمال شرق هوراند (شرق شهرستان کلپیر) در استان آذربایجان شرقی و شمال غربی ایران به مختصات جغرافیایی ۲۵' ۴۷° تا ۳۳' ۴۷° طول شرقی و ۳۸° ۵۲' تا ۳۹° ۰۰' عرض شمالی واقع شده است. در طول ترشیر و کوترنر زون ایران مرکزی و البرز غربی - آذربایجان شاهد ماگماتیسیم وسیعی در راستای NW-SE بوده است و

\*نویسنده مسئول، تلفن - نامبر: ۰۴۱-۴۴۵۵۴۶۹۶، پست الکترونیکی: [aravankhah2013@gmail.com](mailto:aravankhah2013@gmail.com)

لامپروفیری درون نهشته‌های نوع فیلیش‌گونه با سن کرتاسه فوقانی-پالئوسن شامل تناوبی از رسوب‌های ماسه‌سنگی، مارنی و آهک تزریق شده و خود به‌وسیله‌ی الیوین گابرو قطع می‌شود. اولین بررسی‌های انجام گرفته در این منطقه برای تهیه‌ی نقشه‌های زمین‌شناسی (۱:۱۰۰۰۰۰۰ کلیمبر و لاهرود) توسط سازمان زمین‌شناسی کشور است. این بررسی‌ها کلی بوده و صرفاً به منظور تفکیک واحدها و ساختارهای مختلف زمین-شناسی از یکدیگر انجام گرفته است و اشاره‌ای به وجود توده‌های لامپروفیری در این نقشه‌ها نشده و توده‌ی لامپروفیری مورد بررسی نیز تحت عنوان دیوریت معرفی شده است. برخی از پژوهشگران از جمله شیردل و همکاران [۸] بررسی توده‌های نفوذی این منطقه را موضوع پژوهش خود قرار داده‌اند.

### روش بررسی

پس از بررسی مقاطع نازک و انتخاب نمونه‌های مناسب، به منظور بررسی ترکیب شیمیائی کانی‌ها، تعداد ۳ نمونه (۲ نمونه لامپروفیر و ۱ نمونه الیوین گابرو) با استفاده از یک ریزپردازنده‌ی الکترونی JEOL مدل JXA-8200 در مؤسسه‌ی تکنولوژی کالیفرنیا با استفاده از پرتو الکترونی متمرکز با ولتاژ شتاب دهنده‌ی 15 kV و شدت جریان 25 nA تجزیه شدند. همچنین ۱۸ نمونه از واحدهای مختلف سنگی (۱۰ نمونه لامپروفیر و ۸ نمونه الیوین گابرو) به روش ICP-MS در آزمایشگاه Labwest Minerals Analyses استرالیا (آنالیز عناصر اصلی، کمیاب و کمیاب خاکی) (مدل ICP-MS: Perkin elmer model nexion) (آنالیز اکسیدهای عناصر اصلی در شرکت بررسی‌های مواد معدنی زرآما) برای دست‌یابی به عناصر کلیدی به روش ذوب قلیائی تجزیه شدند.

### زمین‌شناسی منطقه

منطقه‌ی مورد بررسی در شمال‌غربی ایران، استان آذربایجان-شرقی و در شمال‌شرقی هوراند (شرق شهرستان کلیمبر) واقع شده است. این گستره در منطقه‌بندی‌های زمین‌شناسی ایران، بخشی از منطقه‌ی ماگمائی ترشیر-کواترنر [۹] و پهنه‌ی مرکزی [۱۰] محسوب می‌شود. رخنمون اصلی سنگ‌های غالب در گستره‌ی مورد بررسی سنگ‌های فیلیش‌شوئیدی، آتشفشانی و آتشفشان-آواری و کربنات پلاژی کرتاسه فوقانی-پالئوسن است که زیر عنوان سازند مجیدآباد از آن‌ها یاد شده است. توده‌های مورد بررسی به‌صورت پراکنده در لابلای این مجموعه رخنمون یافته‌اند (شکل ۱). توده‌ی لامپروفیری به شکل لاکولیت در هسته طاق‌دیس پلانچ‌دار متشکل از این نهشته‌ها تزریق شده و خود به‌وسیله‌ی توده‌ی الیوین گابرو قطع شده

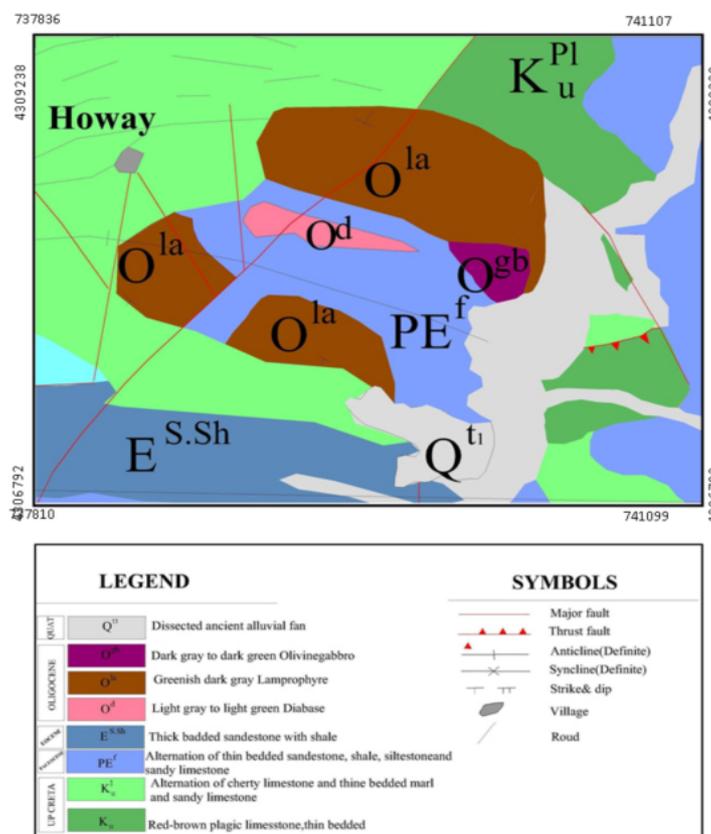
است. توده‌ی لامپروفیری مورد بررسی در دو بخش از منطقه‌ی مورد بررسی برونزد دارد: ۱- توده‌ی لامپروفیری موجود در هسته‌ی طاق‌دیس و یال جنوبی آن که به سمت جنوب‌غربی شیب دارد و ۲- ادامه‌ی لاکولیت لامپروفیری در یال شمالی طاق‌دیس که به سمت شمال‌شرقی شیب دارد (شکل ۲- الف). بررسی‌های صحرائی و اندازه‌گیری‌های ساختاری نشان می‌دهد که توده‌ی لامپروفیری در هسته یک طاق‌دیس پلانچ‌دار با روند محوری WNW-ESE و با پلانچ به سوی SE جایگیری کرده و در حقیقت رخنمون یک لاکولیت در دو یال یک طاق‌دیس محسوب می‌شود. لازم به یادآوری است که توده‌ی لامپروفیری در هسته‌ی طاق‌دیس دارای ضخامت زیاد (حدود ۲۰ متر) بوده و به سمت یال‌ها و با دور شدن از محور طاق‌دیس از ضخامت آن کاسته می‌شود. به سمت جنوب‌شرقی و در راستای پلانچ طاق‌دیس، توده‌ی الیوین گابرو به صورت گنبد کوچک به داخل توده‌ی لامپروفیری تزریق شده است (شکل ۲- ب). سن توده‌ی لامپروفیری که در نقشه‌ی زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰۰ کلیمبر کوارتزدیوریت معرفی شد، به الیگوسن نسبت داده می‌شود. بر این اساس سن توده‌ی الیوین گابرو نیز از توده لامپروفیری جوان‌تر خواهد بود.

### سنگ نگاری

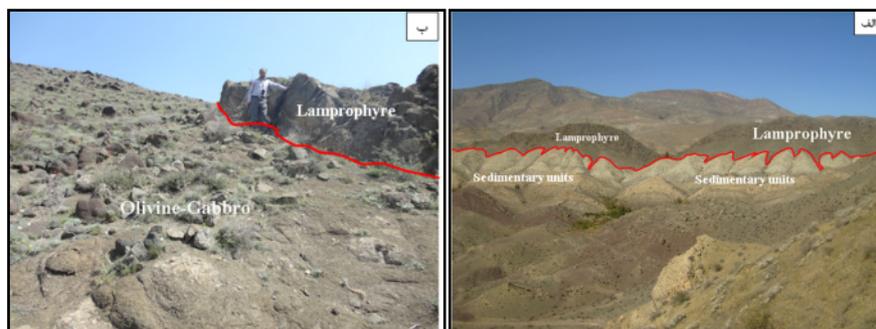
توده‌ی لامپروفیری مورد بررسی عموماً از کانی‌های آمفیبول، پلاژیوکلاز، پیروکسن، پتاسیم فلدسپار، بیوتیت و الیوین تشکیل یافته است. این گروه از سنگ‌ها دارای بافت دانه‌ای (شکل ۳- الف)، پوئی‌کلیتیک، افیتیک و ساب‌افیتیک هستند. آمفیبول که مهم‌ترین کانی فرومنیزین تشکیل دهنده‌ی تمام نمونه‌هاست به‌صورت فنوکریست‌های متوسط تا درشت (۱-۵ میلی-متر) (شکل ۳- ب)، شکل‌دار (منشورهای کشیده و شش ضلعی) و با پلئوکروئیسیم قهوه‌ای قابل مشاهده است. کلریتی شدن، سریسیتی شدن و سوسورپته شدن از جمله دگرسانی‌های قابل مشاهده در بلورهای پلاژیوکلاز هستند که از مهم‌ترین و فراوان‌ترین کانی‌های تشکیل دهنده‌ی زمینه‌ی سنگ محسوب می‌شوند. پیروکسن در این توده بیشتر از نوع کلینوپیروکسن بوده و منطقه‌بندی، کلریتی و اورالیتی شدن در این کانی‌ها قابل مشاهده‌اند. در نمونه‌های بررسی شده ارتوپیروکسن نیز مشاهده شده ولی نسبت به کلینوپیروکسن از فراوانی کمتری برخوردار بوده و با خاموشی مستقیم (موازی) قابل تشخیص است. وجود منطقه‌بندی و کلریتی شدن در برخی از بیوتیت‌ها از ویژگی‌های روشن مشاهده شده در این نمونه‌هاست. در نمونه‌های بررسی شده، بیوتیت‌های رشته‌ای (شکل ۳- پ) و رشد شعاعی بیوتیت‌های ثانویه قابل مشاهده-

پيروكسنها (بافت پوئی كلیتیک) قابل مشاهده اند (شكل ۳-). بعضی از الیوینها نخست به كلریت و سپس به سرپانتین تبدیل شده اند (شكل ۳- ج). پلاژیوكلازها در بیشتر نمونهها منطقه بندی نشان می دهند. پلاژیوكلاز دومین فاز بلوری متبلور شده ماگماست كه بافت های افیتیک مشاهده شده نمایانگر تقدم تبلور پلاژیوكلازها نسبت به پیروكسنهاست. پیروكسنها فراوان ترین كانی فرومیزین موجود پس از الیوینها هستند. پیروكسنها بیشتر از نوع كلینوپيروكسن بوده و دارای منطقه بندی هستند. ادخال الیوین در كلینوپيروكسنها نشانگر بافت پوئی كلیتیک است.

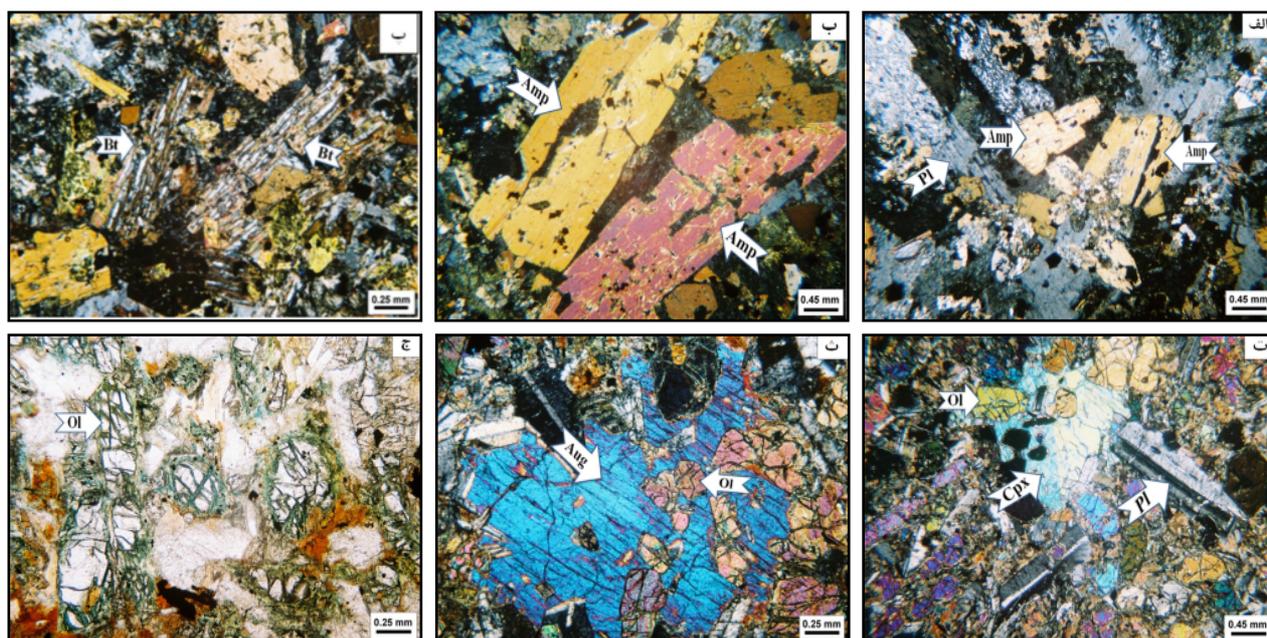
اند. با توجه به مشخصات كانی شناسی ترکیب لامپروفیرهای مورد بررسی کامپونیت تا سانائیت ارزیابی شده است. توده ی الیوین گابرو با كانی شناسی اصلی الیوین (۳۵ تا ۴۵ درصد)، پلاژیوكلاز (۲۰ تا ۳۰ درصد) و پیروكسن (۲۰ تا ۲۵ درصد) و در برخی از نمونهها فلوگوپیت (۵ تا ۱۰ درصد) و كانی های فرعی آپاتیت و كانی های كدر است. بافت این دسته از سنگها دانه دار (شكل ۳- ت) بوده و بافت های فرعی پوئی كلیتیک، افیتیک نیز در آنها مشاهده می شوند. الیوینها به صورت فنوكریست های شكل دار تا نیمه شكل دار، و هم به صورت بلورهای كوچك در زمینه و نیز در داخل پلاژیوكلازها و



شكل ۱ نقشه ی زمین شناسی منطقه ی مورد بررسی با مقیاس ۱:۲۰۰۰۰.



شكل ۲ الف توده لامپروفیری در یال شمالی طاقدیس، دید به سمت شمال، ب) تزریق توده الیوین گابرو به داخل توده لامپروفیر، دید به سمت شرق.



شکل ۳ تصاویر مقاطع میکروسکوپی: الف- بافت دانه‌ای در لامپروفیر، (XPL)، ب- فنوکریستال‌های آمفیبول در لامپروفیر، (XPL)، پ- بیوتیت-های رشته‌ای در لامپروفیر، (XPL)، ت- بافت دانه‌ای در الیون گابرو، (XPL)، ث- ادخال‌های الیون در اوژیت (بافت پوئی‌کلیتیک)، (XPL)، ج- الیون سرپانتینی شده، (PPL) (علائم اختصاری کانی‌ها از [۱۱]).

### ژئوشیمی

و الیون گابرو و یا عمق زیاد تشکیل ماگمای مولد دایک‌های لامپروفیری و الیون گابرو باشد. بی‌هنجاری مثبت Pb (به خصوص در الیون گابروها) به آلیش ماگما با پوسته قاره‌ای و بی‌هنجاری منفی Zr و Hf نیز به آلیش پوسته‌ای اشاره دارد. بالا بودن فراوانی عناصر LREE و LILE بیانگر متاسوماتیزه شدن گوشته غنی شده است، بنابراین گوشته متاسوماتیزه می‌تواند به‌عنوان منبع سنگ‌های لامپروفیری و الیون گابرو مطرح شود. بی‌هنجاری مثبت Nb نشانگر خاستگاه احتمالی گوشته‌ای نمونه‌های الیون گابرو و جدایش از یک ماگمای گوشته‌ای عمیق است که این ویژگی با بی‌هنجاری منفی Y تأیید می‌شود. غنی‌شدگی از LREE نسبت به HREE به وسیله‌ی نسبت‌های  $(La/Sm)_N$  و  $(La/Yb)_N$  قابل تشخیص است. میانگین نسبت  $(La/Sm)_N$  در لامپروفیرها ۴/۲۴ و در الیون گابروها ۳/۳۵ و میانگین نسبت  $(La/Yb)_N$  در لامپروفیرها ۳۲/۴۷ و در الیون گابروها ۱۵/۳۳ است که بیانگر غنی‌شدگی از LREE نسبت به HREE در نمونه‌های مورد بررسی است. غنی‌شدگی از LREE نسبت به HREE از ویژگی‌های ماگماهای قلیایی تولید شده در موقعیت‌های درون صفحه‌ای است [۱۵] (شکل‌های ۷ و ۸) [۱۶ و ۱۷].

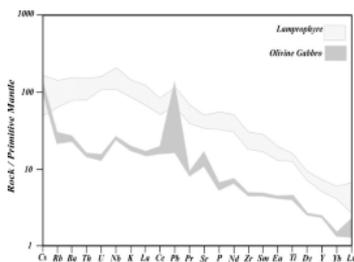
در جدول ۱ بررسی نمونه‌های مربوط به لامپروفیرها و در جدول ۲ الیون گابروها آورده شده‌اند. براساس نمودار سه وجهی  $K_2O, MgO, Al_2O_3$  [۱۲] (شکل ۴) که برای تمایز لامپروفیرها، لامپروئیت‌ها و کیمبرلیت‌ها طراحی شده است، نمونه‌های مورد نظر در گستره‌ی لامپروفیر قرار می‌گیرند. بنابراین نمودار سه وجهی  $Al_2O_3-MgO-CaO$  پیشنهادی [۱۳]، ماگمای مولد نمونه‌های لامپروفیری مورد بررسی دارای سرشت قلیایی هستند (شکل ۵). براساس نمودار دو وجهی  $Na_2O+K_2O-SiO_2$  [۱۴] (شکل ۶) ماگمای مولد نمونه‌های لامپروفیری و الیون گابروی مورد بررسی از نوع قلیایی تعیین شده است. بررسی روند تغییرات میانگین عناصر کمیاب بر اساس نمودارهای عنکبوتی عادی نسبت به کندریت و گوشته اولیه در لامپروفیرها و الیون گابروها نشانگر غنی‌شدگی عناصر کمیاب خاکی سبک (LREE) و عناصر ناسازگار نسبت به عناصر کمیاب خاکی سنگین (HREE) است. غنی‌شدگی از LREE و LILE و تهی‌شدگی از HREE در این الگو می‌تواند نشانگر وجود گارنت در مواد خاستگاه، نرخ کم ذوب، گریزندگی بالای  $CO_2/H_2O$  در محیط تشکیل ماگمای لامپروفیری

جدول ۱ نتایج تجزیه‌ی شیمیائی عناصر اصلی، کمیاب و کمیاب خاکی نمونه‌های لامپروفیر.

	HR-002	HR-005	HR-007	HR-036	HR-040	HR-045	HR-050	HR-053	HR-056	HR-142
SiO2(%)	۴۱٫۹۷	۴۱٫۵۳	۴۲٫۸۹	۴۴٫۹۱	۴۱٫۹۸	۴۴٫۱۸	۴۲٫۸۲	۴۳٫۷۵	۴۳٫۸۸	۴۲٫۹۸
Al2O3(%)	۱۲٫۸۹	۱۲٫۵۷	۱۲٫۴۱	۱۵٫۱۶	۱۲٫۹۲	۱۵٫۵۳	۱۲٫۶۱	۱۴٫۹۹	۱۴٫۹۸	۱۳٫۷۳
Fe(%)	۱۱٫۱۵	۱۲٫۱۸	۱۳٫۴۹	۱۰٫۲۵	۱۱٫۴۶	۱۰٫۰۳	۱۳٫۶۹	۹٫۴۲	۱۲٫۷۳	۱۱٫۰۵
CaO(%)	۹٫۸۳	۹٫۰۳	۹٫۳۶	۸٫۴۴	۹٫۳۲	۸٫۷۶	۹٫۲۸	۸٫۹۸	۷٫۴۲	۹٫۹۷
MgO(%)	۹٫۸۲	۹٫۷۸	۸٫۳۶	۵٫۲۷	۹٫۳۵	۶٫۰۲	۸٫۲۹	۸٫۱۷	۷٫۸۱	۹٫۹۸
Na2O(%)	۱٫۸۲	۲٫۵۸	۲٫۳۸	۲٫۲۸	۱٫۸۶	۲٫۷۴	۲٫۳۴	۲٫۴۸	۲٫۶۶	۲٫۰۵
K2O(%)	۲٫۶۷	۲٫۹۱	۱٫۹۹	۳٫۹۸	۲٫۶۹	۴٫۳۶	۱٫۸۲	۳٫۸۱	۲٫۸۱	۲٫۹۸
TiO2(%)	۳٫۳۱	۳٫۵۶	۳٫۴۴	۳٫۲۴	۲٫۷۱	۲٫۹۹	۳٫۴۱	۳٫۰۲	۲٫۹۶	۲٫۸۳
MnO(%)	۰٫۱۷	۰٫۱۴	۰٫۲۲	۰٫۲۶	۰٫۱۷	۰٫۲۶	۰٫۲۳	۰٫۱۹	۰٫۲۴	۰٫۱۶
P2O5(%)	۰٫۹۷	۰٫۸۲	۰٫۸۱	۱٫۳۹	۰٫۷۲	۱٫۲۴	۰٫۷۶	۰٫۹۸	۰٫۸۲	۰٫۷۴
Ba(ppm)	۱۰۵۰	۱۱۱۰	۶۹۸	۱۱۲۰	۱۰۱۷	۶۶۸	۵۹۸	۵۶۳	۸۵۸	۸۰۲
Cd(ppm)	۰٫۴	۰٫۴۴	۰٫۳	۰٫۳۲	۰٫۴	۰٫۱۲	۰٫۱۸	۰٫۱	۰٫۲	۰٫۱۳
Ce(ppm)	۱۵۳	۱۵۳	۱۵۸٫۳	۱۸۱٫۲	۱۲۸	۱۱۵	۱۶۱٫۲	۱۰۴	۱۵۷	۹۵
Co(ppm)	۲۳٫۶	۲۷٫۸	۵۱٫۸	۳۰٫۳	۵۴٫۲	۳۸٫۱	۵۳٫۸	۴۰٫۴	۴۴٫۳	۴۶٫۵
Cr(ppm)	۹۲	۱۹۸	۱۹۱	۹۸	۳۲۸	۱۸۸	۱۸۸	۲۸۳	۱۶۰	۲۴۵
Cs(ppm)	۱٫۳	۰٫۸	۰٫۸۲	۱٫۴۱	۱٫۰۲	۰٫۶	۰٫۹۸	۰٫۵	۱٫۵۵	۰٫۴
Dy(ppm)	۶۶۷	۷۰۱	۶۰۶	۷۶۲	۵۲۸	۵۴۶	۶۰۹	۶۳۹	۶۱۸	۶۶۴
Er(ppm)	۳۱۸	۳۵	۲٫۹۱	۳٫۶۱	۲٫۵۲	۲٫۴	۲٫۸۶	۲٫۲۶	۲٫۹۲	۲٫۳۹
Eu(ppm)	۳٫۴	۳٫۳۳	۲٫۸۱	۳٫۹۲	۲٫۵۱	۲٫۶	۲٫۸۳	۲٫۲۱	۳٫۰۶	۲٫۳۳
Ga(ppm)	۱۸۳	۱۸۸	۲۱٫۲	۲۲۸	۱۹۳	۱۶۸	۲۰۸	۱۵۴	۲۱٫۹	۱۶۶
Gd(ppm)	۱۲٫۴	۱۲٫۶	۹٫۲۱	۱۲٫۶۱	۸۳۷	۸٫۹۷	۹٫۱۳	۸٫۶۸	۹٫۶۸	۷۰٫۷
Ge(ppm)	۱٫۱۴	۱٫۱۱	۱٫۳	۱٫۱۵	۱٫۱۴	۱٫۳۱	۱٫۲۵	۱٫۳۴	۱٫۳۲	۱٫۲۲
Hf(ppm)	۶۸۸	۷٫۶۷	۶٫۴	۷٫۳	۶٫۱	۶٫۵۸	۷٫۲	۵٫۷۴	۷٫۲	۵٫۲۳
Ho(ppm)	۱٫۲۴	۱٫۳۴	۱٫۳۸	۱٫۴۲	۱٫۰۸	۰٫۹۳	۱٫۳۱	۰٫۸۹	۱٫۲۶	۰٫۹۴
La(ppm)	۸۷٫۷	۸۶٫۱	۶۸٫۶	۸۹٫۲	۶۱٫۹	۵۴٫۴	۶۹٫۲	۴۸٫۴	۷۸٫۶	۵۲٫۹
Lu(ppm)	۰٫۴۹	۰٫۴۹	۰٫۳۱	۰٫۴۲	۰٫۲۸	۰٫۳۵	۰٫۳۴	۰٫۲۱	۰٫۳۷	۰٫۲۸
Nb(ppm)	۱۴۹	۱۲۸	۹۸٫۲	۱۲۰٫۲	۹۲٫۴	۸۸٫۲	۹۴٫۶	۸۶٫۸	۱۰۵٫۸	۷۹٫۶
Nd(ppm)	۶۳٫۲	۶۹٫۷	۵۱٫۲	۷۰٫۶	۴۸٫۳	۵۱٫۵	۵۱٫۸	۴۶٫۲	۵۷٫۲	۴۲٫۱
Ni(ppm)	۴۳	۵۷	۱۱۸	۸۲	۲۱۲	۸۴	۱۲۱	۹۹	۹۶	۲۰۱
Pb(ppm)	۸٫۱	۸٫۴	۸	۹	۵	۵٫۲	۶	۵٫۷	۷	۴٫۸
Pr(ppm)	۱۷٫۷۳	۱۸٫۹۱	۱۴٫۳۹	۱۹٫۶۱	۱۳٫۱۲	۱۲٫۴۷	۱۴٫۱۸	۱۱٫۱۶	۱۵٫۶۲	۱۱٫۰۲
Rb(ppm)	۷۹٫۸	۹۱٫۱	۴۴٫۱	۷۵٫۶	۴۹٫۸	۴۹٫۹	۴۱٫۳	۴۵٫۲	۷۰٫۱	۴۱٫۷
Sc(ppm)	۹	۱۲	۳۲	۱۷	۱۴	۲۷	۳۰	۳۲	۲۵	۳۹
Sm(ppm)	۱۲٫۷۳	۱۱٫۹۲	۹٫۰۲	۱۲٫۸۶	۸٫۴۴	۹٫۶۱	۹٫۹۶	۸٫۶۲	۱۰٫۳۱	۷٫۷۷
Sr(ppm)	۱۱۰۰	۹۱۳	۷۶۳	۹۳۶	۶۸۲	۷۷۵	۷۷۱	۷۵۱	۶۸۴	۸۰۲
Ta(ppm)	۸۷۲	۷۶۱	۶۲	۷٫۶	۵٫۸	۶٫۱۵	۶٫۳	۶٫۰۲	۶٫۸	۵٫۹۸
Tb(ppm)	۱٫۳	۱٫۳۲	۱٫۲۵	۱٫۶۲	۱٫۱۸	۱٫۰۸	۱٫۲۹	۰٫۹۹	۱٫۳۷	۰٫۸۷
Th(ppm)	۱۱٫۹۲	۱۳٫۰۲	۹٫۸۱	۱۱٫۴۶	۷٫۴۸	۸٫۴۸	۹٫۱۷	۷٫۴	۱۰٫۹۸	۶٫۹۷
Tm(ppm)	۰٫۴۵	۰٫۵	۰٫۳۷	۰٫۴۵	۰٫۲۹	۰٫۳۴	۰٫۳۶	۰٫۲۵	۰٫۳۹	۰٫۲
U(ppm)	۳٫۲	۳٫۳۷	۲٫۴۱	۲٫۹۱	۱٫۹۹	۲٫۸۹	۲٫۳۶	۲٫۶	۲٫۷۹	۲٫۳۲
V(ppm)	۲۲۶	۲۶۵	۴۰۱	۲۹۸	۲۹۲	۳۱۷	۳۹۴	۳۰۰	۳۲۲	۲۸۱
Y(ppm)	۳۰٫۵	۳۳٫۵	۳۰٫۱	۳۶٫۲	۲۴٫۷	۲۳٫۴	۲۷٫۸	۲۸٫۸	۲۹٫۷	۲۴٫۵
Yb(ppm)	۲٫۷۴	۳٫۰۱	۲٫۸۳	۲٫۸۹	۲٫۰۱	۲٫۰۸	۲٫۳۹	۲٫۴۷	۲٫۵۴	۲٫۱۲
Zn(ppm)	۳۷٫۱	۵۲٫۱	۱۵۱	۱۴۱	۱۲۲	۶۶٫۸	۱۴۷	۶۵٫۸	۱۵۴	۴۵٫۷
Zr(ppm)	۳۵۲	۳۰۱	۲۹۵	۳۳۲	۲۳۲	۲۴۳	۲۹۸	۲۱۳	۳۲۱	۲۳۱

جدول ۲ نتایج تجزیه شیمیائی عناصر اصلی، کمیاب و کمیاب خاکی نمونه‌های الیوین گابرو.

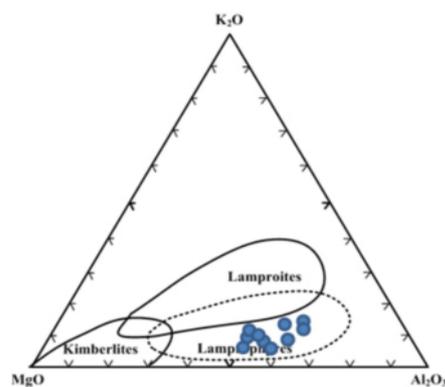
	HR-136	HR-137	HR-138	HR-139	HR-140	HR-143	HR-146	HR-147
SiO2(%)	۴۲٫۲۱	۴۲٫۹۱	۴۳٫۰۶	۴۲٫۱۸	۴۳٫۰۱	۴۲٫۰۹	۴۳٫۸۹	۴۳٫۱۲
Al2O3(%)	۸٫۹۱	۸٫۲۵	۸٫۸۳	۸٫۷۶	۸٫۱۴	۸٫۹۵	۷٫۸۹	۹٫۰۲
Fe(%)	۱۳٫۴	۱۳٫۲۸	۱۳٫۳۸	۱۲٫۲۹	۱۳٫۱۵	۱۳٫۳۳	۱۳٫۲	۱۳٫۱۲
CaO(%)	۵٫۴۲	۵٫۱۴	۵٫۳۲	۵٫۳۱	۵٫۱۸	۵٫۴۴	۵٫۳۶	۵٫۳۸
MgO(%)	۲۲٫۰۲	۲۲٫۴۲	۲۲٫۳۸	۲۱٫۹۱	۲۲٫۱	۲۲٫۳۱	۲۲٫۳۸	۲۲٫۸۱
Na2O(%)	۱٫۰۲	۱٫۵۶	۱٫۳۸	۱٫۰۹	۱٫۶۸	۱٫۴۱	۱٫۱۶	۱٫۱۱
K2O(%)	۰٫۶۴	۰٫۵۹	۰٫۶۱	۰٫۶۳	۰٫۵۸	۰٫۵۴	۰٫۸۵	۰٫۶۲
TiO2(%)	۰٫۸۹	۰٫۸۹	۱٫۰۲	۰٫۸۳	۰٫۷۹	۰٫۹۳	۰٫۸۵	۰٫۸۸
MnO(%)	۰٫۲۱	۰٫۲۱	۰٫۲۲	۰٫۱۸	۰٫۱۹	۰٫۱۸	۰٫۱۸	۰٫۱۹
P2O5(%)	۰٫۱۴	۰٫۱۵	۰٫۱۳	۰٫۱۴	۰٫۱۳	۰٫۱۵	۰٫۱۶	۰٫۱۲
Ba(ppm)	۱۹۴	۱۹۸٫۶	۱۵۹٫۵	۱۸۵٫۲	۱۶۹٫۵	۱۶۴	۱۷۸٫۲	۱۷۱
Cd(ppm)	۰٫۱۷	۰٫۲۶	۰٫۲۷	۰٫۲	۰٫۲۴	۰٫۲۵	۰٫۱۹	۰٫۱۷
Ce(ppm)	۳۶	۳۲	۳۴	۲۹٫۵	۲۹	۳۱٫۵	۳۱	۲۹
Co(ppm)	۱۰٫۷	۱۱۰	۱۱۱	۱۰٫۳	۱۰٫۷	۱۰٫۹	۱۱۲	۱۱۲
Cr(ppm)	۱۲۶۰	۱۳۲۷	۱۲۱۰	۱۲۵۴	۱۳۳۴	۱۲۱۰	۱۳۶۹	۱۲۹۰
Cs(ppm)	۰٫۸	۰٫۹۹	۱٫۱	۱٫۲۱	۱٫۱۴	۱٫۲	۰٫۹۸	۱٫۱
Dy(ppm)	۲٫۰۷	۲٫۲۴	۱٫۹۳	۱٫۸۹	۱٫۸۲	۱٫۹۴	۲٫۰۸	۲٫۰۶
Er(ppm)	۱٫۱۴	۱٫۰۷	۱٫۰۴	۰٫۹۱	۰٫۹۴	۱٫۰۸	۱٫۰۲	۰٫۹۸
Eu(ppm)	۰٫۷۹	۰٫۸۴	۰٫۷۳	۰٫۷۹	۰٫۶۹	۰٫۷۳	۰٫۷۳	۰٫۷۱
Ga(ppm)	۹٫۴	۱۱٫۳	۹٫۳۴	۱۰٫۸	۱۰٫۲	۹٫۱۲	۱۰٫۷	۹٫۶۶
Gd(ppm)	۲٫۳۳	۲٫۶۳	۲٫۰۸	۲٫۲۸	۲٫۲۴	۲٫۰۴	۲٫۵۱	۲٫۰۷
Ge(ppm)	۱٫۱	۱٫۱۷	۱٫۱۵	۱	۱٫۱۴	۱٫۱	۱٫۱	۱٫۱۲
Hf(ppm)	۱٫۳۷	۱٫۶	۱٫۴۸	۱٫۳	۱٫۴	۱٫۳۳	۱٫۲	۱٫۴۶
Ho(ppm)	۰٫۴۵	۰٫۴۷	۰٫۴۲	۰٫۳۹	۰٫۳۷	۰٫۴۱	۰٫۴۱	۰٫۴۱
La(ppm)	۱۲	۱۳٫۷	۱۰٫۴	۱۱٫۷	۱۱٫۱	۱۰٫۵	۱۲٫۶	۱۱٫۱
Lu(ppm)	۰٫۱۶	۰٫۱۶	۰٫۱۱	۰٫۱۳	۰٫۱۱	۰٫۱	۰٫۱۴	۰٫۱۷
Nb(ppm)	۱۸٫۸	۱۷٫۶	۱۷٫۶	۱۵٫۶	۱۳٫۹	۱۷٫۲	۱۷٫۱	۱۷٫۶
Nd(ppm)	۱۰٫۴	۱۱٫۲	۹٫۲	۹٫۷	۹٫۲	۸٫۹۸	۱۰٫۶	۹٫۵۲
Ni(ppm)	۸۹۸	۹۸۳	۹۴۱	۹۱۹	۹۵۱	۹۰۰	۹۹۸	۹۴۱
Pb(ppm)	۲٫۸	۹	۱٫۲	۵	۶	۹٫۲	۵	۱٫۲
Pr(ppm)	۲٫۶۶	۳٫۰۱	۲٫۳۴	۲٫۵۸	۲٫۴۴	۲٫۳	۲٫۸۸	۲٫۴۵
Rb(ppm)	۱۹٫۶	۱۷٫۸	۱۷٫۵	۱۶٫۳	۱۴٫۹	۱۳٫۹	۲۳٫۱	۱۷٫۹
Sc(ppm)	۱۶	۱۵	۱۵	۱۴	۱۳	۱۵	۱۴	۱۵
Sm(ppm)	۲٫۲۶	۲٫۳۱	۲٫۰۷	۲٫۱۳	۲٫۰۸	۲٫۰۳	۲٫۲۱	۲٫۰۴
Sr(ppm)	۳۶۸	۳۳۹	۳۳۹	۲۲۴	۲۰۸	۲۸۹	۲۷۹	۲۸۷
Ta(ppm)	۱٫۵	۱٫۲	۱٫۳۸	۱٫۱	۰٫۹	۱٫۳۲	۱٫۱	۱٫۴۲
Tb(ppm)	۰٫۳۸	۰٫۴۱	۰٫۳۴	۰٫۳۳	۰٫۳۵	۰٫۳۴	۰٫۳۴	۰٫۳۴
Th(ppm)	۱٫۴۱	۱٫۹۲	۱٫۲۶	۱٫۵۸	۱٫۴۱	۱٫۲۵	۱٫۶۹	۱٫۳۱
Tm(ppm)	۰٫۱۷	۰٫۱۷	۰٫۱۶	۰٫۱۲	۰٫۱۳	۰٫۱۶	۰٫۱۴	۰٫۱۵
U(ppm)	۰٫۳۱	۰٫۵۴	۰٫۲۸	۰٫۴۹	۰٫۴۵	۰٫۳۴	۰٫۳۹	۰٫۲۸
V(ppm)	۱۱۹	۱۲۹	۱۱۰	۱۱۷	۱۰۶	۱۱۰	۱۲۳	۱۱۰
Y(ppm)	۱۱٫۷	۱۰٫۱	۱۱٫۴	۹٫۲	۸٫۶	۱۰٫۹	۹٫۴	۱۱٫۷
Yb(ppm)	۰٫۹۸	۰٫۹۹	۰٫۹۴	۰٫۸۱	۰٫۷۸	۰٫۸۸	۰٫۸۹	۰٫۹۳
Zn(ppm)	۱۰۱	۱۳۲	۱۰۷	۱۳۵	۱۰۱	۱۰۸	۱۳۷	۱۰۷
Zr(ppm)	۵۲	۶۱	۵۶	۵۲	۴۹	۵۳	۵۷	۵۸



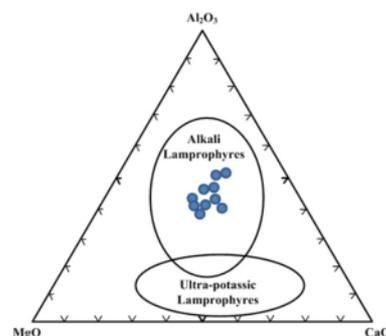
شکل ۸ نمودار عنکبوتی بهنجار شده با Primitive Mantle. [۱۷]

شیمی کانی‌ها

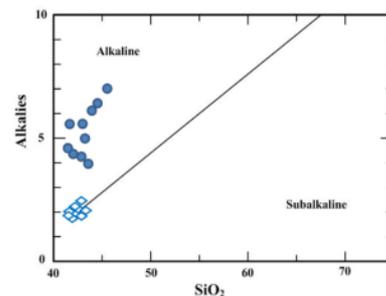
آمفیبول: نتایج آنالیز آمفیبول در نمونه‌های معرف در جدول ۳ ارائه شده‌اند. براساس نمودار Na+K در برابر Si [۱۸] مجموع کاتیون‌های قلیائی آمفیبول‌های منطقه از مقدار مشخص شده برای چرماکیت بیشتر بوده و آن‌ها را در گستره‌ی پارگازیت قرار می‌دهد (شکل ۹). ترکیب آمفیبول‌ها با در نظر گرفتن نمودار Si در مقابل  $Mg/(Mg+Fe^{2+})$ ، که براساس میزان  $(Ti < 0.5, Ti \geq 0.5)$  به دو فیلد تقسیم شده و با در نظر گرفتن نتایج آنالیز میکروپروب نمونه‌های لامپروفیری که میزان Ti اغلب نمونه‌ها بیشتر از ۵/ می‌باشد، لذا ترکیب آمفیبول اکثر نمونه‌های لامپروفیری مورد بررسی کرسوتیت تا فروکرسوتیت و تعداد کمی از نمونه‌ها نیز ترکیب فروپارگازیتی نشان می‌دهند (شکل ۱۰). با ترسیم آمفیبول‌های موجود در لامپروفیرها روی نمودار [۱۹] مشاهده می‌شود که ماگمای مولد نمونه‌های مورد بررسی به سری قلیایی وابسته‌اند (شکل ۱۱). کلینوپیروکسن: نتایج حاصل از تجزیه این کانی در جدول ۴ نشان داده شده‌اند. به منظور جدا کردن دقیق‌تر پیروکسن‌های مورد بررسی، از نمودار مثلثی  $Mg-Na-(Fe^{2+}+Mn)$  [۲۰] استفاده شد (شکل ۱۲) که بر این اساس ترکیب شیمیائی کلینوپیروکسن‌ها از نوع دیپوسید ارزیابی می‌شود. در نمودار مثلثی  $Ti-Na-Al^{(IV)}$  [۲۱] که نشان دهنده‌ی کلینوپیروکسن‌های  $NAT=NaTi_{0.5}R_{0.5}^{2+}Si_2O_6$ ،  $TAL=CaTiAl_2O_6$ ،  $NATA=NaTiSiAlO_6$ ،  $AC=NaFeSi_2O_6$ ،  $CATS=CaAlAlSiO_6$ ،  $JD=NaAlSi_2O_6$  و  $UR=NaCrSi_2O_6$  است، ترکیب کلینوپیروکسن‌های الیوین گابروها کاملاً در گستره‌ی Ca چرماک (CATS) قرار می‌گیرند (شکل ۱۳). براساس نمودار رده‌بندی آلبیت، آنورتیت و ارتوکلاز، ترکیب پلاژیوکلازها در لامپروفیرها در گستره‌ی ترکیبی بین آلبیت تا آندزین و در الیوین گابروها بین آندزین (در حاشیه) تا بیتونیت (در مرکز) قرار می‌گیرد. ترکیب میکاهای مورد بررسی در لامپروفیرها بیتونیت و در الیوین گابروها فلوگوپیت تعیین شده است. الیوین‌های مربوط به الیوین گابروی منطقه‌ی هوای دارای ترکیب کریزولیت هستند.



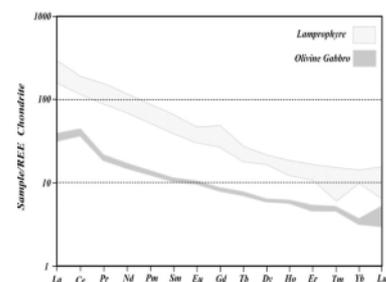
شکل ۴ نمودار سه وجهی  $K_2O, MgO, Al_2O_3$  و موقعیت نمونه‌های مورد بررسی در آن، [۱۲].



شکل ۵ نمودار سه وجهی  $Al_2O_3-MgO-CaO$  و موقعیت نمونه‌های لامپروفیری در آن، [۱۳].



شکل ۶ نمودار  $Na_2O + K_2O$  نسبت به  $SiO_2$  و موقعیت نمونه‌های مورد بررسی در آن، [۱۴] (لامپروفیر با نماد دایره و الیوین گابرو با نماد لوزی).



شکل ۷ نمودار عنکبوتی بهنجار شده با REE Chondrite، [۱۶].

جدول ۳ نتایج آنالیز نقطه‌ای آمفیبول‌های موجود در لامپروفیرهای منطقه.

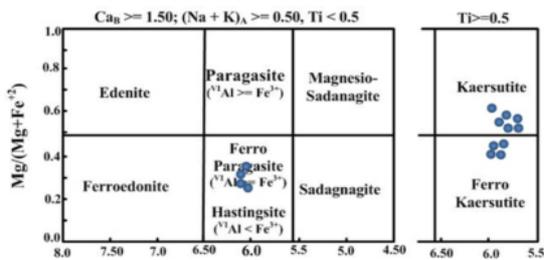
AMP	AMP1	AMP2	AMP3	AMP4	AMP5	AMP6	AMP7	AMP8	AMP9	AMP10	AMP11	AMP12	AMP13	AMP14
SiO <sub>2</sub>	۳۸,۰۹	۳۷,۸۸	۳۸,۴۸	۳۸,۵۳	۳۹,۰۷	۳۸,۴۱	۳۹,۱۰	۳۹,۰۱	۳۸,۸۰	۳۷,۴۶	۳۷,۹۶	۳۷,۰۲	۳۶,۶۴	۳۷,۰۹
TiO <sub>2</sub>	۵,۶۹	۶,۰۳	۳,۷۷	۴,۴۰	۳,۷۰	۵,۳۵	۵,۵۷	۳,۶۴	۳,۷۸	۵,۸۵	۵,۱۸	۶,۰۸	۵,۰۸	۵,۴۲
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	۱۴,۰۱	۱۴,۳۰	۱۱,۹۲	۱۳,۰۵	۱۲,۱۲	۱۴,۴۸	۱۳,۸۲	۱۲,۰۵	۱۲,۱۰	۱۳,۳۵	۱۲,۴۶	۱۳,۵۷	۱۱,۸۰	۱۲,۳۲
FeO	۱۳,۹۲	۱۴,۳۵	۲۳,۷۸	۱۹,۷۱	۲۲,۳۳	۱۴,۲۸	۱۲,۲۵	۲۳,۴۰	۲۰,۹۱	۱۵,۲۸	۱۸,۴۴	۱۵,۳۰	۱۹,۴۲	۱۸,۲۵
MnO	۰,۲۳	۰,۲۱	۰,۵۳	۰,۳۸	۰,۴۸	۰,۲۱	۰,۲۰	۰,۵۳	۰,۴۳	۰,۲۱	۰,۳۲	۰,۲۱	۰,۳۴	۰,۲۹
MgO	۱۰,۱۹	۹,۷۹	۴,۸۳	۶,۸۳	۵,۵۴	۹,۹۱	۱۱,۲۷	۴,۹۵	۶,۴۶	۹,۲۲	۷,۶۶	۹,۲۱	۷,۱۴	۷,۸۴
CaO	۱۱,۹۸	۱۲,۱۵	۱۱,۱۶	۱۱,۵۱	۱۱,۳۹	۱۲,۰۹	۱۲,۱۳	۱۱,۲۸	۱۱,۴۶	۱۲,۱۳	۱۱,۷۹	۱۲,۱۲	۱۱,۶۱	۱۱,۶۶
Na <sub>2</sub> O	۲,۴۲	۲,۲۶	۲,۵۶	۲,۴۲	۲,۳۶	۲,۲۲	۲,۲۳	۲,۴۴	۲,۴۳	۲,۲۲	۲,۱۷	۲,۱۸	۲,۲۸	۲,۲۵
K <sub>2</sub> O	۱,۲۹	۱,۲۹	۱,۶۹	۱,۶۰	۱,۶۸	۱,۳۳	۱,۲۵	۱,۷۵	۱,۶۵	۱,۳۲	۱,۵۵	۱,۲۸	۱,۵۲	۱,۴۵
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	.	.	.	.	۰,۰۱	.	.	۰,۰۱	.	.	.	.	۰,۰۱	.
Summe	۹۷,۸۲	۹۸,۲۶	۹۸,۷۲	۹۸,۴۳	۹۸,۶۸	۹۸,۲۸	۹۷,۸۲	۹۹,۰۶	۹۸,۰۲	۹۷,۰۴	۹۷,۵۳	۹۶,۹۷	۹۵,۸۴	۹۶,۵۷

کاتیون‌ها براساس ۲۳ اکسیژن محاسبه

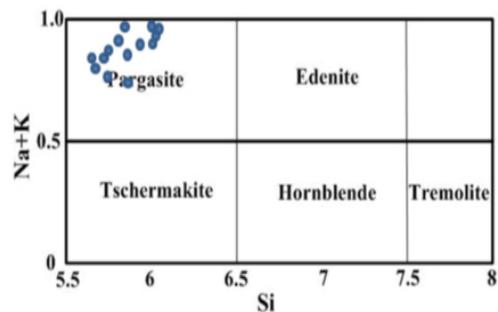
Si	۵,۷۶۴	۵,۷۲۳	۶,۰۳۴	۵,۹۴۹	۶,۰۸۴	۵,۷۸۰	۵,۸۵۷	۶,۰۸۴	۶,۰۴۹	۵,۷۷۷	۵,۸۹۹	۵,۷۱۰	۵,۸۴۱	۵,۸۱۸
Ti	۰,۶۴۷	۰,۶۸۵	۰,۴۴۵	۰,۵۱۱	۰,۴۳۳	۰,۶۰۵	۰,۶۲۷	۰,۴۲۷	۰,۴۴۳	۰,۶۷۸	۰,۶۰۵	۰,۷۰۵	۰,۶۰۹	۰,۶۳۹
Al	۲,۴۹۹	۲,۵۴۷	۲,۲۰۳	۲,۳۷۵	۲,۲۲۵	۲,۵۶۸	۲,۴۴۰	۲,۲۱۵	۲,۲۲۴	۲,۴۲۷	۲,۲۸۳	۲,۴۶۷	۲,۲۱۷	۲,۲۷۸
Fe <sup>3+</sup>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Fe <sup>2+</sup>	۱,۷۶۱	۱,۸۱۳	۳,۱۱۸	۲,۵۴۴	۲,۹۰۸	۱,۷۹۷	۱,۵۳۴	۳,۰۵۲	۲,۷۲۶	۱,۹۷۱	۲,۳۹۶	۱,۹۷۳	۲,۵۸۹	۲,۳۹۴
Mn	۰,۰۲۹	۰,۰۲۷	۰,۰۷۰	۰,۰۵۰	۰,۰۶۳	۰,۰۲۷	۰,۰۲۵	۰,۰۷۰	۰,۰۵۷	۰,۰۲۷	۰,۰۴۲	۰,۰۲۷	۰,۰۴۶	۰,۰۳۹
Mg	۲,۲۹۸	۲,۲۰۵	۱,۱۲۹	۱,۵۷۲	۱,۲۸۶	۲,۲۲۳	۲,۵۱۶	۱,۱۵۱	۱,۵۰۱	۲,۱۱۹	۱,۷۷۴	۲,۱۱۷	۱,۶۹۷	۱,۸۳۳
Ca	۱,۹۴۲	۱,۹۶۷	۱,۸۷۵	۱,۹۰۴	۱,۹۰۰	۱,۹۴۹	۱,۹۴۷	۱,۸۸۵	۱,۹۱۴	۲,۰۰۴	۱,۹۶۳	۲,۰۰۳	۱,۹۸۳	۱,۹۵۹
Na	۰,۷۱۰	۰,۶۶۲	۰,۷۷۸	۰,۷۲۴	۰,۷۱۲	۰,۶۴۸	۰,۶۴۸	۰,۷۲۸	۰,۷۳۴	۰,۶۶۴	۰,۶۵۴	۰,۶۵۲	۰,۷۰۵	۰,۶۸۴
K	۰,۲۴۹	۰,۲۴۹	۰,۳۳۸	۰,۳۱۵	۰,۳۳۴	۰,۲۵۵	۰,۲۳۹	۰,۳۴۸	۰,۳۲۸	۰,۲۶۰	۰,۳۰۷	۰,۲۵۲	۰,۳۰۹	۰,۲۹۰
Cr	.	.	.	.	۰,۰۰۱	.	.	۰,۰۰۱	.	.	.	.	۰,۰۰۱	.
Sum	۱۵,۹۰۱	۱۵,۸۷۷	۱۵,۹۹۱	۱۵,۹۴۳	۱۵,۹۴۶	۱۵,۸۵۲	۱۵,۸۳۳	۱۵,۹۷۱	۱۵,۹۷۷	۱۵,۹۲۸	۱۵,۹۲۴	۱۵,۹۰۶	۱۵,۹۹۷	۱۵,۹۳۴

توزیع کاتیون‌ها در سایت‌های بلوری

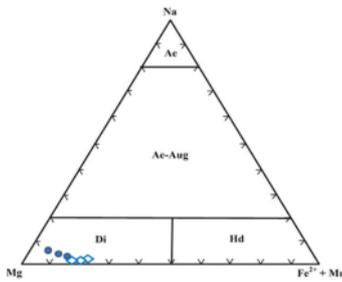
Al(IV)	۲,۲۲۶	۲,۲۷۷	۱,۹۶۶	۲,۰۵۱	۱,۹۱۶	۲,۲۲۰	۲,۱۴۳	۱,۹۱۶	۱,۹۵۱	۲,۲۲۳	۲,۱۰۱	۲,۲۹۰	۲,۱۵۹	۲,۱۸۲
<sup>c</sup> Al(VI)	۰,۲۶۳	۰,۲۷۰	۰,۲۳۸	۰,۳۲۳	۰,۳۰۹	۰,۳۴۸	۰,۲۹۷	۰,۲۹۹	۰,۲۷۳	۰,۲۰۴	۰,۱۸۲	۰,۱۷۷	۰,۰۵۹	۰,۰۹۶
(Na+K)A	۰,۹۰۱	۰,۸۷۷	۰,۹۹۱	۰,۹۴۳	۰,۹۴۶	۰,۸۵۲	۰,۸۳۳	۰,۹۷۱	۰,۹۷۷	۰,۹۲۳	۰,۹۲۴	۰,۹۰۴	۰,۹۹۷	۰,۹۳۴
M <sub>1</sub> (M+Fe <sup>2+</sup> )	۰,۵۶۶	۰,۵۴۹	۰,۲۶۶	۰,۳۸۲	۰,۳۰۷	۰,۵۵۳	۰,۶۲۱	۰,۲۷۴	۰,۳۵۵	۰,۵۱۸	۰,۴۲۵	۰,۵۱۸	۰,۳۹۶	۰,۴۳۴
100Na(Na+Ca)	۲۶,۷۶۹	۲۵,۱۸۳	۲۹,۳۳۳	۲۷,۵۶۱	۲۷,۲۷۰	۲۴,۹۴۰	۲۴,۹۶۳	۲۸,۱۳۱	۲۷,۷۳۰	۲۴,۸۷۹	۲۴,۹۸۴	۲۴,۵۵۶	۲۶,۲۱۹	۲۵,۸۸۱
100Al(Al+Si)	۳۰,۲۴۳	۳۰,۷۹۵	۲۶,۷۴۷	۲۸,۵۳۲	۲۶,۷۷۵	۳۰,۷۶۵	۲۹,۴۱۰	۲۶,۶۹۲	۲۶,۸۷۹	۲۹,۵۸۱	۲۷,۸۹۷	۳۰,۱۷۱	۲۷,۵۱۶	۲۸,۱۳۷
Al(VI)Fe <sup>3+</sup> +TiCr	۰,۹۱۱	۰,۹۵۵	۰,۶۸۲	۰,۸۳۴	۰,۷۴۳	۰,۹۵۴	۰,۹۲۴	۰,۷۲۸	۰,۷۱۶	۰,۸۸۳	۰,۷۸۷	۰,۸۸۲	۰,۶۶۹	۰,۷۳۵



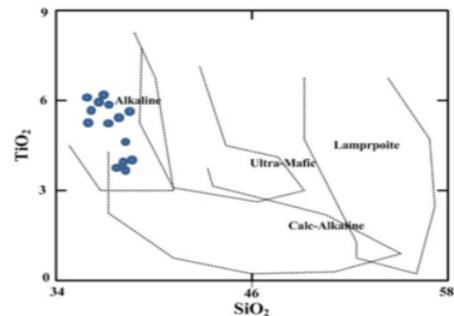
شکل ۱۰ موقعیت آمفیبول‌های موجود در لامپروفیرها در نمودار نسبت کاتیونی Mg/(Mg+Fe<sup>2+</sup>) در برابر Si، [۱۸].



شکل ۹ موقعیت آمفیبول‌های موجود در لامپروفیرها در نمودار (Na+K)-Si، [۱۸].



شکل ۱۲ ترکیب شیمیائی کلینوپیروکسن های موجود در لامپروفیرها و الیون گابروها بر روی نمودار مثلثی Mg-Na-(Fe+2+Mn). [۲۰]. (علائم همانند شکل ۶).



شکل ۱۱ جدایش محیط زمین ساختی لامپروفیرهای مورد بررسی با استفاده از ترکیب شیمیائی آمفیبول [۱۹].

جدول ۴ نتایج آنالیز نقطه ای کلینوپیروکسن های موجود در لامپروفیرها (LAM) و الیون گابروها (OGB).

CPX	LAM1	LAM2	LAM3	OGB1	OGB2	OGB3
SiO <sub>2</sub>	۴۹/۳۹	۴۸/۹۳	۴۴/۸۹	۵۴/۸۹	۵۳/۳۸	۵۲/۸۷
TiO <sub>2</sub>	۲/۰۲	۰/۱۹	۳/۸	۰/۱۲	۰/۲۹	۰/۲۳
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	۴/۵۳	۴/۴۸	۷/۸۳	۰/۵۷	۰/۵۴	۰/۹۶
FeO	۷/۴۲	۷/۵۲	۸/۱۳	۱۴/۴۳	۱۴/۱۷	۱۵/۷۱
MnO	۰/۱۹	۰/۱۷	۰/۱۵	۰/۳	۰/۲۸	۰/۲۸
MgO	۱۳/۴۱	۱۳/۲۷	۱۱/۷۳	۲۸/۷۴	۲۸/۷۷	۲۷/۹۶
CaO	۲۳/۰۸	۲۳/۰۹	۲۳/۰۳	۰/۸	۱	۰/۹۷
Na <sub>2</sub> O	۰/۳۶	۰/۳۸	۰/۵	۰/۰۴	۰/۰۳	۰/۰۵
K <sub>2</sub> O	.	.	۰/۰۱	.	.	۰/۰۵
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	.	۰/۰۳	.	۰/۰۷	۰/۰۲	۰/۰۴
Summe	۱۰۰/۴۰	۱۰۰/۰۶	۱۰۰/۰۷	۹۹/۹۶	۹۸/۴۸	۹۹/۱۲

کاتیون ها بر اساس 6 اکسیژن محاسبه شده اند

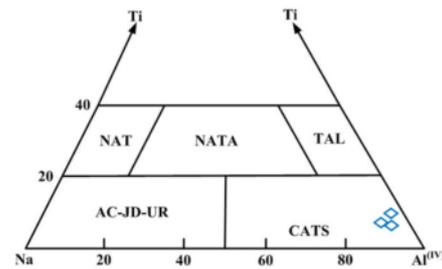
Si	۱/۸۲۹	۱/۸۲۰	۱/۶۷۸	۱/۹۶۴	۱/۹۳۵	۱/۹۱۵
Ti	۰/۰۵۶	۰/۰۶۱	۰/۱۰۷	۰/۰۰۳	۰/۰۰۸	۰/۰۰۶
Al	۰/۱۹۸	۰/۱۹۶	۰/۳۴۵	۰/۰۲۴	۰/۰۲۳	۰/۰۴۱
Fe	۰/۲۳۰	۰/۲۳۴	۰/۲۵۴	۰/۴۳۲	۰/۴۳۰	۰/۴۷۶
Mn	۰/۰۰۶	۰/۰۰۵	۰/۰۰۵	۰/۰۰۹	۰/۰۰۹	۰/۰۰۹
Mg	۰/۷۴۰	۰/۷۳۵	۰/۶۵۳	۱/۵۳۳	۱/۵۵۴	۱/۵۰۹
Ca	۰/۹۱۶	۰/۹۲۰	۰/۹۲۲	۰/۰۳۱	۰/۰۳۹	۰/۰۳۸
Na	۰/۰۲۶	۰/۰۲۷	۰/۰۳۶	۰/۰۰۳	۰/۰۰۲	۰/۰۰۴
K	.	.	.	.	.	۰/۰۰۲
Cr	.	۰/۰۰۱	.	۰/۰۰۲	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱
Sum	۴	۴	۴	۴	۴	۴

توزیع کاتیون ها در سایت های طوره

T Si	۱/۸۲۹	۱/۸۲۰	۱/۶۷۸	۱/۹۶۴	۱/۹۳۵	۱/۹۱۵
Al(IV)	۰/۱۷۱	۰/۱۸۰	۰/۳۲۲	۰/۰۳۶	۰/۰۶۵	۰/۰۸۵
Fe <sup>2+</sup>	۰/۱۱۶	۰/۱۰۳	۰/۰۲۵	۰/۳۸۴	۰/۳۲۸	۰/۳۴۹
Fe <sup>3+</sup>	۰/۱۱۴	۰/۱۳۱	۰/۲۳۰	۰/۰۴۸	۰/۱۰۱	۰/۱۲۷
Mg	۰/۶۸۷	۰/۶۸۸	۰/۶۱۷	۰/۵۷۵	۰/۶۰۴	۰/۵۶۱
Ti	۰/۰۵۶	۰/۰۶۱	۰/۱۰۷	۰/۰۰۳	۰/۰۰۸	۰/۰۰۶
Cr	.	۰/۰۰۱	.	۰/۰۰۲	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱
M <sup>2</sup> Na	۰/۰۲۶	۰/۰۲۷	۰/۰۳۶	۰/۰۰۳	۰/۰۰۲	۰/۰۰۴
Ca	۰/۹۱۶	۰/۹۲۰	۰/۹۲۲	۰/۰۳۱	۰/۰۳۹	۰/۰۳۸
Mg	۰/۰۵۳	۰/۰۴۷	۰/۰۳۷	۰/۹۵۷	۰/۹۵۰	۰/۹۴۸

Quad	۱/۷۷۱	۱/۷۵۹	۱/۶۰۰	۱/۹۴۷	۱/۹۲۲	۱/۸۹۶
Jd	۰/۰۵۲	۰/۰۵۵	۰/۰۷۲	۰/۰۰۶	۰/۰۰۴	۰/۰۰۷
FeII/(FeII+Mg)	۰/۱۳۵	۰/۱۲۳	۰/۰۳۶	۰/۲۰۰	۰/۱۷۴	۰/۱۸۸
Di	۰/۸۶۵	۰/۸۷۷	۰/۹۶۴	۰/۸۰۰	۰/۸۲۶	۰/۸۱۲
Hd	۰/۱۳۵	۰/۱۲۳	۰/۰۳۶	۰/۲۰۰	۰/۱۷۴	۰/۱۸۸
Di%	۸۴/۰۴	۸۵/۰۵	۹۲/۲۱	۷۹/۷۴	۸۲/۳۸	۸۰/۹۳
Hd%	۱۳/۱۲	۱۱/۹۳	۳/۴۶	۱۹/۹۸	۱۷/۴۰	۱۸/۷۰
Ae%	۲/۳۰	۲/۶۹	۳/۹۵	۰/۳۸	۰/۳۷	۰/۵۷

گابروها ۳/۲۴ است. بنابراین می توان نتیجه گرفت که این سنگها از گوشته ریشه گرفته اند. همچنین پایین بودن نسبت Zr/Nb در سنگهای مورد بررسی بیانگر کمتر بودن درجهی ذوب بخشی است. برای شناسائی کانی شناسی و درجهی ذوب بخشی حاصل از نمودار Sm/Yb نسبت به La/Sm [۲۶] (شکل ۱۵) استفاده شد. براساس این نمودار نمونه های لامپروفیری در روی منحنی اسپینل - گارنت لرزولیت و نمونه های الیوین گابرو در زیر و نزدیک منحنی اسپینل - گارنت لرزولیت قرار می گیرند. بنابراین لامپروفیرهای منطقه از ذوب بخشی ۱ درصدی و نمونه های الیوین گابرو از ذوب بخشی حدود ۵ درصدی اسپینل - گارنت لرزولیت حاصل شده اند. نسبت پایین Ce/Yb در بازالتها نشان دهندهی درجهی ذوب بخشی بالا و وجود اسپینل در فاز باقیمانده بوده و نسبت بالای Ce/Yb بیانگر درجهی ذوب بخشی کم و وجود گارنت در فاز باقیمانده است. میانگین این نسبت در لامپروفیرهای مورد بررسی ۵۶/۰۳ و در الیوین گابروها ۳۵/۰۷ است. بنابراین نسبت بالای Ce/Yb در سنگهای منطقهی مورد بررسی بیانگر درجه ذوب بخشی اندک و وجود گارنت در فاز باقیمانده است. به منظور تعیین محیط زمین ساختی نمونه های لامپروفیری و الیوین گابرو از نمودار مثلثی Th-Hf/3-Nb/16 [۲۷] استفاده شد (شکل ۱۶). با توجه به این نمودار، نمونه های منطقهی مورد بررسی در گستره ی درون صفحه ای (WP) واقع شده اند. براساس نمودار سه وجهی Nb\*50-Zr\*3-Ce/P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> [۲۸] (شکل ۱۷)، تمامی نمونه های مورد بررسی در قوس های ماگمایی پسا برخوردی قرار گرفته اند. خاستگاه ماگماتیسم قلیایی در محیط های کششی درون صفحه ای هم چنان مورد بحث است. در حال حاضر عقیده بر این است که بازالت های قلیایی جزایر اقیانوسی (OIB) تنها از گوشته ی استنوسفری مشتق می شوند ولی ماگماهای قلیایی درون قاره ای می توانند به وسیله ی ذوب بخشی گوشته ی دگرنهادی غنی از LREE و LILE ایجاد شوند. غنی شدگی از Ba, Pb و LREE و تهی - شدگی از HREE در ماگماهای قلیایی قاره ای را می توان به خاستگاه گوشته لیتوسفری نسبت داد. نفوتتیس اقیانوسی با راستای شمال غربی - جنوب شرقی بوده است که با گشایش آن ایران از سرزمین های گندوانائی جدا شده و با حرکت رو به شمال و بستن اقیانوس پالتوتتیس، به اوراسیا ملحق شده است. مدل های ژئودینامیکی مختلفی در خصوص زمان باز و بسته



شکل ۱۳ نمودار مثلثی Ti-Na-Al(IV) که در آن کلینوپروکسن - های الیوین گابرو در گستره CATS واقع شده اند، [۲۱].

### گرما-فشارسنجی

به منظور برآورد شرایط دما و فشار تبلور لامپروفیرها از روش های متعدد تبادل کاتیونی بهره گرفته شد. ترکیب شیمیائی کانی آمفیبول به صورت گسترده برای تعیین فشار سنگ های آذرین و دگرگون به کار می رود. با استفاده از مقدار کاتیونی آلومینیوم کل موجود در ساختار آمفیبول، درجه بندی های مختلف از طریق روابط ۱، ۲ و ۳ فشاری بین  $0.5 \pm 6$  تا  $0.6 \pm 13$  و دمای تبلور ۸۷۷/۶۶ برای لامپروفیرها برآورد شده است. با توجه به این که در رابطه ی ۲ علاوه بر  $Al_{total}$  از دمای تخمینی نیز بهره گرفته شده است، لذا با توجه به اختلاف قابل توجه فشار محاسبه شده برای تبلور بلورهای آمفیبول در لامپروفیر، فشار محاسبه شده از رابطه ی مستقل از دمای  $(0.5 \pm 6)$  (رابطه ۱) استفاده شده است.

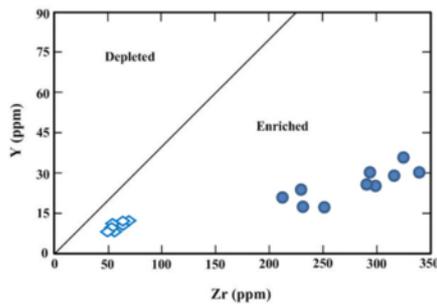
$$(1) P \pm 0.5 Kb = -3.92 + 4.23 Al^I \quad [22],$$

$$(2) P \pm 0.6 Kb = -3.01 + 4.76 Al^I - (T^{\circ} - 675/85) \times 0.53 Al^I + 0.005294 \times (T^{\circ} - 675) \quad [23],$$

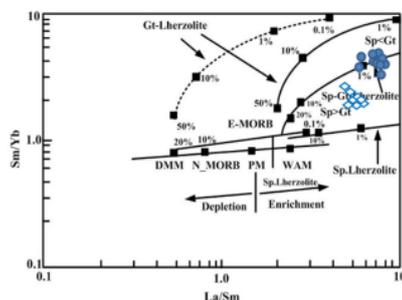
$$(3) T^{\circ} = 273 \times (Ti/230) + 877 \quad [24]$$

برای تعیین دمای تبلور بلورهای الیوین در ماگمای مولد الیوین گابروی هوای از واکنش بین کلینوپروکسن-الیوین±اسپینل [۲۵] استفاده شد. بر این اساس دمای معادل ۱۰۱۳ درجهی سانتی گراد برای تشکیل این بلورها در الیوین گابروی هوا به دست آمد.

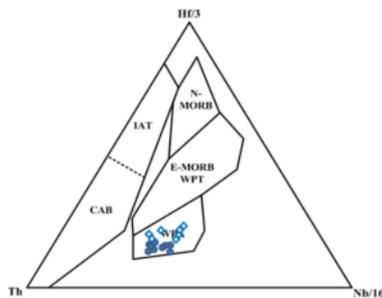
برای تعیین میزان غنی شدگی یا تهی شدگی خاستگاه سنگ های منطقهی مورد بررسی از نسبت Y نسبت به Zr [۱۷]، (شکل ۱۴) استفاده شد. بر این اساس ماگمای مولد نمونه های لامپروفیری و الیوین گابروی مورد بررسی از گوشته - ی غنی شده ریشه گرفته اند. نسبت Zr/Nb در سنگ های پوسته ی بالا و در حدود ۲۲ تا ۲۵ گزارش شده است. در حالی - که میانگین این نسبت در لامپروفیرها ۲/۷۲ و در الیوین



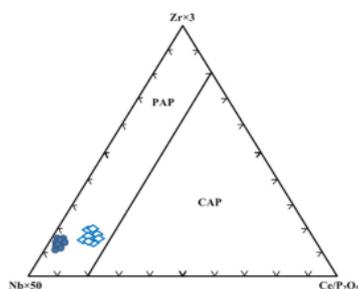
شکل ۱۴ نمودار Y-Zr برای تفکیک خاستگاه غنی شده و تهی شده [۱۷] (علائم همانند شکل ۶).



شکل ۱۵ نمودار Sm/Yb-La/Sm برای تعیین منشأ و درجه ذوب بخشی، [۲۶] (علائم همانند شکل ۶).



شکل ۱۶ نمودار Th-Hf/3-Nb/16 و موقعیت نمونه های مورد بررسی در آن، [۲۷] (علائم همانند شکل ۶).



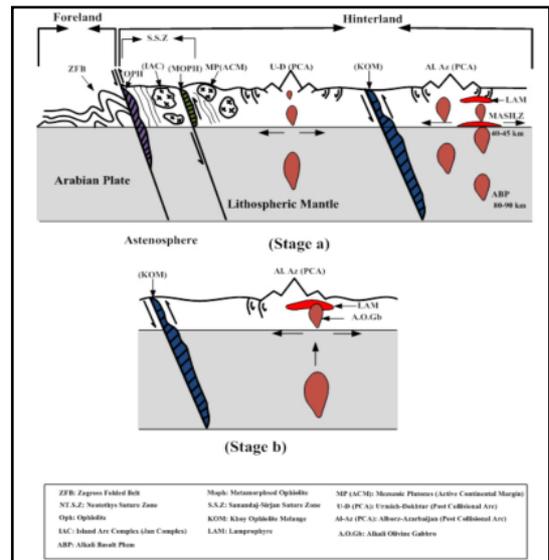
شکل ۱۷ نمودار Nb\*50-Zr\*3-Ce/P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> و موقعیت نمونه های لامپروفیری و گابروئی در آن، [۲۸] (علائم همانند شکل ۶).

شدن و شکل گیری های این اقیانوس در ایران در سالیان اخیر ارائه شده است برای مثال: [۲۹، ۳۰ و ۳۱]. در مدل های فوق سه زمان باز شدن برای نتوتیس بیان شده که شامل الف- کالدونین [۲۹]، ب- هرسی نین [۳۱] و ج- سیمین پیشین [۳۰]. برای زمان بسته شدن نیز سه بازه زمانی الف- کرتاسه فوقانی-پالئوسن (فاز لارامید) [۲۹]، ب- الیگوسن [۳۲] و ج- میوسن پسین-پلیوسن [۳۱]. همچنین در مدل های ژئوتکتونیکي ارائه شده برای شکل گیری نتوتیس فرورانش منفرد، فرورانش مزدوج هم زمان و نا هم زمان برای مرحله ی فعال این اقیانوس در نظر گرفته شده است. با توجه به داده های حاصل از این پژوهش و موقعیت نمونه ها در نمودارهای جدا کننده ی محیط زمین ساختی (قوس پسا برخوردی)، از تنها مدل قابل استناد [۲۹] استفاده شد. در این مدل برای مرحله ی فعال نتوتیس دو فرورانش متوالی، هم زمان و هم سو در نظر گرفته شدند. این دو فرورانش هم زمان با تولید همبافت جزائر قوسی و حاشیه ی فعال قاره در مزوزوئیک همراه بوده اند (بازهی زمانی ژوراسیک زیرین تا کرتاسه فوقانی). در این مدل قوس های ماگمائی ارومیه-دختر و البرز غربی-آذربایجان به عنوان قوس های ماگمائی پسا برخورد در نظر گرفته شده اند. با توجه به سن نسبی ارائه شده برای توده های لامپروفیری و گابروی قلیایی هوای (الیگوسن)، چنین تصور می شود که فرآیندهای کششی پسا برخورد، باعث فعال شدن گسل های عمیق لیتوسفری در پوسته ی ایران شده و با فعالیت آن ها و کاهش فشار از روی گوشته ی دگرنهاد، ذوب بخشی با نرخ کم (۵ درصد) در گوشته اسپینل-گارنت لرزولیتی رخ داده است. دیاپیرهای ماگمائی تولید شده که سرشت بازالت قلیایی داشته اند، از گوشته ی لیتوسفری صعود کرده و در قاعده ی پوسته متوقف شده اند و ضمن ذوب پوسته و آرایش با حجم اندک گدازه های پوسته ای (تقابل بازالت قلیایی گوشته ای با مقادیر جزئی پوسته) و تشکیل ماگمای MI پیشنهادی [۳۳]، ماگمای لامپروفیری قلیایی شکل گرفته و با صعود به ترازهای بالاتر، به شکل لاکولیت در هسته طاقدیس های از قبل موجود، جای گیری کرده است. متعاقب آن با صعود دیاپیرهای ماگمای بازالتی قلیایی به سمت بالا، توده ی لاکولیتی یاد شده به وسیله فرآورده های عمقی این دیاپیر (گابروی قلیایی) قطع شده است (شکل ۱۸).

است. براساس واکنش بین کلینوپیروکسن-الیونین±اسپینل [۲۵] در گابروی قلیایی، دمای تبلور الیونین در این توده در ۱۰۱۳ درجه‌ی سانتی‌گراد رخ داده است. ۵- ماگمای مولد لامپروفیرها و گابروی قلیایی براساس نمودار TAS دارای سرشت قلیایی است. ۶- هر دو گروه سنگی غنی‌شدگی از LREE نسبت به HREE داشته و بررسی نسبت Y/Zr نشان می‌دهد که ماگمای مولد این گروه‌های سنگی از گوشته غنی شده ریشه گرفته‌اند. پائین بودن نسبت Zr/Nb نشانگر نرخ ذوب کم گوشته غنی شده و تولید ماگمای قلیایی مولد گابرو و لامپروفیر هواس‌ت. ۷- بررسی نرخ ذوب بخشی بر اساس نمودار La/Sm - Sm/Yb نشان می‌دهد که نمونه‌های لامپروفیری و گابروی قلیایی به ترتیب از نرخ ذوب یک و پنج درصدی اسپینل- گارنت لرزولیت غنی شده ریشه گرفته‌اند. این ویژگی با نسبت پائین Ce/Yb در این گروه‌های سنگی حمایت می‌شود و نشانگر باقی ماندن گارنت در فاز تفاله است. همچنین غنی‌شدگی از Ba, Pb, LREE و تهی‌شدگی از HREE در ماگمای قلیایی به ریشه گرفتن آن‌ها از گوشته‌ی غنی شده اشاره دارد. ۸- نمونه‌های لامپروفیری و گابروی قلیایی در نمودارهای جدایشی قوس‌های ماگمایی پسا برخوردی و حواشی فعال قاره‌ای [۲۸] در گستره‌ی قوس‌های ماگمایی پسا برخوردی قرار می‌گیرند. ۹- بر اساس [۲۹] پسا برخورد پلیت عربی و ایران در کرتاسه فوقانی- پالئوسن ماگمای بازالتی قلیایی در طی فاز کششی پیرنن از ذوب بخشی اندک گوشته- ی لیتوسفری غنی شده ریشه گرفته و پس از توقف در قاعده‌ی پوسته‌ی قاره‌ای و آلابش اندک با مواد پوسته‌ای به ماگمای لامپروفیری قلیایی تبدیل شده و با صعود به ترازهای بالای پوسته در سنگ‌های چین خورده‌ی کرتاسه فوقانی- پالئوسن تزریق شده و به دنبال آن با صعود، تپ دیگری از ماگمای بازالتی قلیایی و تزریق آن به درون لامپروفیر قلیایی، گابروی قلیایی شکل گرفته است.

### مراجع

[۱] مؤید م، عامل ن، "پتروگرافی و پتروژنز توده لامپروفیری شریف‌آباد (عرب خوی)"، مجموعه مقالات ششمین سیزدهمین همایش انجمن زمین‌شناسی ایران، دانشگاه کرمان، (۱۳۸۱) ۴۸۳-۴۸۶.



شکل ۱۸ مدل ژئوتکتونیک‌ی جایگیری توده لامپروفیری و گابروی قلیایی بر اساس (مؤید، ۲۰۰۱).

### برداشت

نتایج حاصل از این پژوهش به شرح زیراند: ۱- بررسی‌های صحرایی نشان می‌دهد که توده‌ی لامپروفیری هوای به شکل یک لاکولیت در هسته‌ی طاق‌دیس پلانچ‌داری با روند محوری WNW-ESE و متشکل از نهشته‌های فیلیشوئیدی کرتاسه فوقانی- پالئوسن تزریق شده و خود به وسیله استوک گابروئی قلیایی قطع شده است. ۲- با توجه به کانی‌شناسی اصلی آمفیبول، کلینوپیروکسن، بیوتیت، الیونین و خمیره‌ی متشکل از پلاژیوکلاز یا پتاسیم فلدسپار و کانی‌های فرعی آپاتیت و کانی‌های تیره، ترکیب لامپروفیر هوای کامپونیت تا سانائیت ارزیابی شده و گابروی قلیایی نیز با کانی‌شناسی اصلی الیونین، کلینوپیروکسن، پلاژیوکلاز و کانی‌های فرعی فلوگوپیت، آپاتیت و کدر مشخص می‌شود. ۳- بررسی‌های شیمی کانی‌ها، نشان می‌دهد که ترکیب آمفیبول، کلینوپیروکسن، پلاژیوکلاز و میکا در توده‌ی لامپروفیری به ترتیب پارگازیت تا فروچرماکیت، دیوپسید، آلپیت تا آندزین و بیوتیت بوده و ترکیب الیونین، کلینوپیروکسن، پلاژیوکلاز و میکا در گابروی قلیایی به ترتیب کریزولیت، دیوپسید تا کلسیم چرماک، آندزین تا بیتونیت و فلوگوپیت هستند. ۴- دمای فشارسنجی لامپروفیرها با استفاده از مقدار کاتیونی آلومینیوم کل در ساختار آمفیبول [۲۲، ۲۳] و [۲۴] نشان می‌دهد که آمفیبول موجود در لامپروفیر هوای در فشار ۶ کیلو بار و دمای ۸۷۷ درجه‌ی سانتی‌گراد متبلور شده

- J. G., Upton B. G. J., (Eds.), Alkaline Igneous Rocks, vol 30, Geol. Soc. Spec. Publication (1987) 103-190.
- [13] Rock N. M. S., "The nature and origin of lamprophyres", an overview In: Fitton J. G., Upton B. G. J., (Eds.), Alkaline Igneous Rocks, Geol. Soc. Spec. Pub, vol. 30. Blackwell, London (1987) 191-226.
- [14] Irvine T. N., Baragar W. R. A., "A guide to the chemical classification of the common volcanic rocks", Canadian Journal of Earth Science 8 (1971) 523-48.
- [15] Ali S., Ntaflos T., "Alkali basalts from Burgenland, Austria: Petrological constraints on the origin of the western most magmatism in the Carpathian-Pannonian Region", Lithos 121(1-4) (2011) 176-188.
- [16] Boynton W. V., "Geochemistry of the rare earth elements: meteorite studies", In: Henderson P., (Ed.), Rare Earth Element Geochemistry. Elsevier (1984) 63-114.
- [17] Sun S. S., McDonough W. F., "Chemical and isotopic systematic of oceanic basalts: implications for mantle composition and processes", In Saunders A. D., Norry M. J., (eds) Magmatism in ocean basins. Geological Society of London Special Publication 42 (1989) 313-345.
- [18] Leake B. E., Woolleny A. R., Arps C. E. S., Birch W. D., Gilbert M. C., Grice J. D., Hawthorne F. C., Kato A., Kisch H. J., Krivovichev V. G., Linthout K., Laird J., Mandarino J. A., Maresch W. V., Nickel E. H., Rock N. M. S., Schumacher J. C., Smith D. C., Stephenson N. C. N., Ungaretti L., Whittaker E. J. W., Youzhi G., "Nomenclature of amphiboles: Report of the Subcommittee on Amphiboles of the International Mineralogical Association", Commission on New Minerals and Mineral Names, American Mineralogist 82 (1997) 1019-1037.
- [19] Droop G. T. R., "A general equation for estimating  $Fe^{3+}$  concentration in ferromagnesian silicates and oxides from microprobe analysis, using stoichiometric criteria", Mineralogical Magazine 51 (1987) 431-435.
- [20] Eby G. N., Woolley A. R., Din V., Platt G., "Geochemistry and petrogenesis of nepheline syenites: Kasungu-Chipala, Ilomba, and Ulindi nepheline syenite intrusions, North Nyasa Alkaline Province, Malawi", Journal of Petrology v. 39 (1998) 1405-1424.
- [21] Papike J. J., Cameron K. L., Baldwin K., "Amphiboles and Pyroxenes: characterization of [۲] عامل ن.، "مطالعه پترولوژی توده لامپروفیری منور (شمال غرب تبریز)"، سومین همایش انجمن زمین شناسی ایران، دانشگاه شهید بهشتی، (۱۳۷۸).
- [3] Moayyed M., Moazzen M., Calagari A. A., Jahangiri A., Modjarrad M., "Geochemistry and petrogenesis of lamprophyric dykes and the associated rocks from Eslamy Peninsula, NE Iran: Implications for deep-mantle metasomatism", Chemie der Erde 68 (2006) 141-154.
- [۴] مؤذن م.، مؤید م.، حسین زاده ق.، "پتروگرافی و پترولوژی دایک لامپروفیری قخلار (غرب مرند)"، مجموعه مقالات هفتمین همایش انجمن زمین شناسی ایران، دانشگاه اصفهان، (۱۳۸۲).
- [۵] ابرزاده لاله م.، "پتروگرافی و پترولوژی دایک لامپروفیری کوه گوی پشته (شمال غرب مراغه)"، رساله کارشناسی ارشد پترولوژی، دانشگاه تبریز، (۱۳۹۲) ۱۰۷ صفحه.
- [۶] واحدالعین س.، "پترولوژی و پتروژنز دایک های لامپروفیری منطقه الماس (شمال شرق تسوج)"، رساله کارشناسی ارشد پترولوژی، دانشگاه تبریز، (۱۳۹۲) ۹۲ صفحه.
- [۷] عبدلی بهلول آبادی م.، مؤید م.، جهانگیری ا.، حسین زاده ق.، "بررسی پتروگرافی، شیمی کانی، جایگاه تکتونیک و دما- فشار سنجی دایک لامپروفیری کرینگان (شمال غرب ورزقان- آذربایجان شرقی)"، اولین همایش زمین شناسی کاربردی ایران، دانشگاه دامغان، (۱۳۹۲) ص ۹۰۹-۹۱۶.
- [۸] شیردل ن.، مؤید م.، جهانگیری ا.، "کانی شناسی و پتروژنز لامپروفیرهای آلکالن شمال شرق هوراند (استان آذربایجان- شرقی)"، مجموعه مقالات بیست و هفتمین گردهمایی علوم زمین و سیزدهمین همایش انجمن زمین شناسی ایران، (۱۳۸۸).
- [9] Stocklin J., "Structural correlation of the Alpine ranges between Iran and central Asia", Memoir Hors serie de la Societe Geologique de France, No 8 (1977) 333-335.
- [10] Aghanabati S. A., "Geology of Iran", GSI, Tehran, 603 pp (in Persian).
- [11] Whitney D. L., Evans B. W., "Abbreviations for names of rock-forming minerals", American Mineralogist, V. 95 (2010) 185-187.
- [12] Bergman S. C., "Lamprolites and other potassium-rich igneous rocks", a review of their occurrence mineralogy and geochemistry, In: Fitton

- [28] Muller D., Groves D. I., "Pottasic igneous rocks and associated gold-copper mineralization", Sec, Updated Springer Verlag (1997) 242pp.
- [۲۹] مؤید م.، "بررسی های پترولوژیکی نوار ولکانو-پلوتونیک ترشیاری البیرزغربی-آذربایجان با نگرشی ویژه بر منطقه هشتجین"، پایان نامه دکتری، دانشگاه شهید بهشتی، (۱۳۸۰) ۳۲۸ صفحه.
- [30] Ghassemi A., Talbout C. J., "A new tectonic scenario for the Sanandaj-Sirjan Zone (Iran)", Journal of Asian Earth Sciences 26 (2006) 683 – 693.
- [31] Mehdipour Ghazi J., Moazzen M., Rahgoshay M., Shafaii Moghadam S., "Geochemical characteristics of basaltic rocks from the Nain ophiolite (Central Iran): constraints on mantle wedge source evolution in an oceanic back arc basin and a geodynamical model", Tectonophysics 574–575 (2012) 92–104pp.
- [32] Agard P., Monie P., Gerber W., Omrani J., Molinaro M., Meyer B., Labrousse L., Jolivet L., Yamato P., "Transient, synobduction exhumation of Zagros blueschists inferred from P–T, deformation time and kinematic constraints: implications for Neotethyan wedge dynamics", Geophysical Research 111 (2006) B 11401.
- [33] Rock N. M. S., "Lamprophyres", Blackie, Glasgow (1991) 285pp.
- other than quadrilateral components and estimates of ferric iron from microprobe data", Geology Society of America 6 (1974) 1053-1054.
- [22] Harker B. R., "Igneous, sedimentary and metamorphic petrology", John Wiley and sons (1997) 529pp.
- [23] Blundy J. D., Holland T. J. B., "Calcic amphibole equilibria and a new amphibole-plagioclase geothermometer", Contributions to Mineralogy and Petrology 104 (1990) 208–224.
- [24] Anderson J. L., Smith D. R., "The effects of temperature and  $fO_2$  on the Al-in-hornblende barometer", American Mineralogist 80 (1995) 549-559.
- [25] Powell M., Powell R., "An olivine-clinopyroxene geothermometer", Contributions to Mineralogy and Petrology 48 (1974) 249-263.
- [26] Aldanmaz E., Pearce J. A., Thirlwall M. F., Mitchell J. G., "Petrogenetic evolution of late Cenozoic, postcollision volcanism in western Anatolia", Turkey Journal of Volcanology and Geothermal Research 102 (2000) 67-95.
- [27] Wood D. A., "The application of a Th-Hf-Ta diagram to problems of tectonomagmatic classification and to establishing the nature of crustal contamination of basaltic lavas of the British Tertiary volcanic province", Earth and Planetary Sciences Letters 50 (1980) 11-30.