# ژئوشیمیعناصراصلیماسهسنگهایسازندلالوندرمقطع باهمو،ایرانمرکزی:بانگرشیبرسنگمادر،شرایطهوازدگی قدیمهوجایگاهزمینساختی

**نجمه اعتماد سعید <sup>۱</sup> و محبوبه حسینی برزی<sup>(۲.\*)</sup>** ۱. کارشناس ارشد رسوب شناسی و سنگ شناسی رسوبی، دانشگاه شهید بهشتی ۲. استادیار، گروه زمین شناسی، دانشگاه شهید بهشتی

تاریخ دریافت: ۸۷/۱۰/۱۹ تاریخ پذیرش: ۸۸/۳/۱۱

#### چکیدہ

به منظور روشن سازی برخاستگاه، جایگاه زمین ساختی و شرایط هوازدگی پیشین، ۱۲ نمونه ی ماسه سنگی سازند لالون با سن کامبرین پیشین، در مقطع باهمو، بلوک پشت بادام، ایران مرکزی، از نظر عناصر اصلی مورد بررسی قرار گرفتند. مقایسه عناصر اصلی با میانگین پوسته قاره ای بالایی نشان داد که به دلیل فرآیند های پس از رسوبگذاری و یا فقدان سنگ های منشا حاوی پلاژیوکلاز سدیم دار، تنها میزان Na<sub>2</sub>O نسبت به پوسته قاره ای بالایی تخلیه شده است. مقادیر AID و AIP (اندیس شیمیایی آلتراسیون و اندیس آلتراسیون پلاژیوکلاز) در این ماسه سنگ ها و دیاگرام شواهد نشان می دهند که آب و هوا در طی نهشت سازند لالون از نیمه خشک تا مرطوب تغییر کرده است. به علاوه اندیس تنوع ترکیبی در این ماسه سنگ ها نشان می دهد که فرآیند چرخه مجدد در کوارتزیت های راسی شدید بوده است. داده های شیمیایی و استفاده از دیاگرام های تفکیک کننده حاکی از سنگ مادر کوارتزی و فلسیک برای اندیس سنگ های شیمیایی و استفاده از دیاگرام های تفکیک کننده حاکی از سنگ مادر کوارتزی و فلسیک برای

**واژههای کلیدی**: جایگاه زمین ساختی، ژئوشیمی، سنگ مادر، لالون، هوازدگی پیشین

#### مقدمه

ژئوشیمی سنگهای رسوبی تابع پیچیدهای از متغیرهایی مانند ترکیب سنگ مادر، هوازدگی، حمل، جورشدگی فیزیکی، تمرکز کانیهای سنگین و دیاژنز است. بنابراین می توان از ترکیب شیمیایی کلی سنگهای رسوبی آواری به عنوان ابزاری موثر جهت شناخت فاکتورهایی که خواص رسوبات را در طی رسوبگذاری و بعد از آن کنترل می کنند، استفاده نمود (McLennan et al., 1990; Bock et al., 1994; Condie et al., 1995) مطالعات ژئوشیمیایی در سنگ های رسوبی آواری مکمل خوبی برای مطالعات سنگ شناسی، به ویژه زمانی که داده های سنگ شناسی مبهم مستند و یا زمانی که فرآیندهای زمین شناسی، کانی شناسی اولیه را تخریب کرده باشند محسوب می شوند (Cullers, 1994, 1905).

سازند لالون از گسترده ترین سازند های کامبرین پیشین در ایران و کشورهای همجوار است. آسرتو (Assereto, 1963) برش الگوی این سازند را برای اولین بار در دهکده لالون (البرز مرکزی) اندازه گیری و نام گذاری کرده است. در این محل، سازند لالون از سه واحد ماسه

سنگ زیرین (٤٩٨ m)، واحد شيلي با ميان لايه هايي از ماسه سنگ (m m) و واحد ماسه سنگی کوارتزیت بالایی (۵۰ m) تشکیل شده است (آقانباتی، ۱۳۸۵). مقطع مورد مطالعه از سازند لالون به ضخامت ۵۵۰ متر، در شرق روستای باهمو، نزدیکی شهر بهاباد و در حد فاصل دو سازند باروت و میلا (شکل ۱) واقع شده است. بر پايه تقسيم بندي ايران به حوضه هاي رسوبي - ساختاري جداگانه، این مقطع بخشمی از خرد قاره ایران مرکزی و بلوک پشت بادام به شمار مي رود. اين بلوك ميان گسل پوشيده نائين- كوهبنان در شرق و گسل پشت بادام در غرب واقع شده است. ویژگی اساسی بلوک پشت بادام، رخنمون های دگرگونی منسوب به پرکامبرین به همراه سنگ های آتش فشانی و ماگمایی با برخاستگاه کافتی، در ردیف های پرکامبرین پسین و کامبرین پیشین است. این طور به نظر می رسد که پدیده کافتی شدن از ویژگی های این بلوک باشد (اَقانباتی، ۱۳۸۵). با وجود گستردگی زیاد سازندلالون، منشاء این ماسه سنگ ها به خوبی شناخته نشده است. به عقیده آقانباتی (۱۳۸۵)، به سبب شــواهد سنگشناســي مانند وجود گارنت، آپاتيـت، گلوكونيت و

ژئوشیمی عناصر اصلی ماسه سنگ های سازند لالون در مقطع باهمو، ایران مرکزی...

فسفات، این ماسه سنگ ها را به فرسایش توده های گرانیتی و سنگ های دگرگونی نسبت می دهند. هدف از این مطالعه، شناسایی نوع سنگ مادر احتمالی، جایگاه زمین ساختی و شرایط هوازدگی پیشین ماسه سنگ های سازند لالون در ایران مرکزی با استفاده از شواهد ژئوشیمیایی مربوط به عناصر اصلی می باشد. امید است که نتایج حاصل از این مطالعه، حلقه ای از مطالعات گسترده جغرافیای دیرینه پالئوزوییک پسین ایران مرکزی باشد.

### روش مطالعه

در این پژوهش تعداد ۱۷۰ نمونه ماسه سنگی تازه از سازند لالون در برش باهمو جهت مطالعه جمع آوری شده و مورد مطالعه پتروگرافی قرار گرفته اند. از بین این نمونه ها ۱۲ نمونه ماسه سنگ کریز دانه (۱۰ نمونه از ماسه سنگ های سازنده اصلی بدنه و ۲ نمونه از کوارتزیت راسی) به نمایندگی از کل سازند به منظور مطالعه ژئوشیمی عناصر اصلی، پس از پودر شدن در دانشگاه شهید بهشتی، به آزمایشگاه Acme کشور کانادا فرستاده شده و توسط دستگاه پلاسمای القایی جفتی طیف سنجی نشری مورد آنالیز قرار گرفتند. نتایج به دست آمده برای این ۱۲ نمونه، در جدول ۱ مشاهده می شود.





جدول ۱- نتایج حاصل از آنالیز ژئوشیمیایی در ۱۲ نمونه ماسه سنگی سازند لالون. نمونه ۲۵ به منظور بررسی صحت دادهها، دوبار مورد آنالیز قرار گرفته است. نتایج بسیار نزدیک مشاهده شده در تکرار آنالیز این نمونه، نشان دهنده دقت بالای این آزمایشگاه میباشد. نمونه های SF-LA 134 و SF-LA 137 مربوط به کوارتزیت سفید رنگ راس سازند میباشند.

	~.~										~ ~				
SAMPLES	SiO <sub>2</sub>	$Al_2O_3$	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MgO	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	TiO <sub>2</sub>	$P_2O_5$	MnO	$Cr_2O_3$	LOI	T01/C	101/8	SUM
	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
SF-LA 005	73.18	8.07	1.86	1.28	4.37	0.08	4.88	0.39	0.12	0.04	0.02	5.6	1.25	0.07	99.9
SF-LA 029	70.67	10.18	4.5	1.01	2.31	0.09	6.09	1.05	0.31	0.04	0.013	3.6	0.58	0.02	99.86
SF-LA 033	74.49	10.47	2.6	0.87	1.59	0.09	6.15	0.53	0.21	0.02	0.01	2.8	0.38	0.01	99.83
SF-LA 040	68.36	6.91	3.04	2.04	7	0.07	3.85	0.42	0.14	0.08	0.012	8	1.97	0.02	99.93
SF-LA 047	76.46	8.84	1.99	1.21	2.25	0.09	4.95	0.38	0.12	0.03	0.01	3.5	0.61	0.01	99.83
SF-LA 054	72.62	12.12	3.1	0.93	0.71	0.1	6.73	0.63	0.21	0.01	0.012	2.6	0.16	<.01	99.78
SF-LA 065	75.63	7.55	3.41	0.94	2.98	0.07	4.02	0.59	0.16	0.04	0.009	4.4	0.79	0.01	99.8
RE SF-LA 065	75.7	7.56	3.43	0.94	3.01	0.07	4.03	0.57	0.14	0.04	0.011	4.3	0.79	0.01	99.81
SF-LA 072	80.35	6.57	2.28	0.73	2.27	0.07	3.54	0.32	0.11	0.03	0.013	3.5	0.61	0.02	99.78
SF-LA 080	71.52	6.88	2.99	1.16	6.16	0.06	3.39	0.37	0.1	0.04	0.032	7.2	1.54	0.02	99.91
SF-LA 099	82.74	6.19	4.64	0.4	0.4	0.06	2.26	0.29	0.12	0.13	0.008	2.6	0.16	0.01	99.85
SF-LA 134	94.76	2.79	0.16	0.12	0.1	0.02	0.79	0.23	0.03	0.01	0.004	0.8	0.04	0.01	99.81
SF-LA 137	98.6	0.47	0.22	0.02	0.06	0.02	0.12	0.06	0.02	<.01	0.002	0.3	0.03	0.01	99.89
STANDARD SO-18/CSC	57.9	14.17	7.65	3.37	6.36	3.73	2.15	0.7	0.82	0.41	0.555	1.9	3.12	4.14	99.72

1. ICP - emission Spectrometry

نجمه اعتماد سعيد و محبوبه حسيني برزي

**بحث** يترو گرافي

طبق مطالعات اولیه صورت گرفته بر روی ۱۷۰ مقطع نازک ماسه سنگی توسط میکروسکوپ نوری، کانی های تشکیل دهنده این ماسه سنگ ها به ترتیب فراوانی به صورت زیر میباشند:

کانی کوارتز از نوع کوارتزهای تک بلور پلوتونیک با خاموشی مستقیم تا موجی شدید به مقدار بیشتر و همین طور کوارتز های چند بلور متامورفیکی (Folk, 1980) و کوارتز های رسوبی مجدد انتقال یافته با سیمان کوارتز رو رشدی فرسایشی به میزان کم تر، فراوانترین جزء آواری مشاهده شده در ماسه سنگ های مورد مطالعه می باشند که با نزدیک تر شدن به سمت بخشهای بالاتر سازند بر فراوانی آن

افزوده می شود. دومین جزء آواری فراوان در ترکیب ماسه سنگهای برش مورد مطالعه را قطعات سنگی (به ترتیب فراوانی: قطعات سنگی رسوبی از نوع چرت، ماسه سنگ، سیلتستون و قطعات شیلی؛ قطعات دگرگونی بیشتر از نوع قطعات سنگی دگرگون شده مانند شیل های دگرگونی، اسلیت، فیلیت، شیست و قطعات رسوبی حگرگونی و قطعات سنگی ولکانیکی) تشکیل می دهند. فلدسپار ها به ترتیب فراوانی شامل فلدسپار های پتاسیم دار، میکروکلین و به میزان کم تر یلاژیوکلاز، سومین جزء تشکیل دهنده ماسه سنگهای مورد مطالعه می باشند. از کانیهای فرعی در ماسه سنگهای مورد مطالعه می باشند. از کانی های سنگین ایک و کانی های سنگین شفاف مانند به میکا ها و کانی های سنگین آیک و کانی های سنگین شفاف مانند زیرکن و با فراوانی کم تر اپیدوت اشاره کرد. ماسه سنگ های مورد



شکل ۲- بررسی تغییرات اکسید های اصلی نسبت به AI<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. داده های UCC مربوط به پوسته ی قاره ای بالایی میباشند (Taylor and McLennan, 1985). SS ماسه سنگ های سازنده بدنه اصلی سازند لالون؛ WQ: کوارتز آرنایت های سفید رنگ راسی. همان گونه که مشاهده می شود، به جز O<sub>2</sub>O، سایر عناصر در محدوده UCC قرار می گیرند.

مطالعه در بخش عمده ای از سازند، ترکیب لیتارنایت (از نوع چرت آرنایت) – ساب لیتارنایت تا فلدسپاتیک لیتارنایت و در بخش های بالایی سازند ترکیب کوارتز آرنایتی دارند (اعتمادسعید، ۱۳۸۷؛ حسینی برزی و اعتمادسعید، ۱۳۸۷).

#### توزيع عناصر اصلى

مطالعه عناصر اصلي اغلب به ١٠ عنصري محدود مي شود كه به طور مرسوم در تجزیه ی شیمیایی به صورت اکسید بیان می شوند Rollinson, 1993) (Si, Ti, Al, Fe, Mn, Mg, Ca, Na, K, P). توزيع عناصر اصلی، منعکس کنندہ کانی شناسی نمونه های مورد مطالعه است (جدول ۱). در میان این اکسیدها، Na<sub>2</sub>O، CaO، Na<sub>2</sub>O و K<sub>2</sub>O متحرک' و اکسیدهای Al<sub>2</sub>O و TiO غیرمتحرک' می باشند (Bauluz et al., 2000). به دليل اين كه Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> در طي هوازدگي، دياژنز و متامورفيسم، نسبتاً بدون تغيير است، معمولاً به عنوان فاکتوری جهت مقایسه بین لیتولوژیهای مختلف به کار می رود (Cardenas et al., 1996). در نمودارهای ارائه شده در شکل ۲، ميزان Si O با Al<sub>2</sub>O نسبت عكس داشته، Na<sub>2</sub>O و Na<sub>2</sub>O روند بخصوصی را نشان نمی دهند. P2O3 'K2O 'TiO2' P2O3' K2O' و MgO نیز انطباق مثبتی با Al<sub>2</sub>O نشـان میدهند. تبعیت بیشـتر اکسید ها از روند Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>، نشان دهنده فراوانی کانی های رسی در این ماســه سنگ ها است چرا که این عنصر به طور خاص در آلومينو سيليكاتها حضور دارد (Das et al., 2006). مقادير CaO، MgO و Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> بالا در این نمونهها می تواند به حضور سیمانهای دیاژنتیکی کلسیتی، دولومیتی و هماتیتی نیز مربوط باشد (Das et .(al., 2006

ماسه سنگ های مورد مطالعه (به استثنای کوارتزیتهای راسی) با وجود ترکیب لیتارنایتی (چرت آرنایت) میزان بالایی از K<sub>2</sub>O را نشان می دهند (جدول ۱). بالا رفتن میزان K<sub>2</sub>O در ماسه سنگ ها به دو علت رخ می دهد (Fedo et al., 1995):

۱- تبدیل کانی های رسی آلومینیوم دار (مانند کائولینیت) به ایلیت.

۲- تبدیل پلاژیوکلاز به فلدسپار پتاسیم.

همچنین به عقیده پتی جان و همکاران (۱۹۸۷)، میزان بالای K و فراوانی آن نسبت به Na در ماسه سنگ ها نشان دهنده فراوانی بیشتر میکا نسبت به فلدسیار در ماسه سنگ های بدون رس و فراوانی ایلیت نسبت به مونت موریلونیت در ماسه سنگ های رس دار می باشـد. باید توجه داشت که حضور کانی رسی ایلیت به صورت دیاژنزی در این ماسه سنگ ها توسط مطالعات ميكروسكوپ الكتروني تاييد شده است(اعتمادسعيد، ١٣٨٧)، درصد بالای K,O در نمونه های ماسه سنگی را می توان به ایلیت و فلدسیار های پتاسیم دار موجود نسبت داد. به علاوه قطعات سنگی دگرگونی حاوی میکا نیز می توانند به عنوان منشا دیگری برای K<sub>2</sub>O بالای این ماسه سنگ ها محسوب شوند. نمونه هایی که در صد K<sub>2</sub>O بالایی نشان می دهند (گاه تا ۲٪)، به وضوح حاوی مسکویت هستند. فر آیندهای کنترل کننده ترکیب عناصر در سنگ های رسوبی را می توان با استفاده از نمودارهای به هنجارسازی شيبه به نمودارهاي عنكبوتي (spider diagrams) بررسي كرد. این به هنجارسازی ها مقیاسی است از این که رسوب تا چه اندازه تيپيک است. با اين کار مي توان غني شدگي و تهي شدگي وس برخی از عناصر خاص را نیز نشان داد (Rollinson,



شكل ٣- نتايج به هنجار سازي عناصر اصلى نمونه ها، نسبت به پوسته قاره اي بالايي (UCC: Taylor and McLennan, 1985).

<sup>2.</sup> Im Mobile

(1993). مطالعات نشان داده است که غلظت بسیاری از عناصر در سنگ های رسوبی ریز دانه فلات قاره سراسر جهان به دلیل آمیختگی ناشی از چرخه های مکرر فرسایشی شبیه به یکدیگرند. از این رو پر استفاده ترین مقادیر به هنجارسازی در سنگ های رسوبی مربوط به میانگین قسمت بالایی پوسته قاره ای است (Rollinson, 1993). به هنجار سازی نمونه ها نسبت به میانگین قسمت بالایی پوسته قاره ای به هنجار سازی نمونه ها نسبت به میانگین قسمت بالایی پوسته قاره ای تشان داده شده است. بر این اساس ماسه سنگ ها و سیلتستون های مورد مطالعه نسبت به کال، تخلیه شدیدی در میزان O<sub>2</sub> نشان می هوارد مطالعه نسبت به کال، تخلیه شدیدی در میزان Na<sub>2</sub>O نشان می شدید میزانO<sub>2</sub> در محدوده CDU قرار می گیرند. تخلیه شدید میزانQuit. تفریباً در محدوده CDU قرار می گیرند. تخلیه شدید میزانQuit. ماسه سنگها را به تحرک زیاد این عنصر در طی هوازدگی شیمیایی، فرآیندهای دیاژنزی و دگرسانی ثانویه نسبت می دهند به دوازدگی شیمیایی، فرآیندهای دیاژنزی و دگرسانی ثانویه نسبت می دهند بودن سدیم را می توان به سنگ های منشا فاقد پلاژیو کلازهای سدیم دار نیز نسبت داد (Rashid, 2002).

از تحرک عناصر اصلی در طی هوازدگی، حمل و نقل و فرآیندهای پس از رسوبگذاری، می توان در تعیین درجه رسیدگی رسوبات استفاده کرد (McLennan, 1993). کم بودن Na<sub>2</sub>O در ماسه سنگهای مورد مطالعه می تواند نشان دهنده رسیدگی ماسه سنگهای مورد مطالعه می تواند نشان دهنده رسیدگی رسوبی بالای آنها باشد. به علاوه نسبت SiO<sub>2</sub>/Al<sub>2</sub>O نیز یک اندیس مورد استفاده برای تعیین رسیدگی رسوبی است (Potter, 1978). این میزان در طی هوازدگی، حمل و نقل و چرخه مجدد، اعران میزان در طی هوازدگی، حمل و نقل و چرخه مجدد، و قطعات سنگی، افزایش می یابد. نسبت SiO<sub>2</sub>/Al2O<sup>\*</sup> بیشتر از و قطعات سنگی، افزایش می یابد. نسبت SiO<sub>2</sub>/Al2O<sup>\*</sup> بیشتر از می میابد. نسبت در میدگی رسوبی بالا ماست (Roser et al., 1996). میانگین این کسر در ۱۰ نمونه ماسه سنگی مورد مطالعه ۲۳۹، و در کوارتزیت های سفید رنگ راس سازند ۱۲۱/۸۷ است. این اعداد نشان دهنده رسیدگی رسوبی بالا

چرخه مجدد رسوبی

جهت تعیین رسوبات مربوط به سیکل اول رسوبی یا رسوبات حاصل از چرخه مجدد رسوبی، کاکس و همکاران (Cox et al., 1995) اندیس تنوع ترکیبی<sup>۲</sup> را بر اساس عناصر اصلی پیشنهاد دادند که از طریق فرمول زیر محاسبه می شود: ICV=(Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>+K<sub>2</sub>O+Na<sub>2</sub>O+CaO+MgO+MnO+TiO<sub>2</sub>)/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>] [Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>+K<sub>2</sub>O+Na<sub>2</sub>O+CaO+MgO+MnO+TiO<sub>2</sub>)/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>] ایــن اندیــس فراوانی آلومینیوم نسـبت به سـایر کاتیون های اسلی در یک سـنگ یا کانی را اندازه می گیرد. به عقیده کاکس و ممکاران (Cox et al., 1995) کانی های فاقد رس، ICV بالاتری نسـبت به کانی های رسـی دارنـد و نمونه هایی کـه کانی های نواحی با فرآیش<sup>۳</sup> خیلی کم، همراه با هوازدگی شــیمیایی شـدید تشکیل می شوند. نمونه هایی که ICV بالاتر از ۱ دارند، به احتمال

زیاد رسوبات سیکل اول هستند و آنهایی که ICV کم تر از ۱ دارند، ممکن است رسوبات چرخه مجدد یا رسوبات به شدت هوازده از سیکل اول رسوبی باشند (Cullers and Podkovyrov). 2002). البته در صورتی میتوان به این اندیس مطمئن بود که دیاژنز میزان Na<sub>2</sub>O ، Na<sub>2</sub>O را تغییر نداده باشد (cox دیاژنز میزان ICV و CaO را تغییر نداده باشد (et al., 1995; Cullers and Podkovyrov, 2002 در ماسه سنگها (به استثنای دو نمونه با CaO بالا) ۱/۳٤ و در کوارتزیتهای سفید رنگ به طور میانگین ۷۸/۰ میباشد. بر این اساس ماسه سنگهای تشکیل دهنده قسمت عمدهای از سازند، حاصل رسوبات سیکل اول و ماسه سنگهای کوارتزیت سفید رنگ راسی حاوی رسوبات تحت چرخه مجدد رسوبی میباشند.

# هوازدگی قدیمه

هوازدگی شیمیایی شدیدا بر روی ژئوشیمی عناصر اصلی و کانی مناسی رسوبات سیلیسی آواری تاثیر می گذارد ((Nag, voug) آواری را شناسی رسوبات سیلیسی آواری تاثیر می گذارد ((Sag) مدینگ های آواری را اغلب توسط محاسبه نسبت اکسید های متحرک K2O، Na2O و CaO نسبت به اکسید غیر متحرک Al2O تخمین می زنند (Nebitt and) Nesbitt and بیشترین استفاده را دارد، اندیس شیمیایی دگرسانی<sup>1</sup> است (Nesbitt and Young, 1982). این اندیس توسط فرمول زیر به دست می آید و اکسیدها در آن به صورت نسبت مولی بیان می شوند:

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

منظور از \*CaO در این رابطه، کلسیم حاضر در اجزای سیلیکاته سنگ است و در نمونه هایی که CaO بالای آنها مربوط به سیمانهای دیاژنتیکی می باشد، این میزان باید تصحیح گردد. محدوده CIA از ۵۰ تا ۱۰۰ متغیر است. میزان بالای CIA منعکس کننده حذف کاتیون های ناپایدار (مانند ۲i<sup>4</sup> بای Na<sup>+</sup> (Ca<sup>2+</sup>) نسبت به اجزای باقیمانده پایدار (<sup>+1</sup>T و (Al<sup>3+</sup>) در طی هوازدگی و میزان کم CIA نشان دهنده نبود دگرسانی شیمیایی و منعکس کننده شرایط سرد و یا خشک می باشد (Nesbitt and Young, 1984, 1989).

به منظ ور تعیین دقیق میزان CIA و حذف CaO حاصل از سیمانهای کربناته، می توان نمونه های با CaO بالاتر از ۵٪ را در نظر نگرفت (,.Cao E atumike et al.) بالاتر از ۵٪ 2006). در نمونه های ماسه سنگی مورد مطالعه، دو نمونه 2006). در نمونه های ماسه سنگی مورد مطالعه، دو نمونه SF.LA.40 و SF.LA.80 به دلیل میزان بالای CaO (>۵٪)، در تعیین اندیس شیمیایی آلتراسیون در نظر گرفته نشدهاند. میزان CIA محاسبه شده، به طور میانگین در بخشهای ماسه سنگی سازنده بدنه اصلی سازند ۵۰٪ و در کوارتزیت سفید رنگراسی ۲۵٪می باشد.

<sup>3.</sup> Uplift

<sup>4.</sup> CIA (Chemical Index Of Alteration)

<sup>2.</sup> ICU

ژئوشیمی عناصر اصلی ماسه سنگ های سازند لالون در مقطع باهمو، ایران مرکزی...

اندیس آلتراسیون پلاژیوکلاز (Fedo et al., 1995) نیز در تعیین شرایط هوازدگی پیشین سنگ های رسوبی آواری کاربرد زیادی دارد. این اندیس از طریق فرمول زیر به دست میآید:

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

میزان اندیس دگرسانی پلاژیوکلاز در حدود ۵۰، مربوط به سنگ های غیر هوازده و تازه و میزان اندیس دگرسانی پلاژیوکلاز نزدیک به ۱۰۰، نشان دهنده تبدیل کامل فلدسپارها به کانی های رسی آلومینیوم دار ثانویه از قبیل کائولینیت، ایلیت و ژیپسیت است. اندیس PIA به دست آمده برای نمونه های ماسه سنگی سازنده بدنه اصلی سازند به طور میانگین ۵۱٪ و در کوارتزیت های سفید رنگ راسی ۸۰٪ می باشد که این مقادیر با ارقام به دست آمده برای اندیس شیمیایی دگرسانی مطابقت دارد (Fedo et al., 1995).

روند های هوازدگی را می توان با استفاده از نسبت های مولی عناصر و توسط مثلث A-CN-K (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-CaO++Na<sub>2</sub>O-K<sub>2</sub>O) به دست آورد (Nesbitt and Young, 1984; Fedo et al., 1995). بر روی این نمودار، مراحل آغازین هوازدگی، روندی موازی با ضلع

A-CN خواهند داشت. در حالی که در طی هوازدگی پیشرفته، با حرکت ترکیب ها به سـمت راس A، افت آشـکاری در K<sub>2</sub>O در K<sub>2</sub>O بروز می کنـد (Nesbitt and Young, 1984). روندهای هوازدگی نمونههای مورد مطالعه در شکل ٤ نشان داده شده است.

روند هوازدگی و دگرسانی اجزای ناپایدار و تبدیل آن ها به کانی های رسی در نمونه های ماسه سنگی تشکیل دهنده بدنه اصلی سازند لالون و نمونه های کوارتزیت سفید رنگ راسی مشابه هم می باشد با این تفاوت که نمونه های کوارتزیتی سفید رنگ در محدوده نزدیک تری نسبت به قطب A قرار می گیرند. این امر می تواند نشان دهنده هوازدگی شدیدتر در اثر تغییر نسبی آب و هوا و همین طور تاثیر بیشتر فرآیند چرخه مجدد رسوبی در این بخش باشد. به طوری که بیشتر اجزا ناپایدار حذف شده اند. مطالعه سنگ شناسی این ماسه سنگ ها نیز نبود دانه های ناپایدار اندیس آلتراسیون پلاژیوکلاز در ماسه سنگ های تشکیل دهنده قسمت عمده سازند لالون، کمتر از میزان این اندیس ها در ماسه مینگ های سفید رنگ راس سازند است. این امر می تواند به دلیل تغییر شرایط آب و هوایی در طی نهشت سازند لالون در



شکل ٤- ترسیم روند هوازدگی توسط مثلث Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-CaO\*+Na<sub>2</sub>O-K<sub>2</sub>O) A-CN-K که در نمونه های ماسه سنگی بدنه اصلی سازند (SS) (مربع آبی) و کوار تزیت سفید رنگ راسی (WQ) (مثلث قرمز) سازند لالون (Nesbitt and Young, 1984). این روند برای نمونه های مورد مطالعه، در محدوده هوازدگی متوسط در نمونه های SS و پیشرفته در نمونه های WQ به دست آمده است. فلش های منقطع، تغییر در ترکیب این نمونه ها را به صورت تئوری، طی پیشرفت هوازدگی نشان می دهند. میزان CIA به دست آمده برای این نمونه ها نیز در سمت چپ نمودار مشخص شده است. ترکیب پوسته قاره ای بالایی (UCC) (مربع سفید) بر اساس تیلور و مک لنان (Gabbro یا 2000) (می باشد. عددهای ۱ تا ۵ نشان دهنده روند های ترکیب پوسته قاره ای بالایی (UCC) مختلف سنگ ها می باشد. ۱: گابر و (Gabbro) ۲: تونالیت (Tonalite) ۲: دیوریت (Diorit) ۶: گرانودیوریت (Granodiorite)) ۵: گرانیت (Granite) مختلف سنگ ها می باشد. ۱: گابر و است سنگ های تشکیل دهنده سازند لالون در روند هوازدگی سنگهای گرانیتی قرار می گیرند.

1. Plagioclale index off alteration

برش مورد مطالعه باشد، به گونه ای که آب و هوا در بخش عمده ای از سازند نیمه خشک تا نیمه مرطوب و در بخش های راسی سازند مرطوب بوده است.این روند به خوبی در مثلث A–CN-K نیز دیده می شود و با توجه به نمودار ژئوشیمیایی ساتنر و دوتا (Suttner and Dutta, 1986) (شکل ۵) در تعیین آب و هوا با استفاده از اکسید های اصلی نیز تایید می گردد. این نتیجه با نتایج به دست آمده از مطالعات آب و هوایی در مطالعات برخاستگاه با استفاده از مطالعات سنگ شناسی و نقطه شماری ماسه سنگ های ذکر شده نیز همخوانی دارد (اعتماد سعید و همکاران، ۱۳۸۲؟



شکل ۵- دیاگرام آب و هوایی ساتنر و دوتا (Suttner and Dutta, 1986). نمونه های ماسه سنگی تشکیل دهنده قسمت عمده ای از سازند (مربع آبی) در محدوده آب و هوای خشک و نمونه های کوارتزیت سفید رنگ راسی (مثلث قرمز) در محدوده آب و هوای مرطوب قرار میگیرند.

#### سنگ مادر

از نشانه های ژئوشیمیایی ثبت شده در سنگهای آواری، می توان جهت مطالعه بر روی سنگ مادر استفاده نمود Taylor and McLennan, 1985; Condie et al., 1992;) (cullers, 1995; 2002). با استفاده از دیاگرام تفکیک کننده روسر و کورش (Roser and Korsch, 1988) می توان سنگ مادر را بر پایه اکسیدهای اصلی، در نمونه های ماسه سنگی و گلسنگی تعیین نمود. این دیاگرام بر پایه اکسیدهای اصلی در ماسه سنگها و گلسنگها، برای ٤ برخاستگاه معرفی شده است که ٤ سنگ مادر اولیه آذرین مافیک، آذرین حدواسط، آذرین فلسیک و کوارتزی را برای آنها معرفی می کند. براساس این دیاگرام، نمونه های ماسه سنگی تشکیل دهنده بخش عمدهای از سازند مورد مطالعه و نمونههای مربوط به ماسه سنگهای سفید رنگ راس

می گیرند (شــکل ٦). رســوبات مشــتق شــده از ســنگ مـادر کوارتــزی از لحاظ سنگشناسی، ماسه سنگهای غنی از کوارتز میباشند که در ناحیه درون کراتونی ایا کوهزایی با چرخه مجدد ۲ دیاگرام دیکینسون

و همکاران (Lickinsonetal., 1983)قرار می گیرند. (Laird, 1972) عقیده دارد که این رسوبات از زمین های گرانیتی – گنایسی هوازده مشتق شده اند اما ناتان (,Nathan (1976) عقیده دارد این اجزای چند سیکلی احتمالاً از مناطق رسوبی که از پیش وجود داشتهاند، منشا گرفتهاند. مطالعات صورت گرفته بر روی برخاستگاه زمین ساختی این نمونههای ماسه سنگی توسط دیاگرامهای دیکینسون و همکاران ماسه منگی توسط دیاگرامهای دیکینسون و همکاران تشکیل دهنده قسمت عمدهای از سازند را کوهزایی با چرخه مجدد و برخاستگاه ماسه سنگهای کوارتزیت سفید رنگ راسی را کراتون نشان میدهد (اعتمادسعید و همکاران راسی را کراتون نشان میدهد (اعتمادسعید و همکاران مطالعات ژئوشیمیایی کاملاً همخوانی دارد.

روسر و کورش (Roser and Korsch, 1988) جهت جلوگیری کردن از تاثیر Ca و Si بیوژنیک، دیاگرام تفکیکی دیگری را بر اساس نسبت اکسیدهای ۲۵، Filo ته دوه Na<sub>2</sub>O، MgO و Na<sub>2</sub>O به دموده مناعه (به استثنای یک نمونه) در ناحیه ی سنگ مادر کوارتزی قرار می گیرند (شکل ۷). به مقایسه نسبت اکسیدهای اصلی سنگهای رسوبی آواری با مقایسه نسبت اکسیدهای اصلی سنگهای رسوبی آواری با مقایسه نشبت اکسیدهای اصلی سنگهای رسوبی آواری با اولترامافیک، در تعیین منشا این سنگها موثر است. با استفاده اولترامافیک، در تعیین منشا این سنگها موثر است. با استفاده میتوان در رابطه با سنگ مادر سنگهای رسوبی آواری اظهار نظر نمود. بر این اسلس نمونههای مورد مطالعه در نزدیکی سنگ مادر گرانیتی قرار می گیرند (شکل ۸).

از دیاگرام مثلثی A-CN-K (Al2O-CaO++Na2O-K2O) (Al2O3-CaO++Na2O-K2O) نیز می توان در تعیین ترکیبات اولیه سنگ مادر سنگهای رسوبی آواری استفاده نمود (Nesbitt and Young, 1984). همانگونه که در شکل ٤ دیده میشود، بسیاری از نیمرخهای هوازدگی روند خطی موازی با اتصال مالاسپار (Feldspar join) را در نقطهای قطع می کند که این نقطه، نسبت پلاژیوکلاز و فللاسپار پتاسیم سنگ تازه و غیرهوازده را نشان می دهد. این نسبت یک شاهد خوب در تعیین نوع سنگ مادر است (Pedo Fedo). نی مادر است (et al., 1995) نمورد مطالعه در روند هوازدگی سنگهای مادر گرانیتی قرار مورد مطالعه در روند هوازدگی سنگهای مادر گرانیتی قرار می گیرند.

<sup>3.</sup> Total

Cratan Interior
Recycled Orogen

ژئوشیمی عناصر اصلی ماسه سنگ های سازند لالون در مقطع باهمو، ایران مرکزی...



شکل٦- دیاگرام تفکیک کننده تابعی بر اساس اکسیدهای اصلی (Roser and Korsch, 1988). ماسه سنگ های تشکیل دهنده ضخامت زیادی از سازند لالون در مقطع مورد مطالعه (مربع) و ماسه سنگ های سفید رنگ راس سازند (مثلث) منشا رسوبی کوارتزی را نشان میدهند.

Discrimination function  $1 = -1.773 \text{ TiO}_2 + 0.607 \text{ Al}_2\text{O}_3 + 0.76 \text{ Fe}_2\text{O}_3 - 1.5 \text{ MgO} + 0.616 \text{ CaO} + 0.509 \text{ Na}_2\text{O} - 1.224 \text{ K}_2\text{O} - 9/09$ Discrimination function  $2 = 0.445 \text{ TiO}_2 + 0.07 \text{ Al}_2\text{O}_3 - 0.25 \text{ Fe}_2\text{O}_3 - 1.142 \text{ MgO} + 0.438 \text{ CaO} + 1.475 \text{ Na}_2\text{O} + 1.426 \text{ K}_2\text{O} - 6.861$ 



Discrimination function  $1 = 30.638 \text{ TiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3 - 12/541 \text{ Fe}_2\text{O}_3(t)/\text{Al}_2\text{O}_3 + 7.329 \text{ MgO}/\text{Al}_2\text{O}_3 + 12.031 \text{ Na}_2\text{O}/\text{Al}_2\text{O}_3 + 35.402 \text{ K}_2\text{O}/\text{Al}_2\text{O}_3 - 6.382$ Discrimination function  $2 = 56.500 \text{ TiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3 - 10.879 \text{ Fe}_2\text{O}_3(t)/\text{Al}_2\text{O}_3 + 30.875 \text{ MgO}/\text{Al}_2\text{O}_3 - 5.404 \text{ Na}_2\text{O}/\text{Al}_2\text{O}_3 + 11.112 \text{ K}_2\text{O}/\text{Al}_2\text{O}_3 - 3.89$ 

#### نجمه اعتماد سعید و محبوبه حسینی برزی



شکل ۸- بررسی منشا ماسه سنگ های سازند لالون با استفاده از دیاگرام مثلثی SiO<sub>2</sub>/10-CaO+MgO-Na<sub>2</sub>O+K<sub>2</sub>O (Taylor and McLennan, 1985) (SiO<sub>2</sub>/10-CaO+MgO-Na<sub>2</sub>O+K<sub>2</sub>O) مشخص ماسه سنگهای سازنده بخش عمده ای از سازند (مربع آبی) در محدوده سنگ های منشا گرانیتی قرار می گیرند. دو نمونه ماسه سنگی مشخص شده با فلش به علت سیمان کربناته بالا (5% <CaO) به قطب CaO+MgO نزدیک تر شده اند. ماسه سنگ های کوارتزیتی سفید رنگ راس سازند (مثلث قرمز) که تنها از کوارتز تشکیل شده اند در نزدیکی قطب SiO<sub>2</sub>/10-CaO+MgO قرار گرفته اند.

# جایگاه زمین ساختی

نموده اند. ۸ دیاگرام تفکیک کننده جایگاه زمین ساختی بر اساس عناصر اصلی که به طور گسترده برای سنگ های رسوبی مورد استفاده قرار می گیرند، در جدول ۲ نشان داده شده اند. این دیاگرام ها، ماسه سنگ ها و گلسنگ ها را به ٤ جایگاه زمین ساختی حاشیه قاره ای غیر فعال (PM)،

باتیا (Bhatia, 1983)، روسر و کورش (Roser and Korsch, 1986) و مک لنان و همکاران (McLennan etal., 1990)، از ترکیب شیمیایی ماسه سنگ ها و گلسنگ ها جهت تعیین جایگاه زمین ساختی آن ها استفاده

جدول ۲- تعیین برخاستگاه زمین ساختی ماسه سنگهای سازند لالون با استفاده از دیاگرام های تعریف شده بر پایه عناصر اصلی.

	Oceanic island arc – field A	Continental island arc – field B	Active continental margin – field C	Passive continental margin – field D	Unclassified			
Bhatia (1983)								
discrimination								
diagrams								
CaO-Na <sub>2</sub> O-K <sub>2</sub> O	-	-	_	2	10			
TiO <sub>2</sub> – Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> +MgO	-	_	5	1	6			
$Al_2O_3/SiO_2 -$	_	_	3	3	6			
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> +MgO			5	5	0			
K <sub>2</sub> O/Na <sub>2</sub> O -	_	_	_	_	12			
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> +MgO					12			
$Al_2O_3/(CaO+Na_2O) -$	_	_	2	3	7			
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> +MgO			2	5	,			
Kroonenberg (1994)								
diagram								
$S_1O_2/20 - K_2O + Na_2O$	-	-	2	8	2			
$-11O_2$ +Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> +MgO								
Bhatia (1983)		1	0	2				
Discriminant function	_	1	8	3	_			
Record Korsch		Active continental						
(1986)	Island arc	margin	Pas	Passive continental margin				
$Log(K_2O/Na_2O) =$		margin						
SiO <sub>2</sub>	-	1		11				

	Oceanic island arc	Continental island arc	Active continental margin	Passive margin	SS	WQ
SiO <sub>2</sub>	58.83	70.69	73.86	81.95	74.60	96.68
TiO <sub>2</sub>	1.06	0.64	0.46	0.49	0.49	0.14
$Al_2O_3$	17.11	14.04	12.89	8.41	8.37	1.63
CaO	5.83	2.68	2.48	1.89	1.70	0.08
Na <sub>2</sub> O	4.10	3.12	2.77	1.07	0.53	0.02
K <sub>2</sub> O	1.60	1.89	2.90	1.71	4.58	0.45
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> /SiO <sub>2</sub>	0.29	0.20	0.18	1.10	0.11	0.01
K <sub>2</sub> O/Na <sub>2</sub> O	0.39	0.61	0.99	1.60	57.64	22.57
Fe <sub>2</sub> O <sub>3t</sub> +MgO	11.73	6.79	4.63	2.89	4.09	0.26

جدول ۳- میزان فراوانی عناصر اصلی و عناصر فرعی در گری وک های ٤ جایگاه زمین ساختی جزایر قوسی اقیانوسی، جزایر قوسی قارهای، حاشیه قاره ای فعال و حاشیه قاره ای غیر فعال. داده ها از باتیا (Bhatia, 1983, 1983) و باتیا و کروک (Bhatia and Crook, 1986). SS: ماسه سنگهای سازنده بدنه اصلی سازند لالون، WQ: کوارتزیت های سفید رنگ راسی.

پوسته قاره ای بالایی نشان دهنده افت شدید در میزان Na<sub>2</sub>O می باشد. این امر می تواند به علت تحرک این عنصر در طی فرآیند های پس از رسوبگذاری و یا به علت حضور سنگ های مادر فاقد پلاژیوکلاز های سدیم دار باشد. بررسی میزان چرخه مجدد رسوبی در این ماسه سنگ ها حاکی از تاثیر بیشتر چرخه مجدد رسوبی در کوارتزیت های راس سازند نسبت به ماسه سنگهای تشکیل دهنده قسمت عمده سازند است. نتایج به دست آمده از مطالعه شرایط هوازدگی پیشین این ماســه سنگ،ها حاکی از هوازدگی شــیمیایی کم تا متوسط و وجود شرایط آب و هوایی نیمه خشک تا نیمه مرطوب در ماسبه سنگ های سازنده قسمت عمده سازند و هوازدگی شیمیایی نسبتاً شدید و آب و هوای مرطوب در کوارتزیت های راسی است. مطالعه بر روی سنگ مادر ماسه سنگ های لالون در برش باهمو حاکی از وجود سنگ مادر کوارتزی تا فلسیک (گرانیت تا گنایس های اسیدی) برای این ماسه سنگ ها است. مطالعه بر روی جایگاه زمین ساختی این نمونه های ماسه سنگی نشان دهنده ارتباط آن ها با حاشیه غیر فعال قارەاي اســت.

# سىپاسىگزارى

از جناب آقای دکتر آدابی جهت راهنمایی های ارزنده ایشان سپاسگزاریم. از جناب آقای دکتر علیرضایی جهت همیاری ایشان در معرفی آزمایشگاه و ارسال نمونه ها به منظور انجام آنالیز ژئوشیمیایی متشکریم. از جناب آقای دکتر هوشمند زاده جهت معرفی مقطع مورد مطالعه و حمایت ها و راهنمایی های ارزنده ایشان سپاسگزاریم. از 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 صحرایی سپاسگزاریم.

از مسئولین دانشکده علوم زمین و آزمایشگاه های دانشگاه شهید بهشتی نیز جهت فراهم آوردن امکانات مناسب در انجام این مطالعه نهایت تشکر را داریم.

حاشيه قاره اي فعال (ACM)، جزاير كماني اقيانوسي (OIA) و جزاير کمانی قاره ای (CIA) نسبت می دهند. با وارد کردن نمونه ها در دیاگرام های تعیین جایگاه زمین ساختی (جدول۲) و با مشخص نمودن تعداد نمونه هایی که در هر کدام از این ٤ ناحیه قرار گرفته اند می توان جایگاه زمین ســاختی را تفســیر نمود. نتایج به دست آمده از استفاده دیاگرام های تفکیک کننده در ماسه سنگ های مورد مطالعه نشان ميدهند كه جايگاه زمين ساختي سازند لالون در مقطع مورد مطالعه، حاشیه قاره ای غیر فعال (Passive continental margin) بوده است (شکل ۹). بر طبق نظر روسر و کورش (Roser and Korsch, 1986). رسوبات مربوط به حاشیه های قاره ای غیر فعال (PM)، رسوبات غنی از کوارتز هستند که از نواحی داخل صفحه ای (Plate interior) یا نواحی قارہ ای پایدار (Stable continental margins) سرچشمہ گرفته اند و در یک حوضه درون کراتونی (intracratonic basin) یا حاشیه های قاره ای غیر فعال، نهشته می شوند. مقایسه میزان فراوانی عناصر اصلی در نمونه های مـورد مطالعه با فراوانی این عناصر در محيط هاي زمين ساختي مختلف نيز به محيط هاي حاشيه غير فعال قاره ای نزدیکی بیشتری نشان می دهد (جدول ۳). لازم به ذکر است که منشـا رسوبی کوارتزی، در دیاگرام روسر و کورش (Roser and Korsch, 1988) نيز با محيط زمين ساختي حاشيه قارماي غير فعال منطبق است.

# نتيجه گيرى

ماسه سنگ های سازند لالون در برش باهمو واقع در بلوک پشت بادام به ترتیب فراوانی از کوارتز، قطعات سنگی (رسوبی مانند چرت، دگرگونی و به میزان اندکی قطعات ولکانیکی) و فلدسپار تشکیل شده اند و ترکیب لیتارنایتی تا کوارتز آرنایتی دارند. مطالعه بر روی ژئوشیمی عناصر اصلی ماسه سنگهای سازند لالون بر روی دو گروه ماسه سنگی تشکیل دهنده این سازند (ماسه سنگ های سرخ رنگ لیتارنایتی سازنده بدنه اصلی سازند و ماسه سنگ های سفید رنگ راس سازند) به صورت مجزا انجام گردیده است. مقایسه عناصر اصلی این ماسه سنگ ها با میانگین ترکیب

نجمه اعتماد سعید و محبوبه حسینی برزی



شکل ۹- دیاگرام های تعیین برخاستگاه زمین ساختی سنگ های تخریبی بر اساس عناصر اصلی. محدوده های تعریف شده عبارتند از: A، جزایر قوسی اقیانوسی؛ B، جزایر قوسی قارهای؛ C، حاشیه های فعال قاره ای و C، حاشیه های غیر فعال قارهای. تصاویر A، B، J و D از باتیا (Bhatia, 1983)، تصویر E از کروننبرگ (Kroonenberg, 1994)، تصویر F از روسر و کورش (Roser and Korsch, 1986) و تصویر G از باتیا (Bhatia, 1983)، معادلات تفکیکی در دیاگرام تصویر G به صورت زیر محاسبه می شوند:

Bhatia, 1983). معادلات تفکیکی در دیاگرام تصویر G به صورت زیر محاسبه می شوند: Discrimination function 1: -0.0447 SiO2 -0.972 TiO2 +0.008Al2O3 -0.267 Fe2O3 + 0.208 FeO -3.082 MnO +0.140 MgO +0.195 CaO + 0.719 Na2O -0.032 K2O +7.510 P2O5 +0.303

Discrimination function 2: 0.421 SiO2 + 1.988 TiO2 -0.526 Al2O3 -0.551 Fe2O3 - 1.610 FeO +2.720 MnO +0.881 MgO -0.907 CaO -0.177 Na2O -1.840 K2O +7.244 P2O5 +43.57 - Cox, R., Low, D.R., and Cullers, R.L., 1995. The influence of sediment recycling and basement composition on evolution of mudrock chemistry in the southwestern United States. Geochimica et Cosmochimica Acta. 59, 2919–2940.

- Cullers, R.L., 1994. The chemical signature of source rocks in size fractions of Holocene stream sediment derived from metamorphic rocks in the Wet Mountains region, USA. Chemical Geology. 113, 327-343.

- Cullers, R.L., 1995. The controls on the major and trace element evolution of shales, siltstones and sandstones of Ordovician to Tertiary age in the Wet Mountain region, Colorado, USA: Chemical Geology. 123(1-4), 107-131.

- Cullers., R.L., 2002. Implications of elemental concentrations for provenance, redox conditions, and metamorphic studies of shales and limestones near Pueblo, CO, USA: Chemical geology. 191(4), 305-327.

- Cullers, R.L., and Podkovyrov, V.N., 2002. The source and origin of terrigenous sedimentary rocks in the Mesoproterozoic Ui group, southeastern Russia. Precambrian Research. 117, 157–183.

- Das, B.K., AL-Mikhlafi, A.S., and Kaur, P., 2006. Geochemistry of Mansar Lake sediments, Jammu, India: Implication for source-area weathering, provenance, and tectonic setting. J. Asian Earth Science. 26, 649-668.

- Dickinson, W. R., Beard, L. S., Brakenridge, G. R., Evjavec, J. L., Ferguson, R. C., Inman, K. F., Knepp, R. A., Lindberg, F. A., and Ryberg, P. T., 1983, Provenance of North American Phanerozoic sandstones in relation to tectonic setting: J. Geol. Soc. Am. Bull. 94, 222-235.

-Fedo, C.M., Nesbitt, H.W., and Young, G.M., 1995. Unraveling the effects of potassium metasomatism in sedimentary rocks and paleosols, with implications for paleoweathering conditions and provenance. J. Geology. 23, 921–924.

- Folk, R.L., 1980. Petrology of sedimentary rocks. Hemphill, Austin, Texas, 159 p.

- Garcia, D., Ravenne, C., Marechal, B., and Moutte, J., 2004. Geochemical variability induced by entrainment sorting: quantified signals for provenance analysis. Sedimentary Geology., 171, 113-128.

- Kroonenberg, S.B., 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, p. 69-81.

- Laird, M.G., 1972. Sedimentology of the Greenland Group in the Paparoa Range, West Coast, South Island. N.Z.J. Geol. Geophys. 15, 372-393.

- McLennan, S.M., Taylor, S.R., McCulloch, M.T., and Maynard, J.B., 1990. Geochemical and Nd–Sr isotopic composition of deepsea turbidites: Crustal evolution and plate tectonic associations. Geochimica et Cosmochimica Acta. 54, 2015–2050.

- McLennan, S.M., 1993. Weathering and global denudation. J. Geology. 101, 295- 303.

- McLennan, S.M., 2001, Relationship between the trace element composition of sedimentary rocks and upper continental crust: Geochemisrty, Geophysics, Geosystems, v. 2.

- McLennan, S.M., Taylor, S.R., McCulloch, M.T., and Maynard, J.B., 1990. Geochemical and Nd–Sr isotopic composition of deep-sea turbidites: Crustal evolution and plate tectonic associations. Geochimica et Cosmochimica Acta. 54, 2015–2050.

- Nathan, S., 1976. Geochemistry of the Greenland Group (early Ordovician), New Zealand. N.Z. J. Geol. Geophys. 19, 683-706.

منابع

– آقانباتی، ع.، ۱۳۸۵. زمینشناسی ایران. سازمان زمینشناسی و اکتشافات معدنی کشور،۵۸٦ ص.

- اعتمادسعید، ن.، حسینی برزی، م.، اسدی مهماندوستی، ا.، ۱۳۸٦. محیط رسوبی و برخاستگاه زمین ساختی سازند لالون در مقطع باهمو، ایران مرکزی. چکیده مقالات بیست و ششمین گردهمایی علوم زمین، سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور، ص. ۸۲-۸۲

- اعتمادسعید، ن.، ۱۳۸۷. سنگ شناسی و محیط رسوبی سازند لالون در مقطع باهمو، اسفوردی، یزد. پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ۱۸٦ ص. - حسینی برزی، م.، اعتمادسعید، ن.، ۱۳۸۷. برخاستگاه زمین

- حسینی برزی، م.، اعتمادسعید، ن.، ۱۳۸۷. برخاستگاه زمین ساختی ماسه سنگ های لالون در مقطع باهمو، ایران مرکزی: با نگرشی بر تاثیر فرآیندهای دیاژنزی بر ترکیب ماسه سنگ ها. فصلنامه پژوهش های علوم زمین، شماره ۲، ص ۹۷-۱۱۷. - سهیلی، م.، مهدوی، م.، ۱۳۷۰. نقشه ی زمین شناسی

اسفوردی، مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰ د. سازمان زمین شناسی کشور.

- Assereto, R., 1963. The Paleozoic formations in central Alborz Iran. Riv. Ital., Paleontology, 6, 503-543.

- Batumike, M.J., Kampunzu, A.B., and Cailteux, J.H., 2006. Petrology and geochemistry of the Neoproterozoic Nguba and Kundelungu Groups, Katangan Supergroup, southeast Congo: Implications for provenance, paleoweathering and geotectonic setting, J. African Earth Sciences. 44, 97–115

- Bauluz, B., Mayayo, M.J., Fernandez-Nieto, C., and Lopez, J.M.G., 2000. Geochemistry of Precambrian Paleozoic siliciclastic rocks from the Iberian Range (NE Spain): implications for source-area weathering, sorting, provenance and tectonic setting. Chemical Geology. 168, 135-150.

- Bhatia, M.R., 1983. Plate tectonics and geochemical composition of sandstones. J. Geology. 91, 611–627.

- Bhatia M.R., 1985. Plate tectonics and geochemical composition of sandstones: a reply. J Geology. 93, 85–7.

- Bhatia, M.R., and Crook, K.A.W., 1986. Trace element characteristics of greywackes and tectonic setting discrimination of sedimentary basins. Contributions to Mineralogy and Petrology. 92, 181–193.

- Bock, B., McLennan, S. M., and Hanson, G. N., 1994. Rare earth element redistribution and its effects on the neodymium isotope system in the Austin Glen Member of the Normanskill Formation, New York, USA. Geochim. Cosmochim. Acta 58 (3), 5245-5253.

- Cardenas, A., Girty, G.H., Hanson, A.D., and Lahren, M.M., 1996. Assessing differences in composition between low metamorphic grade mudstones and high-grade schists using logratio techniques. J. Geology. 104, 279-293.

- Condie, K.C., Boryta, M.D., Liu, J., Qian, X., 1992. The origin of khondalites: Geochemical evidence from the Archean to Early Proterozoic granulite belt in the North China craton: J. Precambrian Research. 59, 207-223.

- Condie, K. C., Dengate, J., and Cullers, R. L., 1995. Behavior of rare earth elements in paleoweathering profile on granodiorite in the front range, Colorado, USA. Geochim. Cosmochim. Acta. 59, 279-294.

Coast and Nelson, New Zealand. N.Z.J. Geol. Geophys., v. 39, p. 1-16.

- Roser, B.P., and Korsch, R.J., 1986. Determination of tectonic setting of sandstone–mudstone suites using SiO2 content and K2O/Na2O ratio. J. Geology. 94, 635–650.

- Roser, B.P., and Korsch, R.J., 1988. Provenance signatures of sandstone–mudstone suites determined using discriminant function analysis of major-element data. Chemical Geology. 67, 119–139.

- Suttner, L.J., and Dutta, P.K., 1986. Alluvial sandstone composition and paleoclimate, I. Framework mineralogy. Journal of Sedimentary Petrology. v. 56, p. 329-345.

- Taylor, S,R., and McLennan, S., 1985. The Continental Crust: Its Composition and Evolution, Blackwell, Oxford., 312p.

- Varga, A., Szakmany, G., Argyelan, T., and Jozsa, S., 2007. Complex examination of the Upper Paleozoic siliciclastic rocks from southern Transdanubia, SW Hungary-Mineralogical, petrographic, and geochemical study, in Arribas, J., Critelli, S., and Johnsson, M.J., eds., Sedimentary Provenance and Petrogenesis: Perspectives from Petrography and Geochemistry: Geological Society of America Special Paper., 420, p. 221-240.

- Nesbitt, H.W., and Young, G.M., 1982. Early Proterozoic climates and plate motions inferred from major element chemistry of lutites. Nature. 299, 715–717.

- Nesbitt, H.W., and Young, G.M., 1984. Prediction of some weathering trends of plutonic and volcanic rocks based upon thermodynamic and kinetic consideration. Geochim. Cosmochim. Acta. 48, 1523-1534.

- Nesbitt, H.W., and Young, G.M., 1989. Formation and diagenesis of weathering profile. J. Geology. 97, 129–147.

- Pettijohn, F.J., Potter, P.E., and Siever, R., 1987. Sand and Sandstone. Springer-Verlag. Berlin. 553 p.

- Potter, P.E., 1978. Petrology and chemistry of modern big river sands. J. Geology. 86, 423-449.

- Rashid,S.A., 2002. Geochemical characteristics of Mesoproterozoic clastic sedimentary rocks from the Chakrata Formation, Lesser Himalaya: implications for crustal evolution and weathering history in the Himalaya. Journal of Asian Earth Sciences., v. 21, p. 283-293.

- Rollinson, H.R., 1993. Using Geochemical Data: Evaluation, Presentation, Interpretation, Longman, 352 p.

- Roser, B.P., Cooper, R.A., Nathan, S., and Tulloch, A.J., 1996. Reconnaisance sandstone geochemistry, provenance and tectonic setting of the lower Paleozoic terranes of the West