

مروری بر ژئوشیمی و محیط تکتونیکی تشکیل پهنه‌های افیولیتی ایران

علی امامعلی پور^{۱*}، حسنیه نظری^۲ و مسعود اسمعیل‌زاده^۳

۱، ۲ و ۳- گروه مهندسی معدن، دانشگاه ارومیه، ارومیه

نویسنده مسئول: a.imamalipour@urmia.ac.ir *

دریافت: ۹۸/۴/۱۷ پذیرش: ۹۸/۱۱/۲۱

چکیده

رخنمون‌های افیولیت‌ها و ملائزهای افیولیتی بطورگسترده در ایران پخش شده است. افیولیت به مجموعه‌ای از سنگ‌های مافیک و اولترامافیک گفته می‌شود که ممکن است منظم یا لایه‌لایه باشند و یا در اثر تنش‌های زمین‌ساختی با یکدیگر مخلوط شده باشند. به افیولیت؛ کمپلکس افیولیتی، سری افیولیتی، و سرانجام آمیزه‌رنگین گفته شده که از میان آن‌ها واژه آمیزه‌رنگین (کالرد ملائز) کاربرد بیش‌تری دارد. با توجه به تنوع کارهای تحقیقاتی انجام شده در این زمینه و عدم وجود یک مقاله مروری، انجام کار پژوهشی جدید را لازم نموده است. هدف از نگارش این مقاله مروری بر ژئوشیمی و محیط تکتونیکی تشکیل پهنه‌های افیولیتی ایران است. نتایج این تحقیقات نشان می‌دهند که از نظر پراکندگی، افیولیت‌های ایران از نوع ملائز بوده که در دو گروه نوار افیولیت- رادیولاریتی زاگرس و نوار حلقوی ایران مرکزی قابل ذکر می‌باشند. در جنوب غربی زاگرس، دو بخش جدا از هم به نام افیولیتی کرمانشاه و نیریز رخنمون دارد. افیولیت‌های ایران مرکزی که با نام نوارهای حلقوی خرده قاره‌ی مرکزی (سبزار، شمال تربت‌حیدریه جنوب بیرجند)، شمال غرب ایران (ماکو- خوی) و شرق ایران مرکزی (شمال مکران و شمال نائین) در اثر عمل فرورانش، بخشی از گوشته‌ی بالایی و پوسته‌ی اقیانوسی به صورت مجموعه‌ی درهمی (ملائز افیولیتی) برجای مانده است. هم‌چنین نتایجی بسیار از مطالعات ژئوشیمیایی بر روی افیولیت‌های ایران، وابستگی بازالتهای پشته‌های میان اقیانوسی (MORB) و تولیت‌های جزایر قوسی (IAT) را نشان داده است. هردو گروه بازالتهای ساب‌آلکان و آلکان را در افیولیت‌های کرمانشاه شناسایی کرده‌اند. در افیولیت‌های نیریز و شهر بابک انواع متعددی از بازالتهای کوه‌ویژگی IAT دارند، شناسایی و گزارش شده است. ترکیب شیمیایی افیولیت سبزار نیز ویژگی‌های ژئوشیمیایی نوع IAT را نشان می‌دهد. در افیولیت بند زبارت (باختر مکران) نیز دو نوع گدازه بازالتهای شناسایی شده است.

واژه‌های کلیدی: افیولیت ایران، محیط تکتونیکی، ژئوشیمی، پشته‌های میان اقیانوسی، جزایر قوسی

۱- پیشگفتار

افیولیت‌های تتیس در نظر گرفته می‌شوند (کنیپرو همکاران، ۱۹۸۶). افیولیت‌های ایران بخشی از نوار افیولیتی نتوتتیس در خاورمیانه هستند که افیولیت‌های خاور اروپا، یونان و ترکیه را به افیولیت‌های آسیای خاوری در پاکستان و هند متصل می‌کنند و در قلمروی زمانی ژوراسیک - کرتاسه پسین تشکیل شده‌اند. سن کهن‌تر یعنی ژوراسیک را می‌توان در افیولیت‌های کوه‌های آلپ، آپنین و دینارید - هلینیدیز و سن جوان‌تر یعنی کرتاسه را بیش‌تر می‌توان در افیولیت‌های تورید در ترکیه، جبال زاگرس- عمان و هیمالیا دنبال کرد که بسته شدن زیپ مانند و هم‌چنین گذر زمان حوضه‌های اقیانوسی نتوتتیس از باختر تا خاور را نشان می‌دهد و از این‌رو از اهمیت ویژه‌ای برخوردارند (لیپارد و همکاران، ۱۹۸۶؛ دیلک و فلاور، ۲۰۰۳). شواهد زمین‌شناسی و دیگر بررسی‌های انجام شده نشانگر آن است که

نام افیولیت از ریشه‌ی یونانی (ophi) به معنی مارآبی (بخاطر رنگ متمایل به سبز و جلای ظاهری و خال خال بودنش) و لیت (Lite) به معنی سنگ گرفته شده است. چون سنگ‌های یک مجموعه افیولیتی اساساً سبز رنگ می‌باشند، لذا برای آن‌ها نام "افیولیت" انتخاب گردیده است. افیولیت به مجموعه‌ی مشخصی از سنگ‌های مافیک و اولترامافیک اطلاق می‌شود. به افیولیت؛ کمپلکس افیولیتی، سری افیولیتی، آمیزه افیولیتی و سرانجام آمیزه‌رنگین گفته شده که از میان آن‌ها واژه آمیزه‌رنگین (کالرد ملائز) کاربرد بیش‌تری دارد و اغلب به عنوان یک واحد سنگ‌چینه‌ای به کار می‌رود که در ایران بیش‌تر به صورت نوارهای باریک هستند و در امتداد طولی اصلی رخنمون دارند. به طور کلی افیولیت‌ها و آمیزه‌های افیولیتی ایران بخشی از نوار طویل

می‌باشند. در جنوب‌غربی زاگرس، دو بخش جدا از هم به نام افیولیتی کرمانشاه و نیریز رخنمون دارد. افیولیت‌های ایران مرکزی که با نام نوارهای حلقوی خرده قاره‌ی مرکزی (سبزوار، شمال تربت حیدریه و جنوب بیرجند) و شرق ایران مرکزی (ماکو - خوی، شمال مکران و شمال نائین) در اثر عمل فرورانش، بخشی از گوشته‌ی بالایی و پوسته‌ی اقیانوسی به صورت مجموعه‌ی درهمی (ملانژ افیولیتی) بر جای مانده است. سن عمومی افیولیت‌های زاگرس کرتاسه پسین اعلام شده است که البته مطالعات دقیق‌تری در این مورد باید انجام شود. هرکدام از این مناطق نیز از نظر نوع افیولیت به نوبه‌ی خود به زیر بخش‌هایی قابل تقسیم هستند (اسدیان، ۱۳۶۸).

اولترامافیک‌ها عمده‌ترین سنگ‌های افیولیت‌ها هستند که در میان آن‌ها هارزبورژیت درصد بالاتری دارد. دونیت، لرزولیت، ورلیت و برخی از انواع پیروکسینیت‌ها به ویژه برونزیت نیز از جمله اولترامافیک‌های افیولیت‌ها می‌باشند. پس از اولترامافیک‌ها، گابروها فراوان‌ترین سنگ‌های بازیک دانه درشت هستند، که از نظر سیما و ساخت در بیش‌تر جاها به صورت توده‌ای ولی گاهی نیز ساخت لایه‌ای دارند. گدازه‌ها و گاهی خاکسترهای آتشفشانی از جمله عناصر مهم افیولیت‌ها هستند که ترکیب کانی‌شناسی گوناگون و ساختار بالشی دارند. دایک‌های دیابازی (گاهی تغذیه کننده) گابروها را قطع می‌کنند. و از آن‌ها جوان‌ترند. میکروگابروها از سنگ‌های رگه‌ای افیولیت‌ها هستند که سختی زیاد و رنگی بسیار تیره دارند و به صورت دایک‌های نه چندان ممتد و یا به شکل عدسی رخنمون دارند. دیوریت کوارتزار و پلاژیوگرانیت‌ها از دیگر سنگ‌های افیولیت‌ها هستند که به صورت توده‌های کوچک و گاه به صورت دایک و یا رگه‌های نازک دیده می‌شوند. در افیولیت‌های ایران دو نوع سنگ دگرگونی وجود دارد: ۱) میکا شیست، گنایس و مرمر با خاستگاه قاره‌ای که ارتباطی به مجموعه‌های افیولیتی ندارند. ۲) در حقیقت افیولیت‌های دگرگون شده هستند. در بسیاری از مجموعه‌های افیولیتی ایران قطعاتی از سنگ‌های گوناگون با خاستگاه متفاوت وجود دارد. ابعاد این سنگ‌ها از کوچک تا بسیار بزرگ متغیر است. این قطعات بیگانه نوعی اولیستولیت و معرف محیط‌های پرتکاپو هستند، که در اثر فرایندهای

ترکیب شیمیایی افیولیت‌ها همانند پوسته اقیانوسی است. لذا پذیرفته شده که مجموعه‌های افیولیتی ایران، باقی‌مانده اشتقاق‌های درون قاره‌ای هستند که در اثر کافتی شدن (*Rifting*) شکل گرفته‌اند. داشتن کرومیت، سولفید مس توده‌ای، کانی‌های گروه پلاتین، عناصر خاکی کمیاب و... از ویژگی‌هایی است که به افیولیت‌ها ارزش اقتصادی می‌دهند (نبوی، ۱۳۵۵). در این زمینه (حسن‌پور و سنماری، ۱۳۹۸) مطالعه‌ای تحت عنوان زمین‌شناسی مجموعه افیولیت اللهیارلو، شمال‌غرب ایران انجام دادند. نتیجه‌گیری کلی آن‌ها این بود که داده‌های عناصر ناسازگار بهنجار شده نسبت به گوشته اولیه و کندریت نشان می‌دهند که افیولیت اللهیارلو از بازالت‌هایی با منشا گوشته‌ای حاصل آمده است. براساس داده‌های عناصر نادر خاکی (*REE*)، تمام سنگ‌های افیولیت اللهیارلو، سنگ‌های همزاد و حاصل تفریق ماگمایی با منشا بازالت‌های پشته‌های میان اقیانوسی از نوع آرایه گوشته‌ای مورب غنی شده (*E-MORB*) هستند. هم‌چنین (کاواک و همکاران، ۲۰۱۷) ویژگی‌های ژئوشیمیایی سنگ‌های افیولیتی از حاشیه جنوبی حوضه سیواس و پیامدهای آن بر روی اقیانوس داخلی تائورید، شرق ترکیه را بررسی کردند. (کیانی و همکاران، ۲۰۱۴)، مطالعه‌ای تحت عنوان زمین‌شناسی، پترولوژی و پراکندگی ژئوشیمیایی عناصر موجود در افیولیت نورآباد (شمال غربی لرستان)، ایران انجام دادند. هدف از نگارش این مقاله، مروری جامع بر ژئوشیمی و محیط تکتونیکی تشکیل پهنه‌های افیولیتی ایران می‌باشد.

۲- روش، بحث و بررسی

۲-۱- سنگ‌های سازنده مجموعه‌ی افیولیتی ایران

در نواحی که تأثیر تنش‌های زمین‌ساختی بر روی افیولیت‌ها کمتر بوده، می‌توان یک روند کلی از سنگ‌های تشکیل‌دهنده‌ای مثل اولترامافیک‌ها، گابروها، گدازه‌های آتشفشانی، دایک‌های دیابازی، سنگ‌های اسیدی نفوذی، سنگ‌های دگرگونی و قطعات بیگانه را نام برد. در این بین اولترامافیک‌ها فراوان‌ترین سنگ‌های بازیک دانه درشت و خاکسترهای آتشفشانی از جمله عناصر مهم افیولیت‌ها به شمار می‌روند. افیولیت‌های سایر مناطق ایران از نوع ملانژ بوده که در دو گروه نوار افیولیت - رادیولاریتی زاگرس و نوار حلقوی ایران مرکزی قابل ذکر

(۱) با سنگ‌های گابرویی و سپس با گدازه پوشیده شده است. این مجموعه اثری از آمیختگی ندارد.

(۲) برونزد در جنوب‌شرقی مجموعه قبلی قرار دارد، و به شدت تکتونیزه می‌باشد. در این مجموعه سنگ‌های اولترابازیک با فلس‌های آهکی و رادیولاریتی همراهند.

(۳) برونزد در ناحیه هرسین متشکل از یک توده سرپانتینیت است، که در آن ورقه‌های آهکی تبلور مجدد یافته دیده می‌شود (آقانباتی، ۱۳۷۹).

- **افیولیت‌های نیریز:** مطالعات مناطق افیولیتی - رادیولاریتی نیریز نشانگر آن است، که در این ناحیه جداشدگی پوسته در زمان تریاس صورت گرفته است. در نیریز فارس قاعده‌ی این رسوبات به خوبی قابل‌ملاحظه است. و بدون دگرشیمی و گسل‌خوردگی بر روی آهک‌های رسی سازند سروک قرار گرفته، که شامل ۳ بخش مشخص زیر می‌باشد:

- بخش زیرین یا بخش رسوبی: قاعده سکانس افیولیت - رادیولاریت نیریز را به عنوان یک واحد لیتولوژیک خاص به نام رادیولاریت زاگرس معرفی می‌کنند. این واحد شامل مجموعه‌ای از رورانده‌های متوالی است، که در مجموع ساختمان فلسی داشته و از نظر لیتولوژی شامل رادیولاریت‌های قرمز رنگ همراه با چرت‌های لایه‌ای است.

- بخش میانی یا بخش ملانژ: این بخش بر روی بخش قبلی قرار دارد. ضخامت آن نسبت به دو بخش دیگر، کم و شامل قطعات بیگانه‌ی رسوبی و آذرین می‌باشد.

- بخش فوقانی یا بخش افیولیتی: در قاعده‌ی این بخش توده افیولیتی به ضخامت چند متر دیده می‌شود، و بر روی آن مجموعه‌ای از قطعات آهکی متبلور با دگرگونی ضعیف دیده می‌شود. بر روی این آهک‌ها افیولیت‌های واقعی وجود دارند که ضخامت آن به کیلومترها می‌رسد (آقانباتی، ۱۳۷۹).

۲-۲-۲- افیولیت‌های ایران مرکزی

افیولیت‌های ایران مرکزی با نام نوارهای حلقوی ذکر می‌شوند. که خرده قاره‌ی مرکز و شرق ایران مرکزی را فرا گرفته‌اند (شکل ۱). مهم‌ترین افیولیت ملانژهایی که در تشکیل این نوار حلقوی شرکت دارند عبارتند از:

افیولیت ملانژ ناحیه سبزوار: این منطقه یکی از عمده‌ترین مناطق افیولیتی ایران است که در کنار گسل

زمین‌ساختی به مجموعه‌های افیولیتی افزوده شده‌اند (آقانباتی، ۱۳۷۹).

۲-۲- پراکندگی افیولیت‌ها

در طول و به موازات خط راندگی زاگرس نوار افیولیت - رادیولاریت وجود دارد، که ادامه‌ی آن در عمان نیز یافت می‌شود. افیولیت‌های سایر مناطق ایران از نوع ملانژ می‌باشند و به طور کلی در دو گروه بیان می‌شوند:

(۱) نوار افیولیت - رادیولاریتی زاگرس

(۲) نوار حلقوی ایران مرکزی (درویش‌زاده، ۱۳۸۳)

۱-۲-۲- افیولیت‌های زاگرس

در امتداد و در بلافصل جنوب‌غربی زاگرس، دو بخش جدا از هم از مجموعه‌ی افیولیتی - رادیولاریتی رخنمون دارد. دو کمان افیولیتی کرمانشاه و نیریز بخشی از نوار افیولیتی به طول تقریبی ۳۰۰۰ کیلومتر هستند که به طور ناپیوسته از سوریه شروع و پس از گذر از جنوب ترکیه و زاگرس به عمان می‌رود. فسیل‌شناسی، مدارک و شواهد کمی در تعیین سن این افیولیت‌ها ارائه داده است. سن عمومی افیولیت‌های زاگرس کرتاسه پسین اعلام شده، که البته مطالعات دقیق‌تری در این مورد باید انجام شود. مقایسه‌ی افیولیت‌های زاگرس با ایران مرکزی بیانگر ۳ تفاوت عمده می‌باشد:

۱- در نوار افیولیتی زاگرس، رسوبات آهکی تخریبی و توربیدیت به فراوانی یافت می‌شود. در حالی که همراهان رسوبی آمیزه‌های رنگین ایران مرکزی بیش‌تر از نوع شیل، توف و آهک‌های پلاژیک است.

۲- در آمیزه‌های رنگین ایران مرکزی، سنگ‌های اسپیلیتی و دیابازی نقش مهمی دارند، در حالی که در افیولیت‌های زاگرس مقدار این سنگ‌ها ناچیز است.

۳- در افیولیت‌های زاگرس، سنگ‌های رسوبی سن پالئوزوئیک و مزوزوئیک دارند، اما همراهان رسوبی ملانژهای ایران مرکزی و شرق ایران بیش‌تر دارای سنگواره‌هایی به سن سنومانین تا ماستریشتین می‌باشند (افتخارنژاد، ۱۳۷۵).

- **افیولیت‌های کرمانشاه:** در ناحیه‌ی کرمانشاه، سنگ‌های افیولیتی به ویژه در ناحیه‌ی صحنه و هرسین رخنمون دارند. و افیولیت‌های کمان صحنه - هرسین نامیده می‌شوند. که شامل این موارد می‌باشد:

همراهند، تغییرات تدریجی یافت می‌شود. از طرفی یک توده‌ی همگن و ضخیم دیاباز که در بخش زیرین ساخت بالشی و دارای قطعات قرمز و نامشخصی از مواد سیلیسی است به طرف جنوب دوباره تکرار می‌شود. افیولیت ملانژ این منطقه دگرگون شده است. در هم آمیختگی این افیولیت‌ها پیش از پالئوژن بوده، اما سنگ‌های نوع فیلیش ترشباری در این منطقه شناخته نشده است (جاکوسز، ۱۹۷۷).

ملانژهای شرق ایران: در اثر عمل فرورانش، بخشی از گوشته‌ی بالایی و پوسته‌ی اقیانوسی به صورت مجموعه‌ی درهمی (ملانژ افیولیتی) بر جای مانده، که متشکل از آفیولیت، متادیاباز، پیلولاوا، آندزیت و رسوبات پلاژیک نظیر رادیولاریت‌ها می‌باشد. هم‌چنین سنگ‌های اولترابازیک، بازیک و حدواسط با درهم ریختگی شدید نیز در این مجموعه به چشم می‌خورد. در حقیقت این افیولیت‌ها نشانه‌ی جدایی بلوک لوت و بلوک افغان از یک پلاتفرم واحد است. که می‌توان بخشی از این مجموعه را یک ملانژ تکتونیکی به شمار آورد. تعیین سن به خاطر درهم ریختگی تکتونیکی با رسوبات جوان‌تر مشکل است (پور معتمد و همکاران، ۱۳۶۹).

افیولیت ملانژهای شمال مکران: نوار افیولیت ملانژ جنوب و جنوب‌غرب کرمان از شمال اسفندقه تا منطقه‌ی حاجی‌آباد به طول تقریبی ۳۶۰ کیلومتر امتداد دارد. سنگ‌های این مجموعه شامل انواع اولترابازیک و بازیک تا انواع حدواسط و اسیدی است. در ناحیه چهار گنبد که عریض‌ترین بخش این نوار را تشکیل می‌دهد، نظم و ترتیب ویژه‌ی دیده می‌شود و اساساً شامل ۳ بخش زیر است:

- بخش زیرین با واحدهای رسوبی که قسمت اعظم آن ماسه‌سنگ، چرت و آهک به رنگ‌های مختلف دیده می‌شود.
- بخش میانی که در آن تناوبی از سنگ‌های رسوبی با گدازه‌های آتشفشانی زیر دریایی دیده می‌شود.
- بخش فوقانی که با مجموعه‌ای از سنگ‌های اولترابازیک و عدسی‌هایی از آهک‌های پلاژیک است (آبرستن، ۱۹۸۴).

افیولیت ملانژ شمال نائین: این مجموعه کالرد ملانژ، از افیولیت‌ها و سنگ‌های آهکی و رادیولاریت تشکیل یافته و در مجموع روندی تقریباً شمالی- جنوبی دارد. قسمت

درونه و در حدود ۲۰۰۰ کیلومتر مربع وسعت دارد. این مجموعه از سنگ‌های اولترابازیک تشکیل شده است، که هارزبورژیت قسمت اعظم آن را تشکیل می‌دهد. و بر اثر عوامل تکتونیکی به صورت قطعات بزرگ از گوشته جدا شده است. این سنگ‌های بازیک تا حد واسط و اسیدی بوده و هم‌چنین میکروگابروها و دایک‌های دیابازی نیز در آن دیده می‌شوند. گدازه‌های بالشی از نوع لوکوبازالت تا اسپیلیت و حتی کراتوفیر متغیر است. در این مجموعه رودنژیت نیز در بسیاری از قسمت‌ها قابل تشخیص است. عمده‌ترین رسوبات همراه با آن، سنگ‌های پلاژیک به همراه کمی رادیولاریت است. سن رسوبات سری‌های آتشفشانی همراه آن به اواخر کرتاسه بالایی نسبت داده شده است (آدامس، ۱۹۸۶).

افیولیت ملانژهای شمال تربت حیدریه: در این منطقه سکانس تقریباً کاملی از ساختار یک مجموعه‌ی افیولیتی دیده می‌شود، که از قاعده به بالا به شرح زیر است:

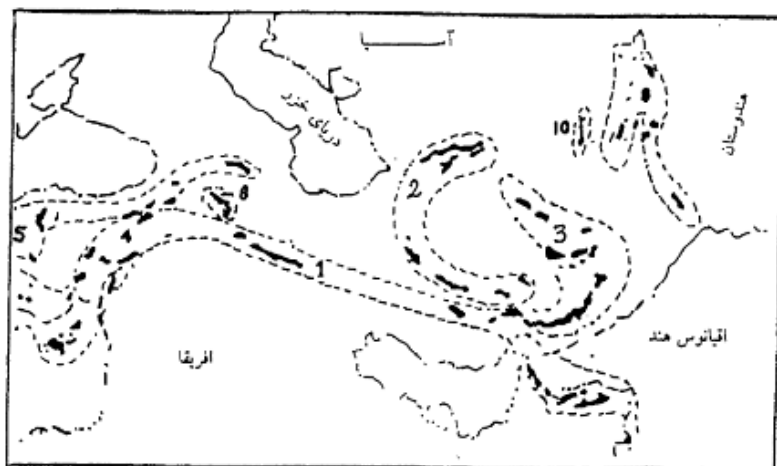
- آمفیبولیت‌های قاعده‌ای: در نتیجه‌ی روراندگی پوسته‌ی اقیانوسی بر روی حاشیه‌ی قاره، در قاعده‌ی افیولیت تشکیل شده‌اند.
- پریدوتیت‌های متامورفیک شامل: هارزبورژیت، دونیت، ورلیت، لرزولیت و سرپانتینیت.
- سنگ‌های کومولیت: کانی‌های تشکیل‌دهنده در آشیانه‌ی ماگمایی در مرحله‌ی اول با تشکیل اولترامافیک‌ها و در مرحله‌ی دوم با تشکیل سنگ‌های گابرویی همراه بوده است.
- رودنژیت: در نتیجه‌ی متاسوماتیسم سنگ‌های دیگر مانند گابروها تشکیل شده‌اند.
- مجموعه‌ی دایک‌های صفحه‌ای: در اثر تزریق دایک ایجاد شده‌اند و عمدتاً سنگ‌های دیابازی را شامل می‌شوند (افتخارنژاد، ۱۳۷۵).

افیولیت ملانژهای جنوب بیرجند: در جنوب بیرجند، افیولیت ملانژهای در هم ریخته و کم و بیش دگرگون شده‌ای دیده می‌شود، که به صورت قطعات کوچک و گاه بزرگ نفوذ کرده‌اند. که در آن واحدهای دونیت، پیروکسینیت و لرزولیت وجود دارد که گاهی به سرپانتین تبدیل شده‌اند. این افیولیت ملانژها یک سکانس کامل افیولیتی بوده و دارای شکل قوس مانندی می‌باشند. بین افیولیت مزبور و فیلیش‌هایی که با سنگ‌های آتشفشانی

بیرون زدگی‌های آن را می‌توان مشاهده کرد. بین مرز ایران و ترکیه (در غرب دریاچه ارومیه) تعدادی از مجموعه‌های افیولیت- رادیولاریت به صورت بیرون زدگی‌های نامنظم در امتداد شمال - جنوب دیده می‌شوند. این افیولیت‌ها از سنگ‌های الترابازیک، رادیولاریت، دیاباز و مواد توفی- آتشفشانی فراوان تشکیل شده‌اند. در داخل ورلیت‌های خوی نیز رگه‌های گرانیت دیده می‌شود. به نظر می‌رسد که این ملانژها در گودال‌های حاشیه‌ای - اقیانوسی زاگرس مرتفع تشکیل شده و از نوع دراز گودال می‌باشند (درویش‌زاده، ۱۳۸۳).

اعظم این مجموعه شامل پریدوتیت و سرپانتینیت و به مقدار کمتر پیروکسینیت‌ها و دیابازهاست. تعدادی رگه دیاباز، گابرو و میکروگابرو نیز در منطقه دیده می‌شوند. به طور محلی سنگ‌های دگرگونی نیز به صورت قطعات کوچکی از شیب‌های دگرگونی، آمفیبولیت و سنگ‌های آهکی دگرگون شده در مجموعه‌ی افیولیتی دیده می‌شوند. از نظر شیمیایی سنگ‌های مجموعه‌ی افیولیتی ناحیه‌ی نائین از یک ماگمای توله‌ایتی به وجود آمده‌اند (معتمد، ۱۳۶۸).

ملانژ ماکو- خوی: این مجموعه افیولیتی در خارج از کادر مجموعه‌ی افیولیت ملانژ حلقوی و در حوالی خوی



شکل ۱. نوارهای افیولیتی ایران و مناطق همجوار: (۱) نوار زاگرس - عمان، (۲) نوار ایران مرکزی، (۳) نوار مکران - زاهدان، (۴) نوار تاروس، (۵) نوار آناتولی، (۶) نوار خوی - ماکو (کنیپر، ۱۹۸۶؛ درویش‌زاده، ۱۳۷۰).

افیولیت‌های نیریز و شهر بابک انواع متعددی از بازالت که ویژگی *IAT* دارند، شناسایی و گزارش شده است (بابایی و همکاران، ۱۹۹۹؛ قاضی و حسنی‌پاک، ۱۹۹۹؛ کمپبل، ۱۹۹۹). ترکیب شیمیایی افیولیت سبزوار واقع در شمال ایران نیز ویژگی‌های ژئوشیمیایی نوع *IAT* را نشان می‌دهد (لنچ و همکاران، ۱۹۷۷؛ لنچ، ۱۹۸۰).

سنگ‌های افیولیتی بر مبنای ژئوشیمی بخش‌های گدازه‌ای و دایک‌های ورقه‌ای (لایه ۳)، پریدوتیتی و گابرویی (لایه‌های ۱ و ۲)، بودن و یا نبودن انباشته‌های کرومیتی و... تقسیم‌بندی و مطالعه می‌شوند. در این باره، بررسی ژئوشیمی گدازه‌های بازالتی از اهمیتی خاص برخوردار است و به گستردگی توسط زمین‌شناسان استفاده شده است (کن، ۱۹۷۰؛ پیرس و کن، ۱۹۷۳؛

۲-۳ ژئوشیمی مجموعه‌های افیولیتی و ملانژهای

افیولیتی ایران

نتایجی بسیار از مطالعات ژئوشیمیایی بر روی افیولیت‌های ایران، وابستگی بازالت‌های پشته‌های میان اقیانوسی (*MORB*) و تولئیت‌های جزایر قوسی (*IAT*) را نشان داده است (داوودزاده، ۱۹۷۲؛ علوی تهرانی، ۱۹۷۷؛ امپلر و همکاران، ۱۹۷۷؛ قاضی و همکاران، ۱۹۷۷؛ دسمونس و بکالووا، ۱۹۸۳؛ مک کال و کید، ۱۹۸۱؛ قاضی و حسنی‌پاک، ۱۹۹۹ و ۲۰۰۰). هر دو گروه بازالت‌های ساب‌آکالن و آکالن را در افیولیت‌های کرمانشاه شناسایی کرده‌اند. به اعتقاد نامبردگان، این بازالت‌ها به ترتیب از مذاب‌های بازالتی تولید شده در جزایر قوسی و درون صفحه‌ای اقیانوسی^۱ مشتق شده‌اند. به همین سان در

^۱ Intra-Oceanic Plate

حوضه حاشیه‌ای واقع برپهنه بالای فرورانش است (داوودی و همکاران، ۱۳۹۳).

۲-۳-۳- ژئوشیمی افیولیت‌های سبزوار

مجموعه کانسارهای کرومیتی سبزوار جزئی از افیولیت‌های خراسان در ۱۷۵ کیلومتری شمال‌غرب سبزوار می‌باشند که مختصات آن‌ها عبارت است از: طول جغرافیایی ۲۰ ثانیه و ۵۰ دقیقه و ۵۶ درجه و عرض جغرافیایی ۳۰ ثانیه و ۳۵ دقیقه و ۳۶ درجه. در این تحقیق، سنگ‌های مزبور براساس ویژگی‌های ژئوشیمیایی خود به تفکیک تقسیم‌بندی شده، جایگاه تکتونیکی آن‌ها مشخص شد. با توجه به این مطالعات معین شد که سنگ‌های متوسط تا بازیگ این مجموعه دارای خواصی مشابه به جزایر قوسی بوده و واحدهای آن‌ها از نظر ژنتیکی بشدت به هم مرتبط هستند؛ به عبارت دیگر از یک مذاب واحد تفریق حاصل نموده‌اند. این در حالی است که سنگ‌های افیولیتی کاملاً خواص پشته‌های میان اقیانوسی افیولیت‌های نئوتتیس را نشان می‌دهند. بنابر ترکیب شیمیایی و ویژگی‌های این مجموعه می‌توان نتیجه گرفت که این افیولیت‌ها در طول زمان بر اثر ایجاد شکافی باریک ولی عمیق در پوسته اقیانوس تتیس و سپس با تغییر رژیم کششی به فشارشی در تکتونیک ایران زمین به صورت مجموعه‌ای صفحه‌مانند در پوسته قاره‌ای قبلی جایگزین شده است و در حال حاضر به شکل کالرد ملانژ دیده می‌شوند (هزارخانی، ۱۳۸۴).

۲-۳-۴- ژئوشیمی افیولیت‌های شمال و شمال

شرق تربت حیدریه

سکانس گوشته‌ای افیولیت تربت حیدریه شامل هارزبورژیت، دونیت و لرزولیت‌ها می‌باشد. دایک‌هایی با ترکیب دیابازی میکرودیوریتی سکانس گوشته‌ای این افیولیت را قطع می‌نماید. میزان آلومینیوم اورتوپروکسن موجود در پریدوتیت‌ها پایین بوده و گرایش به اورتوپروکسن موجود در پریدوتیت‌های جلوکوس نشان می‌دهد. کلینوپروکسن‌های موجود در پریدوتیت‌ها کلسیم بالایی داشته و در محدوده پیروکسنیت‌های پوسته‌ای مرتبط با قوس و پریدوتیت‌های ایزوبونین قرار گرفته‌اند. کرومیت‌های پریدوتیت‌های تربت حیدریه در محدوده‌ی اسپینل توده‌های کمانی قرار می‌گیرند. کرومیت‌های موجود در هارزبورژیت‌ها و لرزولیت‌ها دارای

پیرس و همکاران، ۱۹۸۴؛ پیرس، ۱۹۸۲؛ بکالووا و همکاران، ۱۹۸۳، ۱۹۹۴، ۱۹۹۵؛ پیرس، ۱۹۹۶).

یکی از معیارهای ژئوشیمیایی در تعیین نوع گدازه‌های افیولیتی، توزیع و فراوانی عنصر Ti در آن‌هاست. (بکالووا و همکاران، ۱۹۹۵، ۱۹۹۴، ۱۹۸۳) گدازه‌های افیولیتی را بر مبنای میزان Ti آن‌ها به انواع بازالت‌های Ti - بالا (وابستگان $MORB$)، بازالت‌های Ti - پایین (وابستگان IAT) و بازالت‌های با تیتانیوم بسیار کم (بونیت‌ها) تقسیم کرده‌اند.

۲-۳-۱- ژئوشیمی مجموعه افیولیتی جنوب صحنه (شمال شرق کرمانشاه)

مجموعه افیولیتی صحنه به عنوان بخشی از توالی‌های افیولیتی در زون جوش‌خورده‌ی زاگرس محسوب می‌گردد. این مجموعه خود جزئی از نوار ۳۰۰ کیلومتری می‌باشد که از سوریه شروع می‌شود و پس از گذر از جنوب ترکیه و زاگرس به عمان می‌رود. براساس نمودارهای عناصر اصلی و دیاگرام عنکبوتی این مجموعه حاصل یک ماگمای بازالت تولییتی کف اقیانوس نوع P (P or E MORB) می‌باشد. شواهد ژئوشیمیایی و پترولوژیکی نشان می‌دهد که ماگمای سازنده یک ماگمای ساب آلكالین تولییتی منیزیم بالا بوده است. طبیعت تولییتی ماگمای درگیر در تشکیل پوسته‌ی اقیانوسی و قرارگیری آن در میدان ماگماهای پشته‌ی میان اقیانوسی نوع P بیانگر این است که پشته‌ی قدیمه دارای نرخ گسترشی تند بوده است (امینی و همکاران، ۱۳۸۴).

۲-۳-۲- ژئوشیمی پریدوتیت‌های مجموعه

افیولیتی نیریز (جنوب غرب ایران)

مجموعه افیولیتی نیریز با روند شمال‌غرب- جنوب‌شرق، به موازات راندگی اصلی زاگرس و در خارج از پهنه تراست اصلی، رخنمون دارد. بررسی‌های ژئوشیمیایی بر روی پریدوتیت‌ها بیانگر غنی‌شدگی در عناصر دیرگداز است. در نمودار عنکبوتی نورمالیز شده نسبت به گوشته اولیه، عناصر لیتوفیل بزرگ یون ($LILE$) نسبت به عناصر با شدت میدان بالا ($HFSE$) غنی‌شدگی نشان می‌دهد. در نمودارهای تمایز محیط تکتونیکی، پریدوتیت‌های نیریز در محدوده‌های جزایر قوسی و پهنه بالای فرورانش قرار می‌گیرد. این ویژگی‌ها علاوه بر تاکید بر منشأ تهی شده این سنگ‌ها، از ویژگی‌های ماگماهای شکل گرفته در

آذرین، دگرگونی و رسوبی در این سکانس رخمون دارند. توده‌های عظیم هارزبورژیت‌ها در کنار واحدهای کوچک‌تر گابرو، بازالت، دیاباز و سنگ‌های اسیدی قرار گرفته‌اند. دگرسانی به صورت مختلف منطقه را تحت تاثیر قرار داده و در سنگ‌های متفاوت اثرات متفاوتی را به جا گذاشته است. بخشی از این تغییرات مربوط به دگرگونی یا دگرسانی کف دریا است که منجر به متاسوماتیزم سدیم در کل منطقه گردیده است. تمامی سنگ‌های خروجی بازیک منطقه تحت‌تاثیر، در حد شسیت‌سبز به متابازیت‌ها تبدیل شده و گاهی تا رخساره امفیبولیت نیز دگرگون شده‌اند. از نقطه نظر ژئوشیمیایی سنگ‌های منطقه تمایل توله‌ائیتی داشته و با افیولیت‌های نوع هارزبورژیتی (*H.O.T*) و نیز بازالت‌های میان اقیانوسی نوع (*P-MORB*) تشابهات نسبتاً خوبی را نشان می‌دهند.

۲-۳-۸- ژئوشیمی مجموعه افیولیتی ماکو-خوی

زون افیولیت‌ملانژ خوی-ماکو در شمال غرب کشور در نوارهای مرزی ایران و ترکیه با راستای شمالی-جنوبی گسترش داشته و ادامه آن به سمت مغرب تا آناتولی کشیده می‌شود. وجود دو نوع افیولیت *MORB* و *SSZ* در پهنه افیولیتی خوی-ماکو، بدون شک گویای آن است که تکوین و تکامل این افیولیت‌ها در دو جایگاه زمین-ساختی ناهمسان صورت گرفته است. از یک طرف، گسترش میان اقیانوسی با فوران بازالت پشته‌های میان اقیانوسی همراه بوده و از سوی دیگر فعالیت یک سیستم فرورانشی میان اقیانوسی سبب هضم لیتوسفر اقیانوسی نوزاد می‌شده است. تعیین گسترش و ارتباط صحرایی این دو نوع افیولیت که توسط گدازه‌های *Ti* - بالا و *Ti* - پایین شناخته می‌شوند، نیاز به بررسی تمام گدازه‌های موجود در پهنه افیولیتی خوی-ماکو دارد. ولی با توجه به روابط صحرایی موجود، می‌توان گفت که بخش‌های تشکیل شده در دو جایگاه یاد شده توسط راندگی زورآباد-گردیک از هم جدا می‌شوند. به نظر می‌رسد که تشکیل سنگ‌های افیولیتی در جایگاه زمین‌ساختی نخست مقدم بر جایگاه *SSZ* بوده است و سیستم فرورانشی در مراحل نهایی و در زمانی که سیستم واگر به سیستم کلی همگرا تغییر جهت داده، به وجود آمده است (امامعلی‌پور، ۱۳۷۹). نتایج تجزیه شیمیایی افیولیت‌ها در جدول‌های ۱ تا ۵ ارائه شده است.

عدد کروم بالایی بوده و به نظر می‌رسد که از یک مذاب بونینیتی حاصل شده‌اند. با توجه به خصوصیات ژئوشیمیایی پریدوتیت‌های تربت حیدریه به همراه خصوصیات ژئوشیمیایی گابروهای این سکانس افیولیتی به نظر می‌رسد که تکامل این سکانس گوشته‌ای در ارتباط با یک محیط فرورانش می‌باشد (سورکی، ۱۳۹۲).

۲-۳-۵- ژئوشیمی مجموعه‌های افیولیت جنوب

بیرجند

گستره مورد مطالعه با مساحت بیش از ۲۰۰۰ کیلومتر مربع، بخشی از پهنه جوش خورده سیستان واقع در خاور ایران است که به شکل کلی کمانی با تحدب به سمت شمال خاوری، در جنوب بیرجند قرار گرفته است. علی‌رغم آشفتگی‌های تکتونیکی شدیدی که مجموعه سنگی منطقه را به صورت یک آمیزه افیولیتی در آورده، کلیه اجزای یک توالی افیولیتی کامل از نوع *hot* در آن مشهود است. ضخامت این توالی حدود ۷ کیلومتر برآورد شده است. این توالی بر روی یک نوار باریک دگرگونه با ضخامت حدود ۴۵۰ متر، مرکب از شسیت‌سبز و آمفیبولیت، به عنوان پی دگرگونی قرار گرفته است (زرین کوب، ۱۳۷۹).

۲-۳-۶- ژئوشیمی مجموعه افیولیتی شمال مکران

نوار افیولیت‌ملانژ جنوب و جنوب غرب کرمان از شمال اسفندقه تا منطقه‌ی حاجی‌آباد به طول تقریبی ۳۶۰ کیلومتر امتداد دارد. با توجه به نمودارها و اطلاعات ژئوشیمیایی موجود، سنگ‌های آتشفشانی ملانژ افیولیتی در دوسری آلکالن و کالک‌آلکالن تا تولئیتی قرار می‌گیرند. (افتخارنژاد و همکاران، ۱۹۸۵) ماگمای این ملانژها را تولئیتی تصور کرده‌اند. (رشدی و فورستر، ۱۹۸۳) سکانس عظیم سنگ‌های افیولیتی را در نتیجه‌ی گسیختگی و انتشار و تفریق ماگمای بازیک در آشیانه ماگمایی در محیط پشته‌ی اقیانوسی در نظر گرفته‌اند.

۲-۳-۷- ژئوشیمی مجموعه افیولیتی شمال نائین

آمیزه افیولیتی شمال نائین، بخشی از کمر بند افیولیتی اطراف خرده‌قاره ایران مرکزی است که نخستین بار توسط (داوودزاده، ۱۹۷۱) مورد بررسی کلی قرار گرفته است. مجموعه فوق، خصوصیات یک واحد افیولیتی ایده‌آل را تا حدود زیادی در خود حفظ کرده است. انواع سنگ‌های

جدول ۱. نتیجه تجزیه شیمیایی تعدادی از پریدوتیت‌های با فابریک تکتونیکی ایران (سبزه‌ای، ۱۹۷۴؛ نقره‌نیا، ۱۹۸۲؛ افتخار نژاد و همکاران، ۱۹۹۰؛ سرکاری نژاد، ۱۹۸۵؛ داوود اده، ۱۹۷۲؛ رزم آرا، ۱۳۶۹؛ ارشدی خمسه، ۱۹۸۲؛ امینی و همکاران، ۱۳۸۴)

اکسیدها	اسفندقه	نائین	سبزوار	ترت حیدریه	بیرجند	مکران	نیریز	صحنه کرمانشاه
SiO_2	۳۹/۳۸	۳۵/۳۰	۴۰/۰۵	۴۰/۵۲	۴۲/۰۵	۴۱/۰۱	۴۰/۰۳	۳۵/۵۱
Al_2O_3	۱/۱۶	۱/۵۵	۰/۰۰	۰/۹۷	۱/۲۰	۱/۳۰۶	۰/۸۳	۵
Fe_2O_3	۲/۲۹	۶/۱۰	۱۶/۰۵	۵/۴۷	۲/۵۳	۲/۲۹	۱/۷۵	۱/۵
FeO	۳/۴۵	۱/۱۰	-	۲/۷۵	۵/۴۰	-	۵/۴۸	۷/۷۹
TiO_2	۰/۳۷	۰/۰۵	۰/۱۱	۰/۰۵	۰/۰۶	۰/۰۴	۰/۶۴	۰/۰۰
MnO	۰/۱۲	۰/۰۷	-	۰/۱۳	۰/۱۲	۰/۱۷	۰/۱۱	۰/۱۲
CaO	۱/۰۰	۰/۵۶	۰/۰۳	۰/۳۵	۱/۴۵	۱/۴۰	۰/۰۳	۱/۱۵
MgO	۴۵/۵۷	۳۷/۶۰	۴۳/۷۸	۴۶/۸۵	۳۹	۳۹/۲۹	۴۲/۵۹	۴۸/۶۹
Na_2O	۰/۰۸	-	-	۰/۰۳	۰/۱۴	۰/۰۵	۰/۰۱	۰/۰۴
K_2O	۰/۰۱	۰/۰۳	-	۰/۰۱	۰/۰۳	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۰
P_2O_5	۰/۱۴	۰/۰۳	-	-	۰/۳۵	-	-	۰/۰۱

با توجه به جدول بالا، پریدوتیت‌های با فابریک تکتونیکی از نظر شیمیایی تغییرات محدودی را نشان می‌دهند.

جدول ۲. نتایج تجزیه شیمیایی تعدادی از کومولاهای بازیگ - اولترابازیک مجموعه‌های افیولیتی ایران (سبزه‌ای، ۱۹۷۴؛ نقره‌نیا، ۱۹۸۲؛ افتخار نژاد و همکاران، ۱۹۹۰؛ سرکاری نژاد، ۱۹۸۵؛ داوود زاده، ۱۹۷۲؛ رزم آرا، ۱۳۶۹؛ ارشدی خمسه، ۱۹۸۲).

اکسیدها	اسفندقه	نائین	بیرجند	ترت حیدریه	نیریز	سبزوار	مکران
SiO_2	۲۹/۸۶	۴۴/۱۰	۵۰/۳۰	۳۹/۴۰	۴۶/۸۴	۴۰/۱۸	۳۹/۲۶
Al_2O_3	۱/۰۱۸	۱۸/۸۵	۱۶/۳۵	۱۱/۲۰	۵/۴۳	۰/۴۴	۷/۷۹
Fe_2O_3	۱۳/۷۵	۰/۷۱	۰/۸۷	۴/۷۵	۷/۵۸	۱۳/۳۰	۱۴
FeO	۱/۵۹	۴/۸۸	۷/۵۳	۴/۸۰	-	-	-
TiO_2	۰/۰۹	۰/۰۶	۰/۹۳	۰/۶	۰/۲۲	۰/۱۱	۰/۴۰
MnO	۰/۱۱	۰/۰۶	۰/۱۶	-	۰/۱۱	۰/۲۵	۰/۲۰۴
CaO	۱/۸۳	۱۶/۸۰	۱۱/۲۰	۳/۱۵	۱۵/۴۱	-	۵/۷۰
MgO	۳۵/۲۳	۱۰/۱۸	۷/۵۹	۲۹/۷۰	۲۰/۷۰	۴۷/۰۹	۲۴/۴۹
Na_2O	۰/۰۶	۰/۵۵	۲/۸۵	۰/۳۰	۰/۲۷	-	۰/۰۷
K_2O	۰/۰۲	۰/۰۶	۰/۲۹	۰/۴۸	۰/۰۱	-	۰/۰۸
P_2O_5	۰/۲۴	۰/۰۱	۰/۰۷	۰/۱	۰/۰۱	-	-

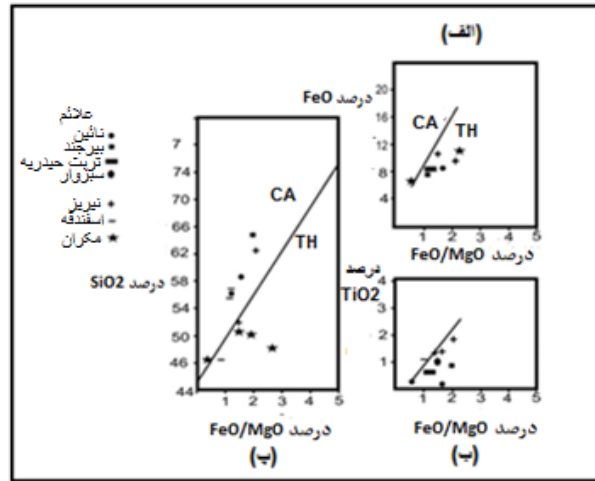
مطابق با جدول ۲ مشاهده می‌شود که مقدار CaO و Al_2O_3 و بعضا عناصر آلکان در کومولاهای اولترامافیک بیش‌تر از پریدوتیت‌های با فابریک تکتونیکی است و این مطلب گویای تفریق شیمیایی در آشیانه ماگمایی می‌باشد.

جدول ۳. تعدادی از تجزیه‌های شیمیایی دایک‌های دیابازی و میکروگابروهای مجموعه افیولیتی ایران (سبزه‌ای، ۱۹۷۴؛ نقره‌نیا، ۱۹۸۲؛ افتخار نژاد و همکاران، ۱۹۹۰؛ سرکاری نژاد، ۱۹۸۵؛ داوود زاده، ۱۹۷۲؛ رزم آرا، ۱۳۶۹؛ ارشدی خمسه، ۱۹۸۲).

اکسیدها	نائین	بیرجند	ترت حیدریه	سبزوار	نیریز	اسفندقه	مکران
SiO_2	۵۴/۹۰	۵۱/۰۵	۴۳/۵۳	۳۹/۸۹	۵۸/۸۲	۵۲/۲۳	۴۸/۴۵
Al_2O_3	۱۶/۲۰	۱۵/۹۰	۱۳/۶۹	۱۳/۴۴	۱۳/۷۸	۱۲/۱۶	۱۵/۱۷
Fe_2O_3	۱/۶۰	۳/۲۵	۳/۵۵	۹/۶۱	۲/۴۲	۲/۱۲	۱۲/۲۶
FeO	۶/۹۰	۷/۱۸	۴/۰۶	-	۷/۵۶	۷/۱۴	-
TiO_2	۰/۴۱	۰/۹۶	۰/۵۱	۱/۰۴	۱/۹۸	۰/۴۷	۱/۷۸
MnO	۰/۰۴	۰/۱۸	۰/۱	۰/۱۷	۰/۱۷	۰/۲۰	۰/۳۶
CaO	۶/۵۰	۷/۹۰	۱۸/۰۵	۲۱/۴۳	۶/۰۶	۱۰/۱۵	۸/۴۲
MgO	۵/۷۵	۵/۲۰	۱۰/۹	۶/۲۳	۴/۸۷	۸/۲۱	۷/۷۸
Na_2O	۲/۴۵	۴/۵۵	۰/۲۱	۱/۱۶	۳/۴۱	۰/۷۱	۳/۱۵
K_2O	۰/۰۶	۰/۴۲	۰/۰۸	۰/۰۹	۰/۶۳	۰/۴۸	۰/۶۸
P_2O_5	۰/۱۸	۰/۰۸	-	۰/۰۰	۰/۱۳	۰/۲۶	-

در جدول ۳ تجزیه‌های شیمیایی انجام شده بر روی دایک‌های دیابازی و میکروگابروها دارای عناصر آلکالی از نظر درصد وزنی بسیار متغیرند.

مطابق با شکل‌های زیر دایک‌های دیابازی و میکروگابروهای مجموعه افیولیتی ایران اکثراً موقعیت تولییتی داشته و در برخی موارد تمایل آن‌ها به طرف قطب کالکوالکالن است (افتخارنژاد و همکاران، ۱۹۸۵).



شکل ۲. نمودارهای الف: درصد FeO/MgO برحسب درصد FeO ، ب: درصد FeO/MgO برحسب درصد TiO_2 ، پ: درصد FeO/MgO برحسب درصد SiO_2 برای دایک‌های دیابازی و میکروگابروهای مجموعه افیولیتی ایران (افتخارنژاد و همکاران، ۱۹۸۵).

جدول ۴. تعدادی از تجزیه‌های شیمیایی پلاژیوگرنیت‌های مجموعه افیولیتی ایران (سبزه‌ای، ۱۹۷۴؛ نقره‌نیان، ۱۹۸۲؛ افتخارنژاد و همکاران، ۱۹۹۰؛ سرکاری نژاد، ۱۹۸۵؛ داوود زاده، ۱۹۷۲؛ رزم آرا، ۱۳۶۹؛ ارشدی خمسه، ۱۹۸۲).

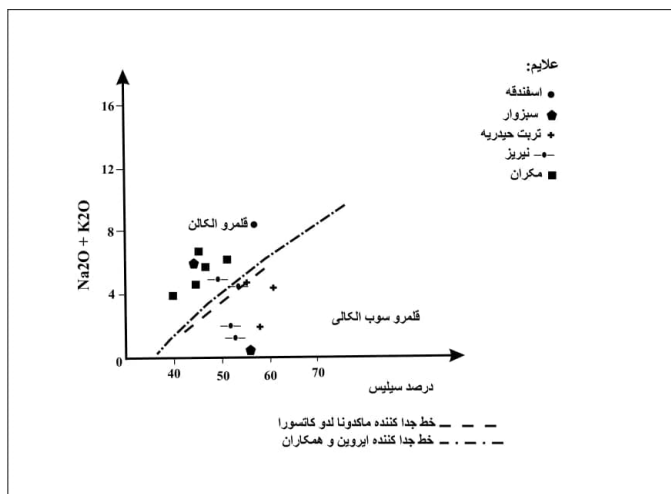
اکسیدها	اسفندقه	نائین	بیرجند	تربت حیدریه	نیریز	سبزواری	مکران
SiO_2	۶۶/۵۶	۶۷/۹۰	۵۷/۱۵	۵۳/۵۹	۷۱/۵۶	۶۳/۱۰	۶۹/۶۸
Al_2O_3	۱۶/۶۳	۱۵/۷۰	۱۶/۱۲	۱۵/۸۷	۱۴/۹	۱۵/۳۳۶	۱۷/۲۱
Fe_2O_3	۱/۶۳	۰/۴۸	۱/۵۶	۵/۵۶	۰/۷۹	۶/۸۷	۱/۸۷
FeO	۳/۴۸	۱/۳۰	۴/۳	۳/۰۱	۲/۴۷	-	-
TiO_2	۰/۵۱	۰/۳۸	۰/۶۷	۰/۸۴	۰/۰۶	۰/۸۲	۰/۳۴
MnO	۰/۱۸	۰/۰۴	۰/۱	۰/۱۵	۰/۰۶	۰/۱۰	۰/۰۴
CaO	۳/۳۰	۵/۰۵	۵/۱۴	۷/۳۹	۱/۱۳	۴/۶۵	۳/۱۱
MgO	۰/۴۷	۲/۴	۴/۷۱	۵/۰۵	۲/۷۴	۲/۲۱	۱/۲۷
Na_2O	۴/۱۷	۴/۷۵	۴/۸۸	۳/۴۲	۶/۰	۴/۸۳	۶/۷۹
K_2O	۱/۱۲	۰/۳۳	۰/۰۸	۰/۸۱	۰/۲۴	۰/۳۹	۰/۳۷
P_2O_5	۰/۱۶	۰/۱۲	-	۰/۰۶	۰/۰۲	۰/۰۹	۰/۱۱

جدول ۵. تعدادی از تجزیه‌های شیمیایی سنگ‌های خروجی مجموعه‌های افیولیتی ایران (سبزه‌ای، ۱۹۷۴؛ نقره‌نیان، ۱۹۸۲؛ افتخارنژاد و همکاران، ۱۹۹۰؛ سرکاری نژاد، ۱۹۸۵؛ رزم آرا، ۱۳۶۹؛ ارشدی خمسه، ۱۹۸۲).

اکسیدها	اسفندقه	سبزواری	تربت حیدریه	بیرجند	مکران	نیریز
SiO_2	۵۵/۰۲	۴۵.۵۶	۴۹/۹۸	۴۸/۱۰	۵۳/۱۲	۵۴/۸
Al_2O_3	۱۴/۹۰	۱۶.۰۴	۱۷/۸۱	۱۰/۳۰	۱۴/۴۲	۱۰/۴۵
Fe_2O_3	۹/۳۴	-	۵/۱۱	۷/۷۸	۷/۹۱	۳/۵۳
FeO	۰/۷۳	۹.۷۲	۵/۷۷	۶/۸۲	-	۸/۵۹
TiO_2	۰/۱۷	۱.۷۷	۱/۴۲	۲/۶۸	۱/۶۴	۲/۰۳
MnO	۰/۲۳	۰.۱۴	۰/۱۴	۰/۲۲	۰/۱۰	۰/۱۰
CaO	۲/۳۷	۹.۶۱	۶/۸۴	۱۰/۵۵	۷/۹۶	۱۱/۷۲
MgO	۴/۵۴	۷.۴۱	۴/۷۲	۶/۴۷	۴/۱۲	۷/۲۱
Na_2O	۰/۸۱	۳.۳۷	۳/۹	۴/۴۳	۴/۰۳	۱/۳۶
K_2O	۲/۵۵	۲.۵۶	۰/۶۷	۰/۵۱	۰/۹۰	۰/۰۹
P_2O_5	۰/۱۶	۰/۴۹	۰/۰۵	۰/۴۳	-	۰/۱۳

مطابق با شکل زیر می‌توان مشاهده نمود که سنگ‌های خروجی مکران و اسفندقه در قلمرو آلکالن و سنگ‌های

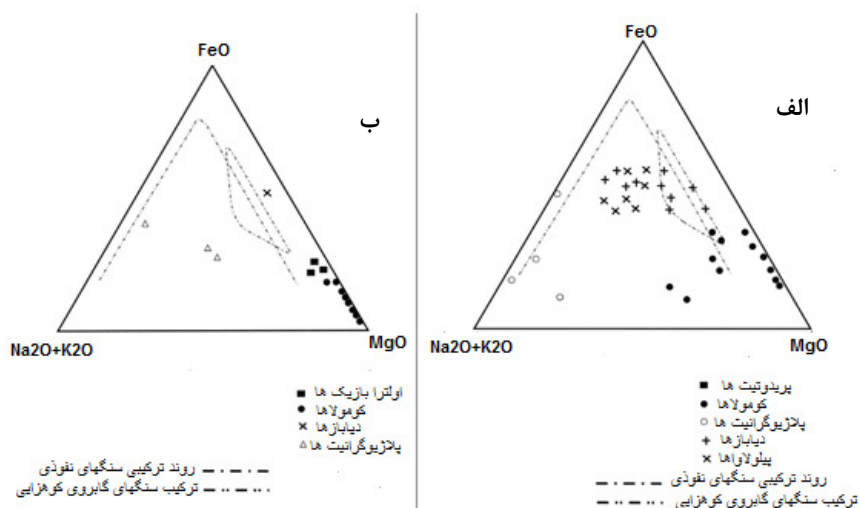
خروجی نیریز، تربت حیدریه در قلمرو سوب آلکالن ترسیم شده‌اند.



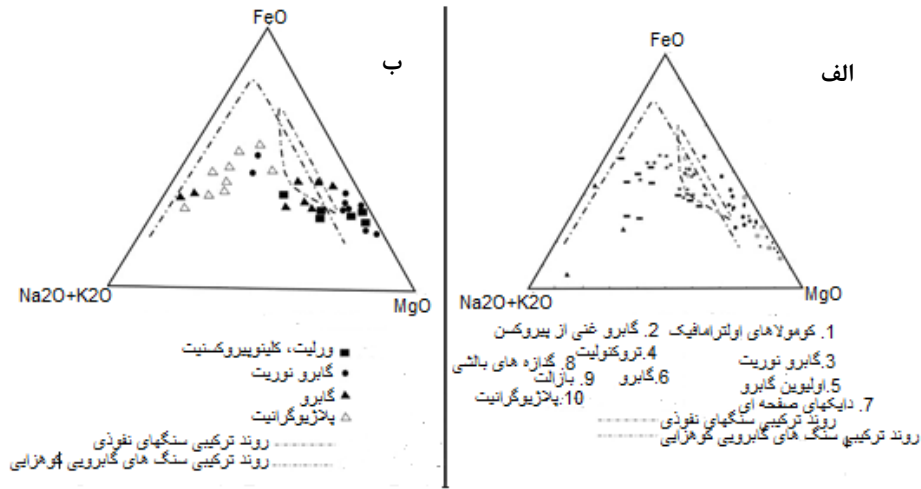
شکل ۳. نمودار آلکالن برحسب سیلیس در سنگ‌های خروجی مجموعه افیولیتی ایران (سبزه‌ای، ۱۹۷۴؛ نقره‌تپان، ۱۹۸۲؛ سرکاری نژاد، ۱۹۸۵؛ رزم آرا، ۱۳۶۹؛ ارشدی خنمه، ۱۹۸۲).

تعدادی از نمودارهای *A.F.M* افیولیت‌ها و ملانژهای افیولیتی ایران مطابق شکل‌های زیر ترسیم شده و نتایج زیر از آن‌ها بدست آمده است:
- سکانس سنگ‌شناسی افیولیت‌ها و ملانژهای افیولیتی ایران مشابه با سایر افیولیت‌ها و ملانژهای افیولیتی جهان و به خصوص "تتیس" دارای روند ترکیبی مخصوص به خود بوده و مطابقت با سری‌های کوهزایی ندارند.

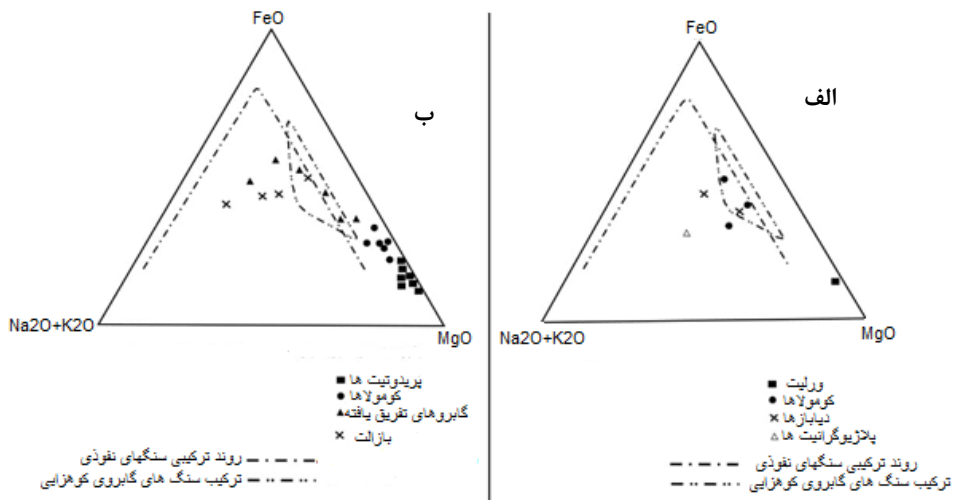
- محیط تشکیل آن‌ها قطعاً اقیانوسی (پشته‌های میان اقیانوسی یا حوضه‌های کناری) بوده است.
- منشأ ماگمایی تقریباً یکسان دارند.
- تنوع و اختلافات کمی که در سنگ‌شناسی و یا ترتیب و توالی مناطق مختلف مشاهده می‌گردد بستگی به شرایط فیزیکی-شیمیایی ماگمای مادر و عوامل دیگری چون محیط ژئودینامیکی، نحوه جایگزینی بعدی سکانس افیولیتی، حرکات تکتونیکی و کوهزایی دارند.



شکل ۴. نمودار *A.F.M* (الف) نیریز، (ب) اسفندقه (سرکاری نژاد، ۱۹۸۵)



شکل ۵. نمودار A.F.M (الف) نیریز، ب) سبزواری (سرکاری نژاد، ۱۹۸۵)



شکل ۶. نمودار A.F.M (الف) بیرجند، ب) تربت حیدریه (سرکاری نژاد، ۱۹۸۵)

۳- نتیجه‌گیری

افیولیت مجموعه‌ای از سنگ‌های مافیک و اولترامافیک است. این عناصر اغلب به عنوان یک واحد سنگ‌چینه‌ای هستند که در ایران بیش‌تر به صورت نوارهای باریک و اشتقاق‌های درون‌قاره‌ای دیده می‌شوند. شواهد زمین‌شناسی و دیگر بررسی‌های انجام شده نشانگر آن است که ترکیب شیمیایی آن‌ها همانند پوسته اقیانوسی است. داشتن کرومیت، سولفید مس توده‌ای، کانی‌های گروه پلاتین، عناصر خاکی کمیاب و... از ویژگی‌هایی است که به افیولیت‌ها ارزش اقتصادی می‌دهند. در این بین اولترامافیک‌ها فراوان‌ترین سنگ‌های بازیک دانه

درشت و خاکسترهای آتشفشانی از جمله عناصر مهم افیولیت‌ها به شمار می‌روند. افیولیت‌های سایر مناطق ایران از نوع ملانژ بوده که در دو گروه نوار افیولیت-رادپولاریتی زاگرس و نوار حلقوی ایران مرکزی قابل ذکر می‌باشند. سن عمومی افیولیت‌های زاگرس کرتاسه پسین اعلام شده است که البته مطالعات دقیق‌تری در این مورد باید انجام شود در امتداد و در بلا فصل جنوب‌غربی زاگرس، دو بخش جدا از هم از مجموعه‌ی افیولیتی-رادپولاریتی رخمون دارد. دو کمان افیولیتی کرمانشاه و نیریز بخشی از نوار افیولیتی به طول تقریبی ۳۰۰۰ کیلومتر هستند که به طور ناپیوسته از سوریه شروع و

امامعلی‌پور، ع (۱۳۸۰) متالوژی افیولیت‌های خوی - ماکو با نگرشی ویژه بر انباشته‌های سولفوری در آتشفشانی‌های ناحیه قزل‌داش. رساله دکتری، دانشگاه شهید بهشتی.

امینی، ص. مرادپور، ن. زارعی، ر (۱۳۸۴) مطالعه‌ی پتروگرافی و ژئوشیمی مجموعه‌ی افیولیتی جنوب صحنه (شمال شرق کرمانشاه). نهمین همایش انجمن زمین‌شناسی ایران، دانشگاه تربیت معلم تهران.

آقائباتی، ع (۱۳۷۹) زمین‌شناسی ایران. انتشارات دانشگاه تهران، چاپ دوم.

پورمعمد، ف. درویش‌زاده، ع. معتمد، ا (۱۳۶۹) مبانی زمین‌شناسی. تألیف پ. بلر، ش. مرول، انتشارات دانشگاه تهران، ۷۴۶ ص.

حسن‌پور، ش. سنماری، س (۱۳۹۸) مطالعات زمین‌شناسی مجموعه افیولیت اللهیارلو، شمال‌غرب ایران. نشریه یافته‌های نوین زمین‌شناسی کاربردی، دوره: ۱۳، شماره: ۲۶. ص ۱۲۳-۱۴۰.

داوودی، ز. رهگشای، م. منصف، ا (۱۳۹۳) ژئوشیمی و پتروژنز پریدوتیت‌های مجموعه افیولیتی نیریز (جنوب‌غرب ایران). نشریه پتروژئولوژی، سال پنجم، شماره نوزدهم، ص ۶۶-۵۳.

درویش‌زاده، ع (۱۳۸۳) زمین‌شناسی ایران. مؤسسه انتشارات امیرکبیر، تهران.

زرین‌کوب، م (۱۳۷۹) پتروژئولوژی و ژئوشیمی مجموعه‌های افیولیت جنوب بیرجند. پایان‌نامه، وزارت علوم، تحقیقات و فناوری، دانشگاه تربیت معلم تهران، دانشکده علوم.

سورکی، ط. قربانی، ق. شفایی‌مقدم، ه (۱۳۹۲) ژئوشیمی کانیایی پریدوتیت‌های افیولیت‌های شمال و شمال‌شرق تربت حیدریه. اولین همایش زمین‌شناسی کاربردی ایران. علوی‌تهرانی، ن (۱۳۵۸) مجموعه سنگ‌های افیولیتی در ایران، نتایج حاصله و مسائل قابل بحث. انتشارات سازمان زمین‌شناسی کشور.

معتمد، ا (۱۳۶۸) رسوب‌شناسی، روش‌های مطالعه. انتشارات دانشگاه تهران، ۳۵۹ ص.

نبوی، م. ح (۱۳۵۵) دیباچه‌ای بر زمین‌شناسی ایران. انتشارات سازمان زمین‌شناسی کشور.

هزارخانی، ا (۱۳۸۴) ژئوشیمی و سنگ‌شناسی افیولیت‌های سبزووار و ارتباط آن با کانی‌زایی اقتصادی کرومیت. امیرکبیر، دوره ۱۶، شماره ۶۲، ص ۱-۱۲.

Abersten, L (1984) *Diversion of a lava flow from its natural bed to an artificial channel with the aid of explosives: Etna, 1983. Bulletin of Volcanology, 47:1165-1174.*

Adams, W. C (1986) *Whose lives count? TV coverage of natural disasters. Journal of communication 36: 113-122* 10-Jakucs, L. D.

پس از گذر از جنوب ترکیه و زاگرس به عمان می‌رود. افیولیت‌های ایران مرکزی با نام نوارهای حلقوی ذکر می‌شوند که خرده قاره‌ی مرکز و شرق ایران مرکزی را فرا گرفته‌اند که شامل افیولیت‌های سبزووار، (این منطقه یکی از عمده‌ترین مناطق افیولیتی ایران است که در کنار گسل درونه و در حدود ۲۰۰۰ کیلومتر مربع وسعت دارد.) شمال تربت حیدریه و جنوب بیرجند می‌باشد. ملائزه‌های شرق ایران نشانه‌ی جدایی بلوک لوت و بلوک افغان از یک پلاتفرم واحد است که می‌توان بخشی از این مجموعه را یک ملائز تکتونیکی به شمار آورد. تعیین سن به خاطر درهم ریختگی تکتونیکی با رسوبات جوان‌تر مشکل است، که شامل ماکو - خوی، شمال مکران و شمال نائین می‌باشد. نتایج بسیار از مطالعات ژئوشیمیایی بر روی افیولیت‌های ایران، وابستگی بازالت‌های پشته‌های میان اقیانوسی (MORB) و تولیت‌های جزایر قوسی (IAT) را نشان داده است. هردو گروه بازالت‌های ساب‌آلکانل و آلکانل را در افیولیت‌های کرمانشاه شناسایی کرده‌اند. این بازالت‌ها به ترتیب از مذاب‌های بازالتی تولید شده در جزایر قوسی و درون صفحه‌ای اقیانوسی مشتق شده‌اند. به همین سان در افیولیت‌های نیریز و شهر بابک انواع متعددی از بازالت که ویژگی IAT دارند، شناسایی و گزارش شده است. ترکیب شیمیایی افیولیت سبزووار واقع در شمال ایران نیز ویژگی‌های ژئوشیمیایی نوع IAT را نشان می‌دهد. در افیولیت بند زیارت (باختر مکران) نیز دو نوع گدازه بازالتی شناسایی شده است.

منابع

اسدیان، خ (۱۳۶۸) شناخت زمین. واحد انتشارات بخش فرهنگی دفتر مرکز جهاد دانشگاهی تهران، ص ۲۴۲.

افتخارنژاد، ج (۱۳۷۵) زمین‌شناسی. انتشارات پلی کپی.

امامعلی‌پور، ع. رسا، ا (۱۳۸۰) بررسی ژئوشیمی و خاستگاه زمین‌ساختی تشکیل نهشته‌های سولفیدی همراه با آتشفشان‌های افیولیتی ناحیه قزل‌داش خوی. پنجمین انجمن زمین‌شناسی ایران، دانشگاه تهران.

امامعلی‌پور، ع. مسعودی، ج (۱۳۷۴) معرفی نهشته مس قزل‌داش به عنوان اولین کانه‌زایی ماسیوسولفاید تیپ قبرس در افیولیت ملائز خوی - ماکو. نخستین همایش علمی سالانه انجمن زمین‌شناسی ایران.

- Pearce, J. A., Harris, N. B., Tindle, A. G (1984) Trace element discrimination diagrams for the tectonic interpretation of granitic rocks. *Petrology*, 25: 956-983.
- Coleman, R. G (1967) Low – temperature reaction zones and alpine ultramafic rock of California. *Oregon and Washington: U. S. Geological Survey Bulletin*, 47: 1247.
- Coleman, R. G (1977) *Ophiolites, ancient oceanic lithosphere: Springer- Verlag, Berlin*, 229p, 6 - R. G.
- Robinson, P. T., Malpas, J (1990) *The Troodos ophiolite: New perspective on its origin and emplacement, in ophiolites. In: proceedings of the Symposium Troodos 1987. Geological Survey Department, Ministry of Agriculture and Nature, Nicosia.*
- Sc. 1977, *Morphogenetics of Karst regions*, 284p.
- Arshadi, S., Forster, H (1983) *Geological structure and ophiolites of Iranian Makran. Geodynamic project rep.* 51.
- Arvin, M (1982) *Petrology and geochemistry of ophiolites and associated rocks from Zagros suture, Neyriz, Iran, PhD thesis, University College, London.*
- Babaei, H. A., Babaei, A. M., Ghazi, A., Arvin, M (2006) *Geochemical, 4039 Ar/Ar age and isotopic data for crustal rocks of the Neyriz ophiolite, Iran. Canadian Journal of Earth Sciences*, 43: 57-70.
- Chappell, B. W., White, A., J. R (1974) *Two contrasting granite types. Pacific Geology*, 8: 173-174.
- Desmons, J (1981) *Are Iranian melanges of only tectonic origin Ophiolite Bolletine del gruppo di lavoro sulle ofioliti madeterranea*, 6: 1 77-86.
- Dilek, Y., Flower, M. F. J (2003) *Arc-Trench rollback and forearc accretion: 2. A Model template for ophiolites in Albania, Cyprus, and Oman. In: Dilek, Y., Robinson, P. T., (Eds. (Ophiolites in Earth History, Special publications 218. Journal of Geological Society of London. London, pp. 43-68.*
- Ghazi, A. M., Hassanipak, A. A (1999) *Geochemistry of subalkalin and alkalin extrusives from the Kermanshah Ophiolite. Zagros Suture Zone, Western Iran: Implications for Tethyan plate tectonics J.Asian Earth Sci*, 17, p 319-332.
- Kaan Şevki, K., Osman, P., Haluk, T (2017) *Geochemical characteristics of ophiolitic rocks from the southern margin of the Sivas basin and their implications for the Inner Tauride Ocean. Central-Eastern Turkey, Journal Geodinamica Acta, Volume 29.*
- Lench, G. D., Mihm, A (1983) *Geochemistry of post ophiolitic Tertiary volcanism between Sabzavar & Quchan/ NE-Iran. Geodynamic project rep. (51).*
- Lippard, S. J., Shelton, A. W., Gass, I. G (1986) *The ophiolite of Northern Oman. Geological Society of London, Memoirs*, 11.
- Davoudzadeh, M (1972) *Geology and petrology of the area North of Naein. Central Iran: Geological Survey of Iran, Report no. 14, 79 p.*
- Kiani, M., Panahi, A., Shabani, Z., Moridi, M., Bijani, M (2014) *Geology, Petrology and Geochemical Dispersion of Elements in Noorabad Ophiolite (Northwest Lorestan), Iran. Journal of Academic and Applied Studies (Special Issue on Applied Sciences)*, 4(2): 37-50.
- Pearce, J. A (1975) *Basalt geochemistry used to investigate past tectonic environment on Cyprus. Tectonophysics*, 25: 41-67 .

An overview of geochemistry and tectonic environment of Iranian ophiolitic zones

*A. Imamalipour^{*1}, H. Nazari² and M. Esmailzadeh³*

1, 2, 3- Dept., of Mining Engineering, Urmia University, Urmia

** a.imamalipour@urmia.ac.ir*

Recieved: 2019/7/8 Accepted: 2020/2/10

Abstract

Ophiolite outcrops and ophiolite melanges have spread widely in Iran. Ophiolite is referred to as an assemblage of mafic and ultramafic rocks, which may be merged by tensile stresses. Ophiolite; ophiolite complex, ophiolite series, was finally told that the colored mélangé colored melange more applied. Due to the variety of research done in this field and the lack of a review article, a new research work has been done. The purpose of this article is review the geochemistry and tectonic environment of the formation of ophiolitic zones of Iran. The results of this research show that in terms of dispersion, Iranian ophiolites are a type of melange that can be distinguished in the two groups of Zagros radiolarite ophiolite belt and Central Iranian ring belt. In the southwest of Zagros, there are two separate parts, called Kermanshah and Nayriz ophiolites. Central ophiolites, which are named after central Iran ring ophiolite belt include (Sabzevar, north of Torbat Heydarieh, south of Birjand) and west of central Iran (Mako-Khoy), and east of central Iran (northern Makran and northern Nain) due to subduction, part of the upper mantle and the crust. The remnant of ocean is left in the form of an ophiolite melange. Also, the results of many geochemical studies on Iranian ophiolites have shown the dependence of Mid-ocean ridge basalts (MORB) and island arc tholeiitic (IAT). Both groups of subalkaline and alkaline basalts have been identified in the ophiolites of Kermanshah. In the ophiolites of Neyriz and Shahre-Babak, several types of basalts that have IAT properties have been identified and reported. The chemical composition of Sabzevar ophiolite also shows the geochemical characteristics of the IAT type. Two types of basaltic lava have also been identified in the Ophiolite of the Bande-Ziarat (W. Makran).

Keywords: *Iranian ophiolite, tectonic environment, geochemistry, mid-oceanic ridges, island arc*