

رخساره‌های سنگی، محیط رسوبی و تغییرات نسبی سطح آب در نهشته‌های نسبت داده شده به سازند لالون، برش باهمو، بلوک پشت بادام

محبوبه حسینی برزی^{۱*} و نجمه اعتمادسعید

^۱دانشگاه شهید بهشتی، دانشکده علوم زمین، گروه زمین‌شناسی، تهران، ایران.

تاریخ پذیرش: ۱۳۸۷/۱۲/۰۵

تاریخ دریافت: ۱۳۸۷/۰۶/۲۵

چکیده

به منظور شناخت محیط رسوبی و بررسی تغییرات سطح آب، سازند لالون به سن کامبرین پیشین در برش باهمو به ستبرای ۵۵۰ متر واقع در بلوک پشت بادام، مورد مطالعه قرار گرفت. مطالعات صحرایی، برداشت ۱۱۰ داده جریان دیرینه و بررسی سنگ‌شناسی، بررسی توسط میکروسکوپ الکترونی و تجزیه پراش اشعه ایکس نمونه‌های شیلی، منجر به تحلیل رخساره‌های، تعیین جهت جریان دیرینه و تفسیر محیط رسوبی دیرینه در این سازند شد. تحلیل رخساره‌های سنگی حاکی از وجود ۵ رخساره سنگی سیلیسی آواری دانه درشت (Gm)، دانه متوسط (Sp, St, Sh) و دانه ریز (Fl) و یک رخساره کربناتی (دولومیتی) در این نهشته‌ها می‌باشد. رخساره‌های به دست آمده به همراه الگوی بایمدال دو قطبی و شواهد سنگ‌شناسی مانند وجود ماسه‌سنگ‌های گلوکونیت‌دار با بلوغ بافتی و ترکیبی بالا، نشان دهنده رسوبگذاری این نهشته‌ها در محیط پهنه کشتندی است. بررسی تغییرات نسبی سطح آب دریا در برش مورد مطالعه، حاکی از وجود دو توالی متمایز می‌باشد که با ناپیوستگی نوع اول (SB_۱) محصور شده‌اند.

کلیدواژه‌ها: سازند لالون، رخساره سنگی، جهت جریان دیرینه، تغییرات نسبی سطح آب دریا.

E-mail: m_hosseini@sbu.ac.ir

*نویسنده مسئول: محبوبه حسینی برزی

۱- مقدمه

(Tucker, 1993, 2001) و در گل‌سنگ‌ها به بررسی شواهد صحرایی (Einsele, 2000; Tucker, 2001) کانی‌شناسی و ساختمان کانی‌های رسی (حاصل از تجزیه XRD و مطالعات SEM) (Chamley, 1989; Weaver, 1989; Meunier, 2005) و مطالعات ژئوشیمی (بررسی داده‌های تجزیه XRF و ICP-MS) بر روی عناصری مانند بر (B) (Cotton et al., 2003; Kolodny et al., 2005) اشاره داشت. از طرف دیگر، بررسی تغییر در ژرفای محیط رسوبی در زمان، می‌تواند منجر به تعبیر و تفسیر تغییرات سطح آب شود که به نوبه خود می‌تواند حاصل نوسانات جهانی سطح آب و فرایندهای زمین‌ساختی باشد (Coe, 2003).

مطالعه سازند لالون در برش باهمو، از راه شناسایی رخساره‌های سنگی بر پایه شکل هندسی، سنگ‌شناسی و ساختمان‌های رسوبی (Selley, 1996)، بررسی تغییرات جانبی و عمودی این رخساره‌ها و نام‌گذاری آنها بر اساس طبقه‌بندی (Orton and Reading 1993) و کدهای رخساره‌های (Miall 1996)، صورت گرفته است (شکل ۲). به منظور بررسی شکل هندسی بدنه رسوبی و سطوح ناپیوستگی در سازند یاد شده، منطقه‌ای به شعاع ۳۰ کیلومتر بازدید شد و ۲۰۰ نمونه از ستون چینه‌ای (به ستبرای ۵۵۰ متر) برداشت شد. بررسی‌های تکمیلی آزمایشگاهی با مطالعه ۱۷۰ مقطع نازک تهیه شده از نمونه‌های برداشتی توسط میکروسکوپ پلاریزان، به منظور تعیین شاخص‌های ترکیبی و بافتی در این رخساره‌ها انجام گرفت. مقاطع نازک با مخلوط آلزارین قرمز (Alizarin-Red Stain) و فری‌سیانیدپتاسیم، به روش Dickson (1965) برای تشخیص سیمان‌های کلسیتی و دولومیتی و تعیین مقادیر آهن (Fe) در آنها، رنگ آمیزی شدند. ۳ نمونه شیلی به نمایندگی از بخش شیلی قسمت بالایی سازند (به ستبرای ۳۴ متر)، انتخاب شده و مورد بررسی قرار گرفتند (شکل ۲). تجزیه پراش اشعه ایکس نمونه‌های شیلی (XRD) در آزمایشگاه سازمان زمین‌شناسی کشور، مرکز تبریز، توسط دستگاه Simense-Diffractometr D500 صورت گرفت. روش آماده سازی نمونه‌ها شامل حذف کربنات با استفاده از اسید استیک (Grassman and Milet, 1961)، جداسازی مواد آلی با استفاده از H₂O₂ (Kunze, 1965)، حذف آهن (Mehra and Jackson, 1960)، همچنین تیمار اشباع منیزیم و پتاسیم، تیمار اشباع اتیلن گلیکول و تیمار حرارتی (۵۵۰ درجه سانتی‌گراد)، بر مبنای روش پیشنهادی (Hardy and Tucker 1988)

سازند لالون از گسترده‌ترین سازندهای کامبرین پیشین در ایران و کشورهای همجوار است. (Assereto 1963) برش الگوی این سازند را در دهکده لالون (البرز مرکزی) اندازه‌گیری و نام‌گذاری کرد. در این محل، سازند لالون از سه واحد ماسه‌سنگ زیرین (۴۹۸ m)، شیل با میان لایه‌هایی از ماسه‌سنگ (۳۵ m) و ماسه‌سنگ کوارتزیت رأسی (۵۰ m) تشکیل شده است (آقانباتی، ۱۳۸۵). لاسمی و امین رسولی (۱۳۸۱، ۱۳۸۲، ۱۳۸۵)، محبوی و همکاران (۱۳۸۶) و موسوی حرمی و همکاران (۱۳۸۷) نیز به ترتیب مطالعات گسترده‌ای بر روی سنگ‌شناسی، دیاژنز، محیط رسوبی و بررسی تغییرات سطح آب سازند لالون در ناحیه تویه‌دروار (جنوب باختری دامغان) و سازند داهو (معادل سازند لالون) در خاور و جنوب خاور زرنند (شمال باختری کرمان) انجام داده‌اند. برش مورد مطالعه از سازند لالون به ستبرای ۵۵۰ متر، در خاور روستای باهمو، ۶ کیلومتری جنوب باختر شهر بهاباد و در حد فاصل دو سازند باروت و میلا (شکل ۱) اندازه‌گیری شده است. بر پایه تقسیم‌بندی حوضه‌های رسوبی - ساختاری ایران، این برش بخشی از خرد قاره ایران مرکزی و بلوک پشت بادام به‌شمار می‌رود. این بلوک میان گسل پوشیده‌نائینی - کوهبنان در خاور و گسل پشت بادام در باختر واقع شده است. ویژگی اساسی بلوک پشت بادام، رخنمون‌های دگرگونی منسوب به پرکامبرین به همراه سنگ‌های آتشفشانی و ماگمایی با خاستگاه کافتی، در ردیف‌های پرکامبرین پسین و کامبرین پیشین آن است. این طور به نظر می‌رسد که پدیده کافتی شدن از ویژگی‌های این بلوک باشد (آقانباتی، ۱۳۸۵).

مطالعه رخساره‌ها، محیط رسوبی و تغییرات سطح آب در این برش می‌تواند در تفسیر جغرافیای دیرینه حوضه ایران مرکزی در زمان کامبرین پیشین مفید باشد.

۲- روش مطالعه

در تفسیر محیط رسوبی سنگ‌های سیلیسی آواری، می‌توان از روش‌های متفاوتی استفاده کرد. برای مثال می‌توان در ماسه‌سنگ‌ها به بررسی رخساره‌های سنگی در طی مطالعات صحرایی و آزمایشگاهی (Miall, 1996; Selley, 1996; Potter and Pettijohn, 1975; Einsele, 2000; Tucker, 2001)

وجود داشت)، بر اساس رده‌بندی (Folk, 1974)، از نوع کنگلومرا تا کنگلومرای ماسه‌ای هستند که فضای بین پیل‌ها را ذرات ماسه با گردشگی خوب پر می‌کند (شکل ۴- A).

رخساره ماسه‌سنگی با طبقه‌بندی مورب مسطح (Sp): این رخساره دارای طبقه‌بندی مورب مسطح موازی و گوه‌ای است و بجز بخش‌های ابتدایی سازند، بیشتر به شکل هندسی فرشی و پیوسته مشاهده می‌شود (شکل ۳- C). این رخساره متوسط تا درشت دانه است. معمولاً این رخساره سنگی در اثر حرکت مگاریپل‌های دو بعدی و با خط‌الرأس مستقیم تشکیل می‌شود (Tucker, 2001) و نشان دهنده سرعت پایین جریان آب است (Harms et al., 1982). از دیگر اشکال دیده شده در این ماسه‌سنگ‌ها، رخساره ماسه‌سنگی با طبقه‌بندی مورب درهم (Herringbone) است. این رخساره سنگی در حقیقت جزئی از رخساره ماسه‌سنگی (Sp) است و بیشتر در ماسه‌سنگ‌های متوسط تا درشت دانه و در سرتاسر برش مورد مطالعه دیده می‌شود (شکل ۳- D).

رخساره ماسه‌سنگی با طبقه‌بندی مورب عدسی (St): این رخساره در نهشته‌های سازند لالون در برش مورد مطالعه، بجز بخش‌های ابتدایی سازند، بیشتر به صورت لایه‌های ممتد فرشی، به فراوانی و در مقیاس‌های مختلف یافت می‌شود (شکل ۳- E). اندازه دانه‌ها در این رخساره از ماسه تا متوسط تا خیلی درشت و گاه پیل‌دار در تغییر است. این ساختار در اثر حرکت دون‌های مارپیچی یا هلالی و یا ریبیل‌های زبانه‌ای و تحت شرایط آشفته جریان آب تشکیل می‌شود (Tucker, 2001).

رخساره ماسه‌سنگی با طبقات موازی (Sh): این رخساره در برش مورد مطالعه به شکل پیوسته دیده می‌شود. مهم‌ترین ساختار رسوبی در این رخساره، لایه‌بندی و لامیناسیون مسطح است (شکل ۳- F). این رخساره با توجه به اندازه دانه‌ها (ماسه تا متوسط تا ریز) در سرعت‌های بالای جریان آب ایجاد شده است (Miall, 2000؛ موسوی حرمی، ۱۳۸۶). رخساره‌های ماسه‌سنگی نام برده شده، ویژگی‌های میکروسکوپی بسیار مشابهی را دارا هستند. طبق تقسیم‌بندی (Folk, 1980)، از نوع چرت آرنایت تا کوارتز آرنایت، با رسیدگی کانی‌شناسی بسیار بالا (شکل ۴- B) و بلوغ مجور تا سوپر مجور می‌باشند. حضور فراوان دانه‌های گرد شده شکسته (شکل ۴- C و D)، از شواهد محیطی با انرژی بالا در زمان تشکیل این ماسه‌سنگ‌ها است. وجود گلوکونیت‌های کروی شکل در اندازه ماسه، بر دریایی بودن آنها دلالت می‌کند (شکل ۴- E) (Selley, 1996). مطالعات دیاژنزی بر روی این ماسه‌سنگ‌ها نشان داده‌اند که فرایندهای مرحله انورژن در این ماسه‌سنگ‌ها شامل: سیمانی شدن اولیه کلسیتی، فشردگی فیزیکی، خوردگی دانه‌ها توسط سیمان کلسیتی و رنگ آمیزی شدن هماتی، فرایندهای مرحله مزورژن شامل: فشردگی شیمیایی، سیمانی شدن کوارتزی، دولومیتی شدن سیمان‌های کلسیتی، دولومیتی شدن، آلیتی شدن فلدسپارها و رشد کوارتز، ایلیت و کلریت اتورژن و فرایندهای مرحله تلورژن شامل: ایجاد شکستگی‌ها و پر شدن آنها توسط سیمان‌های کلسیتی و دگرسانی سیمان‌های ائو و مزورژنیتیکی می‌باشد (اعتمادسعید، ۱۳۸۷).

رخساره سیلتی و گلی دارای ریزلایه‌بندی (FI): ذرات تشکیل دهنده این رخساره در اندازه سیلت و رس هستند. ساختار رسوبی دیده شده در آنها بیشتر ریزلایه‌بندی مسطح است (شکل ۳- G و H). این رخساره در سرعت‌های بسیار پایین جریان آب و در اثر رسوبگذاری ذرات معلق به وجود می‌آید (Miall, 2000). رخساره شیلی حاضر در سازند لالون در بالای برش مورد مطالعه، زیر یک سطح ناپیوستگی (فرسایشی) و همچنین در بالای دولومیت‌های قرار گرفته بر روی این سطح دیده می‌شوند. ۳ نمونه شیلی (۲ نمونه از زیر سطح ناپیوستگی و یک نمونه از بالای این سطح) توسط تجزیه پراش اشعه ایکس (XRD)، میکروسکوپ الکترونی (SEM) و EDX مورد مطالعه قرار گرفتند. نتایج به دست آمده از تجزیه پراش اشعه ایکس (XRD) حاکی از آن است که کانی ایلیت، اصلی‌ترین سازنده این شیل‌ها است (شکل ۵). در کنار ایلیت، در صد بسیار کمی کانی

انجام شده است. در مطالعات میکروسکوپ الکترونی (SEM) شیل‌ها در دانشگاه تربیت مدرس، ابتدا نمونه‌ها توسط دستگاه Sputter Coater Scdos با عنصر طلا لایه نشانی شدند و سپس توسط میکروسکوپ الکترونی مدل Philips XL30 مورد مطالعه قرار گرفتند. لازم به توضیح است، که دستگاه یاد شده مجهز به آنالیزور EDX (Energy Dispersive X-ray Microanalysis) بود. ۲ نمونه از این شیل‌ها برای انجام تجزیه ژئوشیمیایی تعیین عنصر بر (B) در آزمایشگاه Acme کشور کانادا توسط دستگاه طیف سنج جرمی پلاسمای القایی جفتی (ICP-MS) مورد تجزیه قرار گرفتند. افزون بر این، ۱۱۰ جهت شیب و امتداد لایه‌بندی و لایه‌بندی مورب در مطالعات صحرایی قرائت شد (جدول ۱) و با استفاده از استریوگرام و روش پیشنهاد شده توسط Tucker (1993) مقدار شیب لایه‌بندی‌های مورب در زمان افقی بودن لایه‌ها محاسبه و به صورت نمودار گل سرخی رسم شد. ایستگاه‌های برداشت شیب و امتداد لایه‌بندی‌های مورب، در شکل ۲ نشان داده شده است. مطالعه تغییرات سطح آب در برش مورد مطالعه پس از بررسی رخساره‌ها و محیط رسوبی آنها (Miall, 1997; Coe, 2003; Catuneanu, 2006) انجام گرفته است.

۳- یافته‌ها

۳-۱. چینه‌شناسی سازند لالون در برش مورد مطالعه

نهشته‌های سازند لالون در خاور روستای باهمو، ۶ کیلومتری شهر بهاباد، با ستبرای ۵۵۰ متر، توسط لایه‌های کنگلومرایی با تناوب ماسه‌سنگ شروع می‌شوند (شکل ۲- A). قاعده این کنگلومرا تنها در دهکده جوزی در نزدیکی مقطع مورد مطالعه، به صورت مرز فرسایشی، بر روی دولومیت‌های نسبت داده شده به سازند باروت دیده می‌شود و در دیگر مکان‌ها توسط شاخه‌ای از گسل کوه‌بنان قطع شده است (شکل ۱). این کنگلومرا با ماسه‌سنگ‌های درشت دانه دنبال شده و در بخش‌های بالایی به تناوب ماسه‌سنگ - سیلتستون و ماسه‌سنگ - شیل می‌رسند. در میان تناوب شیل و ماسه‌سنگ و بر روی یک سطح ناپیوسته (فرسایشی)، چند افق دولومیتی نهشته شده است که بر روی دولومیت‌های یاد شده دوباره لایه‌های شیلی تکرار می‌شوند (شکل ۲- B و C). کوارتزی سفید رنگ رأس سازند لالون در این ناحیه با لایه کنگلومرایی شروع و مرز آن با سنگ آهک‌های نسبت داده شده به سازند میلا ناپیوسته بوده و توسط یک افق خاک قدیمی از یکدیگر متمایز می‌شوند (شکل ۲- B و D). لازم به یادآوری است که بنا به نظر لاسمی و امین رسولی (۱۳۸۵)، مرز ناپیوسته در روی واحد کوارتزی رأسی ارزش جهانی دارد و به گمان قوی، مرز کامبرین پیشین و میانی در ایران است.

۳-۲. رخساره‌های سنگی

مطالعه سنگ‌های سازند لالون در برش باهمو، منجر به شناسایی ۵ رخساره سنگی سیلیسی آواری و یک رخساره کربناتی (شکل ۲) به شرح زیر است:

رخساره گراولی دانه پستیان توده‌ای (Gm): این رخساره سنگی به صورت چند لایه با سطح زیرین فرسایشی و شکل هندسی کانالی در بخش‌های آغازین برش مورد مطالعه و یک لایه ممتد و ستبر، با شکل هندسی فرشی (Blanket) در بخش‌های انتهایی مقطع و در زیر کوارتزی سفید رنگ دیده می‌شود (شکل ۳- A و B). این کنگلومرا از نوع الیگومیکتیک با پیل‌هایی از نوع چرت بوده که از جورشدگی و گردشگی خوبی برخوردار هستند. هیچ‌گونه آثاری از جهت یافتگی (ایمبریکاسیون) یا روند‌های ریز شونده‌گی و درشت شونده‌گی در پیل‌ها دیده نمی‌شود. این کنگلومرا رسوبگذاری در محیطی پر انرژی، توسط جریان‌های کششی سریع را نشان می‌دهند (Reading and Collinson, 1996). بر اساس رده‌بندی (Pettijohn, 1975) رخساره یاد شده در نمونه دستی به صورت کنگلومراهای خارج سازندی با قطعات خوب گرد شده و خوب جور شده، ارتو کنگلومرا و الیگومیکتیک با پیل‌های چرتی است. در مطالعه میکروسکوپی نمونه‌های مورد نظر (در مواردی که امکان تهیه برش نازک

Herringbone stratification) در بخش‌های ابتدایی سازند لالون در برش مورد مطالعه، حاکی از رسوبگذاری در یک کانال یا مدخل پهنه کشندی است (Johnson and Baldwin, 1996; Einsele, 2000). این کنگلومراها دارای دانه‌های جور شده و گرد شده با کرویت پایین بوده و همچنین فضای بین دانه‌های گراولی را ماسه‌های بسیار خوب جور شده و گرد شده پر نموده است که حاکی از دریایی بودن این کنگلومراها است (موسوی حرمی، ۱۳۸۶؛ Einsele, 2000).

بر روی کانال‌های کشندی، حضور ماسه‌سنگ‌های ستر و یکنواخت، با گسترش جانبی قابل توجه، رسیدگی کانی‌شناسی بالا و رسیدگی بافتی تقریباً "بالا تا خیلی بالا، شواهد سنگ‌شناسی ویژه (حضور گلوکونیت و دانه‌های گرد شکسته شده) و ساختارهای رسوبی دو جهت، نشان دهنده حالت پایدار و ثابت خط ساحلی در زمان طولانی و رسوبگذاری در یک پهنه ماسه‌ای (Sand Flat) است (Selley, 1996; Tucker, 2001). تناوب لایه‌های مسطح ماسه‌سنگ‌های ریز و درشت در این بخش، از دیگر شواهد ساحلی بودن آنها است (Lobo and Osbrone, 1976). حضور لایه‌بندی‌های مورب در هم و لایه‌بندی مورب تراف نیز می‌تواند ناشی از رسوبگذاری در شرایط پر انرژی بخش بالایی محیط ساحل در این ماسه‌سنگ‌ها باشد (Reinson, 1984, Reading and Collinson, 1996). حضور پیل‌های شیلی در میان این ماسه‌سنگ‌ها حاکی از یک فاز پایین آمدن سطح آب دریا (پس از بالا رفتن آن و تشکیل لایه‌های نازک شیلی) است که در نتیجه بخش‌های مربوط به فلات قاره یا از آب بیرون آمده و یا در درون آب دچار فرسایش و کندگی و بریدگی می‌شوند و مواد حاصل از آن در درون حوضه با ماسه‌های در حال تشکیل مخلوط می‌شوند (Haq, 1991).

نهشته‌های شیلی با رنگ‌های سرخ و سبز، با گسترش جانبی زیاد و هندسه صفحه‌ای، محصور شده در بین نهشته‌های دریایی به همراه میان لایه‌های سیلستونی در بخش‌های بالایی سازند در منطقه مورد مطالعه، نشان دهنده نهشت طی کاهش انرژی مکانیکی محیط، در ناحیه مخلوط پهنه کشندی (Mixed Flat) و پهنه گلی (Mud Flat) می‌باشند (Reading, 1996). رنگ سرخ شیل‌ها در اثر وجود آهن در آنها است. افزون بر این که رنگ سبز شیل‌ها در بسیاری از موارد در گل‌سنگ‌هایی که در ابتدا سرخ بوده و هماتیت موجود در آنها در اثر مهاجرت آب‌های درون حفره‌ای احیا شده است، به وجود می‌آید (Tucker, 2001). نتایج به دست آمده از تجزیه عنصر بر (B) نیز حاکی از دریایی بودن این شیل‌ها است.

به نظر می‌رسد ناپیوستگی دیده شده در بالای برش مورد مطالعه از سازند لالون، یک ناپیوستگی محلی در اثر حرکات زمین ساختی گسل کوه‌بنان باشد. از شواهد این ناپیوستگی، مشاهده سطح فرسایشی است (شکل ۲-۵). به‌رغم گسترش جانبی در مقیاس محلی (تا ناحیه‌ای)، توقف در رسوبگذاری در مناطق دیگر از پرونده‌های این سازند در ایران مرکزی مانند زرنند کرمان (موسوی حرمی و همکاران، ۱۳۸۷) و البرز (حسینی برزی، ۱۳۷۵؛ لاسمی و امین رسولی، ۱۳۸۲؛ حسینی طباطبایی، ۱۳۸۷) دیده نمی‌شود. بدین ترتیب به نظر می‌رسد این سطح حاصل توقف کوتاه مدت در رسوبگذاری بوده (diastem) و هیاتوس (hiatus) به شمار نمی‌رود. شباهت کانی‌شناسی شیل‌های واقع در بالا و پایین این سطح ناپیوسته، خود شاهد دیگری بر کوتاه مدت بودن این واقعه است.

حضور دولومیت‌های ریز بلور (> ۲۰ میکرون) اولیه مربوط به محیط فراکشندی بر روی این سطح ناپیوستگی (سطح فرسایشی)، نشان دهنده کاهش ژرفای حوضه رسوبی است. در ادامه و بر روی این دولومیت‌ها، دوباره شیل‌های ساحلی قرار می‌گیرند.

در کنگلومرای قاعده کوارتزیت سفید رنگ نیز همانند کنگلومراهای ابتدای سازند، شواهدی مانند دانه‌های با کرویت پایین که جورشدگی و گردشدگی خوبی

رسی کلریت نیز در یک نمونه گزارش شده است. از اجزای غیر رسی این شیل‌ها می‌توان به کوارتز (SiO_2)، دیاسپور ($\text{AlO}(\text{OH})$)، کلسیت (CaCO_3)، آاناتاز (TiO_2) و هماتیت (Fe_2O_3) اشاره کرد. مطالعه میکروسکوپ الکترونی (SEM) نمونه‌های شیلی، نشان داده که صرف نظر از رس‌های آواری، تنها ساختار دیاژنزی، کانی رسی کلریت است که با نتایج تجزیه EDX، بر اساس فراوانی عناصر شیمیایی خاص در ساختار این رس، تأیید می‌شود (شکل ۶). مشاهده ساختار کانی رسی کلریت، می‌تواند نشان دهنده منشأ دیاژنزی برای این رس در شیل‌های مورد مطالعه باشد. عدم مشاهده ساختار کانی رسی ایلیت (اصلی‌ترین رس سازنده این شیل‌ها) در تصاویر SEM نشان دهنده منشأ آواری یا موروثی این رس است. حضور همزمان کلریت با منشأ دیاژنزی به همراه ایلیت با منشأ آواری می‌تواند نشان دهنده تبدیل ایلیت به کلریت طی دیاژنزی در این شیل‌ها باشد (Meunier, 2005). غلظت بالای عنصر بر (B) در آب دریا در برابر غلظت کم آن در آب شیرین (کمتر از ۱ ppm؛ حدود ۱۰۰ ppb)، از شواهد تعیین محیط رسوبی دیرین در نهشته‌های گل‌سنگی است (Kolodny et al., 2005). ۲ نمونه شیلی (در بالا و پایین سطح ناپیوستگی) برای تعیین میزان عنصر بر مورد تجزیه قرار گرفتند. میزان این عنصر در هر دو نمونه شیلی، ۲۰ ppm (در محدوده آب‌های دریایی) (Kolodny et al., 2005) است که بر دریایی بودن این شیل‌ها دلالت دارد.

یکنواختی ویژگی‌های کانی‌شناسی در شیل‌های بالا و پایین سطح فرسایشی، حاکی از آن است که به‌رغم بیرون آمدن حوضه از آب طی یک حرکت زمین ساختی محلی (یا به احتمال ناحیه‌ای)، محیط رسوبی در بالا و پایین این سطح برای نهشت شیل‌ها یکنواخت بوده و در واقع پس از خروج از آب یک بار دیگر به زیر آب فرورفته که با نهشت دولومیت شروع و به شرایط اولیه خود بازگشته است.

رخساره دولومیتی: این رخساره کربناتی به صورت لایه‌های ستر دولومیتی، بر روی یک سطح فرسایشی، در میان شیل و ماسه‌سنگ‌های بخش بالایی سازند لالون در برش مورد مطالعه قرار دارد (شکل ۳-۱). مطالعه میکروسکوپی این دولومیت‌ها نشان دهنده بلورهای خیلی ریز تا ریز (> ۲۰ میکرون) با مرزهای مسطح نیمه شکل‌دار است (شکل ۴-۱) که می‌تواند حاکی از تشکیل در دمای پایین و به احتمال در ناحیه بالای پهنه کشندی باشد (Sibley and Gregg, 1987؛ آدابی، ۱۳۸۳). این دولومیت‌ها طی رنگ آمیزی با آلزارین سرخ و فروسیانید پتاسیم، ترکیب دولومیت آهن‌دار را نشان می‌دهند. حضور مواد آلی یا نشت گاز متان در منطقه فراکشندی می‌تواند از دلایل آهن‌دار شدن این دولومیت‌های اولیه باشد.

۳-۳. تحلیل جریان دیرینه

نتایج به دست آمده از رسم نمودار گل سرخی به منظور تعیین جهت جریان دیرینه در برش مورد مطالعه، پس از اعمال چرخش میکروپلیت ایران مرکزی از زمان تریاس به اندازه ۱۳۵ درجه در خلاف جهت عقربه‌های ساعت (Schmidt and Soffel, 1983)، جهت جریانی با الگوی بایمدال دوقطبی، به صورت شمال باختر - جنوب خاور را برای برش مورد مطالعه از سازند لالون نشان می‌دهد (شکل ۷). بدین ترتیب به نظر می‌رسد که خط ساحلی در زمان نهشت سازند لالون در منطقه مورد مطالعه دارای امتداد شمال خاور - جنوب باختر بوده است.

۴-۴ بحث

با توجه به بررسی رخساره‌های سنگی و تحلیل جهت جریان دیرینه، با استناد به شواهد زیر، نهشته‌های مورد مطالعه به محیط رسوبی پهنه کشندی نسبت داده می‌شوند (شکل ۲ و ۸). این شواهد عبارتند از:

وجود کنگلومرا و یا ماسه‌سنگ‌های درشت دانه با ساختار کانالی، لایه‌بندی‌های مورب کوچک و بزرگ مقیاس از نوع تراف و لایه‌بندی‌های مورب درهم

۴-۱. تغییرات نسبی سطح آب

دو توالی جدا از هم در نهشته‌های سازند لالون در برش باهمو تشخیص داده می‌شوند که مرز بالا و پایین هر دو توالی به سطوح ناپیوستگی نوع اول (SB) محدود می‌شود (شکل ۹). توالی اول که با سطح فرسایشی بین دو سازند لالون و باروت شروع می‌شود (فرسایش پیش از سازند لالون)، شامل دست کم سه چرخه جدا از هم است. در ارتباط با این سطح ناپیوستگی می‌توان به عقیده آفانباتی (۱۳۸۵) اشاره داشت که وجود افق‌های کنگلومرای و یا نزدیکی سازند لالون با ردیف‌های کهن‌تر از سازند زاگون (در پاره‌ای از نقاط ایران مانند منطقه پشت بادام، کرمان و ...)، وجود یک فاز زمین‌ساختی ضعیف را در فاصله میان رسوبگذاری سازندهای زاگون و لالون مشخص می‌کند (فاز زمین‌ساختی زیرگائین) که با یک مرحله خروج از آب در مناطق یاد شده و یک فاز فرسایش قاره‌ای نابرابر در مناطق مختلف همراه بوده است. چرخه اول از توالی اول از نهشته‌های پهنه ماسه‌ای (Sand Flat) شروع و با نهشته‌های پهنه مخلوط (Mixed Flat) پایان می‌یابد. چرخه دوم و سوم توالی اول، هر یک تا نهشته‌های پهنه گلی (Mud Flat) ادامه پیدا می‌کنند. این توالی با یک واقعه محلی (local) مانند حرکات زمین‌ساختی، به یک سطح فرسایشی ختم می‌شود. به‌رغم وجود سطح فرسایش در این افق، به نظر می‌رسد توقف رسوبگذاری در این موقعیت چندان به طول نینجامیده (diastem) و رسوبگذاری دولومیت‌های فراکشندی (سوپراتایدال) در پهنه گلی بر روی این سطح ادامه یافته است. نهشت ماسه‌سنگ‌های سرخ رنگ کوارتز آرنایتی بسیار خوب جور شده و به طور کامل شسته شده با سیمان هماتی که بر روی آن لایه کنگلومرای با گسترش جانبی قابل توجه (عدم مشاهده شکل کانالی) دانه پشتیبان (قلوه‌های چرتی) و فاقد گل و سپس ماسه‌سنگ‌های سفید رنگ کوارتزیت راسی با جورشدگی و رسیدگی باقی بالا و سیمان کوارتزی قرار گرفته‌اند، در مجموع نشان دهنده نوسان نسبی سطح آب در توالی دوم می‌باشند. به نظر می‌رسد، چرخه‌های دوم و سوم از توالی اول، ناپیوستگی بین دو توالی و نوسانات نسبی سطح آب در توالی دوم همگی حاصل حرکت قائم کف حوضه بوده باشند. مرز بالایی این توالی منطبق با ناپیوستگی نوع اول (SB) بوده و با افق خاک دیرین میان ماسه‌سنگ‌های کوارتزی سفید رنگ و سازند میلا مشخص می‌شود. بر این اساس نهشت سازند لالون در برش باهمو تحت تأثیر نوسانات پی در پی و در نهایت بالا آمدن نسبی سطح آب در انتهای کامبرین پیشین صورت گرفته است.

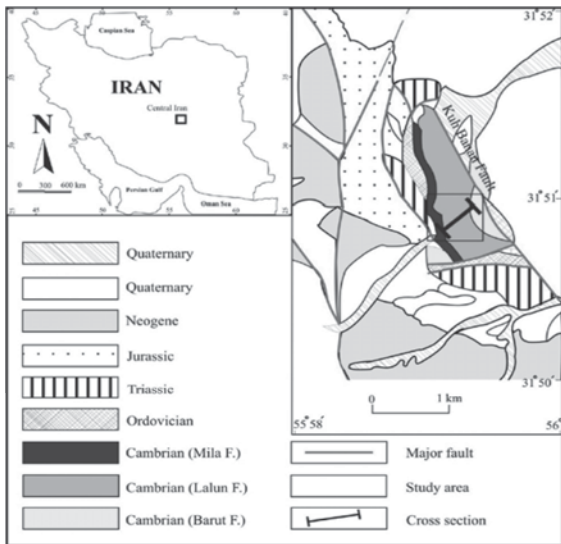
۵- نتیجه‌گیری

- سازند لالون در برش باهمو واقع در بلوک پشت بادام، متشکل از ۵۵۰ متر توالی نهشته‌های ماسه‌سنگی، سیلتستونی، کنگلومرای، شیلی و دولومیتی می‌باشد.
 - شروع سازند لالون در این منطقه همراه با فاز فرسایشی و افق‌های کنگلومرای و پایان آن با ناپیوستگی فرسایشی از نوع افق خاک دیرین با سازند میلا است. افزون بر این که یک سطح ناپیوستگی (فرسایشی) نیز در میان لایه‌های شیلی بالای این سازند دیده می‌شود که به نظر می‌رسد یک ناپیوستگی محلی در اثر حرکات زمین‌ساختی گسل کوه‌بان بوده و نهشت سازند لالون را برای مدت کوتاهی قطع نموده است.
 - تحلیل رخساره‌های سنگی نهشته‌های نسبت داده شده به سازند لالون، در برش باهمو منجر به شناسایی ۵ رخساره سیلیسی-آواری دانه درشت (Gm)، دانه متوسط (Sp, St, Sh) و دانه ریز (FI) و یک رخساره کربناتی (دولومیتی) شده است.
 - مطالعه بر روی جهت جریان دیرینه در زمان نهشت سازند لالون، در منطقه مورد مطالعه با برداشت ۱۱۰ جهت شیب و امتداد لایه‌بندی و لایه‌بندی مورب، نشان دهنده الگوی بایمدال دوقطبی و جهت خط ساحلی در امتداد شمال خاور - جنوب باختر می‌باشد.
 - با توجه به در کنار هم قرار دادن شواهد به دست آمده از مطالعه رخساره‌های سنگی،

دارند و ماسه‌های بسیار خوب جور شده و گرد شده که فضای بین دانه‌های گراولی را پر می‌کنند، دیده می‌شود. با در نظر گرفتن این شواهد و با توجه به هندسه فرشی و گسترش جانبی زیاد این کنگلومرا، ساحلی بودن آن پیشنهاد می‌شود (Einsele, 2000). با کم ژرفا شدن دوباره حوضه، بر روی این بخش کنگلومرای دریایی و ماسه‌سنگ‌های سفید رنگ کوارتز آرنایتی با جورشدگی و رسیدگی کانی‌شناسی و بافتی بسیار بالا قرار دارند که می‌تواند نشان دهنده رسوبگذاری در یک محیط ساحلی پر انرژی باشد (شکل ۴-G و H). بر روی این ماسه‌سنگ‌ها با یک سطح فرسایشی از نوع افق خاک قدیمی، آهک‌های نسبت داده شده به سازند میلا قرار می‌گیرند. الگوی بایمدال دو قطبی به دست آمده از تحلیل جهت جریان دیرینه، در بخش‌های ماسه‌سنگی در کل سازند (به استثنای ماسه‌سنگ‌های بالای سازند که به علت پوشیده بودن با واریزه‌های شیلی ساختمان رسوبی در آنها دیده نگردید) نشان دهنده حرکت رفت و برگشتی آب، در محیط ساحل و فلات دریایی کم ژرفا است (Tucker, 2001).

طی مطالعات صورت گرفته بر روی سازند لالون، لاسمی (۱۳۷۹)، بخش‌های پایینی سازند لالون را به یک محیط رودخانه مانداری، بخش میانی آن را به طور عمده به یک رودخانه مانداری تا محیط دلتایی/ساحلی و کوارتز آرنایت‌های بخش بالایی این سازند را به یک محیط ساحلی نسبت می‌دهد. مطالعاتی که توسط لاسمی و امین رسولی (۱۳۸۲) بر روی محیط رسوبی بخش‌های بالایی سازند لالون در ناحیه تویه دروار (جنوب باختری دامغان) انجام شده است نیز گویای رسوبگذاری این بخش در یک سکو نوع رمپ/خلیج دهانه‌ای می‌باشد. از طرف دیگر، مطالعات صورت گرفته توسط موسوی‌حرمی و همکاران (۱۳۸۷) بر روی سازند داهو در خاور و جنوب خاور زرن کرمان، نشان دهنده رسوبگذاری این سازند در محیط رسوبی رودخانه‌ای، از نوع پر پیچ و خم با بستر ماسه‌ای است. همچنین، نتایج به دست آمده از بررسی رخساره‌های سنگی سازند لالون در برش باهمو (مطالعه اخیر)، حاکی از رسوبگذاری سازند لالون در محیط پهنه کشندی، با ساحلی در امتداد شمال خاور-جنوب باختر می‌باشد. بدین ترتیب، به نظر می‌رسد که حوضه نهشت سازند لالون در ایران مرکزی، حوضه‌ای تحت کنترل فاکتورهای تخریبی بوده که از رودخانه تا کم‌ژرفای دریا را شامل می‌شود و تغییرات جانبی (spatial) را در ویژگی‌های خود از مکانی به مکان دیگر نشان می‌دهد. به عقیده لاسمی (۱۳۷۹) نیز توالی رسوبی سازند لالون در کل بخشی از یک ابر توالی است که از جایگیری زیر محیط‌های گوناگون ساحلی/دلتایی، رودخانه مانداری و پلایایی بر روی یکدیگر پدید آمده‌اند و نمایانگر پیشروی دریا در انتهای کامبرین پیشین است.

می‌توان این فرض را نیز مطرح نمود که طی فرایندهای کششی حوضه ایران مرکزی در این محدوده زمانی، حوضه‌های کافتی مجزای از هم (مانند pull-apart basin) در ایران مرکزی تشکیل شده است و نهشت سازند لالون در برش باهمو نیز می‌تواند حاصل رسوبگذاری در یکی از این حوضه‌های جدا از هم باشد. با توجه به جایگاه زمین‌شناسی برش مورد مطالعه در بلوک پشت بادام (که پدیده کافتی شدن از ویژگی‌های آن است) (آفانباتی، ۱۳۸۵) و با توجه به وجود شواهدی چون ریولیت و توف همراه با نهشته‌های پر کامبرین پسین و کامبرین پیشین در منطقه مورد مطالعه که نشان دهنده حضور فعالیت‌های آتشفشانی در این ایام است، این طور به نظر می‌رسد که برش مورد مطالعه از سازند لالون تحت تأثیر پدیده کافتی شدن (ریفیتینگ) در طی کامبرین پیشین بوده است. مطالعه بر روی خاستگاه زمین‌ساختی ماسه‌سنگ‌های لالون در برش باهمو نیز وجود یک کافت درون قاره‌ای در ناحیه منشأ این رسوبات را تأیید می‌کند (اعتمادسعید و همکاران، ۱۳۸۶؛ اعتمادسعید، ۱۳۸۷). با این حال قطعیت این فرضیه، مطالعات تکمیلی مربوط به خود را می‌طلبد.



شکل ۱- موقعیت برش مورد مطالعه بر روی نقشه زمین شناسی (سهیلی و مهدوی، ۱۳۷۰).

شکل ۲- ستون چینه شناسی سازند لالون در برش باهمو به همراه رخساره های سنگی شناسایی شده در آن و نتایج حاصل از مطالعه محیط رسوبی. لازم به یادآوری است، بخش های ماسه سنگی بالای برش مورد مطالعه، به علت پوشیده بودن با وارزیه های شیلی بدون ساختار رسوبی و به طور کامل سفید نشان داده شده اند (A) کنگلومرای چرت دار شروع سازند، (B) محل شیلی که در تصویر C نیز به خوبی مشخص می باشد و ۲- ناپوستگی از نوع افق خاک قدیمی در مرز سازندهای لالون و میلا که در تصویر D نیز دیده می شود. محل نمونه های شیلی برداشت شده برای تجزیه های XRD، SEM و ICP-MS و ایستگاه های برداشت لایه بندی های مورب به منظور تعیین جهت جریان دیرینه، نیز بر روی این برش نشان داده شده اند.

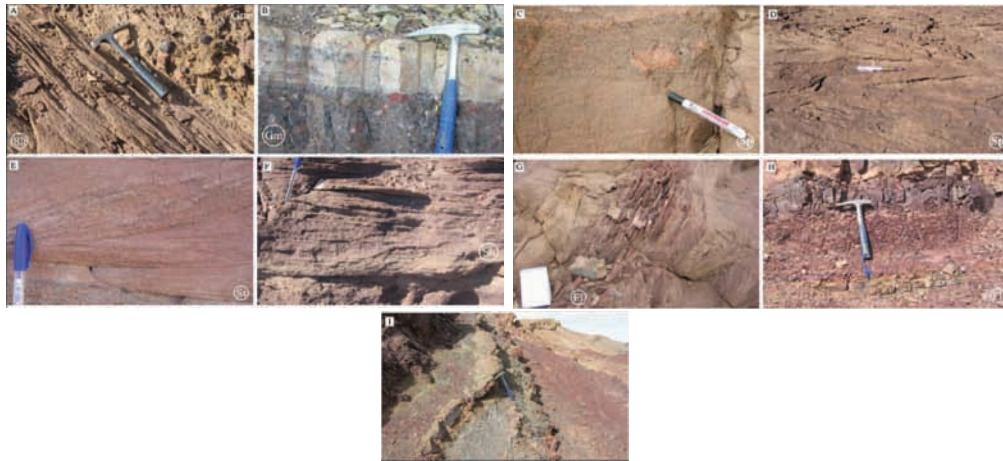
مطالعات سنگ شناسی به همراه تحلیل جهت جریان دیرینه، سازند لالون در برش مورد مطالعه به محیط رسوبی پهنه کشندی نسبت داده می شود. مطالعه ژئوشیمیایی میزان عنصر بر (B) در نمونه های شیلی بالای سازند لالون در برش مورد مطالعه نیز وابستگی آنها را به محیط رسوبی دریایی نشان می دهد. بررسی تغییرات نسبی سطح آب دریا در این نهشته ها حاکی از وجود دو توالی مجزا می باشد که مرز زیرین و بالایی آنها ناپوستگی نوع اول (SB₁) است. این بررسی در نهایت نشان دهنده پیوستگی آب در انتهای کامبرین پیشین است.

سپاسگزاری

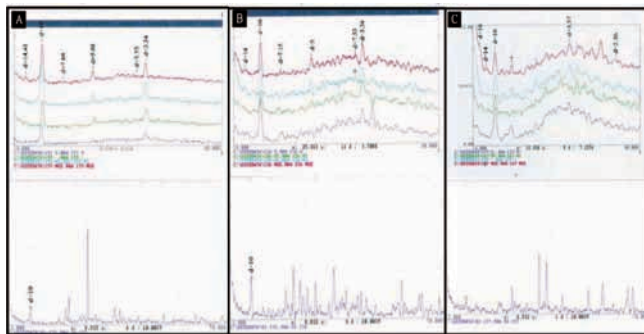
از جناب آقای دکتر هوشمندزاده برای معرفی برش مورد مطالعه و حمایت ها و راهنمایی های ارزنده ایشان بسیار سپاسگزاریم. از سرکار خانم مهندس اسدی مهماندوستی، خانم مهندس اسلامدوست، آقای دکتر صادقیان و خانم مهندس حسن پور به دلیل کمک ها و همکاری شان در انجام مراحل صحرائی تشکر می نمایم. از جناب آقای دکتر علیرضایی برای کمک های ایشان در معرفی آزمایشگاه و ارسال نمونه ها به منظور انجام تجزیه ژئوشیمیایی نمونه های شیلی متشکریم. از مسئولان دانشکده علوم زمین و آزمایشگاه های دانشگاه شهید بهشتی نیز برای فراهم آوردن امکانات مناسب در انجام این مطالعه نهایت تشکر را داریم. در انتها از داوران محترم که با نظرات خود به ارتقای سطح علمی این مقاله کمک نموده اند سپاسگزاریم.

جدول ۱- مقادیر به دست آمده از قرائت ۱۱۰ امتداد و شیب لایه و لایه بندی های مورب در ماسه سنگ های لالون.

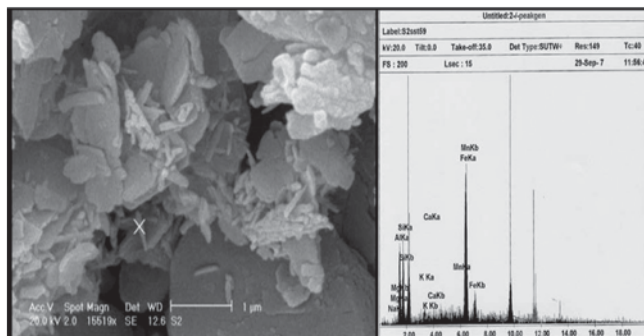
NO.	Bedding	Cross bedding	Modified cross bedding	Dip Direction	NO.	Bedding	Cross bedding	Modified cross bedding	Dip Direction
1	N175, 54SW	N175, 14NE	N176, 68NE	86	11	N162, 31SW	N175, 43SW	N171, 11SW	251
		N165, 21NE	N172, 75NE	81			N179, 21SW	N175, 10SW	265
		N167, 24SW	N182, 30SE	92			N174, 44SW	N169, 13SW	259
		N180, 10SW	N174, 44NE	84			N169, 34SW	N168, 35SW	260
2	N155, 25SW	N164, 21SW	N138, 4NE	47	12	N172, 23SW	N175, 21NE	N173, 44NE	84
		N150, 21NE	N149, 46NE	59			N160, 21NE	N158, 42NE	68
		N152, 20NE	N153, 44NE	63			N162, 21NE	N161, 43NE	70
		N144, 27SW	N88, 6SE	177			N179, 20NE	N179, 42NE	90
						N177, 38NE	N178, 60NE	87	
3	N174, 20SW	N170, 24SW	N170, 2SW	260	13	N165, 24SW	N143, 32SW	N146, 10SW	237
		N179, 24SW	N179, 4NW	285			N133, 27SW	N138, 6SW	228
		N168, 22SW	N168, 2SW	257			N145, 25SW	N146, 15W	238
		N177, 28SW	N177, 4SW	268			N136, 31SW	N140, 10SW	231
		N145, 30SW	N146, 10SW	242			N162, 24SW	N162, 0SW	252
		N158, 32SW	N160, 12SW	250			N155, 49NE	N144, 72NE	54
						N135, 35NE	N121, 54NE	31	
						N147, 29NE	N140, 53NE	50	
						N167, 25NE	N169, 49NE	79	
4	N177, 21SW	N175, 24SW	N176, 3SW	264	14	N169, 26SW	N160, 31NE	N154, 58NE	65
		N159, 22SW	N158, 1SW	260			N160, 15SE	N166, 12NE	75
		N176, 22SW	N176, 1SW	265			N160, 10SE	N178, 25NE	87
		N167, 23SW	N167, 2SW	258			N140, 12SE	N197, 12SE	117
		N157, 31SW	N157, 11SW	250					
		N166, 32NE	N161, 53NE	72					
		N170, 24NE	N167, 47NE	77					
		N158, 24NE	N152, 44NE	62					
						N159, 26NE	N152, 44NE	52	
						N168, 13NE	N166, 34NE	76	
5	N167, 23SW	N180, 39SW	N178, 16SW	267	15	N168, 22SW	N290, 22SW	N116, 10SW	205
		N166, 34SW	N167, 12SW	255			N220, 27SW	N49, 32SE	138
		N163, 35SW	N161, 12SW	252			N210, 21SW	N38, 36SE	129
		N162, 29SW	N162, 6SW	252			N260, 22SW	N88, 19SE	180
						N174, 31SW	N174, 31SW	264	
6	N176, 32SW	N154, 39SW	N160, 8SW	249	16	N159, 27SW	N168, 14NE	N168, 42NE	76
		N163, 51SW	N177, 19SW	257			N170, 10NE	N175, 36NE	79
		N144, 44SW	N152, 15SW	243			N175, 20NE	N175, 28SW	256
		N162, 50SW	N170, 18SW	255					
7	N166, 32SW	N166, 51NE	N169, 83NE	78	17	N170, 31SW	N165, 32SW	N167, 15W	258
		N174, 54NE	N26, 84NE	116			N179, 32SW	N170, 15W	260
		N164, 46NE	N160, 78NE	70			N160, 49SW	N160, 19SW	254
							N165, 33SW	N165, 35SW	252
8	N179, 33SW	N130, 18NE	N117, 37NE	27	18	N168, 27SW	N175, 32NE	N144, 58NE	86
		N156, 14NE	N148, 40NE	58			N167, 42NE	N168, 68NE	77
		N154, 22SW	N21, 8SE	110			N165, 33NE	N164, 61NE	250
		N166, 22SW	N115, 8SW	204			N164, 30NE	N163, 61NE	72
9	N175, 28SW	N165, 37NE	N158, 63NE	68	19	N150, 33SW	N175, 37SW	N170, 65W	259
		N145, 10NE	N139, 32NE	50			N177, 30NE	N197, 56SE	104
		N172, 36NE	N165, 64NE	76			N160, 40NE	N176, 70NE	86
		N157, 19NE	N151, 44NE	61					
10	N176, 38SW	N170, 42NE	N171, 79NE	79	20	N167, 24SW	N175, 17SW	N197, 45E	106
		N163, 46NE	N157, 84NE	69			N145, 23SW	N187, 25E	96
		N164, 45NE	N163, 83NE	72			N145, 24W	N187, 25E	96
							N187, 25E	N187, 25E	96



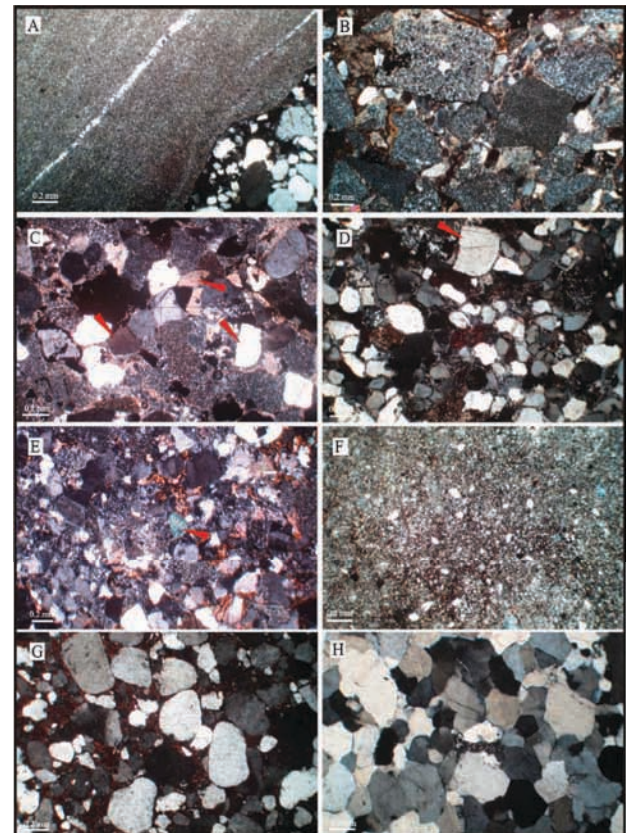
شکل ۳- رخساره‌های به دست آمده برای سازند لالون در برش مورد مطالعه. (A) رخساره گراولی دانه پشتیبان توده‌ای (Gm) در مجاورت رخساره ماسه‌سنگی با لایه‌بندی موازی (Sh)؛ (B) رخساره گراولی دانه پشتیبان توده‌ای (Gm) در زیر ماسه‌سنگ‌های سفید رنگ رأس سازند؛ (C) رخساره ماسه‌سنگی با طبقه‌بندی مورب مسطح (Sp). این رخساره در تصویر D به صورت لایه‌بندی مورب در هم دیده می‌شود؛ (E) رخساره ماسه‌سنگی با طبقه‌بندی مورب عدسی (St)؛ (F) رخساره ماسه‌سنگی با طبقات موازی (Sh)؛ (G) رخساره سیلتی دارای ریزلایه‌بندی (Fl)؛ (H) رخساره گلی دارای ریزلایه‌بندی (Fl)؛ (I) رخساره دولومیتی بر روی سطح ناپوستگی بالای سازند، در میان لایه‌های شیلی.



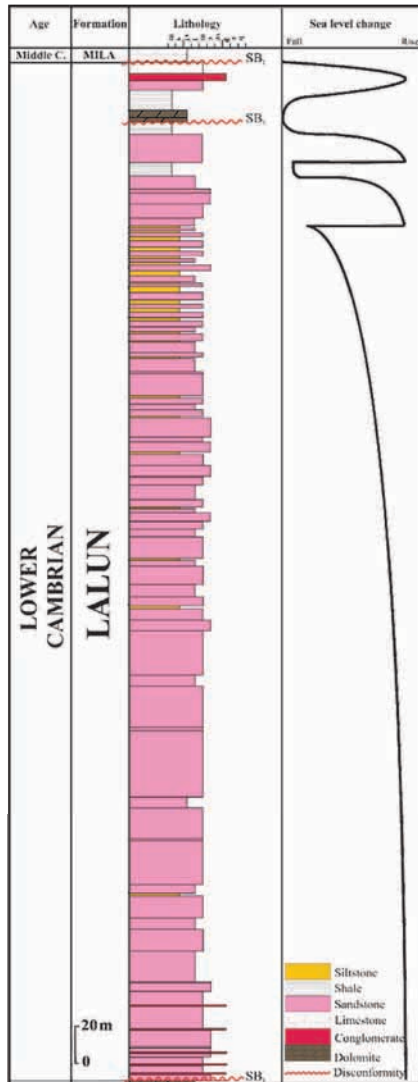
شکل ۵- نتایج حاصل از تجزیه XRD بر روی ۳ نمونه شیلی از سازند لالون در برش باهمو. تصویر A مربوط به نمونه شیلی زیر سطح فرسایشی و تصاویر B و C مربوط به شیل‌های بالای سطح فرسایشی است. ایلیت، کانی اصلی این ۳ نمونه شیلی است.



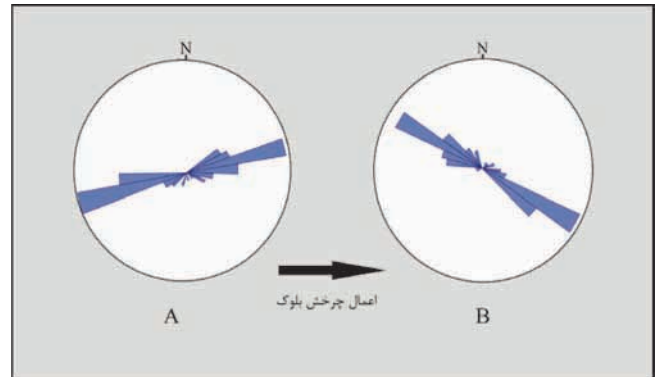
شکل ۶- در مطالعات میکروسکوپ الکترونی بر روی نمونه‌های شیلی مورد مطالعه، تنها ساختار کانی رسی کلریت دیده می‌شود. تجزیه EDX در محل ضربدر، این شناسایی را تأیید می‌کند.



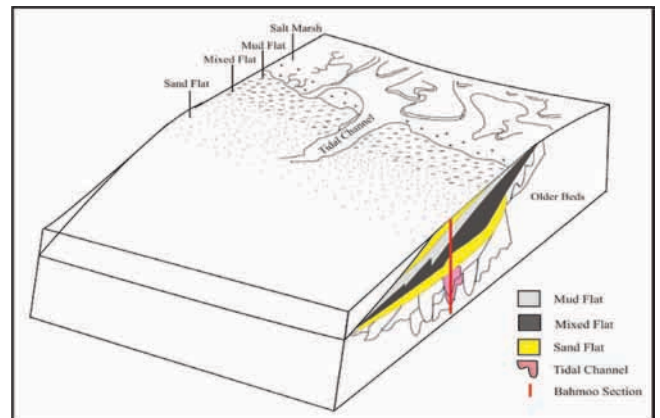
شکل ۴- شواهد سنگ‌شناسی در تعیین محیط رسوبی سازند لالون در برش مورد مطالعه. (A) کنگلومرا با دانه‌های ماسه‌ای در میان پهل‌ها. (B) نمونه ماسه‌سنگی چرت آرنایتی با رسیدگی ترکیبی و بافتی بالا. (C) و (D) نمونه‌های ماسه‌سنگی با رسیدگی بافتی و ترکیبی بالا و حضور کوارتزهای گرد شده شکسته (فلش سرخ). (E) حضور گلو کونیت در ترکیب ماسه‌سنگ‌های مورد مطالعه که ارتباط آنها با محیط‌های دریایی را نشان می‌دهد. (F) دولومیت اولیه ریزبلور. (G) کوارتز آرنایت بسیار رسیده از نظر بافتی و ترکیبی با سیمان همایتی در بخش‌های بالایی سازند. (H) کوارتز آرنایت رأسی با سیمان کوارتزی، نشان دهنده انرژی بالای محیط رسوبی.



شکل ۹- نمایش تغییرات سطح آب در زمان رسوبگذاری سازند لالون در برش باهمو



شکل ۷- الگوی جهت جریان دیرینه به دست آمده از قرانت ۱۱۰ شیب و امتداد لایه‌بندی و لایه‌بندی مورب، (A) پیش از اعمال چرخش بلوک و (B) پس از اعمال چرخش بلوک ایران مرکزی.



شکل ۸- مدل رسوبی پیشنهادی برای سازند لالون در برش باهمو (ستون سرخ رنگ برش مورد مطالعه را نشان می‌دهد و شیب حوضه بدون مقیاس رسم شده است).

کتابنگاری

- آدابی، م. ح.، ۱۳۸۳- ژئوشیمی رسوبی. انتشارات آراین زمین، ۴۴۸ ص.
- آقاباتی، ع.، ۱۳۸۵- زمین‌شناسی ایران. سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، ۵۸۶ ص.
- اعتمادسعید، ن.، ۱۳۸۷- سنگ‌شناسی و محیط رسوبی سازند لالون در برش باهمو، اسفوردی، یزد. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه شهید بهشتی، ۱۸۶ ص.
- اعتمادسعید، ن.، حسینی برزی، م.، اسدی مهماندوستی، ا.، ۱۳۸۶- محیط رسوبی و برخاستگاه زمین‌ساختی سازند لالون در مقطع باهمو، ایران مرکزی. چکیده مقالات بیست و ششمین گردهمایی علوم زمین، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، ص. ۸۴-۸۳.
- حسینی برزی، م.، ۱۳۷۵- بررسی برخاستگاه زمین‌ساختی ماسه‌سنگ لالون در مقطع نمونه، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تهران، ۱۱۲ ص.
- حسینی طباطبایی، و.، ۱۳۸۷- دیاژنز و محیط رسوبی سازند لالون در دو برش شورگل و مسکین در ارومیه، آذربایجان غربی. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه شهید بهشتی، ۹۴ ص.
- سهیلی، م.، مهدوی، م.، ۱۳۷۰- نقشه زمین‌شناسی اسفوردی، مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰. سازمان زمین‌شناسی کشور.
- لاسمی، ی.، ۱۳۷۹- رخساره‌ها، محیط‌های رسوبی و چینه‌نگاری توالی نهشته سنگ‌های پرکامبرین بالایی و پالئوزویک ایران. سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، شماره ۷۸، ۱۸۰ ص.
- لاسمی، ی.، امین رسولی، ه.، ۱۳۸۱- ناپیوستگی فرسایشی در بالای کوارتزیت بالایی سازند لالون: گواهی بر این که کوارتزیت بالایی واحد کوارتزیت پایینی سازند میلا نیست. مجموعه مقالات بیست و یکمین گردهمایی علوم زمین، ص. ۵۳۳.
- لاسمی، ی.، امین رسولی، ه.، ۱۳۸۲- چینه‌نگاری توالی واحدهای شیلی و کوارتزیت بالایی سازند لالون در ناحیه تویه- دروار (جنوب باختری دامغان). فصلنامه علوم زمین، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور. ۴۸: ۶۷-۴۸.
- لاسمی، ی.، امین رسولی، ه.، ۱۳۸۵- ناپیوستگی جهانی روی کوارتزیت بالایی سازند لالون (مرز کامبرین زیرین و میانی): گواهی بر این که کوارتزیت بالایی کوارتزیت پایه ی سازند میلا نیست. فصلنامه علوم زمین، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور. ۱۲۷-۱۳۹: ۵۹.

محبوبی، ا.، خردمند، ع.، رحیمی، ب.، موسوی حرمی، ر.، زند مقدم، ح.، حیدری، ا.، ۱۳۸۶- منشأ و موقعیت زمین‌ساختی نهشته‌های سیلیسی آواری سازند داهو (کامبرین پیشین) در حوالی زرنند کرمان. یازدهمین همایش انجمن زمین‌شناسی ایران. موسوی حرمی، ر.، ۱۳۸۶- رسوب‌شناسی. چاپ یازدهم، انتشارات آستان قدس رضوی، ۴۷۴ ص.

موسوی حرمی، ر.، محبوبی، ا.، خردمند، ع.، زند مقدم، ح.، ۱۳۸۷- تجزیه رخساره‌های سنگی و سیکل‌های به طرف بالا ریز شونده در نهشته‌های سیلیسی آواری سازند داهو (کامبرین پیشین)، واقع در خاور و جنوب خاور زرنند، شمال باختر کرمان، فصلنامه زمین‌شناسی ایران، ۶: ۷۱-۸۵.

References

- Assereto, R., 1963- The Paleozoic formations in central Alborz Iran. Riv. Ital., Paleontology, 6, 503-543.
- Catuneanu, O., 2006- Principles of sequence stratigraphy. Elsevier, 375 p.
- Chamley, H., 1989- Clay sedimentology: Springer Verlag Berlin, Heidelberg, 623 p.
- Coe, A. L., (Ed.) 2003- The Sedimentary record of sea-level change. Cambridge University Press., 288 p.
- Cotton, F. A., Wilkinson, G., Murrillo, C.A., Bochmann, M., 2003- Advanced inorganic chemistry. New York., 1355 p.
- Dickson, J. A. D., 1965- A modified staining technique for carbonates in thin section: Nature., v. 205, p. 587.
- Einsele, G., 2000- Sedimentary Basin: Evolution, Facies and Sediment Budget (2th ed), Springer Verlag, 292 p.
- Folk, R. L., 1980- Petrology of sedimentary rocks. Hemphill, Austin, Texas, 159 p.
- Grassman, R. B., Milet, J. C., 1961- Carbonate removal from soils by a modification of the acetate buffer method: Journal of Soil., 25, 325-326.
- Haq, B. U., 1991- Sequence stratigraphy, sea-level change and significance for the deep sea. In Sedimentation, Tectonics and Eustasy (D. I. M. Mac Donald, Ed.), pp. 3-39. International Association of Sedimentologists Special Publication 12.
- Hardy, R. and Tucker, M. E., 1988- X-ray powder diffraction of sediments. In Tucker, M. E., eds., Techniques sedimentology. Blackwell, London. 349 p.
- Harms, J. C., Southard, J. B., Walker, R. G., 1982- Structures and Sequence in Clastic Rock. SEPM, Short Course., 1, 55.
- Johnson, H. D. and Baldwin, C. T., 1996- Shallow clastic seas, in Reading, H. G., eds., Sedimentary Environment. Third ed., Blackwell, Oxford, 232-281.
- Kolodny, Y., Chaussidon, M., Katz, A., 2005- Geochemistry of a chert breccia, Geochimica et Cosmochimica Acta., 69, 427-439.
- Kunze, C. W., 1965- Pretreatment for mineralogical analysis, in: Method of soil analysis, Black C. A et al. Amer. Soc. of Agronomy mc. 651-675.
- Lobo, C. P. Osbrone, R. H., 1976- Petrology of the Late Precambrian- Cambrian sandstons in the eastern Mojave Desert southeastern California. Journal Sed. Petrol., 46, 829- 846.
- Mehra, O. P., Jackson, M. L., 1960- Iron oxid removal from soils and clay by a dithionite-citrate system buffered with bicarbonate. Journal of Clays and Clay Mineral., 7, p. 313-325.
- Meunier, A., 2005- Clay: Springer Verlag Berlin Heidelberg, 427 p.
- Miall, A. D., 1996- The Geology of Fluvial deposits: Sedimentary Facies, Basin Analysis and Petroleum Geology. Springer-Verlag, New York, 582p.
- Miall, A. D., 1997- The Geology of stratigraphic sequences. Springer Verlag, 443p.
- Miall, A. D., 2000- Principles of sedimentary basin analysis. Springer Verlag, 616 p.
- Orton, G. J., and Reading, H. G., 1993- Variability of deltaic processes in terms of sediment supply, with particular emphasis on grain size. Sedimentology., 40, 475-512.
- Pettijohn, F. J., 1975- Sedimentary Rocks. Harper and Row. New York., 628 p.
- Potter, P. E., Pettijohn, F. J., 1975- Paleocurrents and basin analysis: 2th ed., Springer- Verlag, 425 p.
- Reading, H. G. and Collinson, J. D., 1996- Clastic coasts, in Reading, H. G., eds., Sedimentary Environment. Third ed., Blackwell, Oxford, 154-232.
- Reinson, G. E., 1984- Barrier island and associated strand- plain systems. In: R.G. Walker (ed.), Facies Models, 2nd ed., Geo Science Canada., 119-141.
- Schmidt, K. Soffel, H., 1983- Mesozoic- Cenozoic geological event in central- east Iran and their relation to paleomagnetic result. Ministry of Mines and Metals Geological Survey of Iran., report no. 51, 27- 35.
- Selley, R. C., 1996 - Ancient sedimentary environments. 4th ed., Chapman & Hall, London, 300 p.
- Sibley, D. F., Gregg, J. M., 1987- Classification of dolomite rock texture: Journal of Sedimentary Petrology., 57, 967-97.
- Tucker, M. E., 1993- Sedimentary rocks in the field. Wiley Pub, 2th ed. 153 p.
- Tucker, M. E., 2001- Sedimentary petrology: an introduction to the origion of sedimentary rocks: Blackwell, Scientific Publication, London, 260 p.
- Weaver, C. E., 1989- Clays, muds, and shales: Development in Sedimentology, Elsevier, Scientific Publication, 819 p.