

سنگ‌نگاری و ژئوشیمی عناصر اصلی نهشته‌های آواری الیگوسن په‌نه بینالود، واقع در شمال نیشابور: تعیین سنگ منشأ، جایگاه زمین‌ساختی و شرایط هواز دگی دیرینه

داود دهنوی^۱، سید رضا موسوی حرمی^۲، محمد حسین محمودی قرانی^۳، فرزین قائمی^۴ و فرخ قائمی^۵

^۱ کارشناسی ارشد، گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران

^۲ استاد، گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران

^۳ استادیار، گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران

^۴ دانشیار، گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران

^۵ کارشناسی ارشد، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی شمال خاور، مشهد، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۸۹/۱۰/۰۲ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۰/۱۰/۲۱

چکیده

برای تعیین سنگ منشأ، جایگاه زمین‌ساختی، شرایط هواز دگی گذشته و نامگذاری نهشته‌های الیگوسن په‌نه بینالود، مطالعات سنگ‌نگاری روی ماسه‌سنگ‌های ۲ برش باغش‌گچ و دامنجان در شمال نیشابور انجام شد، ۱۴ نمونه ماسه‌سنگی و ۶ نمونه شیلی از هر دو برش، از نظر عناصر اصلی تجزیه شده است. تجزیه داده‌های ژئوشیمیایی و مطالعات سنگ‌نگاری، نشان‌دهنده ترکیب لیت‌آرنایت تا لیتیک آروکوز برای این ماسه‌سنگ‌ها و موقعیت زمین‌ساختی حاشیه فعال قاره‌ای برای برش دامنجان و جزایر کماتی قاره‌ای برای برش باغش‌گچ به همراه سنگ منشأ فلسیک تا حدواسط برای این نهشته‌ها است. بررسی شرایط هواز دگی با استفاده از عناصر اصلی نشان‌دهنده، وجود شرایط هواز دگی ضعیف در هر ۲ برش در زمان تشکیل است با این تفاوت که در برش دامنجان شرایط هواز دگی نسبت به برش باغش‌گچ شدیدتر بوده است، همچنین تعیین شرایط آب‌وهوایی با استفاده از عناصر اصلی و مطالعات سنگ‌نگاری نشان‌دهنده شرایط آب‌وهوای نیمه مرطوب تا نیمه‌خشک برای این نهشته‌ها در زمان تشکیل است.

کلیدواژه‌ها: الیگوسن، هواز دگی، لیت‌آرنایت، آروکوز، فلسیک.

*نویسنده مسئول: سیدرضا موسوی حرمی

E-mail: harami2004@yahoo.com

۱- پیش‌گفتار

سنگ‌های رسوبی آواری با توجه به اجزای تشکیل‌دهنده خود نشانگرهای خوبی از محیط گذشته و حتی جایگاه زمین‌ساختی ژئودینامیکی گذشته هستند (Rieser et al., 2005). ترکیب این نوع سنگ‌ها تابعی از متغیرهایی مانند ترکیب سنگ مادر، هواز دگی، حمل و نقل، جورشدگی، تمرکز کانی‌های سنگین و دیاژنز است؛ بنابراین می‌توان از مطالعات سنگ‌نگاری به همراه مطالعات ژئوشیمیایی سنگ‌های رسوبی آواری به عنوان ابزاری مؤثر برای شناخت عامل‌هایی که ویژگی‌های رسوبات را در طی رسوبگذاری و پس از آن کنترل می‌کنند، استفاده کرد (Condie et al., 1995). مطالعات ژئوشیمیایی در سنگ‌های رسوبی آواری، مکمل خوبی برای مطالعات سنگ‌نگاری، به‌ویژه زمانی که داده‌های سنگ‌شناسی مبهم بوده و یا زمانی که فرایندهای زمین‌شناسی، کانی‌شناسی اولیه را تخریب کرده باشد، به شمار می‌آید (Condie et al., 1995). نهشته‌های الیگوسن په‌نه بینالود همزمان با پس‌روی آب‌های جهانی در ابتدای الیگوسن تشکیل شده و گسترش کمی در منطقه دارند. به‌طور کلی این نهشته‌ها متشکل از توالی‌های کنگلومرای، ماسه‌سنگی و شیل است. ماسه‌سنگ‌های با جایگاه زمین‌شناسی متفاوت در منطقه منشأ، دارای اجزای آواری و همچنین ژئوشیمی ویژه خود هستند (Kroonenberg, 1994). با توجه به اینکه جایگاه زمین‌شناسی محیط‌های رسوب‌گذاری از عوامل اصلی تأثیرگذار بر ترکیب نهایی سنگ‌های رسوبی است (Bracciali et al., 2007)، می‌توان از مطالعات ژئوشیمیایی سنگ‌های سیلیسی آواری، برای نام‌گذاری (Horron, 1988; Pettijohn et al., 1987)، تعیین جایگاه زمین‌شناسی (Bhatia, 1985) و تعیین نوع سنگ منشأ (Rieser et al., 2005) استفاده کرد. در این مطالعه دو برش دامنجان و باغش‌گچ، در شمال نیشابور، انتخاب و نمونه‌برداری روی آنها انجام شد. هدف از این مطالعه شناخت بهتر وضعیت ساختاری منطقه (از دیدگاه خاستگاه زمین‌ساختی) بوده است، تا بتواند به درک بهتر و بازسازی جغرافیای دیرینه در طی الیگوسن کمک کند.

۲- زمین‌شناسی منطقه

رشته کوه بینالود یک سلسله جبال سینوسی شکل با روند خاوری-باختری و تحدب به سمت شمال خاوری است. این رشته کوه ادامه خاوری سلسله جبال البرز بوده و از نظر موقعیت زمین‌ساختی در لبه شمال خرد قاره ایران قرار دارد. ساختار کنونی این سلسله جبال را صفحات رورانه مختلف تشکیل می‌دهند (Alavi, 1992). این سلسله جبال یک نوار چین خورده گسل خورده از نوع نازک ورق (Thin skinned fold & Thrust Belt) است که به دنبال برخورد، میان ورقه ایران و ورقه توران در تریاس پسین، در حاشیه شمال خاوری ایران تشکیل شده است (Alavi, 1992). این ناحیه بیشتر از سنگ‌های پالئوزویک پیشین، ژوراسیک، کرتاسه و سنوزویک تشکیل شده است که به همراه بقایای اقیانوس تیتیس کهن (پالئوتیتیس) توسط چندین گسل راندگی در طی کوهزایی‌های سیمین و آلپ به سوی جنوب باختری انتقال یافته است (Alavi, 1992). نهشته‌های الیگوسن په‌نه بینالود به دنبال پس‌روی آب‌های جهانی در ابتدای الیگوسن (Haq et al., 1987) تشکیل شده‌اند و گسترش کمی در منطقه دارند. این نهشته‌ها در مناطق دامنجان و باغش‌گچ، در شمال نیشابور، پروزد دارند (شکل ۱). این رسوبات در دو برش دامنجان و باغش‌گچ، شامل کنگلومرا، ماسه‌سنگ، سیلت‌استون و شیل، به ترتیب با ستبراهای ۲۰۵ و ۱۶۰ متر هستند. در برش دامنجان مرز زیرین به صورت فرسایشی با رسوبات مارنی انوسن و در برش باغش‌گچ مرز زیرین به صورت گسلی با تبخیری‌های میوسن و مرز بالایی به صورت تدریجی با نهشته‌های سیلیسی آواری نورژن است.

۳- روش پژوهش

در این پژوهش ابتدا دو برش چینه‌شناس از نهشته‌های الیگوسن په‌نه بینالود انتخاب، اندازه‌گیری و نمونه‌برداری شد. ۱۶۰ نمونه سنگی (از هر برش ۸۰ نمونه) برای مطالعات آزمایشگاهی گردآوری و مطالعه شد. از میان این نمونه‌ها، ۶۰ مقطع

و تغییرات پس از رسوبگذاری بستگی دارد و رابطه اصلی میان منشأ و حوضه رسوب گذاری توسط فرایندهای زمین‌ساختی کنترل می‌شود (Jin et al., 2006)، می‌توان با قرار دادن اجزای اصلی ماسه‌سنگ‌ها روی نمودارهای تعیین منشأ، ارتباط میان جایگاه زمین‌ساختی و رسوب گذاری را مشخص کرد. در این مطالعه با توجه به فراوانی خرده سنگ‌ها و همچنین با در نظر گرفتن اینکه خرده‌سنگ‌ها ویژگی‌های قابل تشخیصی از سنگ منشأ دارند، از نمودارهای Qp, Lv, Ls و Lm, Lv, Ls (Ingersoll & Suczek, 1979) برای تعیین موقعیت زمین‌ساختی این نهشته‌ها استفاده شد، که نتایج به دست آمده نشان‌دهنده موقعیت زمین‌ساختی کمان ماگمایی برای برش باغش گچ در زمان تشکیل و موقعیت کوهزایی برخورداری برای برش دامنجان است. با در نظر گرفتن این موضوع که نهشته‌های الیگوسن در برش دامنجان مربوط به بخش آغازین الیگوسن و در برش باغش گچ مربوط به بخش پایانی الیگوسن هستند، وجود تفاوت در نتایج حاصل از موقعیت زمین‌ساختی می‌تواند مربوط به تغییراتی باشد که در طی الیگوسن در منطقه رخ داده است که با توجه به بازشدن و بسته شدن یک اقیانوس کوچک در البرز در حدود ۲۰ تا ۵۰ میلیون سال پیش (Berebrian & King, 1981; درویش زاده، ۱۳۸۵؛ Golonka, 2004)، این تغییرات در طی الیگوسن، می‌تواند مربوط به آن رویداد باشد.

۴-۳. دانه ریز (شیل‌ها)

شیل‌ها نسبت به ماسه‌سنگ‌ها و کنگلومراها گسترش کمتری در طول توالی‌های مورد مطالعه دارند (شکل ۶) و بیشتر دارای ترکیب سیلتی هستند. همچنین رنگ سرخ دارند که می‌تواند نشان‌دهنده وجود شرایط اکسیدان در زمان تشکیل این نهشته‌ها باشد. این نهشته‌ها در بخش ژئوشیمی بیشتر بررسی خواهند شد.

۵- پژوهش‌های ژئوشیمیایی

مطالعات ژئوشیمیایی ابزار توانمندی برای مطالعه سنگ‌های سیلتی آواری است (Das et al., 2006). در ۳ دهه گذشته، استفاده از داده‌های ژئوشیمیایی برای مطالعه سنگ‌شناسی ناحیه منشأ (برای نمونه Fedo et al., 1995)، جایگاه زمین‌ساختی (برای مثال Bhatia, 1985)، هوازگی شیمیایی (برای نمونه Nesbitt & Young, 1984) و نام گذاری (Herron, 1988; Pettijohn et al., 1987) مورد توجه قرار گرفته است. در این بخش نهشته‌های الیگوسن پهنه بینالود بر پایه تجزیه ژئوشیمیایی انجام شده روی ۲۰ نمونه شیلی و ماسه‌سنگی (۱۴ نمونه ماسه‌سنگی و ۶ نمونه شیلی) (جدول ۲) مطالعه شد.

۶- رده‌بندی ماسه‌سنگ‌ها بر پایه پژوهش‌های ژئوشیمیایی

در بیشتر سامانه‌های رده‌بندی در سنگ‌های رسوبی، ویژگی‌هایی را که در نمونه‌های دستی یا مقاطع نازک می‌توان دید مانند اندازه ذرات، کانی‌شناسی اجزا و زمینه به کار می‌برند (Rollinson, 1993)، اما افزون بر پژوهش‌های سنگ‌نگاری استفاده از داده‌های ژئوشیمیایی و تجزیه‌های عناصر اصلی نیز می‌تواند در رده‌بندی شیمیایی سنگ‌های رسوبی و همچنین در تفکیک میان رسوبات بالغ و نابالغ مؤثر باشد (Das et al, 2006). Pettijohn et al. (1987) با استفاده از شاخص‌های بلوغ شیمیایی، رده‌بندی پیشنهادی خود را برای ماسه‌های آواری معرفی کردند. نمودار Pettijohn et al. (1987) توسط Herron (1988) تصحیح شد. قراردادن داده‌های ژئوشیمی روی نمودار Pettijohn et al. (1987) نشان‌دهنده ترکیب لیت‌آرنایت برای این ماسه‌سنگ‌ها (شکل ۷-A) و ترکیب لیت‌آرنایت، آرکوز، ساب‌لیت‌آرنایت و ساب‌آرکوز بر پایه نمودار Herron (1988) است (شکل ۷-B)، که تأیید کننده شواهد سنگ‌نگاری است.

۷- پراکندگی عناصر اصلی

مطالعه عناصر اصلی بیشتر به ۱۰ عنصر محدود می‌شود که به طور مرسوم در

نازک ماسه‌سنگی از نمونه‌های با جورشدگی بهتر و هوازدگی کمتر، با اندازه ذرات متوسط تا ریز انتخاب و تجزیه نقطه شماری به روش دیکیسون و گزی (Ingersoll et al., 1984) روی آنها انجام شد. همچنین ۱۴ نمونه ماسه‌سنگی و ۶ نمونه شیلی، طوری که تمامی توالی را پوشش دهد، برای مطالعات ژئوشیمی عناصر اصلی، انتخاب و با دستگاه XRF در آزمایشگاه شرکت طیف کانساران بینالود تجزیه شد.

۴- سنگ‌شناسی

همان گونه که پیش‌تر اشاره شد، سنگ‌های سیلتی-آواری الیگوسن در منطقه مورد مطالعه از ۳ دسته شامل دانه درشت (کنگلومرای)، دانه متوسط (ماسه‌سنگ) و دانه ریز (گلی) تشکیل شده‌اند (شکل ۶) که در زیر بررسی خواهند شد.

۴-۱. دانه درشت (کنگلومراها)

در دو برش مورد مطالعه، کنگلومراها جزو تشکیل دهنده‌های اصلی توالی هستند (شکل ۶). کنگلومراها به طور کلی بر پایه رده‌بندی Pettijohn (1975) و با توجه به جنس قطعات به دو نوع تک منشأیی (monomictic) و چند منشأیی (polymictic) تقسیم می‌شوند. قطعات تشکیل دهنده کنگلومراها در برش دامنجان بیشتر از جنس سنگ‌آهکی بوده و به مقدار کم قطعات آتشفشانی نیز وجود دارد (شکل ۲-B) ولی در برش باغش گچ برخلاف برش دامنجان، قطعات بیشتر آتشفشانی بوده و خرده‌های آهکی فراوانی خیلی کمی دارند (شکل ۲-A). از این رو، این کنگلومراها را می‌توان از نوع چند منشأیی در نظر گرفت. قطعات آهکی در برش دامنجان فراوانی بسیاری دارند و بیشتر دارای فسیل هستند که می‌توان از آنها برای تعیین منشأ قطعات و اینکه از چه سازندهایی تأمین شده‌اند استفاده کرد. قطعات پبلی مورد مطالعه دارای فسیل‌های اربیتولینا و نومولیت بوده‌اند که نشان‌دهنده منشأگیری آنها از سازندهای سن کرتاسه و ائوسن در منطقه است. پبل‌ها در هر دو برش جورشدگی و گردشدگی متوسطی دارند و زمینه تشکیل دهنده آنها ماسه‌ای است.

۴-۲. دانه متوسط (ماسه‌سنگ‌ها)

ماسه‌سنگ‌ها نیز جزو اجزای اصلی تشکیل دهنده توالی‌های مورد مطالعه هستند (شکل ۶). مطالعات سنگ‌نگاری نشان‌دهنده وجود تفاوت در ترکیب ماسه‌سنگ‌ها در ۲ برش نسبت به یکدیگر است. در برش باغش گچ، فلدسپارها و خرده‌های آتشفشانی جزو اجزای اصلی ماسه‌سنگ‌ها بوده است (شکل ۳-D)، در حالی که در برش دامنجان خرده‌های آتشفشانی و فلدسپارها گسترش کمی دارند و خرده‌های آهکی یکی از اجزای اصلی تشکیل دهنده ماسه‌سنگ‌ها در این برش هستند (شکل ۳-A). از کانی‌های فرعی در دو برش، می‌توان به بیوتیت، هورنبلند و زیرکن اشاره کرد. سیمان ماسه‌سنگ‌ها از نوع کلسیتی و هماتی است.

مطالعه سنگ‌نگاری ماسه‌سنگ‌ها و قرارگیری داده‌های حاصل از تجزیه نقطه شماری، روی نمودار Folk (1980) نشان‌دهنده ترکیب لیت‌آرنایت تا فلدسپاتیک لیت‌آرنایت برای ماسه‌سنگ‌های برش دامنجان و ترکیب لیتیک‌آرکوز تا فلدسپاتیک لیت‌آرنایت برای ماسه‌سنگ‌های برش باغش گچ است (شکل ۴-A). با توجه به تأثیر آب‌وهوا روی فرایندهای خاک‌زایی، که باعث هوازگی سنگ منشأ و تغییر ترکیب سنگ‌های آواری می‌شود، می‌توان از ترکیب ماسه‌سنگ‌ها برای تعیین آب‌وهوای کهن نیز استفاده کرد (Suttner & Dutta, 1986) به همین منظور از نمودار Suttner & Dutta (1986) استفاده شد که نتایج حاصل نشان‌دهنده آب‌وهوای مرطوب‌تر در برش دامنجان نسبت به برش باغش گچ است (شکل ۴-B). گفتنی است که در طول پالئوژن، بخش شمالی ایران در محدوده عرض جغرافیایی دیرینه در حدود ۳۵ تا ۴۰ درجه شمال خط استوا قرار داشته است (Habicht, 1979) که خود نشان از شرایط آب‌وهوایی نیمه مرطوب تا نیمه خشک دارد.

با توجه به اینکه ترکیب ماسه‌سنگ‌ها به ویژگی‌های منشأ، فاصله حمل و نقل

است، که توسط Nesbitt & Young (1984) پیشنهاد شد. این اندیس با فرمول زیر برآورد می‌شود که در آن اکسیدها به صورت نسبت مولی به کار می‌روند:

$$CIA = [Al_2O_3 / (Al_2O_3 + CaO^* + Na_2O + K_2O)]$$

Cao کلسیم حاضر در اجزای سیلیکاتی سنگ است. محدوده CIA از ۵۰ تا ۱۰۰ متغیر بوده و افزایش CIA با درجه هوازگی شیمیایی رابطه مستقیم دارد. مقدار پایین CIA نشان‌دهنده این است که دگرسانی وجود نداشته و یا خیلی کم بوده است، در حالی که CIA متوسط و بالا نشان‌دهنده درجه هوازگی متوسط و شدید است (Nesbitt & Young, 1984). میزان CIA در نهشته‌های الیگوسن مورد مطالعه به طور میانگین ۵۸ بوده که نشان‌دهنده درجه هوازگی شیمیایی به نسبت پایین برای این نهشته‌ها است. افزون بر شاخص CIA، شاخص دیگری به نام، شاخص هوازگی فلدسپارها (PIA) نیز برای تعیین میزان هوازگی استفاده می‌شود که به صورت فرمول زیر محاسبه می‌شود (Fedot et al., 1995).

$$PIA = [(Al_2O_3 - K_2O) / (Al_2O_3 + CaO^* + Na_2O - K_2O)]$$

میزان اندیس PIA، در حدود ۵۰ مربوط به سنگ‌های غیرهوازده و تازه بوده و هر چه به ۱۰۰ نزدیک‌تر شود، نشان‌دهنده دگرسانی شدیدتر فلدسپارها است. اندیس PIA برای نمونه‌های مطالعه شده به طور میانگین ۷۰ بوده و نشان‌دهنده میزان دگرسانی متوسط برای فلدسپارها است. روند هوازگی را می‌توان با استفاده از نسبت‌های مولی عناصر اصلی و به وسیله مثلث A-CN-K ($Al_2O_3 - CaO + Na_2O - K_2O$) نیز به دست آورد (Fedot et al., 1995). در این نمودار مراحل ابتدایی هوازگی، روندی موازی با ضلع A-CN خواهند داشت. زیرا در طی مراحل اولیه هوازگی یون سدیم با تجزیه فلدسپارها خارج می‌شود و با ادامه روند هوازگی پتاسیم نیز کاهش یافته و مسیر هوازگی به سوی ترکیب Al_2O_3 تغییر مکان می‌دهد. رسم داده‌ها روی نمودار A-CN-K (شکل ۱۰) نشان می‌دهد، که داده‌ها در نزدیک خط A-CN و به صورت موازی با آن قرار داشته و از خط $Al_2O_3 - K_2O$ دور شده‌اند، که نشان می‌دهد شرایط هوازگی شدیدی در ناحیه سنگ منشأ وجود نداشته است (Hessler & Lowe, 2006). در مثلث A-CN-K داده‌های مربوط به برش دامنجان گرایش بیشتری به سوی قطب Al_2O_3 و خط $Al_2O_3 - K_2O$ دارند که نشان‌دهنده شرایط هوازگی شدیدتری در زمان تشکیل این نهشته‌ها نسبت به برش باغشن گچ است، همچنین وجود مقدار زیادی فلدسپار و خرده‌های آذرین در ماسه‌سنگ‌های برش باغشن گچ، با توجه به پایدار نبودن آنها در برابر هوازگی، خود نشان‌دهنده وجود شرایط هوازگی کمتر در زمان تشکیل این برش است. تغییرات شرایط هوازگی در این دو برش را می‌توان در ارتباط با تغییرات آب‌وهوایی در طی الیگوسن از بخش‌های پایین به سمت بالا دانست زیرا از عواملی که در ترکیب ماسه‌سنگ‌ها نقش اصلی را دارند، شرایط آب‌وهوایی در زمان تشکیل است. به این صورت که آب‌وهوا با تأثیر بر فرایندهای خاک‌زایی، که سبب تجزیه سنگ منشأ شده و روی ترکیب ماسه‌سنگ‌ها تأثیر می‌گذارد و همچنین فرایندهای خاک‌زایی سبب تبدیل خرده سنگ‌های بزرگ‌تر به خرده سنگ‌های کوچک تک کانی می‌شوند. شدت این فرایند در آب‌وهوای گرم و خشک با آب‌وهوای مرطوب متفاوت است، به گونه‌ای که نسبت کوارتز چند بلوری و کل کوارتزها به مجموع فلدسپارها و خرده سنگ‌ها یک اندیس حساس برای تعیین آب‌وهوای کهن است (Suttner & Dutta, 1986).

همچنین شرایط آب‌وهوایی بر فراوانی اکسیدها هم تأثیر می‌گذارد، به گونه‌ای که شرایط آب‌وهوایی مرطوب باعث انتقال کاتیون‌های متحرک (Ca^{+2} , Na^+ , K^+) و باقی ماندن تشکیل‌دهنده‌های Al^{+3} و Ti^{+3} که تحرک کمتری دارند، می‌شود (Nesbitt & Young, 1984). به این ترتیب می‌توان با استفاده از نسبت اکسیدهای اصلی تغییرات آب‌وهوایی گذشته را تعیین کرد (Sugitani et al., 2006). برای این منظور از نمودار ژئوشیمیایی (Suttner & Dutta (1986) استفاده شد (شکل ۱۱) که نتایج حاصل نشان‌دهنده مرطوب‌تر بودن آب‌وهوا در برش دامنجان نسبت به

تجزیه شیمیایی به صورت اکسید بیان می‌شوند (Ti, Al, Fe, Mn, Mg, Ca, Na). (Rollinson, 1993) (Si و K, P معمولاً به عنوان عاملی برای مقایسه میان ترکیب‌های سنگی مختلف به کار برده می‌شود، به این دلیل که Al_2O_3 در طی هوازگی، دیاژنز و دگرگونی به نسبت بدون تغییر است، این در حالی است که CaO و Na_2O , K_2O به عنوان بیشترین فازهای متغیر در ماسه‌سنگ‌ها شناخته می‌شوند (Sugitani et al., 2006). از این رو، بررسی تغییرات عناصر اصلی نسبت به Al_2O_3 امری معمول است. نمودارهای تغییرات عناصر اصلی نسبت به Al_2O_3 در نمونه‌های مورد مطالعه (شکل ۸)، نشان می‌دهد که پراکندگی SiO_2 با Al_2O_3 همخوانی ویژه‌ای ندارد که می‌تواند نشان‌دهنده این باشد که بیشتر SiO_2 در نمونه‌ها به صورت دانه‌های کوارتز بوده است. ولی دیگر عناصر همخوانی مثبتی با Al_2O_3 دارند. همخوانی بیشتر اکسیدها با روند Al_2O_3 با توجه به اینکه این عنصر به صورت ویژه در آلومینوسیلیکات‌ها به فراوانی حضور دارد، نشان‌دهنده فراوانی کانی‌های رسی در این ماسه‌سنگ‌ها است، همچنین مقدار بالای CaO به علت وجود خرده‌های آهکی و سیمان کلسیتی موجود در نمونه‌ها بوده و مقدار بالای Fe_2O_3 را می‌توان به وجود سیمان هماتیته در نمونه‌ها نسبت داد (Das et al., 2006). همخوانی مثبت بین K_2O و Al_2O_3 نشان می‌دهد که تمرکز کانی‌های پتاسیم‌دار تأثیر مهمی بر پراکندگی آلومینیم دارند و فراوانی این عنصر به وسیله محتوای کانی‌های رسی کنترل می‌شود (Jin et al., 2006)، البته بالا بودن مقدار K_2O در نمونه‌ها را می‌توان به تبدیل کانی‌های رسی آلومینیم‌دار (مانند کائولینیت) به ایلیت و یا تبدیل پلاژیوکلاز به فلدسپار پتاسیم نیز نسبت داد (Fedot et al., 1995).

فرایندهای کنترل‌کننده ترکیب عناصر اصلی در سنگ‌های رسوبی را می‌توان با استفاده از نمودارهای بهنجارسازی به روش عنکبوتی بررسی کرد. این نمودارها در سنگ‌های رسوبی، همانند نمودارهای معادل خود در سنگ‌های آذرین، غنی‌شدگی و تهی‌شدگی نامحسوسی از برخی عناصر خاص را در نمونه‌ها ارائه می‌دهند (Rollinson, 1993). برای بهنجارسازی ترکیبی، معمولاً از نمودارهای مربوط به میانگین بخش بالایی پوسته قاره‌ای (UCC) استفاده می‌شود (Rollinson, 1993). بهنجارسازی نمونه‌ها نسبت به میانگین بخش بالایی پوسته قاره‌ای (Taylor & Maclannan, 1985) در نمونه‌های مورد مطالعه (شکل ۹) نشان‌دهنده غنی‌شدگی در مقادیر Al_2O_3 , SiO_2 , CaO , Fe_2O_3 و همچنین تهی‌شدگی در مقادیر MnO است. دیگر عناصر تقریباً در محدوده UCC قرار گرفته‌اند. مقدار بالای SiO_2 می‌تواند در ارتباط با فراوانی دانه‌های کوارتز در نمونه‌ها باشد و همچنین مقدار بالای Al_2O_3 و K_2O را می‌توان در ارتباط با فراوانی کانی‌های رسی در نمونه‌ها دانست. مقدار بالای CaO را می‌توان با توجه به فراوانی خرده‌های آهکی و وجود سیمان کلسیتی در نمونه‌ها توجیه کرد، همچنین وجود سیمان هماتیته در نمونه‌ها، می‌تواند دلیل مقدار بالای Fe_2O_3 نسبت به UCC باشد. با توجه به اینکه عنصر Mn در اثر فرایندهای دیاژنتیکی متحرک می‌شود (Roser & Korsch, 1988)، تخلیه در میزان این عنصر در نمونه‌های شیلی و ماسه‌سنگی نسبت به UCC را می‌توان به عملکرد فرایندهای دیاژنتیکی نسبت داد.

۸- هوازگی منشأ

ژئوشیمی سنگ‌های رسوبی تابع پیچیده‌ای از طبیعت سنگ‌های رسوبی، شدت و دوره هوازگی، چرخه دوباره، دیاژنز و جورشدگی است. هوازگی سنگ‌ها در طول زمان سبب تخلیه عناصر خاکی و قلیایی و به نسبت آن سبب افزایش نسبی Al_2O_3 می‌شود (Garcia et al., 2004). تاریخچه هوازگی سنگ‌های آواری را بیشتر توسط محاسبه نسبت اکسیدهای متحرک (CaO , Na_2O , K_2O) نسبت به اکسید غیر متحرک Al_2O_3 برآورد می‌کنند (Nesbitt & Young, 1984). اندیسی که در این رابطه بیشترین کاربرد را دارد، اندیس شیمیایی هوازگی (CIA)

Discrimination Function 1 : $-0.0447 \text{ SiO}_2 - 0.972 \text{ TiO}_2 + 0.008 \text{ Al}_2\text{O}_3 - 0.267 \text{ Fe}_2\text{O}_3 + 0.208 \text{ FeO} - 3.082 \text{ MnO} + 0.140 \text{ MgO} + 0.195 \text{ CaO} + 0.719 \text{ Na}_2\text{O} - 0.032 \text{ K}_2\text{O} + 7.51 \text{ P}_2\text{O}_5 + 0.303$

Discrimination Function 2 : $-0.421 \text{ SiO}_2 + 1.988 \text{ TiO}_2 - 0.526 \text{ Al}_2\text{O}_3 - 0.551 \text{ Fe}_2\text{O}_3 - 1.61 \text{ FeO} + 2.72 \text{ MnO} + 0.881 \text{ MgO} - 0.907 \text{ CaO} - 0.177 \text{ Na}_2\text{O} - 1.84 \text{ K}_2\text{O} + 7.244 \text{ P}_2\text{O}_5 + 43.57$

رسم داده‌ها روی نمودارهای (Bhatia (1985) نشان می‌دهد که در برش دامنجان بیشتر نمونه‌های ماسه‌سنگی در محدوده حاشیه فعال قاره و برش باغش گچ در محدوده جزایر کماتی قاره‌ای قرار گرفته است (شکل ۱۳- A و B).

نسبت $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$ از دیگر مواردی است که می‌تواند برای تأیید برخاستگاه شیمیایی به کار برود، زیرا مقدار بالای این نسبت، نشان‌دهنده منشأ گرانیتی به جای بازالتی است (Potter, 1978)، به این منظور استفاده از نمودار (Roser & Korsch (1988) برای تعیین موقعیت زمین‌ساختی منشأ معمول است.

رسم نسبت $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$ در برابر SiO_2 نشان‌دهنده جایگاه زمین‌ساختی حاشیه فعال قاره‌ای برای برش دامنجان و جزایر کماتی قاره‌ای برای برش باغش گچ است (شکل ۱۳- C)، همچنین Kroonenberg (1994) نیز در نمودار مثلثی محدوده‌هایی برای ۴ جایگاه زمین‌ساختی تعیین کرد. قرار دادن داده‌های ژئوشیمی عناصر اصلی ماسه‌سنگ‌های مورد مطالعه در این نمودار نیز گواهی بر محدوده حاشیه فعال قاره‌ای برای ماسه‌سنگ‌های برش دامنجان و جزایر کماتی قاره‌ای برای برش باغش گچ است (شکل ۱۳- D) که تأییدکننده نتایج حاصل از نمودارهای (Bhatia (1985) و Roser & Korsch (1988) و شواهد سنگ‌نگاری است که با توجه به اینکه برش دامنجان نماینده سنگ‌های نهشته‌شده در ابتدای الیگوسن بوده و برش باغش گچ نیز نماینده سنگ‌های نهشته‌شده در ابتدای الیگوسن است و شواهد موجود نشان‌دهنده ۲ موقعیت زمین‌ساختی متفاوت است و خود نشان از شرایط پیچیده زمین‌شناسی در طی الیگوسن دارد. می‌توان این تغییرات را به وجود یک اقیانوس کوچک و در حال بسته‌شدن در این منطقه در آن زمان نسبت داد که توسط درویش‌زاده (۱۳۸۵) نیز بیان شده، که در زمان ۲۰ تا ۵۰ میلیون سال پیش در البرز مقدمه تشکیل اقیانوس کوچکی فراهم شده و فوران‌های آتشفشانی مهمی نیز در آن زمان رخ داده که با حرکت گندوانا به سمت شمال که با حرکت عربستان به سمت ایران همراه بوده این دریا نیز بسته شده است.

۱۱- نتیجه‌گیری

تجزیه داده‌های عناصر اصلی و مطالعات سنگ‌نگاری، مربوط به نهشته‌های الیگوسن پهنه بینالود در ۲ برش دامنجان که مربوط به بخش ابتدایی الیگوسن و باغش گچ که مربوط به بخش انتهایی الیگوسن است، نشان‌دهنده ترکیب لیت‌آرنایت تا آرنایت برای این نهشته‌ها و موقعیت زمین‌ساختی حاشیه فعال قاره‌ای برای برش دامنجان و جزایر کماتی قاره‌ای برای برش باغش گچ به همراه سنگ منشأ فلسیک تا حدواسط برای این نهشته‌ها است. بررسی شرایط هوازگی با استفاده از عناصر اصلی نشان‌دهنده، وجود شرایط هوازگی ضعیف تا متوسط در هر ۲ برش در زمان تشکیل بوده که البته در برش دامنجان شرایط هوازگی نسبت به برش باغش گچ شدیدتر بوده است، همچنین تعیین شرایط آب و هوایی با استفاده از عناصر اصلی و مطالعات سنگ‌نگاری نشان‌دهنده شرایط آب‌وهوای نیمه مرطوب تا نیمه خشک برای این نهشته‌ها در زمان تشکیل است.

برش باغش گچ است که با توجه به اینکه برش دامنجان مربوط به بخش ابتدایی الیگوسن بوده و رسوبات برش باغش گچ مربوط به بخش انتهایی الیگوسن هستند، شواهد موجود نشان‌دهنده مرطوب‌تر بودن آب‌وهوا در ابتدای الیگوسن نسبت به انتهای الیگوسن است که این موضوع را می‌توان به افت سطح دریا در طی الیگوسن نسبت داد. (Haq et al., 1987)

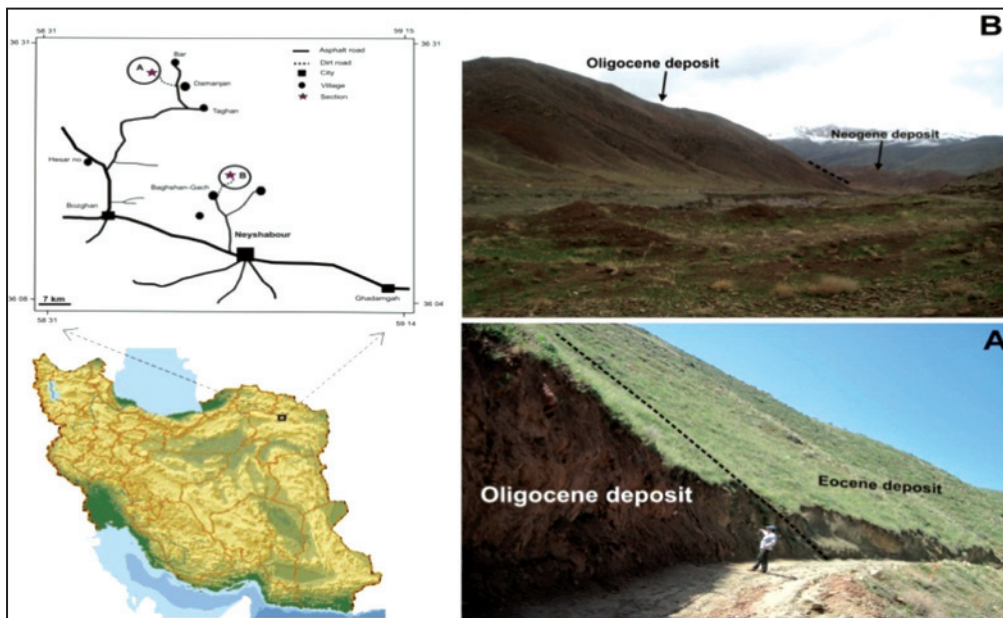
۹- سنگ مادر

همان گونه که پیش‌تر اشاره شد، ترکیب شیمیایی سنگ‌های آواری تابع فرایندهای پیچیده‌ای مانند هوازگی، حمل و نقل، دیاژنز و جورشدگی است. (Roser & Korsch (1988) برای تمایز میان رسوباتی که منشأ اولیه آنها سنگ‌های آذرین مافیک، حدواسط یا فلسیک و رسوبات دارای کوارتز هستند، نمودار تمایزکننده تابعی را پیشنهاد کردند. تابع مورد استفاده به صورت زیر محاسبه می‌شود: Discrimination Function 1 : $30.638 \text{ TiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3 - 12.541 \text{ Fe}_2\text{O}_3(\text{t})/\text{Al}_2\text{O}_3 + 7.329 \text{ MgO}/\text{Al}_2\text{O}_3 + 12.03 \text{ Na}_2\text{O}/\text{Al}_2\text{O}_3 + 35.402 \text{ K}_2\text{O}/\text{Al}_2\text{O}_3 - 6.382$ Discrimination Function 2 : $56.50 \text{ TiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3 - 10.879 \text{ Fe}_2\text{O}_3(\text{t})/\text{Al}_2\text{O}_3 + 30.875 \text{ MgO}/\text{Al}_2\text{O}_3 - 5.404 \text{ Na}_2\text{O}/\text{Al}_2\text{O}_3 + 11.112 \text{ K}_2\text{O}/\text{Al}_2\text{O}_3 - 3.89$ با رسم داده‌های مربوط به اکسیدهای به دست آمده از ماسه‌سنگ‌های الیگوسن روی نمودار (Roser & Korsch (1988) ، برای بیشتر نمونه‌ها، منشأهای فلسیک و برای تعدادی از نمونه‌ها منشأ کوارتزی به دست آمد (شکل ۱۲- A). به عقیده عده‌ای از پژوهشگران (برای مثال Bracciali et al., 2007; Caja et al., 2007) اصلی‌ترین منشأهای شیمیایی در رسوبات به ۳ دسته فلسیک، مافیک، اولترامافیک تقسیم می‌شوند و منشأ کوارتزی رسوبی را در محدوده فلسیک در نظر می‌گیرند.

دگرسانی سریع، هوازگی فلدسپارها و همچنین آب‌شویی کانی‌های فرعی در ماسه سنگ‌ها سبب خط در تفسیر حوضه‌های رسوبی می‌شود (Blatt et al., 1980). شیل‌ها به علت ویژگی‌هایی مانند دانه‌ریز بودن و نداشتن نفوذپذیری، بیشتر عناصر تشکیل‌دهنده خود را از سنگ منشأ حفظ می‌کنند. فراوانی زیرکن از موارد مهم برای تفسیر ترکیب منشأ بوده و قراردادن، نسبت TiO_2 در برابر زیرکن، ۳ نوع منشأ مافیک، فلسیک و حدواسط را نشان می‌دهد که این نسبت معمولاً با افزایش سیلیس کاهش می‌یابد. قراردادن مقادیر مربوط به شیل‌های الیگوسن نیز نشان‌دهنده سنگ منشأ فلسیک برای این نهشته‌ها است (شکل ۱۲- B).

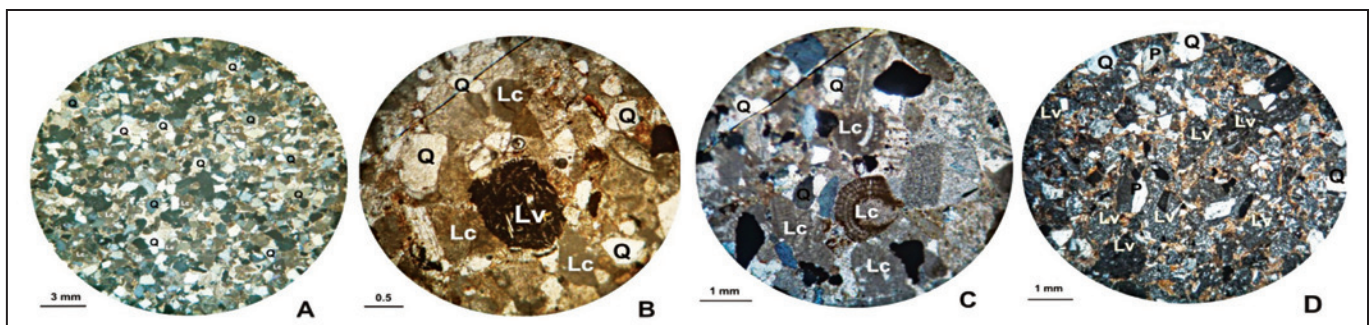
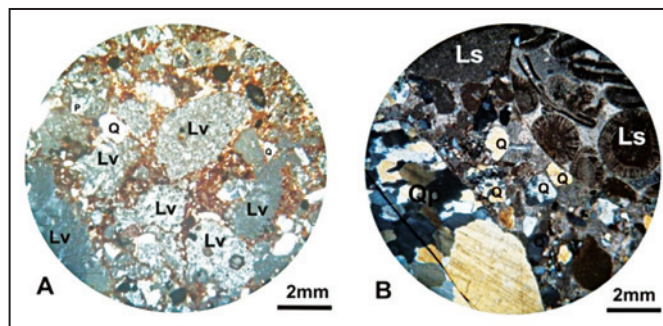
۱۰- تعیین جایگاه زمین‌ساختی

شیمی عناصر اصلی برای تعیین موقعیت زمین‌ساختی ماسه‌سنگ‌ها و شیل‌ها نیز استفاده می‌شود. (Bhatia (1985) معیارهای ژئوشیمیایی عناصر اصلی ماسه‌سنگ‌ها را برای تفکیک جایگاه زمین‌ساختی صفحه‌های حوضه‌های رسوبی، مورد استفاده قرار داد. او جایگاه زمین‌ساختی حوضه‌های رسوبی را به ۴ نوع اصلی شامل: جزایر کماتی (OIA)، جزایر کماتی قاره‌ای (CIA)، حواشی فعال قاره‌ای (ACM) و حواشی غیر فعال (PM) تقسیم‌بندی کرد. ماسه‌سنگ‌های منشأ گرفته از این جایگاه‌های زمین‌ساختی را می‌توان با غنی‌شدگی یا تخلیه نسبی عناصر متحرک و غیر متحرک مشخص کرد (Getaneh, 2002). تابع تفکیکی مورد استفاده در نمودار (Bhatia (1985) به صورت زیر محاسبه می‌شود:



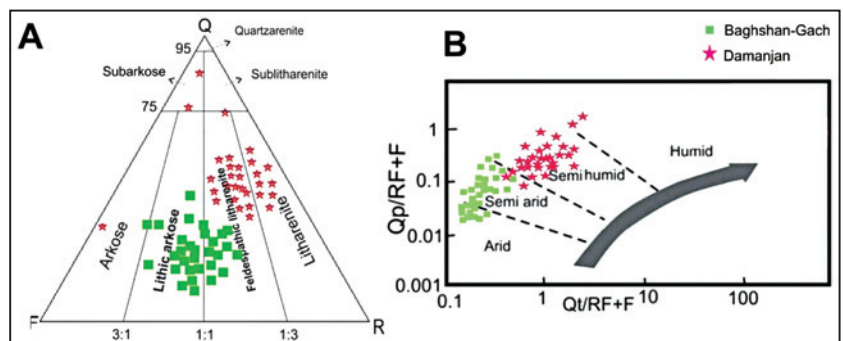
شکل ۱- موقعیت جغرافیایی و راه‌های دسترسی به منطقه مورد مطالعه به همراه تصاویر صحرایی از برش‌های مورد مطالعه؛ (A) مرز زیرین نهشته‌های الیگوسن با نهشته‌های ائوسن در برش دامنجان، (B) مرز بالایی نهشته‌های الیگوسن با نهشته‌های نئوژن در برش باغشن گچ

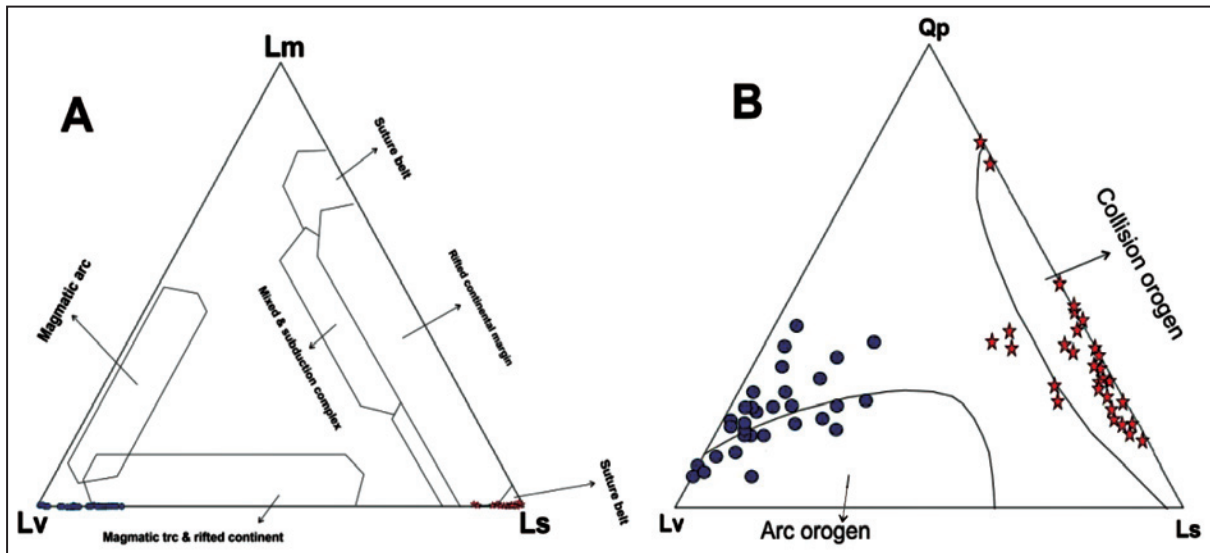
شکل ۲- (A) تصویر میکروسکوپی از کنگلومرای برش باغشن گچ (Lv: خرده‌های آتشفشانی؛ Q: کوارتز، P: پلاژیوکلاز)؛ (B) تصویر میکروسکوپی از کنگلومرای برش دامنجان، همان‌گونه که دیده می‌شود خرده‌های رسوبی (Lc) مقدار فراوان آلید و فسیل دارند (Lc: خرده‌های رسوبی؛ Qp: کوارتز چندبلوری)



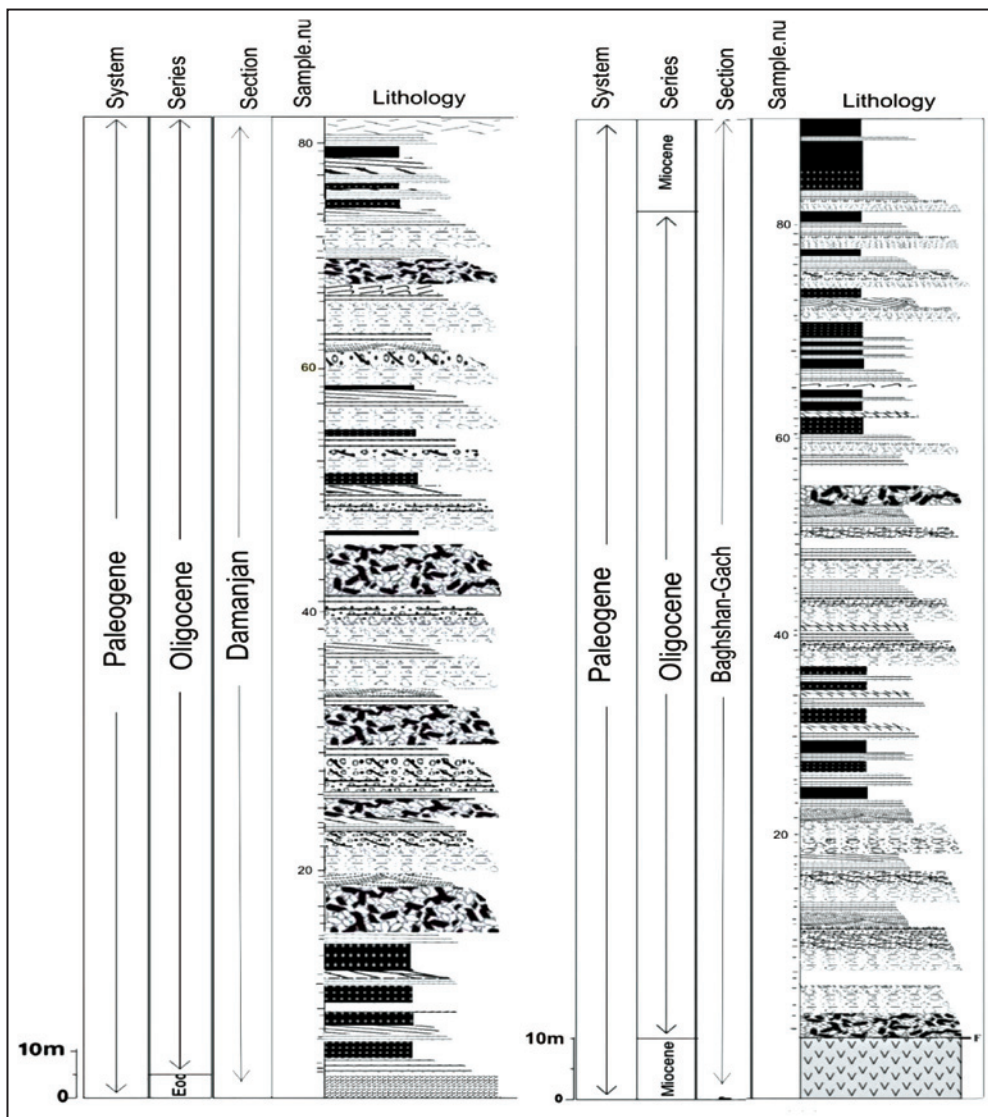
شکل ۳- تصاویر میکروسکوپی از ماسه‌سنگ‌ها (A، B و C) در برش دامنجان؛ (D) در برش باغشن گچ Q= Quartz, Lc = Carbonate rock fragment, Lv = Volcanic rock fragment, Qp= Polycrystalline Quartz

شکل ۴- (A) رده‌بندی سنگ‌نگاری ماسه‌سنگ‌ها؛ (B) نمودار (Suttner & Dutta 1986) برای تعیین آب‌وهوا با استفاده از شواهد سنگ‌نگاری. رسم داده‌های به دست آمده نشان‌دهنده آب‌وهوای نیمه مرطوب و نیمه خشک است.

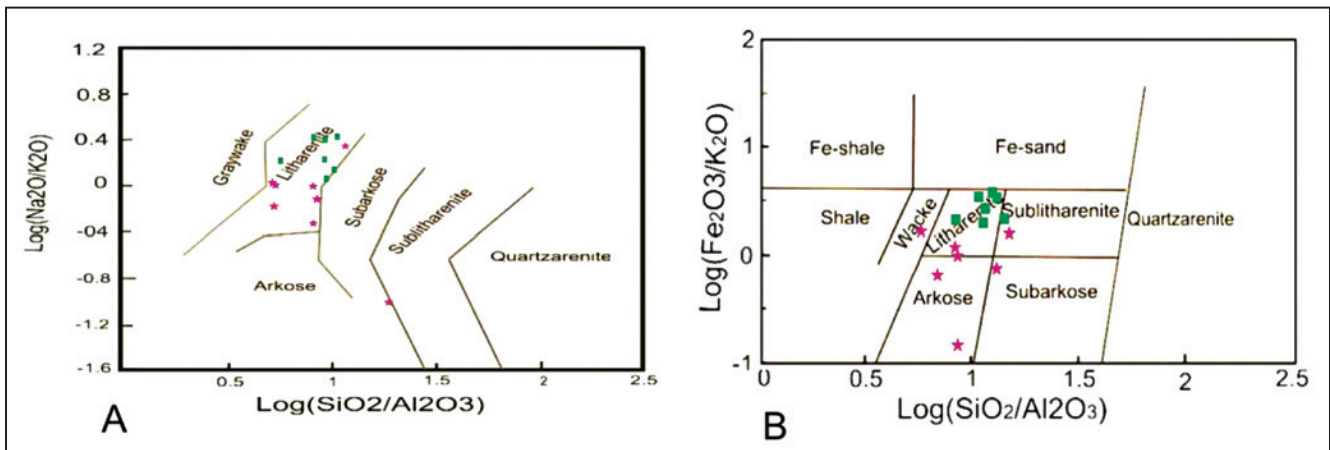




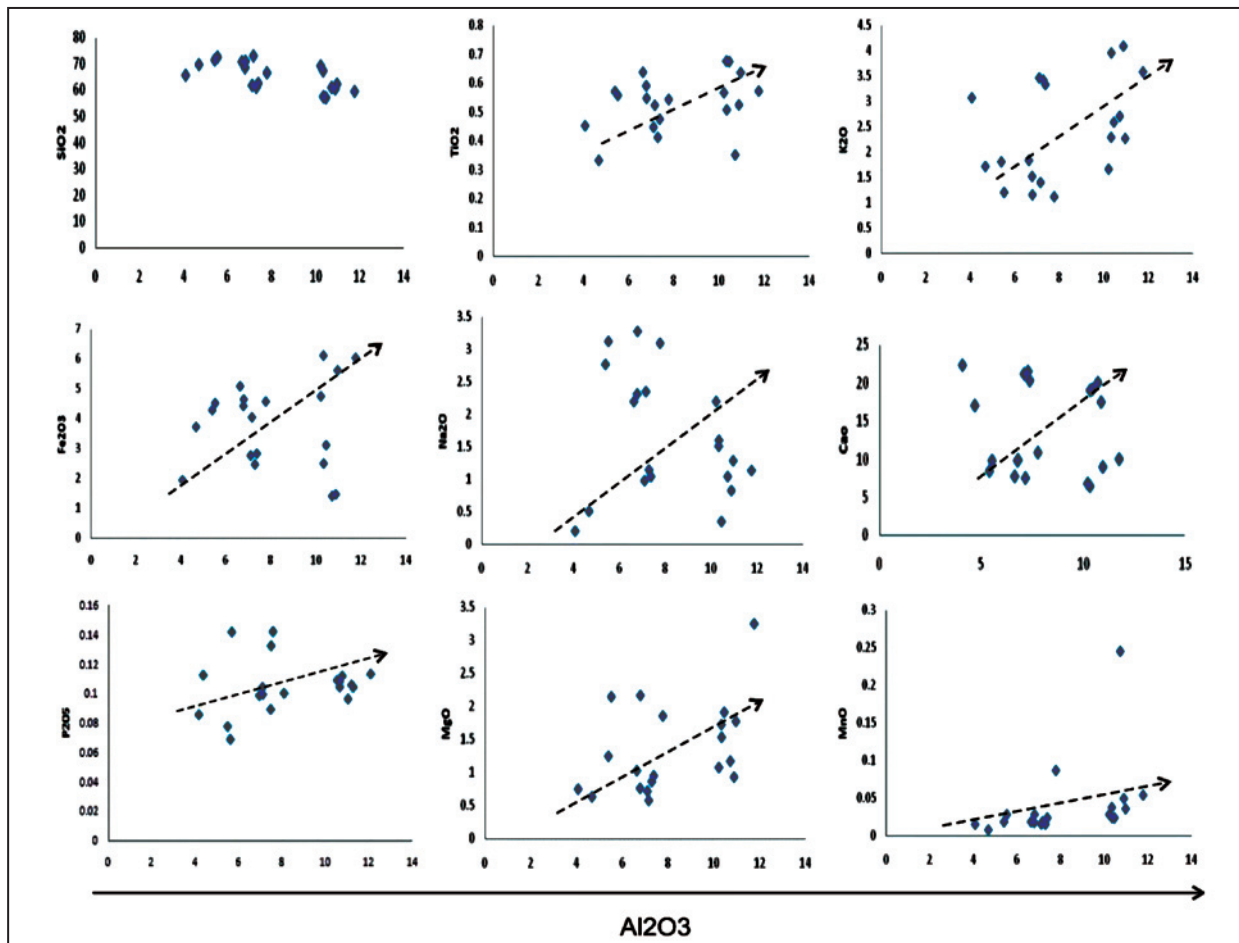
شکل ۵- A و B) نمودارهای تعیین موقعیت زمین‌ساختی منشأ با استفاده از شواهد سنگ‌نگاری (Ingersoll & Sucek, 1979). نمودار A تنها بر پایه خرده سنگ‌ها است و برای مناطقی که بیشتر ذرات تشکیل‌دهنده از خرده‌سنگ هستند کاربرد دارد. رسم داده‌های حاصل از تجزیه نقطه‌شماری نشان‌دهنده موقعیت زمین‌ساختی کمان ماگمایی برای ماسه‌سنگ‌های برش باغشن گچ و کوهزایی برخوردی برای برش دامنجان است.



شکل ۶- ستون چینه‌شناسی نهشته‌های الیگوسن در دو برش دامنجان و باغشن گچ

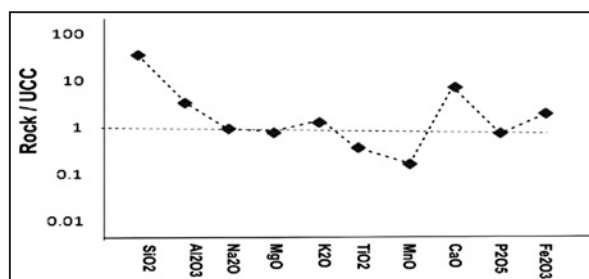


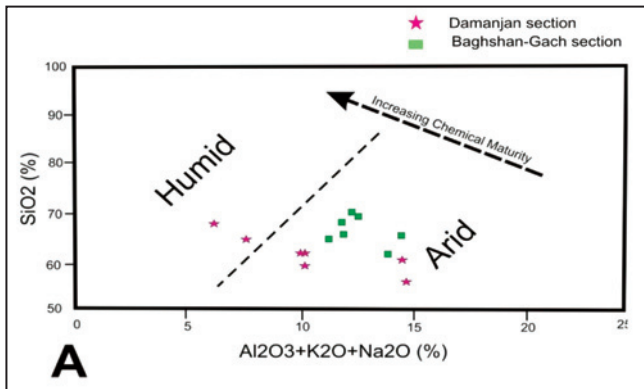
شکل ۷- نمودارهای رده‌بندی ماسه‌سنگ‌ها با استفاده از شواهد ژئوشیمیایی؛ (A) نمودار (Pettijohn et al. 1972)؛ (B) نمودار (Herron 1988) که نتایج حاصل نشان‌دهنده ترکیب لیت آرنایت بر پایه نمودار (Pettijohn et al. 1987) و ترکیب لیت آرنایت، آرکوز، ساب آرکوز و ساب‌لیت آرنایت بر پایه نمودار (Herron 1988) است.



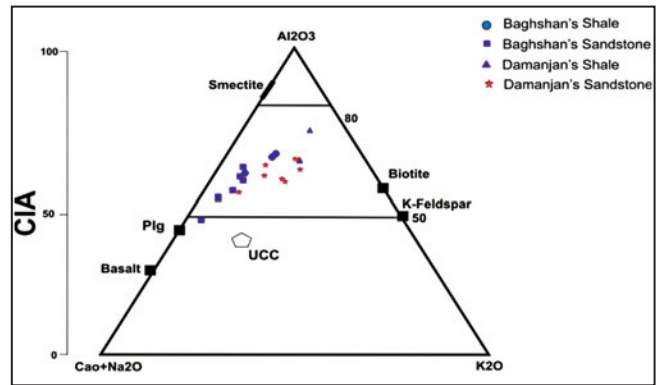
شکل ۸- بررسی تغییرات اکسیدهای اصلی نسبت به Al_2O_3 . همان‌گونه که دیده می‌شود به جز SiO_2 که روند خاصی را نشان نمی‌دهد، بقیه اکسیدها از روند Al_2O_3 پیروی می‌کنند.

شکل ۹- نتایج حاصل از بهنجارسازی عناصر اصلی نمونه‌های مورد مطالعه نسبت به میانگین پوسته قاره‌ای بالایی (UCC)



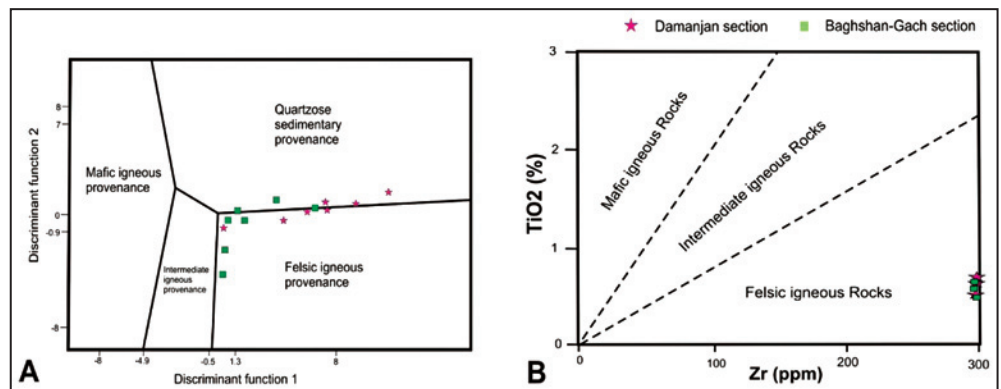


شکل ۱۱- نمودار مثلثی A-CN-K برای تعیین روند هوازدگی، رسم داده‌ها نشان‌دهنده محدوده هوازدگی متوسط برای نمونه‌های مورد مطالعه است، البته نزدیکی نمونه‌های برش دامانجان به قطب Al_2O_3 نشان‌دهنده درجه هوازدگی متوسط برای این برش است. UCC مربوط به ترکیب میانگین پوسته قاره‌ای بالایی است.

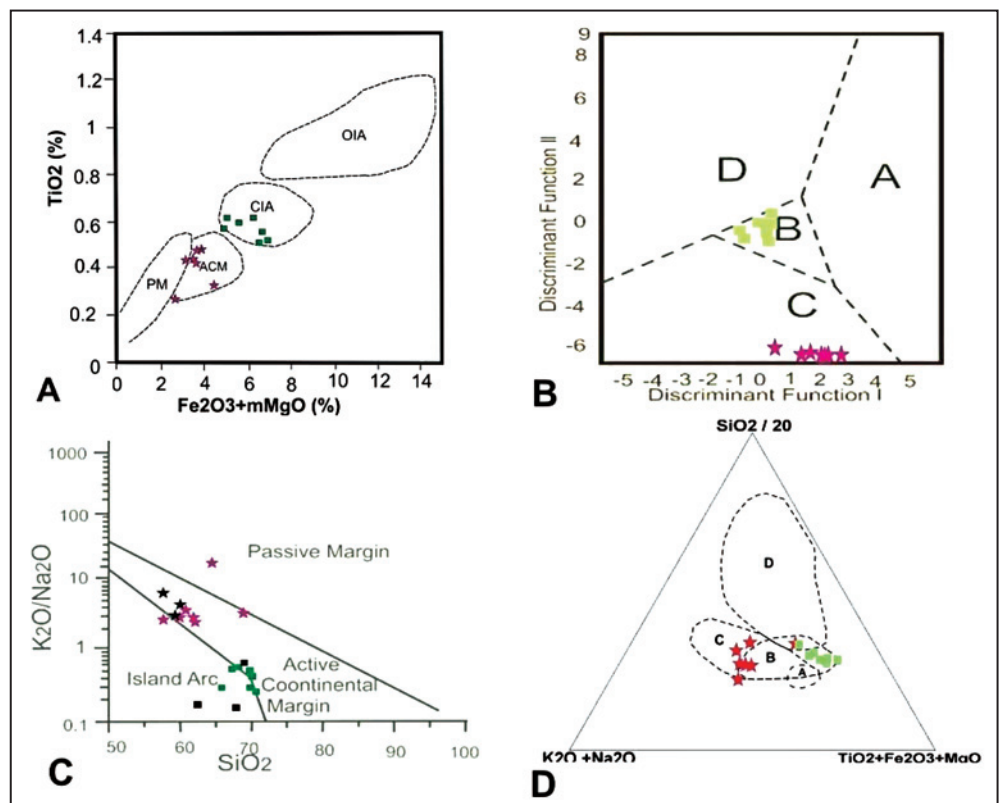


شکل ۱۲- نمودار تابعی مشخص‌کننده برخاستگاه ماسه‌سنگ‌ها با استفاده از اکسیدهای عناصر اصلی (Roser & Korsch, 1988) که نشان‌دهنده منشأ فلسیک است؛ (B) رسم منشأ فلسیک برای شیل‌های الیگوسن است (Hayashi et al., 1997)

شکل ۱۰- نمودار مثلثی A-CN-K برای تعیین روند هوازدگی، رسم داده‌ها نشان‌دهنده محدوده هوازدگی متوسط برای نمونه‌های مورد مطالعه است، البته نزدیکی نمونه‌های برش دامانجان به قطب Al_2O_3 نشان‌دهنده درجه هوازدگی متوسط برای این برش است. UCC مربوط به ترکیب میانگین پوسته قاره‌ای بالایی است.



شکل ۱۳- نمودارهای تعیین موقعیت زمین‌ساختی با استفاده از شواهد ژئوشیمیایی؛ A) نمودارهای (Bhatia (1985)؛ C) نمودار (Roser & Korsch (1988)؛ D) نمودار (Kroonenberg (1994). نتایج به دست آمده نشان‌دهنده موقعیت زمین‌ساختی حاشیه فعال قاره‌ای برای برش دامانجان و جزایر کماتی قاره‌ای برای برش باغشن گچ است.



جدول ۱- نتایج تجزیه نقطه شماری ۶۰ نمونه ماسه سنگی از نهشته‌های الیگوسن پهنه بینالود، D: برش دامنجان، B: برش باغش گنج

S.N	Qm non	Qm un	Qp 2-3	Qpq >3	K	P	Lv	Ls	Lc	Cht	Acc	Lt	RF	F	Qp	Qm
D1	0.40	0.17	0.014	0.14	0.055	0.11	0	0	0.07	0.02	0.011	0.07	0.09	0.17	0.16	0.57
D2	0.24	0.17	0.037	0.13	0.011	0.05	0	0	0.33	0.03	0.003	0.33	0.36	0.06	0.16	0.41
D3	0.31	0.25	0.015	0.10	0.025	0.05	0	0	0.04	0.06	0.007	0.05	0.11	0.07	0.25	0.56
D4	0.28	0.10	0.02	0.07	0.137	0.35	0	0	0.03	0.01	0	0.03	0.05	0.48	0.09	0.38
D5	0.23	0.12	0.011	0.11	0.026	0.03	0	0.02	0.44	0.01	0	0.46	0.47	0.05	0.13	0.35
D6	0.18	0.13	0.029	0.18	0.029	0.01	0	0.01	0.40	0.03	0.017	0.41	0.42	0.04	0.21	0.32
D7	0.24	0.12	0.02	0.10	0.023	0.07	0.01	0.01	0.29	0.13	0.012	0.31	0.44	0.07	0.12	0.36
D8	0.29	0.06	0.009	0.17	0.064	0.09	0	0	0.28	0.04	0.009	0.28	0.29	0.15	0.20	0.35
D9	0.20	0.10	0.038	0.10	0.056	0.08	0.08	0.01	0.28	0.03	0.013	0.37	0.39	0.15	0.14	0.31
D10	0.26	0.17	0.029	0.09	0.057	0.10	0	0	0.24	0.04	0.006	0.24	0.29	0.16	0.12	0.43
D11	0.34	0.26	0.009	0.10	0.029	0.04	0	0	0.19	0.03	0	0.19	0.22	0.07	0.11	0.60
D12	0.21	0.09	0.043	0.10	0.057	0.09	0	0.01	0.39	0.01	0.014	0.39	0.41	0.14	0.14	0.29
D13	0.21	0.11	0.006	0.07	0.057	0.13	0	0.01	0.35	0.04	0.006	0.36	0.40	0.19	0.08	0.33
D14	0.26	0.08	0.029	0.09	0.057	0.13	0	0.01	0.31	0.03	0.009	0.32	0.35	0.19	0.11	0.34
D15	0.32	0.09	0.029	0.09	0.059	0.10	0	0	0.26	0.04	0	0.26	0.31	0.16	0.12	0.41
D16	0.31	0.16	0.026	0.07	0.029	0.06	0.01	0.01	0.28	0.03	0.02	0.29	0.33	0.09	0.09	0.47
D17	0.32	0.10	0.031	0.05	0.065	0.08	0.01	0	0.31	0.02	0.009	0.32	0.35	0.14	0.08	0.42
D18	0.24	0.13	0.018	0.09	0.053	0.06	0.01	0	0.35	0.04	0.015	0.36	0.40	0.12	0.11	0.37
D19	0.32	0.14	0.02	0.08	0.032	0.09	0	0	0.30	0.01	0.009	0.31	0.32	0.12	0.10	0.46
D20	0.29	0.06	0.032	0.08	0.045	0.09	0.01	0	0.35	0.04	0.016	0.35	0.40	0.13	0.11	0.35
D21	0.26	0.10	0.029	0.09	0.051	0.06	0.01	0	0.38	0.03	0.019	0.39	0.42	0.08	0.12	0.36
D22	0.22	0.12	0.033	0.17	0.024	0.05	0	0	0.37	0.01	0.006	0.37	0.38	0.08	0.20	0.34
D23	0.31	0.08	0.036	0.08	0.052	0.09	0.01	0	0.31	0.02	0.015	0.31	0.33	0.15	0.12	0.39
D24	0.31	0.10	0.029	0.07	0.023	0.07	0.03	0	0.30	0.02	0.026	0.34	0.36	0.10	0.10	0.42
D25	0.26	0.13	0.04	0.09	0.042	0.10	0.05	0	0.28	0.01	0.017	0.32	0.33	0.14	0.13	0.39
D26	0.32	0.06	0.028	0.04	0.07	0.11	0.01	0.01	0.31	0.03	0.008	0.33	0.36	0.18	0.07	0.38
D27	0.26	0.11	0.012	0.05	0.03	0.08	0.01	0.01	0.30	0.12	0.012	0.32	0.45	0.11	0.07	0.36
D28	0.26	0.11	0.017	0.07	0.056	0.11	0.03	0.02	0.27	0.03	0.019	0.32	0.36	0.17	0.09	0.36
D29	0.26	0.07	0.034	0.09	0.052	0.11	0	0.01	0.34	0.03	0.009	0.35	0.38	0.16	0.13	0.33
D30	0.30	0.22	0.022	0.09	0.022	0.06	0.04	0.01	0.21	0.03	0.011	0.26	0.29	0.08	0.11	0.51
B1	0.22	0.06	0.003	0.02	0.055	0.40	0.13	0.01	0.01	0.03	0.066	0.14	0.17	0.46	0.03	0.28
B2	0.13	0.06	0.019	0.01	0.054	0.22	0.46	0.01	0.02	0.04	0.003	0.46	0.50	0.27	0.03	0.19
B3	0.10	0.06	0	0.06	0.086	0.34	0.32	0	0.04	0	0	0.36	0.36	0.42	0.06	0.16
B4	0.13	0.10	0.006	0.04	0.043	0.20	0.34	0.01	0	0.11	0.014	0.35	0.47	0.24	0.05	0.23
B5	0.19	0.14	0.011	0.07	0.022	0.28	0.19	0.01	0.02	0.06	0.008	0.22	0.28	0.30	0.08	0.33
B6	0.13	0.08	0.006	0.03	0.083	0.31	0.31	0	0	0.06	0	0.31	0.37	0.39	0.03	0.21
B7	0.15	0.06	0	0.11	0.071	0.26	0.31	0	0.01	0.03	0	0.32	0.35	0.33	0.11	0.21
B8	0.17	0.10	0.014	0.04	0.091	0.37	0.18	0	0.01	0.02	0	0.19	0.21	0.46	0.06	0.27
B9	0.17	0.06	0.009	0.03	0.066	0.26	0.37	0	0	0.04	0	0.37	0.41	0.32	0.04	0.23
B10	0.12	0.10	0.006	0.04	0.072	0.37	0.29	0	0.01	0.03	0	0.29	0.32	0.44	0.05	0.19
B11	0.18	0.04	0.014	0.06	0.097	0.23	0.30	0.03	0	0.04	0	0.34	0.38	0.33	0.07	0.22
B12	0.10	0.06	0.009	0.05	0.114	0.34	0.26	0	0.03	0.04	0	0.29	0.33	0.46	0.06	0.16
B13	0.11	0.07	0.014	0.04	0.143	0.27	0.31	0	0.01	0.01	0	0.32	0.33	0.41	0.06	0.20
B14	0.13	0.09	0.006	0.03	0.116	0.29	0.33	0	0.01	0.01	0	0.34	0.35	0.40	0.03	0.21
B15	0.30	0.16	0	0.12	0.12	0.16	0.38	0	0	0.04	0	0.38	0.42	0.28	0.12	0.18
B16	0.21	0.09	0.009	0.06	0.10	0.21	0.34	0	0.01	0.01	0.003	0.35	0.36	0.31	0.07	0.26
B17	0.17	0.12	0	0.06	0.058	0.25	0.33	0	0	0.01	0	0.33	0.35	0.31	0.06	0.29
B18	0.21	0.08	0.009	0.03	0.078	0.23	0.33	0	0.01	0.01	0.003	0.34	0.36	0.31	0.04	0.29
B19	0.13	0.07	0.006	0.05	0.068	0.30	0.37	0	0.02	0.01	0.009	0.38	0.39	0.35	0.05	0.20
B20	0.18	0.13	0.018	0.03	0.088	0.30	0.25	0	0.01	0	0.003	0.26	0.26	0.39	0.05	0.30
B21	0.18	0.06	0.013	0.05	0.076	0.30	0.30	0	0.01	0.01	0	0.31	0.32	0.38	0.06	0.25
B22	0.20	0.05	0	0.04	0.07	0.30	0.32	0	0	0	0.006	0.32	0.32	0.38	0.04	0.25
B23	0.21	0.09	0.009	0.04	0.065	0.25	0.32	0	0.01	0.01	0.003	0.33	0.34	0.31	0.05	0.30
B24	0.19	0.04	0.009	0.06	0.051	0.28	0.36	0	0	0	0.006	0.36	0.36	0.34	0.07	0.23
B25	0.23	0.07	0	0.06	0.065	0.24	0.31	0	0.01	0	0.009	0.31	0.32	0.31	0.06	0.31
B26	0.10	0.08	0.019	0.06	0.096	0.35	0.23	0	0.02	0.01	0.016	0.24	0.27	0.45	0.08	0.18
B27	0.18	0.06	0.021	0.03	0.088	0.29	0.29	0	0.01	0	0.021	0.29	0.32	0.38	0.05	0.24
B28	0.20	0.04	0.011	0.05	0.036	0.31	0.22	0	0.01	0.02	0.052	0.23	0.30	0.35	0.06	0.24
B29	0.16	0.07	0.007	0.10	0.088	0.24	0.29	0	0.01	0.03	0	0.30	0.33	0.33	0.11	0.23
B30	0.18	0.08	0.009	0.02	0.076	0.22	0.31	0	0.01	0.01	0.024	0.32	0.38	0.30	0.03	0.26

Qm non : Non undulose monocrytalline quartz

Qm un : Undulose monocrytalline quartz

Q pq>3 : Qp>3 crystal unites per grain

Q pq2-3 : Qp2-3 crystal unites per grain

Cht : Chert

Qt : Qm+Qpq

P : Plagioclase feldspar

K : potassium feldspar

F : Total feldspatic grains (P+K)

Lv : Volcanic rock fragments

Ls : Sedimentary rock fragments

Lc : Carbonate rock fragments

Acc : Accessory minerals

Lt : unstable lithic fragment (Lv+Ls+Lc)

RF : Total unstable rock fragments and chert used for folk classification

جدول ۲- نتایج حاصل از تجزیه ژئوشیمیایی ۲۰ نمونه ماسه سنگی و شیلی از نهشته‌های الیگوسن پهنه بینالود، داده‌های D10, B1, B7, B10, D2, D5, D1 از نمونه‌های شیلی به دست آمده است.

	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9	D10	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8	B9	B10
sio2	60.9	60.41	62.5	65.5	57.1	61.7	61	57.5	69.6	59.5	67.2	70.6	72.4	66.5	68.4	72.9	69.1	71.3	70.8	62.2
Al2O3	10.7	10.88	7.38	4.08	10.5	7.1	7.29	10.3	4.68	11.8	10.3	6.64	5.53	7.78	6.78	7.16	10.2	5.4	6.8	11
Na2O	1.05	0.833	1.05	0.21	0.36	0.98	1.15	1.61	0.52	1.14	1.51	2.2	3.13	3.1	2.32	2.35	2.2	2.77	3.28	1.29
Mgo	1.17	0.933	0.95	0.75	1.91	0.72	0.87	1.53	0.63	3.25	1.72	1.03	2.14	1.85	0.76	0.58	1.08	1.25	2.16	1.77
K2O	2.71	4.1	3.34	3.08	2.59	3.47	3.43	3.97	1.72	3.59	2.3	1.84	1.2	1.12	1.52	1.4	1.66	1.81	1.15	2.27
Ti2O	0.35	0.525	0.48	0.45	0.67	0.45	0.41	0.51	0.33	0.57	0.68	0.64	0.56	0.54	0.59	0.52	0.57	0.57	0.55	0.64
MnO	0.25	0.05	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.01	0.05	0.04	0.02	0.03	0.09	0.02	0.02	0.03	0.02	0.03	0.04
CaO	20.1	17.53	20.3	22.4	19.2	21.2	21.5	19.1	17.1	10	6.5	7.78	9.86	10.9	9.83	7.57	6.84	8.49	9.97	9.02
P2O5	0.07	0.083	0.11	0.09	0.09	0.14	0.1	0.08	0.13	0.09	0.09	0.08	0.08	0.08	0.08	0.07	0.09	0.09	0.08	0.08
Fe2O3	1.42	1.475	2.84	1.95	3.12	2.78	2.48	2.51	3.73	6.05	6.12									

References

- Alavi, M., 1992 - Thrust tectonics of the Binalood region, NE Iran, *Tectonics* 11, 360-370.
- Berebrian, M. & King, G., 1981- Towards a Paleogeography and Tectonic evolution of Iran, *Canadian journal of Earth Science*, 18, 210-265.
- Bhatia, M., 1985 - Plate Tectonics and Geochemical composition of sandstone, a reply. *Journal of Geology*, 93, 85-7.
- Blatt, H., Middleton, G. & Murray, R., 1980 - Origin of Sedimentary Rocks, second ed. Prentice-Hall, 124-134.
- Bracciali, L., Marroni, M., Pandolfi, L. & Rocchi, S., 2007 - Geochemistry and petrography of Western Tethys Cretaceous sedimentary covers (Corsica and Northern Apennines): From source areas to configuration of margins, in Arribas, *Geological Society of America Special Paper*, 420, 73-93.
- Caja, M., Marfil, R., Lago, M., Salas, R. & Ramseyer, K., 2007 - Provenance discrimination of Lower Cretaceous synrift Sandstones (eastern Iberian Chain, Spain): Constrain from detrital modes heavy minerals and geochemistry, *Geological Society of America Special Paper*, 420, 181-197.
- Condie, K., Dengate, J. & Cullers, R., 1995 - Behavior of rare earth elements in paleo weathering profile on granodiorite in the front range, Colorado, USA. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 294, 259-279.
- Das, B., Mikhlaifi, A. & Kaur, P., 2006 - Geochemistry of Mansar Lake sediments, Jammu, India: Implication for source-area weathering, provenance, and tectonic setting, *Journal of Asian Earth Science*, 26, 649-668.
- Fedo, C., Nesbitt, H. & Young, G., 1995- Unraveling the effects of potassium metasomatism in sedimentary rocks and paleosols, with implications for paleoweathering conditions and provenance, *Journal of Geology*, 23, 921-924.
- Folk, R., 1980- *Petrology of Sedimentary rocks*, Hemphill, Austin, Texas, 159.
- Garcia, D., Ravenne, C., Marechal, B. & Moutte, J., 2004- Geochemical variability induced by entrainment sorting: quantified signals for provenance analysis, *Sedimentary Geology*, 171, 113-128.
- Getaneh, W., 2002- Geochemistry provenance and depositional tectonic setting of the Adigrat Sandstone northern Ethiopia, *Journal of African Earth Sciences*, 35, 185-198.
- Golonka, J., 2004- Plate tectonic evolution of the southern margin of Eurasia in the Mesozoic and Cenozoic, *Tectonophysics*, 381, 235-273.
- Habicht, J. K. A., 1979- Paleoclimate, Paleomagnetism and Continental Drift, *AAPG Studies Geology*, 9.
- Haq, B., Hrdenbol, J. & Vial, P., 1987 - Chronology of fluctuating sea level, *Science*, 235, 1156-1167.
- Hayashi, K., Fujisawa, H., Holland, H. & Ohmoto, H., 1997 - Geochemistry of 1.9 Ga sedimentary rocks from northeastern Labrador, Canada, *Geochimica et Cosmochimica Acta* 61, 4115-4137.
- Herron, M., 1988 - Geochemical classification of terrigenous sands and shales from core or log data, *Journal of Sedimentary Petrology*, 58, 820-829.
- Hessler, A. & Lowe, D., 2006- Weathering and sediment generation in the Archean: An integrated study of the evolution of siliciclastic sedimentary rocks of the 3.2 Ga Moodies Group, Barberton Greenstone Belt, South Africa. *Precambrian Research* 151, 185-210.
- Ingersoll, R. & Suczek, C., 1979 - Petrology & Provenance of Neogene sand from Nicobar and Bengal fans. DSDP sites 211 and 218, *Journal of Sedimentary Petrology*, 49, 1217-1228.
- Ingersoll, R., Bular, T., Ford, R., Grimm, J., Pickle, J. & Sares, S., 1984- The effect of grain size on detrital modes: a text of the Gazzi-Dickinson Point Counting method, *Journal of Sedimentary Petrology*, 54, 103-116.
- Jin, Z., Li, F., Cao, J., Wang, S. & Yu, J., 2006 - Geochemistry of Daihai Lake sediments, Inner Mongolia, north China: Implications for provenance, sedimentary sorting and catchment weathering, *Geomorphology*, 80, 147-163.
- Kroonenberg, S., 1994 - Effects of provenance, sorting and weathering on the geochemistry of fluvial sands from different tectonic and climatic environments, *Proceedings of the 29th International Geological Congress, Part A*, 69-81.
- Nesbitt, H. & Young, G., 1984- Prediction of some weathering trends of plutonic and volcanic rocks based up on thermodynamic and kinetic consideration, *Geochim Cosmochim. Acta*. 48, 1523-1534.
- Pettijohn, F. G., 1975 - *Sedimentary Rocks* (3rd edition), Harper & Row, New York, 628p.
- Pettijohn, F. G., Potter, P. E. & Siever, R., 1972- *Sand and Sandstone*. Springer-Verlag, 618 pp. New York.
- Pettijohn, F., Potter, P. & Siever, R., 1987 - *Sand and Sandstones* (2ed edition), Springer-Verlag, New York, 553p.
- Potter, P., 1978 - Petrology and chemistry of modern big river sands, *Journal of Geology*, 86, 423-449.
- Rieser, A., Neubauer, F., Liu, Y. & Ge, X., 2005- Sandstone provenance of north western sectors of the intracontinental Cenozoic Qaidam basin, western China: Tectonic vs. climatic control, *Journal of Sedimentary Geology*, 177, 1-18.
- Rollinson, H., 1993 - *Using Geochemical Data: Evaluation, Presentation, Interpretation*, Longman, 352p.
- Roser, B. & Korsch, R., 1988 - Provenance signatures of sandstone-mudstone suites determined using discriminant function analysis of major-element data, *Chemical Geology*, 67, 119-139.
- Sugitani, K., Yamashita, F., Nagaoka, T., Yamamoto, K., Minami, M., Mimura, K. & Suzuki, K., 2006 - Geochemistry and sedimentary petrology of Archean clastic sedimentary rocks at Mt. Goldsworthy, Pilbara Craton, Western Australia: evidence for the early evolution of continental crust and hydrothermal alteration, *Precambrian Research*, 147, 124-147.
- Suttner, L. & Dutta, P., 1986 - Alluvial sandstone composition and paleoclimate, I. Framework mineralogy, *Journal of Sedimentary Petrology*, 56, 329-345.
- Taylor, S. & Mc Lennan, S., 1985 - *The Continental Crust: Its Composition and Evolution*, Blackwell, Oxford, 312.

Petrography and Geochemistry of Major Elements of Oligocene Terrigenous Deposits in Binalood Zone, North Neyshabour: Parent Rocks, Tectonic Setting and Paleoweathering Condition

D. Dehnavi ¹, R. Moussavi-Harami ^{2*}, M. H. Mahmudy Gharaie ³, F. Ghaemi ⁴ & F. Ghaemi ⁵

¹ M.Sc., Department of Geology, Faculty of Science, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran

² Professor, Department of Geology, Faculty of Science, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran

³ Assistant Professor, Department of Geology, Faculty of Science, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran

⁴ Associate Professor, Department of Geology, Faculty of Science, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran

⁵ M.Sc., Geological Survey of Iran North- East Territory, Mashhad, Iran

Received: 2010 December 23

Accepted: 2012 January 11

Abstract

For understanding parent rocks, tectonics setting, paleoweathering condition and classification of Binalood's Oligocene deposits, the petrography analysis was done, on samples from Damanjan and Baghshan-Gach sections, north of Neyshabour. 14 sandstones and 6 shale samples from both sections were analyzed for major elements. Petrographic studies and geochemical data show that these sandstones are Litharenite to lithic arkose and have been deposited in tectonics setting including active continental margin for Damanjan section and continental island arc for Baghshan-Gach section with felsic to intermediate source. Based on elemental analysis, paleoweathering condition was relatively weak at the time of deposition in both sections; however, paleoweathering was stronger in Damanjan than Baghshan –Ghch sections. Also, using petrographic and elemental data, it can be concluded that the paleoclimate was semi-humid to semi-arid at the time of deposition.

Keywords: Oligocene, Weathering, Litharenite, Arkos, Felsic.

For Persian Version see pages 175 to 184

*Corresponding author: R. Moussavi-Harami; E-mail: harami2004@yahoo.com