

پترولوژی گدازه‌های آکالن در شمال جیرنده (شرق لوشان)

عبدالرضا سلیمانی^۱، شهروز حق نظر^{۲*}، منصور وثوقی عابدینی^۳ و سعید حکیمی آسیابری^۴

۱. دانشجوی دکتری، گروه زمین‌شناسی، واحد لاهیجان، دانشگاه آزاد اسلامی، لاهیجان، ایران

۲. استادیار، گروه زمین‌شناسی، واحد لاهیجان، دانشگاه آزاد اسلامی، لاهیجان، ایران

۳. دانشیار، گروه زمین‌شناسی، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

۴. دانشیار، گروه زمین‌شناسی، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران

۴. استادیار، گروه زمین‌شناسی، واحد لاهیجان، دانشگاه آزاد اسلامی، لاهیجان، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۷/۱۰

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۸/۰۸

چکیده

در شمال جیرنده و شرق لوشان واقع در کوهستان جنوب البرز مرکزی یکسری سنگ‌های آتشفشانی به صورت دگرشیب بر روی آهک‌های ائوسن میانی جایگزین شده‌اند. این سنگ‌ها دارای خصوصیات آکالن از نوع لامپروفیر هستند و برای اولین بار مورد بررسی پترولوژی این تحقیق قرار می‌گیرند. بافت این سنگ‌ها پورفیریک تا میکروپورفیریک با خمیره میکروولیتی می‌باشد. فنوکریست‌ها و میکروفنوکریست‌های نمونه‌های برداشت شده همه از نوع الیوین، پیروکسن‌های آکالن و بیوتیت می‌باشند و در خمیره‌ای متشکل از الیوین، پیروکسن، پلاژیوکلاز، آمفیبول، بلورهای بسیار ریز نفلین، آپاتیت و کانی‌های فلزی جایگزین شده‌اند. بررسی‌های ژئوشیمیایی این سنگ‌ها حاکی از آن است، این سنگ‌ها از نوع لامپروفیرهای آکالن هستند و ماگمای آنها حاصل ذوب بخشی بسیار جزئی یک منبع گوشته آستنسفری مشابه با OIB و در رخساره گارنت لرزولیت می‌باشد و در یک محیط تکتونیکی ریفت درون قاره‌ای جایگزین شده‌اند.

واژه‌های کلیدی: ایران، پترولوژی، جیرنده، گدازه‌های آکالن، لامپروفیر.

مقدمه

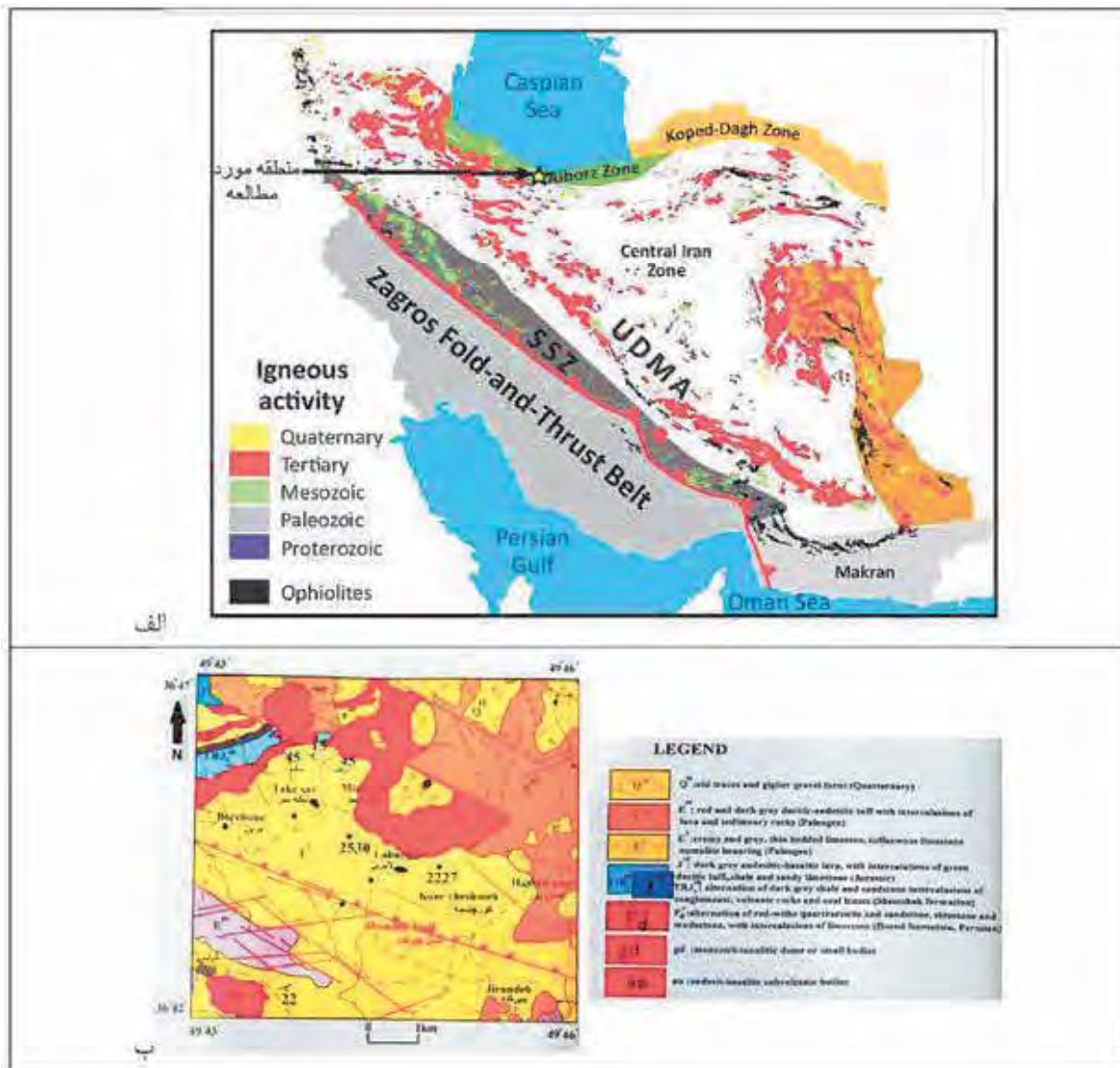
شمال به جنوب به سه پهنه ساختمانی تقسیم شده و بر این اساس سنگ‌های گستره مورد مطالعه در زون جنوبی البرز مرکزی واقع شده است. در این پهنه رسوبات کم‌عمق متعلق به قبل از سنوزوئیک توسط سنگ‌های آتشفشانی بسیار ضخیم سنوزوئیک به‌ویژه ائوسن پوشیده شده است (Stocklin, 1974). انکلنس (Engalence, 1986) پهنه مذکور را گستره ترشیری نامیده است. به‌طور کلی در مورد چگونگی تشکیل سنگ‌ها در رابطه با ماگماتیسیم ترشیری ایران دو نظریه عمده وجود دارد: برخی از پژوهشگران

گدازه‌های مورد مطالعه در استان گیلان، در بخش مرکزی ورقه ۱:۱۰۰۰۰۰ جیرنده، شرق رودبار و بین طول‌های جغرافیایی ۴۳°، ۴۹° و ۴۶° شرقی و عرض‌های شمالی ۴۲° ۳۶' و ۴۷° ۳۶' واقع شده و بخشی از پهنه جنوبی البرز مرکزی می‌باشد (شکل ۱-الف و ب). سن واحدهای سنگی پهنه‌ای که گدازه‌های مورد مطالعه در آن قرار دارد از پالئوزوئیک تا عهد حاضر است (قلمقاش، ۱۳۸۱). بر اساس نظر اشتوکلین سلسله کوه البرز از

* نویسنده مرتبط: sh_haghnazar@yahoo.com

ماگماتیسم سنوزوئیک را ناشی از فرورانش نفوتتیس و برخورد ایران و عربستان می‌دانند (معین وزیری، ۱۳۸۷). اما برخی پژوهشگران دیگر به وجود کافت‌های درون قاره‌ای معتقد هستند (امامی، ۱۹۸۱).

در این تحقیق سعی شده با بررسی پتروگرافی، ژئوشیمی و ایزوتوپی خصوصیات پترولوژیکی و محیط تکتونیکی تشکیل گدازه‌های مورد مطالعه ارائه شود.



شکل ۱. الف) علامت ستاره محل پهنه مورد مطالعه را بر روی نقشه‌های نشان داده است که بیشتر بر اساس فراوانی سنگ‌های آذرین کل ایران توسط Haghypour and Aghanabati, 1989 تهیه شده است، ب) نقشه زمین‌شناسی منطقه مورد مطالعه (رسم دوباره از نقشه‌های ۱:۱۰۰۰۰۰ جیرنده)

زمین‌شناسی

بر اساس نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ جیرنده بروزد سنگ‌های کل پهنه از قدیم به جدید شامل سنگ‌های رسوبی متعلق به پرمین (سازند درود)، نهشته‌های شیلی و ماسه‌سنگی به سن ژوراسیک زیرین (سازند شمشک)، نهشته‌های کنگلومرایی پالئوسن، واحدهای آهکی به سن ائوسن و گدازه‌های بازالتی-آندزیتی به سن ائوسن میانی و توده‌های نفوذی از نوع گابرو به سن الیگومیوسن می‌باشد. واحدهای آهکی گسترده‌ای نیمه جنوبی پهنه را در بردارد و حاوی فسیل‌های نومولیت هستند و به سن ائوسن زیرین تا میانی مشخص شده‌اند (قلمقاش، ۱۳۸۱). اما مطالعات

نرم افزارهای مناسب مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند.

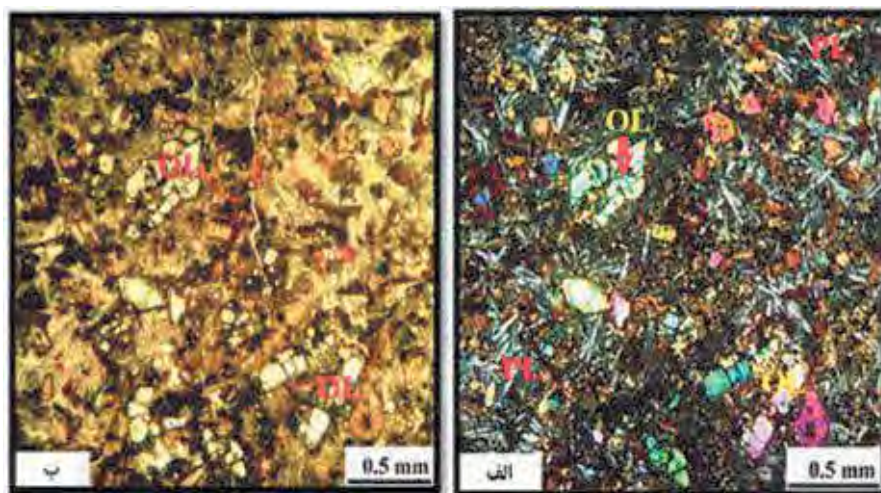
پتروگرافی

بافت غالب سنگ‌های مورد مطالعه پورفیریک تا میکروپورفیریک با خمیره میکروولیتی می‌باشد (شکل‌های ۲ تا ۴). فنوکریست‌ها و میکروفنوکریست‌های این سنگ‌ها کلینوپیروکسن، الیوین، بیوتیت و آپاتیت هستند و در خمیره‌ای شامل پلاژیوکلاز، پیروکسن، الیوین، بیوتیت، آمفیبول، بلورهای بسیار ریز نفلین و کانی‌های اپاک جایگزین شده‌اند. کلینوپیروکسن‌ها بیشتر به صورت خود شکل تا نیمه خود شکل هستند و خصوصیات چند رنگی دارند و گاهی به آمفیبول تبدیل شدگی نشان می‌دهند (شکل ۳-الف و ب). این کانی‌ها حاوی ساختمان منطقه‌ای هستند و گاهی دارای هسته‌های سبز رنگ و حاشیه بنفش می‌باشند (شکل ۳-ج و د). این خصوصیات نوری محتوی بالای Na و Ti و ماهیت آلکالین این کانی را تایید می‌کند. الیوین دومین فنوکریست فراوان در این سنگ‌ها می‌باشد و همگی سالم هستند و گاهی از طریق شکستگی‌ها به کانی‌های ثانویه از نوع بولنزیت و کلریت-سریانتین تبدیل شده‌اند (شکل ۲). بعد از الیوین فنوکریست قابل توجه این سنگ‌ها بیوتیت‌های اولیه هستند و به صورت بلورهای به طور کامل سالم به صورت شکل دار و نیمه شکل دار دیده می‌شوند. اجزاء خمیره این سنگ‌ها شامل پیروکسن، الیوین، بیوتیت، آمفیبول، بلورهای بسیار

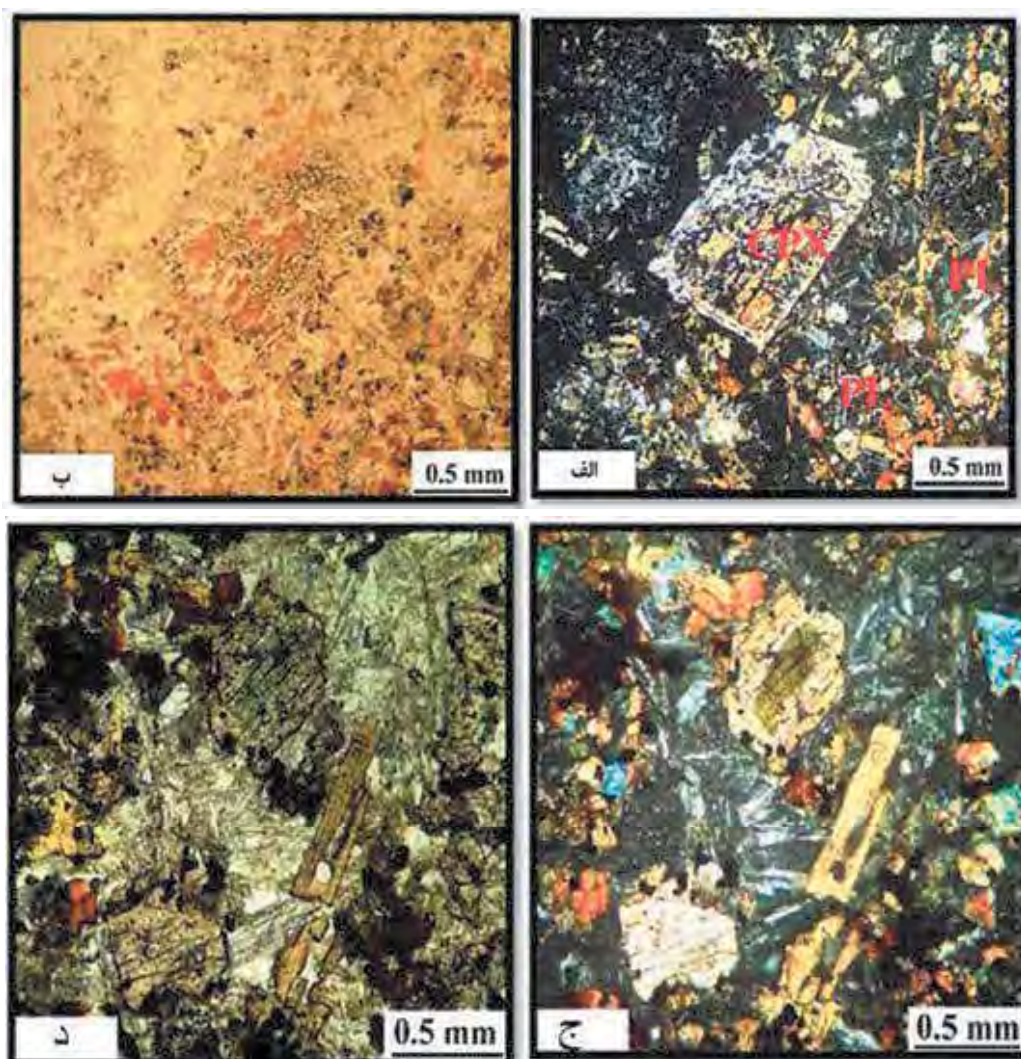
صحرائی این تحقیق نشان داد، علاوه بر سنگ‌های آتشفشانی ائوسن میانی نامبرده گدازه‌های جوان‌تری در گستره برون‌زد دارند و به صورت دگرشیب بر روی واحدهای آتشفشانی ائوسن میانی قرار دارند و از نظر ترکیب کانی‌شناسی با واحد ائوسن میانی متفاوت هستند. با توجه به جایگیری این گدازه‌ها به صورت دگرشیب بر روی واحدهای آهکی ائوسن میانی سن آنها بعد از ائوسن و شاید میوسن تا پلیوسن می‌باشد. این گدازه‌های جوان موجود در گستره مورد مطالعه، برای اولین بار در این تحقیق مورد بررسی پترولوژی قرار می‌گیرند.

روش مطالعه

در راستای این پژوهش پس از مطالعات صحرائی از تعداد ۵۰ نمونه از گدازه‌های جوان مقطع نازک تهیه شد و با میکروسکوپ پولاریزان مورد مطالعه پتروگرافی قرار گرفتند. به منظور مطالعات ژئوشیمیایی چون تمام نمونه‌ها به غیر از یکی از آنها از نظر پتروگرافی به طور کامل مشابه بودند فقط تعداد هشت نمونه برای تجزیه عناصر اصلی به روش ICP-AES و هشت نمونه برای تجزیه عناصر فرعی و REE به روش ICP-MS در آزمایشگاه SGS تورنتوی کانادا مورد تجزیه عنصری واقع شدند. دو نمونه از سنگ‌های برداشت شده به منظور مطالعات ایزوتوپ، Sr^{87}/Sr^{86} و Nd^{143}/Nd^{144} در آزمایشگاه ایزوتوبی دانشگاه ژنو سوئیس مورد تجزیه قرار گرفتند. نتایج حاصل از تجزیه‌های شیمیایی با استفاده از



شکل ۲. بافت پورفیریک تا میکروپورفیریک با خمیره میکروولیتی، فنوکریست‌ها و میکروفنوکریست‌های الیوین و خمیره با میکروولیت‌های پلاژیوکلاز و کانی‌های دیگر در این شکل به خوبی نمایان است، الیوین از طریق شکستگی‌ها به کانی‌های کلریت-سریانتین تبدیل شده است، (الف) در نور XPL و (ب) در نور PPL



شکل ۳. الف و ب) یک فنوکریست پیروکسن خودشکل که به آمفیبول تبدیل شده است (در نور XPL و PPL)، ج و د) فنوکریست‌های پیروکسن و بیوتیت. پیروکسن با هسته سبز رنگ است (در نور XPL و PPL)

تهیه آنالیز از نمونه‌های بیشتر شباهت کامل سنگ شناسی نمونه‌های برداشت شده بود. نتایج آنالیز شیمیایی عناصر اصلی در جدول ۱ مشاهده می‌شود که تمام نمونه‌ها به غیر از یکی از آنها DB-23 همگی دارای اختلاف ترکیب شیمیایی بسیار جزئی هستند. در مورد نمونه DB-23 که سنگ حاوی آلودگی کربناتی است و از نظر پتروگرافی ویژگی جالبی را نشان می‌دهد، مورد این نمونه به طور جداگانه بحث خواهد شد. بقیه نمونه‌ها از نظر مشاهدات پتروگرافی هیچ نوع آلودگی پوسته‌ای مشاهده نشده است.

ریز نفلین، آپاتیت و کانی‌های اپاک است. نوع بافت و ترکیب کانی‌شناسی این سنگ‌ها نشان می‌دهند، این گدازه‌ها از نوع آکالن و با خصوصیات لامپروفیری می‌باشند. سنگ‌های آتشفشانی قدیمی‌ترین پهنه (بازالت‌ها و آندزیت‌های ائوسن میانی) دارای ترکیب کانی‌شناسی به طور کامل متفاوت با این گدازه‌ها می‌باشند.

مطالعات ژئوشیمیایی

برای مطالعات ژئوشیمیایی هشت نمونه آنالیز از سنگ‌های پهنه انجام شد (جدول‌های ۱ و ۲). علت نبود

جدول ۱. نتایج تجزیه شیمیایی عناصر اصلی لامپروفیرهای آلکالن منطقه به روش ICP-AES

Sample no.	B-1	B-2	B-5	B-8	B-10	B-11	B-12	DB-23
SiO ₂	۴۵/۵	۴۵/۴	۴۶	۴۶/۲	۴۳/۷	۴۵/۸	۴۵/۵	۴۲/۴۹
Al ₂ O ₃	۱۵/۳	۱۴/۸	۱۵/۲	۱۵/۳	۱۴/۶	۱۵/۴	۳/۱۵	۷۵/۱۳
Fe ₂ O ₃	۵/۱۰	۸/۱۰	۸/۱۰	۶/۱۰	۲/۱۰	۷/۱۰	۷/۱۰	۴۳/۱۱
CaO	۴۵/۸	۶۸/۸	۶۷/۸	۶۴/۸	۲۰/۸	۴۹/۸	۶۶/۸	۱۳/۱۱
MgO	۵۳/۶	۹۷/۶	۳۱/۷	۳۰/۷	۸۹/۶	۶۳/۶	۰۸/۷	۲۳/۸
K ₂ O	۱۴/۳	۷۱/۲	۹۷/۲	۸۹/۲	۰۴/۳	۹۶/۲	۹۰/۲	۸۸/۰
Na ₂ O	۴	۱/۴	۴	۲/۴	۸/۳	۲/۴	۱/۴	۸۷/۲
MnO	۱۸/۰	۱۸/۰	۱۸/۰	۱۸/۰	۱۷/۰	۱۸/۰	۱۸/۰	۲۴/۰
TiO ₂	۷۵/۲	۵۸/۲	۶۱/۲	۵۵/۲	۴۶/۲	۶۳/۲	۵۸/۲	۴۰/۲
P ₂ O ₅	۷۶/۰	۷۴/۰	۷۱/۰	۷۰/۰	۷۰/۰	۷۸/۰	۷۲/۰	۷۸/۰
Mg#	۲۰/۵۵	۱۱/۵۶	۲۸/۵۷	۷۰/۵۷	۲۳/۵۷	۱۰/۵۵	۷۳/۵۶	۷۹/۵۸
LOI	۷۰/۳	۰۲/۴	۰۹/۳	۱۲/۳	۷۹/۳	۴۶/۳	۳۴/۳	۲۴/۵
Total	۶۳/۱۰۰	۸۹/۱۰۰	۵۴/۱۰۱	۷/۱۰۱	۶/۹۷	۳/۱۰۱	۸/۱۰۰	۴۴/۹۹

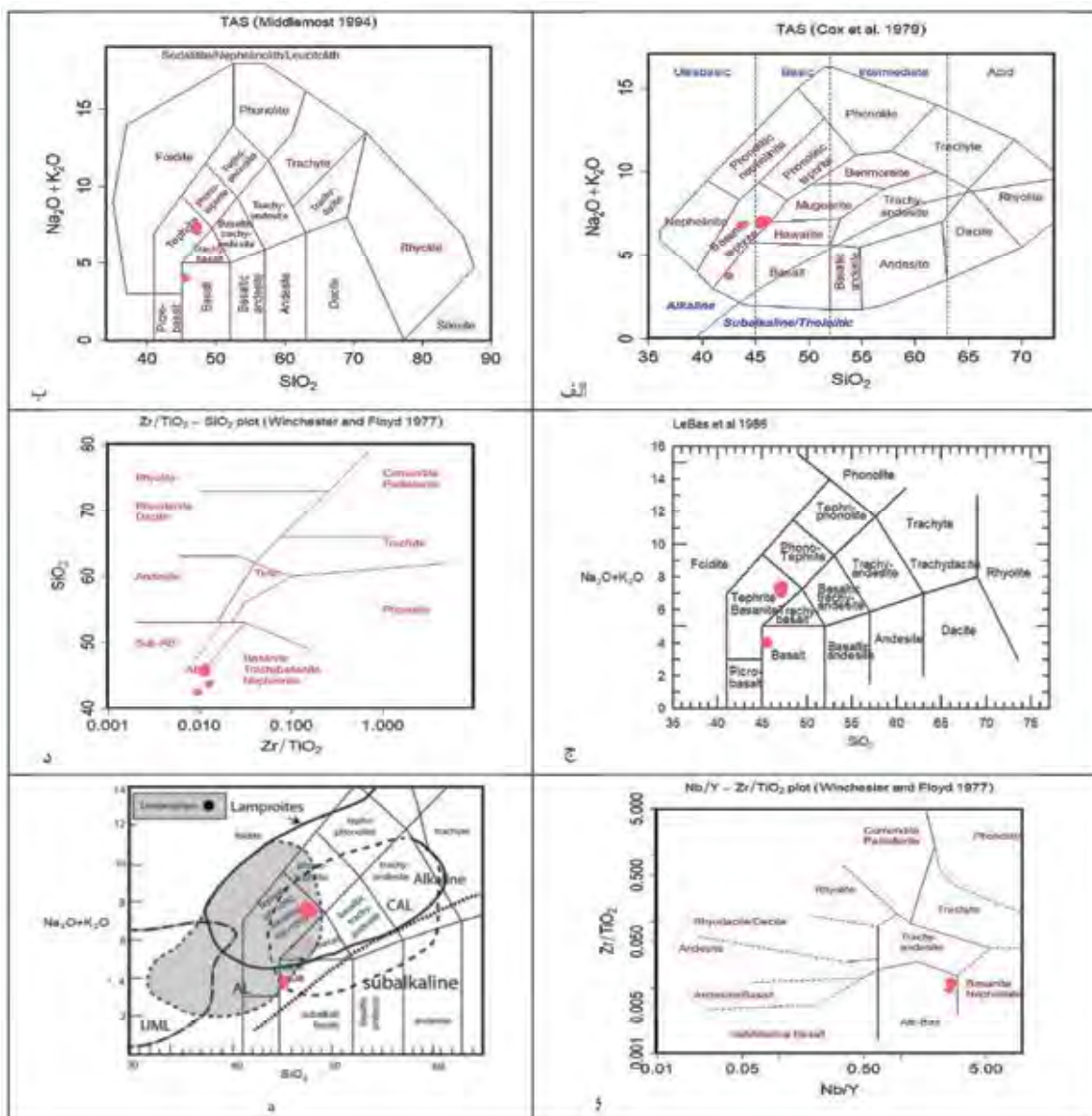
جدول ۲. نتایج تجزیه شیمیایی عناصر فرعی و REE لامپروفیرهای پهنه به روش ICP-MS

Sample no.	B-1	B-2	B-5	B-8	B-10	B-11	B-12	DB-23
Ba	۳۸۰	۳۸۰	۳۵۰	۳۵۰	۳۷۰	۳۷۰	۳۵۰	۱۲۹/۱
Sr	۳۸۰	۳۷۰	۳۵۰	۳۵۰	۳۷۰	۳۷۰	۳۶۰	۱۱۱۱
Zn	۸۳	۸۸	۸۶	۸۷	۸۴	۸۶	۸۴	۸۹/۹۱
Ce	۱۰۰	۹۸	۹۹/۸	۱۰۴	۹۷/۳	۱۰۲	۸۹/۵	۹۹/۴۶
Co	۳۳/۱	۳۶/۵	۳۶/۹	۳۷	۳۴/۷	۳۴/۵	۳۵/۱	۴۷/۷
Cs	۰/۴	۰/۸	۰/۴	۰/۴	۰/۴	۰/۸	۰/۴	۱۷/۶۸
Cu	۵۲	۶۳	۵۲	۵۷	۵۳	۵۲	۵۴	۷۰
Dy	۵/۰۴	۴/۸۶	۴/۹۲	۵/۰۷	۴/۷۰	۵/۰۸	۴/۹۵	۵/۳۱
Er	۲/۴۵	۲/۳۴	۲/۴۴	۲/۵۲	۲/۳۰	۲/۴۸	۲/۴۶	۲/۵۶
Eu	۲/۳۶	۲/۴۰	۳/۱۲	۲/۳۷	۲/۲۸	۲/۳۷	۲/۳۵	۲/۷۶
Ga	۲۰	۲۱	۲۱	۲۲	۲۰	۲۱	۲۰	۱۶/۹۷
Gd	۶/۳۶	۵/۹۹	۶/۰۹	۶/۳۱	۵/۸۹	۶/۵۴	۶/۱۴	۶/۸۹
Hf	۷	۷	۷	۷	۶	۷	۷	۴/۸۰
Ho	۰/۹۳	۰/۹۰	۰/۸۹	۰/۹۱	۰/۸۹	۰/۹۴	۰/۸۸	۰/۹۸
La	۵۲/۶	۵۱/۱	۵۲/۵	۵۵	۵۱/۳	۵۳/۴	۵۱/۶	۴۶/۰۲
Lu	۰/۳۳	۰/۳۴	۰/۳۲	۰/۳۳	۰/۳۱	۰/۳۴	۰/۳۴	۰/۳۱
Nb	۶۳	۶۰	۶۱	۶۲	۵۸	۶۳	۶۰	۶۴/۲۴
Nd	۴۷/۹	۴۷/۹	۴۷/۷	۴۴	۴۷/۱	۴۲/۲	۴۱/۸	۴۲/۲۷
Ni	۷۷	۱۰۲	۱۰۵	۱۱۱	۹۷	۸۶	۱۰۴	۱۳۶
Pr	۱۷/۴	۱۷/۲	۱۷/۴	۱۷/۸	۱۷/۳	۱۷/۷	۱۷/۳	۱۰/۵۱
Rb	۳۶/۳	۳۰/۶	۳۲/۹	۳۲/۸	۳۲/۴	۳۲/۴	۳۱/۷	۱۹/۲۶
Sm	۷/۹	۷/۷	۷/۷	۸/۷	۴/۷	۸	۶/۷	۸/۰۵
Ta	۴	۳/۸	۴	۳/۹	۳/۷	۴/۱	۴	۳/۷
Tb	۰/۹۱	۰/۸۷	۰/۸۹	۰/۹۱	۰/۸۷	۰/۹۱	۰/۸۸	۰/۹۴
Th	۵/۹	۵/۵	۵/۹	۷	۵/۵	۵/۷	۵/۶	۴/۹۴
Tm	۰/۳۲	۰/۳۴	۰/۳۳	۰/۳۴	۰/۳۱	۰/۳۳	۰/۳۳	۰/۳۴
U	۲/۱۶	۲/۰۲	۲/۱۶	۲/۱۷	۱/۹۷	۲/۱۴	۲/۰۷	۱/۲۸
V	۲۰۰	۲۰۷	۲۱۵	۲۱۲	۲۰۵	۲۰۶	۲۰۷	۲۷۳/۲۷
Y	۲۳/۵	۲۳/۲	۲۳/۳	۲۴	۲۲/۷	۲۳/۶	۲۳/۲	۲۵/۷۹
Yb	۲/۱	۲	۲	۲	۲	۲/۱	۱/۹	۲/۱
Zr	۲۹۶	۲۸۶	۳۰۶	۲۹۰	۳۱۱	۳۱۳	۲۹۸	۲۲۴

نام‌گذاری شیمیایی

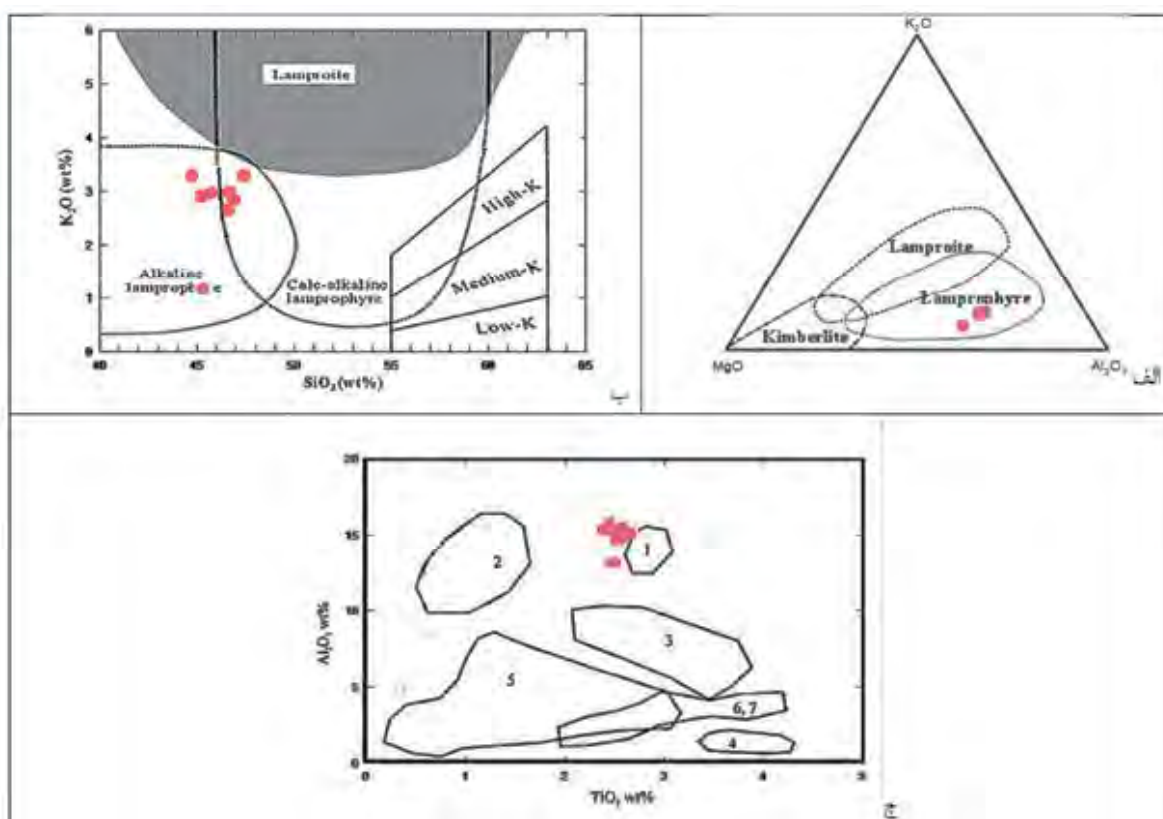
و برای تایید این مورد از نمودارهای Al_2O_3 - K_2O - MgO و نمودارهای K_2O در مقابل SiO_2 و Al_2O_3 در مقابل TiO_2 استفاده شده است (شکل ۵). هر سه نمودار ویژگی شیمیایی لامپروفیری این سنگ‌ها را تایید کرده و افزون بر این در نمودار ۵-ج نمونه‌ها در گستره آلكالی لامپروفیر جایگیری کرده‌اند. بر اساس این پژوهش‌ها سنگ‌های مورد مطالعه شباهت زیادی به لامپروفیرهای آلكالن دارند.

برای نام‌گذاری شیمیایی سنگ‌های مورد مطالعه از نمودارهای مختلف ارتباط بین عناصر اصلی و فرعی در مقابل SiO_2 و عناصر فرعی در مقابل یکدیگر استفاده شده است (شکل ۴). در تمام این نمودارها نمونه‌ها در محدوده سنگ‌های آلكالن قرار گرفتند و نتایج مطالعات پتروگرافی را تایید می‌کند. چنانکه در بررسی‌های پتروگرافی تذکر داده شد این سنگ‌ها دارای ویژگی‌های بافتی و کانی‌شناسی لامپروفیری هستند



شکل ۴. الف) نام‌گذاری شیمیایی سنگ‌های مورد مطالعه با استفاده از نمودار (Cox et al, 1979)، ب) نام‌گذاری شیمیایی سنگ‌های مورد مطالعه با استفاده از نمودار (Middlemost 1994). ج) نمودار (Le Bas et al., 1986)، د) نمودارهای (Winchester and Floyd 1977)، ه) گستره لامپروفیرها و لامپروفیت‌ها و خط تفکیک سری‌های ماگمایی از (Gill, 2010)

UML=Ultramafic lamprophyre, AL=Alkali lamprophyre, CAL=Calcoalkali lamprophyre



شکل ۵. الف) نمودار (Rock 1987) که نمونه‌های پهنه در گستره لامپروفیرهای جای دارند، ب) نمودار (Rock 1991) که نمونه‌های پهنه در گستره لامپروفیرهای آکالین جای دارند، ج) موقعیت نمونه‌ها در نمودار (Lefebvre et al., 2005) محدوده‌ها شامل: (۱) آکالی لامپروفیر (۲) کالک آکالین لامپروفیر، (۳) اولترامافیک لامپروفیر، (۴) کیمبرلیت (WaWa)، (۵) کیمبریت‌های گروه ۱ و ۱۱، (۶) لامپروئیت، (۷) اولیوین لامپروئیت، نمونه‌های مورد مطالعه در حاشیه شماره ۱ قرار دارند

بحث

آلودگی پوسته‌ای

تصویری از نمونه DB23 می‌باشد. بیشتر در مرکز این تصویر بلورهای بی‌شکل و بی‌رنگ نفیلین تشکیل شده که حاصل ذوب کربنات در مذاب تشکیل‌دهنده این سنگ است. در حاشیه این بلورهای فلدسپاتوئیدی هنوز بقایای ذوب نشده از کربنات به چشم می‌خورد.

لازم به ذکر است که سنگ‌هایی با چنین مشخصات در ولکانیک‌های جوان پهنه دکان-نوربران (ساوه) توسط وثوق عابدینی بررسی و مللیلیت نام‌گذاری شده و گزارش آن در سال ۱۳۵۳ به سازمان زمین‌شناسی کشور ارائه شده است. این سنگ‌ها مانند ولکانیک‌های پهنه مورد مطالعه به شدت تحت اشباع از سیلیس هستند و به تازگی توسط Lustrino et al., (2021) مورد بررسی دقیق پترولوژی قرار گرفتند.

چنانکه در بحث بررسی پتروگرافی سنگ‌های مورد مطالعه اشاره شد به‌غیر از یکی از نمونه‌های برداشت شده نمونه DB23 بقیه نمونه‌ها هیچ نوع آلودگی پوسته‌ای را نشان نمی‌دهند. بافت و ترکیب کانی‌شناسی گدازه‌ها یکسان هستند و تجزیه‌های شیمیایی این مورد را تایید کرده است (جدول‌های ۱ و ۲). نمونه DB23 سنگی است که مقداری مواد آهکی را هضم کرده و در نتیجه ترکیب شیمیایی آن تحت تاثیر این پدیده قرار دارند. در جدول‌های ۱ و ۲ اختلاف ترکیب شیمیایی این نمونه با نمونه‌های دیگر به‌وضوح مشاهده می‌شود. مقدار بالای CaO در این نمونه در مقایسه با مقدار این اکسید در نمونه‌های دیگر به‌طور کامل محسوس است و علت آن آلودگی مواد کربناتی در ماگمای تشکیل‌دهنده سنگ بیان شده می‌باشد. شکل شماره ۶



شکل ۶. نمایی از تجمعات بلورهای نفلین در آکالی بازالت‌های شمال جیرنده در نور XPL

خاستگاه ماگما

در مطالعات جدیدتر مدل‌های متفاوتی برای تشکیل

لامپروفیر پیشنهاد شده است (Chalapathi Rao and Dharma Rao, 2012):

۱. درجات کم ذوب بخشی گوشته لیتوسفری قاره‌ای متاسوماتوز شده (Scarrows, 2009; Rocchi et al., 2009; Owens and Tomascak, 2002)

۲. تفریق بسیار بالای یک ماگمای بازیک سرشار از مواد فرار (Currie and Williams, 1993)

۳. مذاب‌های آستنسفری مشتق شده از پلوم گوشته‌ای (Kerr et al., 2010)

۴. اختلاط ماگمای اولترابازیک با مواد پوسته‌ای (McDonald et al., 1985)

۵. اختلاط مذاب‌های بازیک و آکالن (Zhanget al., 2007)

مواد مذاب‌هایی که به صورت گدازه به سطح زمین می‌آیند یک پیام شیمیایی از گوشته به پژوهشگران زمین شیمی می‌دهند (Hofmann, 1997). پژوهشگران زمین شیمی برای مشخص کردن منابع گوشته‌ای از ردیاب‌های شیمیایی استفاده می‌کنند. چنین ردیاب‌هایی یا نسبت‌های ایزوتوپی رادیواکتیو هستند و یا نسبت‌های عناصر کمیاب ناسازگار می‌باشند (Hofmann, 1997). از نسبت La/Ta برای تعیین منشأ لیتوسفری و یا آستنسفری مذاب‌های بازالتی استفاده می‌شود (Fitton et al., 1988). مقادیر کمتر از ۲۲

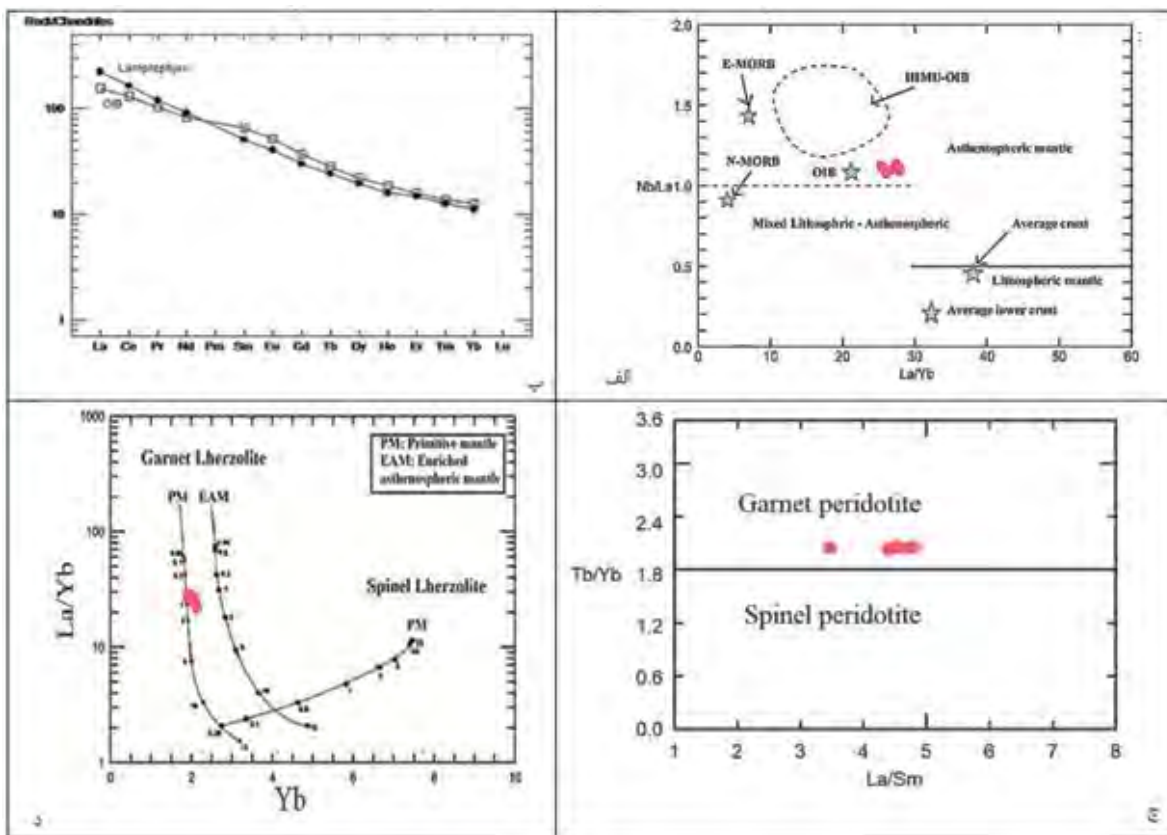
اولین مرور جامع بر روی لامپروفیرها توسط Rock, (1991) انجام گرفت. امروزه سه نوع اصلی لامپروفیرها در سطح جهان توصیف شده‌اند (Woolley et al., 1996):

الف: لامپروفیرهای آکالن (AL) ب: لامپروفیرهای کالک آکالن (CAL) ج: لامپروفیرهای اولترامافیک (UML). با اینکه توجه به لامپروفیرها در سال‌های اخیر، اطلاعات کمی از نحوه زایش آنها به دست آمده و به علاوه ماهیت و ترکیب منابع گوشته‌ای غنی شده از مواد فرار آنها هنوز موضوع بحث برانگیز و مورد شک است (Ngounouno et al., 2005).

همه داده‌های پتروژنتیکی و ژئوشیمیایی نشان می‌دهند، ماگماهای لامپروفیری از درجات کم ذوب بخشی یک منبع گوشته‌ای در اعماق ۱۰۰ تا ۱۵۰ کیلومتری حاصل شده‌اند (Rock, 1991). این ماگماها همواره غلظت‌های بالایی از مواد فرار (H_2O , CO_2 , F) و عناصر کمیاب ناسازگار (Ba, Sr, Zr, LREE) دارند. پیشنهاد شده که این محتوای بالای مواد فرار حاصل نشأت‌گیری از یک منبع گوشته‌ای غنی شده از عناصر ناسازگار و مواد فرار (Rock, 1991) و یا از متاسوماتیسم سیالات غنی از (CO_2-H_2O-F) نتیجه شده‌اند (Maury et al., 1992, Mckenzie, 1989).

با الگوی عناصر ناسازگار شبیه OIB از گوشته آستونوسفری نشات می‌گیرند. در شکل ۸ در نمودار $N(Tb/Yb)$ در برابر (La/Sm) تمامی نمونه‌ها دارای نسبت‌های بیشتر از $1/8$ هستند این نشان‌دهنده منشأ گارنت لرزولیتی این سنگ‌ها است (Wang et al., 2002). در نمودار La/Yb در مقابل Yb از Nedli and Toth, 2007 نیز نمونه‌ها خصوصیات گارنت لرزولیت را نشان می‌دهند (شکل ۷-د). مطالعات پترولوژی تجربی (Green, 1973) نشان داده، سنگ‌های آکالن می‌توانند از ذوب بخشی درجه کم یک منبع گارنت لرزولیتی تولید شوند.

بیانگر منشأ آستونوسفری و بیشتر از 30 نشان‌دهنده گوشته لیتوسفری زیرقاره‌ای می‌باشد. این نسبت در لامپروفیرهای منطقه به‌طور میانگین $13/2$ می‌باشد و نشان‌دهنده منشأ آستونوسفری آنها می‌باشد. در نمودار Nb/La در برابر La/Yb از Abdel-Rahman (2002) تمامی نمونه‌ها در محدوده گوشته آستونوسفری و مجاور مقادیر میانگین بازالت‌های جزایر اقیانوسی (OIB) قرار می‌گیرند (شکل ۷-الف). الگوی میانگین عناصر REE لامپروفیرهای منطقه به‌درستی مشابه الگوی بازالت‌های جزایر اقیانوسی است (شکل ۷-ج). به عقیده Thompson (1985) لامپروفیرها

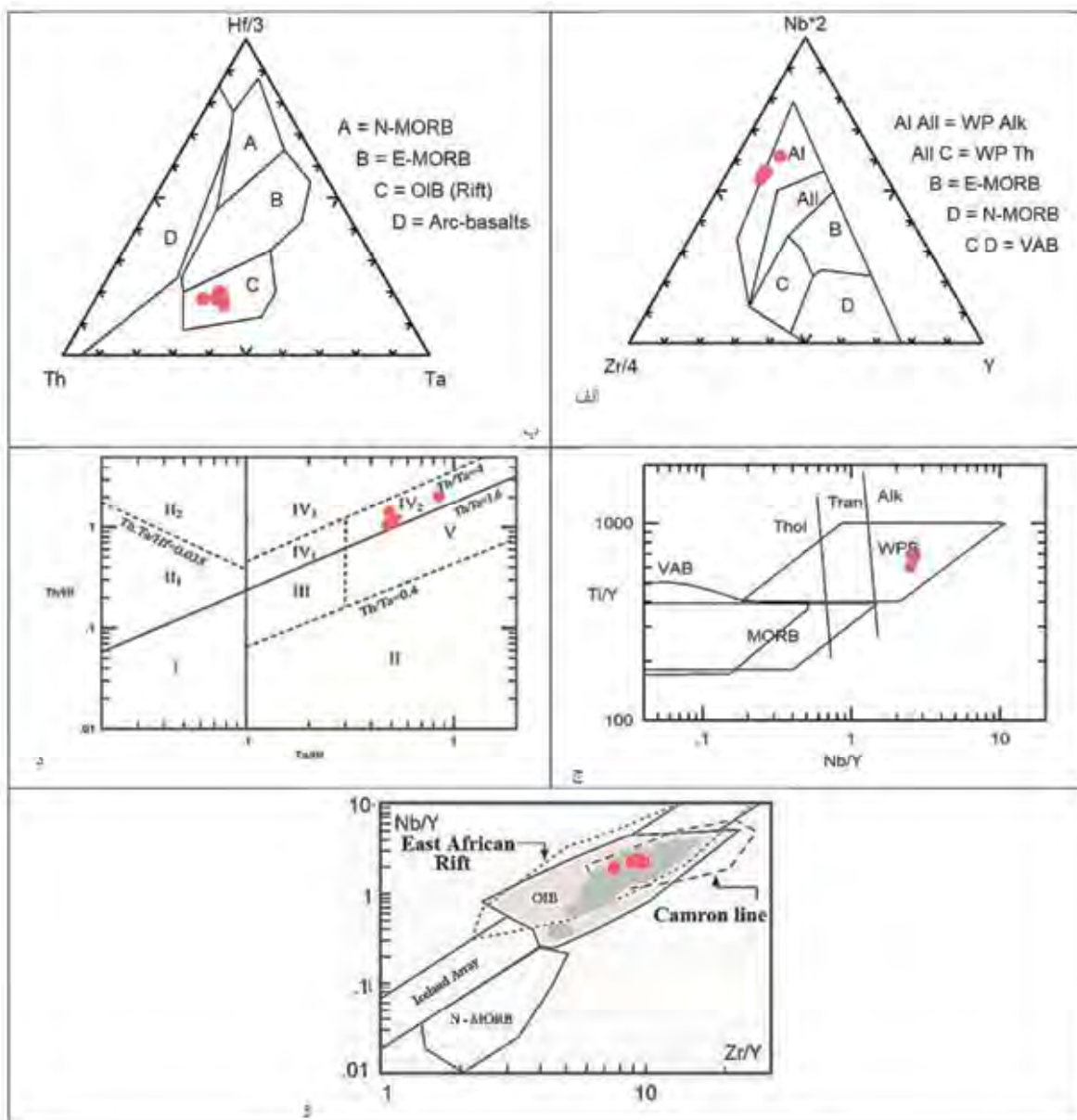


شکل ۷. الف) موقعیت نمونه‌ها در نمودار Nb/La در برابر La/Yb (Abdel-Rahman, 2002)، ب) مقایسه الگوی میانگین عناصر لامپروفیرهای منطقه با مقادیر میانگین OIB (Sun and McDonough, 1989)، ج) موقعیت نمونه‌ها در نمودار $(Tb/Yb)N$ در برابر $(La/Sm)N$ (Wang et al., 2002)، د) موقعیت نمونه‌ها در نمودار La/Yb در برابر Yb (Nedli and Toth, 2007)

موقعیت تکتونو ماگمایی

خصوصیات آکالن دارند و در یک محیط ریفت درون قاره‌ای تشکیل شده‌اند. در شکل ۸ و سنگ‌های مورد مطالعه با جایگاه تکتونیکی بازالت‌های ریفت شرق آفریقا مقایسه شده است. نمونه‌های مورد مطالعه در گستره بازالت‌های OIB و در امتداد جایگاه سنگ‌های ریفت کامرون قرار می‌گیرند.

برای تعیین جایگاه تکتونیکی سنگ‌های مورد مطالعه از نمودارهای مربوطه استفاده شده است (نمودارهای ۸ الف-و). بررسی نمونه‌های مورد مطالعه در نمودارهای بیان شده حاکی از آن است که به‌طور کلی سنگ‌های مورد مطالعه



شکل ۸. الف) موقعیت نمونه‌های منطقه جیرنده در نمودار مثالی 2Nb-Zr/4-Y (Meschede 1986)، ب) موقعیت نمونه‌های منطقه جیرنده در نمودار مثالی Hf/3-Th-Ta (Wood et al., 1980)، ج) موقعیت نمونه‌ها در نمودار لگاریتمی Ti/Y در برابر Nb/Y از (Pearce, 1982)، د) موقعیت نمونه‌ها در نمودار لگاریتمی Th/Hf در برابر Ta/Hf (Wang et al., 2001)، و) نمودار Zr/Y در مقابل Nb/Y (Fitton, 2007)

ژئوشیمی ایزوتوپی

جدول ۳. نتایج حاصل از تجزیه نسبت‌های ایزوتوپی Sr و Nd سنگ‌های آکالن پهنه جیرنده

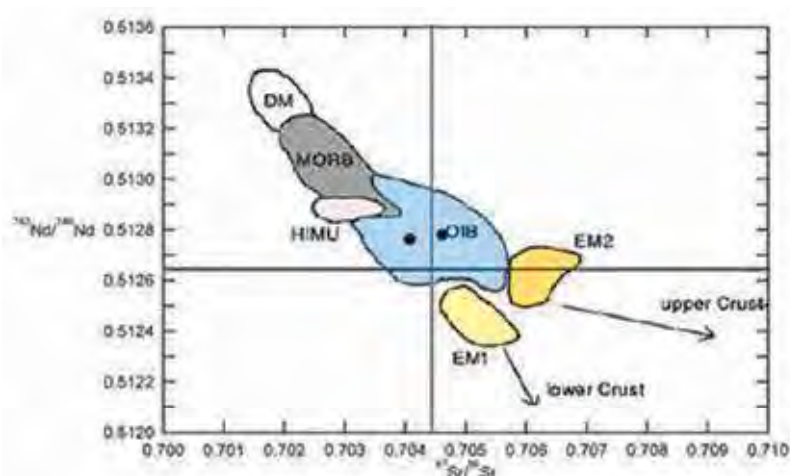
Sample no.	Sr ⁸⁷ /Sr ⁸⁶	Nd ¹⁴³ /Nd ¹⁴⁴	εNd
B23	۰/۷۰۴۶۰۹	۰/۵۱۲۷۷۹	۲/۸
B2	۰/۷۰۴۰۷۹	۰/۵۱۲۷۶۳	۲/۴۳

یک راه نشان دادن نسبت‌های ایزوتوپی، نماد اپسیلون (ε) است که مقدار آن، اندازه انحراف یک نمونه یا مجموعه‌ای

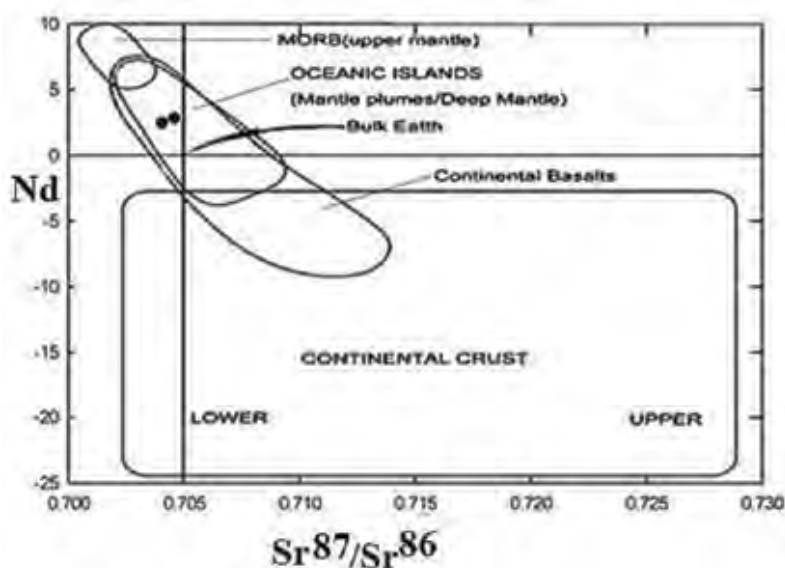
برای بررسی دقیق‌تر جایگاه نکتونیک‌ی و همچنین خصوصیات ماگمایی گوشته تشکیل دهنده سنگ‌های مورد مطالعه (گوشته تهی یا غنی شده) دو نمونه از سنگ‌های مورد مطالعه جیرنده در آزمایشگاه شهر ژنو سوئیس مورد آزمایش ایزوتوپی Nd¹⁴³/Nd¹⁴⁴ و Sr⁸⁷/Sr⁸⁶ قرار گرفتند. نتایج ایزوتوپی در جدول ۳ آمده است.

در شکل ۹ در نمودار همبستگی ایزوتوپی Sr و Nd دو نمونه از سنگ‌های پهنه در گستره گوشته OIB قرار دارند. در شکل ۱۰ در نمودار ϵ_{Nd} در برابر $^{87}Sr/^{86}Sr$ (Leterrier, 1985) نمونه‌ها در گستره مشترک بازالت‌های قاره‌ای و پلوم‌های گوشته‌ای OIB و در ربع دوم واقع شده‌اند. مطالعات ژئوشیمیایی و پتروگرافیکی سنگ‌های گستره حکایت از آن دارد که نمونه‌های منطقه از نوع لامپروفیرهای آلکالن می‌باشد و از یک منشأ آستونوسفری مشابه با منبع OIB غیر غنی شده، با نرخ ذوب بخشی یک درصد، یک منبع گارنت لرزولیت بکر (غیر غنی شده) در یک محیط ریفتی درون قاره‌ای تشکیل شده‌اند.

از نمونه‌ها از مقدار مورد انتظار در یک منبع یکنواخت اولیه (CHUR) می‌باشد (Depaolo and Wasserberg, 1976). مقادیر ϵ_{Nd} منفی نشانه یک ناحیه گوشته‌ای غنی شده و یا یک منشأ پوسته‌ای می‌باشد و مقادیر مثبت آنها نشانگر یک ناحیه گوشته‌ای تهی شده است (Rollinson, 1993). به‌طور کلی یکی از ویژگی سنگ‌های پوسته‌ای بالا بودن ϵ_{Sr} و پایین بودن ϵ_{Nd} نسبت به مقادیر تعیین شده برای کل زمین می‌باشد (Wilson, 1989). مقدار ϵ_{Nd} در سنگ‌های آلکالن پهنه جیرنده بین ۲/۴۳ تا ۲/۸ می‌باشد. مقادیر ϵ_{Nd} مثبت نمونه‌ها نشانه منشأ گیری ماگماها از یک گوشته منبع OIB غیر غنی شده است (Rollinson, 1993).



شکل ۹. موقعیت نمونه‌ها در نمودار همبستگی ایزوتوپی Sr و Nd (داده‌ها از Rollinson, 1993) که دو نمونه از سنگ‌های پهنه در گستره گوشته OIB قرار دارند



شکل ۱۰. نمودار ϵ_{Nd} در برابر $^{87}Sr/^{86}Sr$ (Leterrier, 1985) که نمونه‌ها در پهنه مشترک بازالت‌های قاره‌ای و پلوم‌های گوشته‌ای OIB و در ربع دوم واقع شده‌اند

نتیجه‌گیری

بررسی‌های سنگ‌شناسی گدازه‌های جوان پهنه جیرنده واقع در کوهستان جنوب البرز مرکزی به قرار زیر می‌باشد:

- از نظر جایگیری، این گدازه‌ها به صورت دگرشیب بر روی سنگ‌های آهکی ائوسن قرار دارند و بنابراین جوان‌تر از ائوسن هستند.
- مطالعات پتروگرافی این سنگ‌ها نشان داد، دارای بافت پورفیریک تا میکروپورفیریک هستند و حاوی فنوکریست‌ها و میکروفنوکریست‌های کلینوپیروکسن، الیوین، بیوتیت و آپاتیت هستند و در خمیره‌ای شامل پلاژیوکلاز، پیروکسن، الیوین، بیوتیت، آمفیبول و بلورهای بسیار ریز نفلین و کانی‌های اپاک جایگیری کرده‌اند. این ترکیب کانی‌شناسی با ترکیب کانی‌شناسی سنگ‌های لامپروفیری مطابقت دارد.
- در تمام نمودارهای نام‌گذاری شیمیایی نمونه‌های تجزیه شده همگی در پهنه سنگ‌های آکالن جایگیری کرده با ترکیب کانی‌شناسی مدال، مطابقت کامل دارند و با در نظر گرفتن ترکیبات کانی‌شناسی مدال مانند سنگ‌های لامپروفیری، در نمودار تشخیص انواع لامپروفیرها، این گدازه‌ها در گستره لامپروفیرهای آکالن قرار دارند.
- در بررسی خصوصیات ناحیه منشاء ماگمای سنگ‌های مورد مطالعه نتیجه حاصل شده ماگمای این سنگ‌ها حاصل ذوب بخشی بسیار جزئی یک منبع گوشته آستونسفری مشابه با منبع OIB در رخساره گارنت لرزولیت می‌باشد.
- برای تعیین جایگاه تکتونیکی سنگ‌های مورد مطالعه از نمودارهای متعدد مربوطه استفاده شده و جایگاه نمونه‌ها در این نمودارها نشان از آن دارد که به‌طور کلی این سنگ‌ها خصوصیات آکالن دارند و در یک محیط ریفت درون قاره‌ای تشکیل شده‌اند.
- بررسی‌های ایزوتوپی Nd و Sr نمونه‌های برداشت شده حاکی از آن است که سنگ‌های مورد مطالعه در گستره گوشته OIB قرار دارند و از یک منبع پلوم‌های گوشته‌ای عمیق منشاء می‌گیرند.

منابع

- قلمقاش، ج.، ۱۳۸۱. نقشه زمین‌شناسی ۱/۱۰۰۰۰۰ جیرنده، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور.
- معین وزیری، ح. و احمدی، ع.، ۱۳۸۷. پتروگرافی و پترولوژی سنگ‌های آذرین، دانشگاه تربیت‌معلم. ۳۲۰.
- Abdel-Rahman, A. M., 2002. Mesozoic volcanism in the Middle East: geochemical, isotopic and petrogenetic evolution of extension-related alkali basalts from central Lebanon. *Geological Magazine*, 139, 621-640.
- Cox, K.G., Bell, J. D. and Pankhurst, R. J., 1979. The interpretation of igneous rocks, George Allen and Unwin, London, 450.
- Currie, K.L., and Williams, P.R., 1993. An Archean calc-alkaline lamprophyre suite, northeastern Yilgarn Block, western Australia, *Lithos*, 31, 33-50.
- Chalapathi Rao, N.V., Dharma, Rao C.V., and Sanjay, D., 2012. Petrogenesis of lamprophyres from-Chhota Udepur area, Narmada rift zone, and its relation to Deccan magmatism. *Journal of Asian Earth Sciences*, 45, 24-39.
- Depaolo, DJ., and Wasserberg, GJ., 1976. Nd isotopic variations and petrogenetic models. *Geophysical Research Letters*, 3.
- Emami, M. H., 1981. *Geologie de la regione de Qom-Aran (Iran)*. These es sciences naturelles University sciences. et Medicale de Grenoble, France, 489.
- Engalence, M., 1968. *Géologie, géomorphologie, hydrogeology de la region de Téhéran*. Thèse es sciences, Montpellier, 180.
- Fitton, J.G., James D., Kempton, P.D., Ormerod, D.S., and Leeman, W.P., 1988. The role of lithospheric mantle in the generation of Late Cenozoic basic magma in the western United States. *Journal of Petrology*, 331-349.
- Gill, R., 2010. *Igneous Rocks and Processes: A Practical Guide*. Wiley-Blackwell. 428.
- Green, D. H., 1973. Conditions of melting

- of basanite magma from garnet peridotite, *Earth Planetary Science Letter*, 17, 456-465.
- Haghypour, A., and Aghanabati, A., 1989. Geological Map of Iran, 2nd edn. Ministry of Mine and Metals-Geological Survey of Iran. 26.
 - Hofmann, A.W., 1997. Mantle geochemistry: the message from oceanic volcanism, *Nature*, 385, 219-229.
 - Kerr, A.C., Khan, M., Mahoney, J.J., Nicholson, K.N., and Hall, C.M., 2010. Late Cretaceous alkaline sills of the south Tethyan suture zone, Pakistan: initial melts of the Réunion hot-spot?, *Lithos*, 117, 161-171.
 - Le Bas, M. J., Le Maitre, R., W. Streck-eisen, A., and Zanettin B., 1986. A chemical classification of volcanic rocks based on the total alkali-silica diagram. *Journal of Petrology*, 27, 745-750.
 - Leterrier, J., 1985. Mineralogical, geochemical and isotopic evolution of two Miocene mafic intrusions from the Zagros (Iran), *Lithos*, 18, 311-329.
 - Lefebvre, B., Ghobadipour, M., and Nardin, E., 2005. Ordovician echinoderms from the Tabas and Damghan regions, Iran: palaeobiogeographical implications. *Bulletin de la Societe Geologique de France*, 176(3):231-242.
 - Lustrino, M., Salari, G., Bahman Rahimzadeh, B., Fedele, L., Masoudi, F., and Agostini, S., 2021. Quaternary Melanephelinites and Melilitites from Nowbaran (NW Urumieh-Dokhtar Magmatic Arc, Iran): Origin of Ultrabasic-Ultracalcic Melts in a Post-Collisional Setting. *Journal of Petrology*, 62, 9, 1-31.
 - Middlemost, E. M. K., 1994. Naming materials in the magma igneous rock system", *Earth-Science*, 37: 215-224.
 - Maury, R.C., Defize, M.G., and Goron, G.L., 1992. Methasomation of the sub-Arc mantle inferred from trace element in Philippines. *Xenolith Nature*, 360, 661-663.
 - McDonald, R., Thorpe, R.S., and Gaskarth, J.W., 1985. Multi-source origin for lamprophyres of North England. *Mineralogical Magazine*, 49, 485-494.
 - McKenzie, D.P., 1989. Some remarks on the movement of small melt fraction in the mantle, *Earth and Planetary Science Letter*, 95, 53-72.
 - Meschede, M., 1986. A Method of Discriminating between Different Types of Mid-Ocean Ridge Basalts and Continental Tholeiitic with the Nb-Zr-Y Diagram. *Chemical Geology*, 56, 207-218.
 - Nédli, Zs., and Toth, T. M., 2007. Origin and geodynamic significance of Upper Cretaceous lamprophyres from the Villány Mts (Hungary). *Mineralogy and Petrology*, 90, 73-107.
 - Ngounouno, I., Deruelle, B., Montigny, R. and Deimaffe, D. 2005. Petrology and geochemistry of monshiquite from Tchircotche (Garoua, north Cameroon, central Africa), *Mineralogy and Petrology*, 83, 167-190.
 - Pearce, J.A., 1982. Trace element characteristics of lavas from destructive plate boundaries: Thorpe, R.S., ed., *Andesites*, John Wiley and Sons, 525-548.
 - Owens, B.E., Tomascak, P.B., 2002. Mesoproterozoic lamprophyres in the Labrievell Massif, Quebec: clues to the origin of alkalic anorthosites? *Canadian Journal of Earth Sciences*, 39, 983-997.
 - Rocchi, S., Vincenzo, G. D., Ghezzi C., Nardini, I., 2009. Granite-lamprophyre connection in the latest stages of the early Paleozoic Ross Orogeny (Victoria Land, Antarctica), *Bulletin of Geological Society of America*, 121, 801-819.
 - Rock, N.M.S., 1987. The nature and origin of lamprophyres: an overview, In: Fitton J.G. Upton B.G.J. (eds) *Alkaline igneous rocks*, Blackwell, Edinburgh. 30, 191-226.
 - Rock, N.M.S., 1991. *Lamprophyres*, Blackie and Sons Ltd, Glasgow, 285.

- Rollinson, H.R., 1993. Using Geochemical Data: Evaluation, Presentation, Interpretation, Longman, 370.
- Stocklin, J. 1974. Possible ancient continental margins in Iran. In: Burk, C. A. and Drake, C. L. (Eds.): The Geology of Continental Margins. Springer-Verlag, Berlin. 873-887.
- Sun S.S., and McDonough W.F., 1989. Chemical and isotopic systematics of ocean basalts: implications for mantle composition and process, Geological Society Special Publication 42,313-346.
- Thompson, R. N., Morrison, M. A., Hendry, G. L., and Parry, S. J., 1984. An assessment of the relative roles of crust and mantle in magma genesis: an elemental approach, Philosophical Transactions of the Royal Society of London Series. 310,549-90.
- Thompson, R.N., 1985. Asthenospheric source of Ugandan ultrapotassic magma?, Journal of Geology, 93,603-608.
- Wang, Y., Zhang, C., and Xiu, S., 2001. Th/Hf-Ta/Hf discrimination diagram of geotectonic settings of basalt (J), Acta Petrologica Sinica, 17,413-421 (in Chinese with English abstract).
- Wang, K., Plank, T., Walker, J.D., and Smith, E.I., 2002. A mantle melting profile across the basin and range, SWUSA, Journal of Geophysical Research-Solid Earth, 107.
- Wood, D.A., 1980. The application of a Th-Hf-Ta diagram to problems of tectonomagmatic classification and a establishing the nature of crustal contamination of basaltic lavas of the British Tertiary volcanic province. Earth Planetary Letter, 50,11-30.
- Woolley, A.R., Bergman, S.C., Edgar, A.D., Le Bas, M.J., Mitchell, R.H., Rock, N.M.S., and Scott-Smith, B.H., 1996. Classification of lamprophyres, lamproites, kimberlites and the kalsilitic, melilitic and leucitic rocks. Mineral, 34, 175-186.
- Zhang, HF., Ying, JF, Shimoda, G., Kita, NT, Morishita, Y., Shao, JA., and Tang, YH., 2007. Importance of melt circulation and crust-mantle interaction in the lithospheric evolution beneath the North China Craton: evidence from Mesozoic basalt-borne clinopyroxene xenocrysts and pyroxenite xenoliths. Lithos, 96(1-2):67-89.