ژئوشیمی و خاستگاه ماسهسنگهای سازند آغاجاری در استان خوزستان

محمدحسین قبادی*'، بهروز رفیعی'، مجتبی حیدری'، ساجدالدین موسوی' و موسی اسفندیاری^{''}

۱ - گروه زمینشناسی، دانشگاه بوعلیسینا، همدان، ایران ۲- عضو هیات علمی دانشگاه شهید چمران، اهواز، ایران ۳- کارشناسارشد زمینشناسی، دانشگاه بوعلیسینا، همدان، ایران

نویسنده مسئول: amirghobadi@yahoo.com*

دریافت: ۹۲/۸/۲۰ پذیرش: ۹۳/۳/۷

چکیدہ

سازند آغاجاری شامل تناوبی از مارن، ماسهسنگ و لایسنگ همراه با رگههای ژیپسی است که با سن میوسن-پلیوسن بهطورگسترده در جنوب و جنوبغرب ایران رخنمون دارد. با این وجود، اطلاعات کمی در رابطه با نحوهی تشکیل این سازند در دسترس میباشد. در این پژوهش، خصوصیات سنگشناسی و آنالیز ژئوشیمیایی عناصر اصلی ماسهسنگهای این سازند به منظور شناسایی خاستگاه و تکتونیک خاستگاه آن در استان خوزستان مد نظر قرار گرفته است. بررسیهای سنگشناسی ۲۹ نمونه ماسهسنگ مشخص کرد که این ماسهسنگها در رده کالکلیتایت و ولکآرنایت قرار دارند. بیشتر نمونهها سیمان کلسیتی دارند؛ بقیه نمونهها بدون سیمان و یا سیمان ژیپسی هستند. از سوی دیگر، دیاگرامهای تفکیک خاستگاه نشان میدهند که این ماسهسنگها دارای خاستگاه رسوبی – کوارتزی هستند و از کوهزایی چرخه مجدد مشتق شدهاند. آنالیز ژئوشیمیایی عناصر اصلی برای این ماسهسنگها بیانگر آن است که ترکیب شیمیایی آنها لیتآرنایت، ماسهسنگ آهندار و نیز گریوک میباشند. همچنین، ترسیم دادههای ژئوشیمی عناصر اصلی بر روی نمودارهای تفکیک

واژههای کلیدی: ماسهسنگ، سازند آغاجاری، ژئوشیمی، خاستگاه تکتونیکی، استان خوزستان

مقدمه

ژئوشیمی جهت مطالعه آنها، نسبت به دیگر رسوبات آواری اولویت دارند.

هم اکنون بررسی خاستگاه رسوبات آواری به روشهای گوناگونی مانند مطالعات سنگشناسی و ژئوشیمی انجام میشود. بررسی خرده سنگها و کانیهای سنگین معمول ترین روشهای سنگشناسی میباشند [۲۴ و ۲۶]. از سوی دیگر، تفسیر خاستگاه و تکتونیک منشا را نیز میتوان با استفاده از ژئوشیمی عناصر اصلی انجام داد [۶، ۲۳، ۳۳ و ۲۴]. سازند آغاجاری یکی از گستردهترین سازندهای رخنمونیافته در جنوب و جنوب غرب کشور به ویژه استان خوزستان میباشد. با این وجود، تاکنون رئوشیمیایی و خاستگاه تکتونیکی این سازند انجام نشده است. به همین منظور، در این پژوهش تلاش شده است تا بر پایه مطالعات سنگشناسی و آنالیزهای ژئوشیمی عناصر اصلی ماسهسنگهای این سازند، موقعیت ماسهسنگها تقریباً یک چهارم سنگهای رسوبی سطح زمین را تشکیل می دهند. این سنگها در تمام دورههای ویژگیهای بافتی آنها از محلی به محل دیگر و از دورهای به دوره دیگر متفاوت می باشد [۸]. هرچند هوازدگی، جابجایی و فرآیندهای رسوبگذاری بر ویژگیهای بافتی ماسهسنگها تاثیرگذار بوده است، اما ولیه سنگ مادر و تکتونیک حوضههای رسوبی است اولیه سنگ مادر و تکتونیک حوضههای رسوبی است خاستگاه و شرایط هوازدگی ناحیه منشا آنها می باشد [۴]. به همین دلیل ترکیب ماسهسنگها نشاندهنده نشگها می تواند به شناخت نحوه تکامل جغرافیایی و تکتونیک دیرینه آنها کمک نماید [۴]. در این شرایط ماسهسنگها به دلیل تنوع روشهای مختلف پتروگرافی و

تکتونیکی حوضه در زمان رسوبگذاری سازند یادشده در استان خوزستان تعیین گردد.

موقعيت زمينشناسي منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه در استان خوزستان و در زون ساختاری زاگرس چینخورده قرار دارد (شکل ۱). این زون شامل مجموعهای از چینخوردگیهای نامتقارن با روند شمال غرب- جنوبشرق میباشد. یال جنوبغربی تاقدیسها در این پهنه، در مقایسه با یال شمالشرقی از شیب بیشتری برخوردار میباشد. سازند آغاجاری در محدوده مطالعاتی پوسته بسیاری از تاقدیسها و ناودیسها را شکل داده است. رخنمون این سازند در استان خوزستان محدودهای به وسعت ۵۰۲/۷۱ کیلومتر مربع را بهخود اختصاص داده است. سازند آغاجاری

رسوبات مولاسی بوده که در آخرین فازهای کوهزایی در زاگرس تشکیل شدهاند. چینهشناسی این سازند در برش نمونه اولین بار در میدان نفتی آغاجاری به ضخامت ۲۹۶۶ متر توسط جیمز و وایند [۲۰] مورد بررسی قرار گرفت (شکل۲). سازند آغاجاری شامل توالیهای ریزشونده است. هر توالی معمولاً بین ۱۰ تا ۱۰۰ متر ضخامت دارد. بهطور کلی، این سازند از ماسهسنگهای ریزدانه تا درشتدانه به رنگ قهوهای تا خاکستری، مارنهای رنگین و لایسنگهای قرمز همراه با رگههای ژیپسی تشکیل شده است [۱]. براساس آثار فسیلی سن سازند آغاجاری میوسن پایانی تا پلیوسن تعیین گردیده است [۲۰]. مرز زیرین و بالایی این سازند بهترتیب با سازند میشان و بخش لهبری بهصورت تدریجی و هم شیب میباشد (شکل ۳).



Archive of SID

۵۰



شکل ۲. نمایی از سازند آغاجاری منطقه امیدیه (AJ-1 و AJ-2 در شکل ۱) در برش الگو (دید به سمت شمال شرق)



شکل ۳. مرز بالایی سازند آغاجاری با بخش لهبری در محل مقطع الگو در منطقه امیدیه (دید جنوب غرب)

روش مطالعه

به منظور انجام این پژوهش، ۲۹ نمونه از رخنمونهای ماسهسنگ سازند آغاجاری در استان خوزستان تهیه شد (شکل۹). ترکیب کانیشناسی و خصوصیات بافتی ماسه سنگهای سازند آغاجاری با استفاده از برشهای نازک در زیر میکروسکوپ پلاریزان مطالعه گردید. مقادیر اجزا تشکیلدهنده ماسهسنگهای مورد مطالعه با شمارش دانههای هر نمونه به روش زوفا [۳۵] مشخص گردید. همچنین، نمونههای ماسهسنگ یاد شده مطابق تقسیمبندی فولک [۱۶] نامگذاری شدهاند. با توجه به یکنواختی نسبی ترکیب کانیشناسی این سنگها، جهت آنالیزهای ژئوشیمیایی درصد عناصر اصلی ۱۵ نمونه از این ماسهسنگها به روش آنالیز XRF تعیین شد. بدین شدند. نمونههای پس از پودر شدن از الک ۲۰۰ عبور داده شدند. نمونههای پودری تهیه شده توسط دستگاه XRF

معدنی ایران مورد تجزیه کمی قرار گرفتند. در نهایت، نتایج تجزیه شیمیایی این سنگها جهت تفسیر خاستگاه ماسهسنگهای سازند آغاجاری در نمودارهای دیکینسون [۱۴]، باتیا و کروک [۷] و روسر و کورش [۲۸] مورد استفاده قرار گرفت.

ویژگیهای سنگشناسی

بررسی برشهای نازک این ماسهسنگها مبین آن است که این سنگها از خردهسنگهای کربناته (۷۶٪-۲۸)، خردهسنگهای آتشفشانی (۳۳٪-۰)، خردهسنگهای دگرگونی (۱۷٪-۰)، کوارتز (۲۰٪-۲)، چرت (۱۰٪-۱)، کانیهای تیره (۱۰٪-۱) و فلدسپات (۹٪-۰) تشکیل شدهاند (شکل ۵ و جدول ۱). اجزای فرعی مانند میکا، خردهسنگهای گلی و ژیپس نیز در برخی از نمونهها قابل مشاهده است. کوارتز در این سنگها به صورت تک بلوری و چند بلوری قابل مشاهده است. براساس

طبقهبندی فولک [۱۶] تمام ماسهسنگهای یادشده به جز ماسهسنگ سه راه تپه اهواز (TP) که ولکآرنایت است، از نوع کالکلیتارنایت میباشند (شکل۶). نمونههای سهراه تپه، حصیرآباد، حمیدیه، سوسنگرد و ام الدبس دانه تکیهگاهی و بدون سیمان میباشند. سایر نمونهها به جز نمونه رگ سفید (که دارای سیمان ژیپسی است)، دارای سیمان کلسیتی هستند. دانههای تشکیلدهنده

ماسهسنگهای سازند آغاجاری نیمه گرد شده تا زوایهدار بوده و از جورشدگی متوسط تا بد برخوردار میباشند. میانگین اندازه ذرات ماسهسنگهای یادشده بین ۱۸/۰ تا ۰/۸۶ میلیمتر متغیر است. همچنین، نوع تماسهای بیندانهای در این سنگها تماسی، مضرسی، طولی، شناور و مقعر- محدب هستند (شکل ۷).



شکل ۴. ستون سنگسناسی سازند آغاجاری در برش تیپ و محل شماتیک نمونههای برداشت شده



شکل ۵. تصاویر میکروسکوپی نمونههایی از برشهای نازک ماسهسنگهای آغاجاری. الف) نمونه Aj-1 (مقطع تیپ) در امیدیه ب) نمونه RG در تاقدیس رگ سفید (Q: کوارتز، Cht: چرت، Lc: خردهسنگ کربناته، Lv: خردهسنگ آتشفشانی، Lm: خرده سنگ دگرگونی، F: فلدسپات، GC: سیمان ژیپسی).



شکل ۶. نمونهای از انواع مختلف تماس بین دانههای در ماسهسنگ ام الدبس (OD)



شکل ۷. دیاگرام مثلثی تقسیمبندی ماسهسنگها [۱۶]. ماسهسنگهای موردمطالعه در این طبقهبندی در محدوده کالکلیتایت و ولکانیک لیتآرنایت قرار میگیرند.

AICHIVE UI SID	Arc	hive	of	SID
----------------	-----	------	----	-----

ستان ۱۳۹۳)	بهار و تاب	، جلد ۳ (ی کاربردی	رسوبشناسے
------------	------------	-----------	-----------	-----------

جدول ۱. نتایج حاصل از بررسی پتروگرافی و نقطه شماری ماسهسنگهای سازند اغاجاری														
Sample	Lc	Lv	Lm	L1	Qp	Qt	Ch	F	L%	Qt%	F%	Gt%	Lv%	Ls%
RG	55	0	1	0	1	13	6	9	78	16.67	11.54	83.92	0.00	61.00
PZ-1	70	0	0	0	1	2	10	0	72	2.78	0.00	81.86	0.00	80.00
PZ-2	52	16	3	0	1	8	7	2	81	9.88	2.47	87.91	19.75	59.00
AJ-1	71	13	0	0	1	2	3	1	87	2.30	1.15	89.97	14.94	74.00
AJ-2	35	18	17	0	3	16	5	5	91	17.58	5.49	95.95	19.78	40.00
MSH	71	9	1	0	1	5	9	1	87	5.75	1.15	95.90	10.34	80.00
CR	62	13	7	0	2	5	2	2	89	5.62	2.25	90.98	14.61	64.00
TP	28	33	14	0	3	14	2	3	78	17.95	3.85	79.97	42.31	30.00
HAS	52	10	8	0	4	15	3	5	82	18.29	6.10	84.96	12.20	55.00
HA	76	3	0	4	1	5	1	1	89	5.62	1.12	89.99	3.37	81.49
SG	61	12	12	0	2	7	1	2	82	8.54	2.44	82.99	14.63	62.00
OD	51	7	8	0	4	20	3	5	83	24.10	6.02	85.96	8.43	54.00
KN	64	4	0	0	1	6	0	0	74	8.11	0.00	74.00	5.41	64.00
MA	54	15	1	1	2	10	3	2	82	12.20	2.44	84.96	18.29	58.22
RD	45	15	1	2	3	18	4	1	81	22.22	1.23	84.95	18.52	51.47
HF	56	15	0	2	2	10	7	1	84	11.90	1.19	90.92	17.86	65.38
NF	63	12	2	0	2	10	0	1	86	11.63	1.16	86.00	13.95	63.00
KR	50	9	1	9	2	11	10	7	86	12.79	8.14	95.88	10.47	70.47
TT	60	4	1	8	1	5	10	0	77	6.49	0.00	86.87	5.19	80.39
BMK	70	3	0	2	1	3	4	0	78	3.85	0.00	81.95	3.85	76.56
ТМ	63	4	1	3	4	15	4	2	87	17.24	2.30	90.95	4.60	70.45
BGA	70	3	1	1	2	10	2	3	87	11.49	3.45	88.98	3.45	73.15
MIS	47	8	3	0	3	15	4	2	72	20.83	2.78	75.94	11.11	51.00
GDL	55	11	1	0	2	13	5	4	83	15.66	4.82	87.94	13.25	60.00
HFSH	58	1	15	0	1	10	1	4	73	13.70	5.48	73.99	1.37	59.00
LA	34	16	3	0	2	18	5	3	71	25.35	4.23	75.93	22.54	39.00
GU	40	15	3	0	1	15	4	3	73	20.55	4.11	76.95	20.55	44.00
BZ	63	2	2	0	3	9	4	3	77	11.69	3.90	80.95	2.60	67.00
BL	53	6	5	0	1	10	3	1	70	14.29	1.43	72.96	8.57	56.00

Lc: خردهسنگ کربناته، Lv: خردهسنگ آتشفشانی، Lm: خردهسنگ دگرگونی، L1: خردهسنگ گلی، Ls: خردهسنگ رسوبی(Ch+L1+Lc)، Gt فراوانی کل دانههاها، Lt: فراوانی کل خردهسنگها(Ls + Lm+Lv)، Qt؛ کل کوارتز(Qp+Qm)، F: انواع فلدسپات و Ch: چرت

ژئوشيمى

مطالعه شیمیایی عناصر اصلی اغلب شامل عناصر Al،Ca، مطالعه شیمیایی عناصر اصلی اغلب شامل عناصر Al،Ca، معاشد که بهصورت Ti،Fe،Mn،Mg،K،Na،P اکسید بیان میگردند [۲۷]. از این میان اکسیدهای TiO₂ ،MgO،CaO و کسیدهای و K₂O،GO،CaO و Al₂O₃ فیرمتحرک میباشند [۵]. نتایج آنالیز شیمیایی عناصر اصلی انجام شده بر روی نمونههای ماسهسنگ سازند آغاجاری در جدول (۲) نشان داده شده است. بر این اساس، عمده نمونههای ماسهسنگی مورد آزمایش به دلیل دارا بودن مقادیر زیاد خردهسنگ کربناته، درصد

اکسید CaO (۲۹/۴۳ تا ۵۵/۰۴ درصد) بالایی را نشان می دهند. مقادیر SiO₂ و SiO₂ در این سنگها بهترتیب از ۴/۳۷ تا ۲۳/۱۴ و ۲/۰ تا ۵۵/۷ درصد متغیر است. مقادیر Na₂O و Na₂O ماسه سنگهای سازند آغاجاری کم و در برخی نمونه ها برابر با صفر است (جدول ۲). مقادیر اکسیدهای MgO ،K₂O و ۲) نمونه ها بهترتیب بین صفر تا ۱/۵۹، ۵۹/۱، ۹۵/۵ تا ۱/۵۷ و ۱/۰ تا ۶/۷۶ درصد تغییر نشان می دهند. هم چنین، تمام نمونه ها بدون SO₃ درصدار بالای SO₃ می باشند. مقدار بالای SO₃

سیمان ژیپسی و ترکیبات سولفاته در این ماسهسنگ میباشد. از آنجایی که اکسید Al₂O₃ در طی فرآیندهای هوازدگی، دیاژنز و دگرگونی نسبتاً بدون تغییر باقی میماند، این اکسید به عنوان شاخصی جهت مقایسه ترکیبات سنگشناسی مختلف مورد توجه قرار گرفته است [۹]. بدین منظور تعیین رابطه هم بستگی بین اکسیدهای بدین منظور برسی ارتباط عنصری نمونهها انجام شد (شکل ۸). بر اساس شکل (۷)

بین اکسید عناصر اصلی و Al₂O₃ همبستگی مستقیم و

مثبت برقرار است، بهطوری که مقدار اکسید اغلب عناصر اصلی با ازدیاد مقادیر Al₂O₃ افزایش مییابد. نتایج آنالیزهای رگرسیون مبین آن است که بین درصد اکسیدهای Al₂O₃ و K₂O ماسه سنگهای سازند آغاجاری ارتباط معناداری با ضریب تعیین ۸۸٬۰ برقرار است (شکل ۸). این موضوع نشان دهنده آن است که تمرکز کانی های دارای پتاسیم تاثیر چشمگیری بر پراکندگی Al₂O₃ دارد. به نظر میرسد این امر ناشی از فراوانی این عنصر در ترکیبات رسی نمونهها (خردههای گلی، شـیلی و خرده سنگ دگرگونی درجه پایین) باشد [۲۱ و ۲۲].

جدول ۲. دادههای حاصل از آنالیز ژئوشیمیایی عناصر اصلی ماسهسنگهای آغاجاری. مقادیر اکسیدهای اصلی بر حسب درصد است.

Sample	LOI	Na ₂ O	MgO	Al_2O_3	SiO2	P_2O_5	SO_3	K_2O	CaO	TiO ₂	Fe ₂ O ₃	SrO
RG	18.37	1.40	1.05	1.76	9.56	0.00	38.65	0.54	45.04	0.00	1.54	0.00
Pz-1	39.02	0.00	1.36	0.80	4.89	0.06	0.12	0.18	52.56	0.00	0.93	0.09
Aj-1	38.53	0.82	1.85	0.91	5.87	0.00	0.1	0.26	50.4	0.00	1.25	0.00
MSH	32.22	0.95	3.41	2.16	12.25	0.00	0.13	0.62	45.03	0.53	2.71	0.00
MA	26.80	0.72	2.73	4.41	17.65	0.00	0	0.78	43.11	0.54	3.25	0.00
HF	31.47	0.93	1.92	1.69	12.86	0.00	0.11	0.43	48.80	0.00	1.68	0.00
TT	35.63	0.00	5.87	1.77	8.33	0.00	0	0.33	45.52	0.00	2.56	0.00
BMK	38.43	0.00	0.59	0.70	4.37	0.00	0	0.17	55.04	0.00	0.71	0.00
BGA	34.73	0.83	1.53	2.00	10.78	0.00	0.11	0.44	47.71	0.00	1.62	0.00
MIS	32.25	1.19	2.52	2.09	12.42	0.00	0.11	0.50	47.29	0.00	1.63	0.00
GLD	30.35	0.77	2.90	2.75	15.02	0.00	0	0.67	44.27	0.50	2.83	0.00
HFSH	18.40	1.16	3.21	7.55	33.14	0.00	0	1.59	29.43	0.77	4.76	0.00
GU	32.34	1.13	2.11	1.81	11.49	0.00	0	0.38	48.63	0.31	1.82	0.00
BZ	30.01	0.86	2.50	3.72	16.15	0.00	0	0.00	43.95	0.40	2.72	0.00
BL	32.11	0.73	1.61	2.58	11.68	0.00	0	0.57	48.98	0.00	2.18	0.00

همچنین، با تصویر کردن دادههای آنالیز ژئوشیمیایی عناصر اصلی این ماسهسنگها، بر روی نمودار طبقهبندی ژئوشیمیایی پتیجان و همکاران [۲۶] مشخص شد که، این سنگها در محدوده لیتآرنایت و گریوک قرار میگیرند (شکل ۹ الف). این موضوع با برخی نتایج پژوهش صحرائیان و بهرامی [۳۰] بر روی سازند آغاجاری در منطقه سروستان (استان فارس) همخوانی ندارد. زیرا که در این منطقه برخی ماسهسنگهای سازند آغاجاری در رده سابآرکوز و سابلیتآرنایت قرار دارند. از سوی آغاجاری در محدوده لیتآرنایت، ماسهسنگهای سازند

گریوک قرار میگیرد (شکل ۹ ب). به نظر میرسد حضور اکسید آهن (هماتیت)، کانیهای تیره و خردههای گلی و نیز خردههای دگرگونی درجه پایین در برخی نـمونهها مـوجـب قـرارگیـری آنها در محـدوده ماسهسنـگهای آهندار و گریوک در نمودار هرون [۱۸] شده است. نـتایج این نمودار نـیز نـشان میدهد، ماسهسنگهای سازند آغاجاری در استان خوزستان برخلاف ماسهسنگهای این سازند در منطقه سروستان [۳۰] فاقد ماسهسنگهای از نـوع «سابلیتآرنایت»



 Al_2O_3

شکل ۸. همبستگی بین اکسید عناصر اصلی با اکسید آلومینیوم در ماسهسنگهای سازند آغاجاری



شکل ۹. الف) در نمودار تقسیمبندی ژئوشیمیایی پتیجان و همکاران [۲۶]، ماسهسنگهای سازند آغاجاری در محدوده لیتآرنایت و گریوک قرار گرفتهاند. ب) نمودار تقسیمبندی ژئوشیمیایی ماسهسنگ و شیل هرون [۱۸]. ماسهسنگهای آغاجاری در محدوده لیت-آرنایت و ماسهسنگ آهن دار قرار گرفته است.

هوازدگی خاستگاه

برای بررسی هوازدگی ناحیه خاستگاه از نمودار ولتیج (۱۹۹۴) استفاده گردید. رسم نقاط به دست آمده از نقطه شماری کوارتز، فلدسپات و خردهسنگهای ماسهسنگ سازند آغاجاری در نمودار یاد شده آشکار کرد که خاستگاه در محدوده صفر این نمودار واقع می شود (شکل ۱۰). این محدوده نشاندهنده توپوگرافی زیاد و کوهستانی خاستگاه با آب و هوای نیمهخشک و یا مدیترانهای است. شواهد پتروگرافی موجود در این ماسهسنگها مانند جورشدگی متوسط تا بد، زاویهدار بودن دانهها بهویژه کوارتز و فلدسپاتها و نیز عدم هوازدگی فلدسپاتها تایید کننده این موضوع میباشند.

خاستگاه

بسیاری از پژوهشگران از جمله کروک [۱۱]، دیکینسون و سوچک [۱۳]، دیکینسون و همکاران [۱۵]، کاوازا و اینگرسول [۱۰] و گرینی و همکاران [۱۷] چارچوب ترکیب آواری ماسهسنگها را برای تشخیص نوع خاستگاه و تکتونیک آنها مورد استفاده قرار دادند. در این پژوهش، نتایج حاصل از بررسیهای سنگشناسی نمونههای ماسهسنگ سازند آغاجاری (جدول۱) بر روی نمودارهای مثلثی QmFLt ،QtFL و QpLvLs دیکینسون [۱۴] ترسیم شدند (شکل۱۱). مطابق این نمودارها، ماسهسنگهای مورد مطالعه بهترتیب در بخش کوهزایی با چرخه مجدد، کمربند کوهزایی و چرخه انتقالی مجدد قرار گرفتند.

در این نمودارها دانههای کربناته برون حوضهای یا خردههای آهکی آواری و نیز دانههای کربناته درون حوضهای (آلوکمها) به دلیل تغییرات زیاد ژئوشیمیایی در طی هوازدگی، دیاژنز و فرسایش مدنظر قرار نمی گیرند [۱۴]. در این نمودارها کوهزایی با چرخه مجدد در بردارنده چینههای تغییرشکل یافته و بالاآمده بخش بالایی پوسته، عمدتاً رسوبی و نیز بهطور جزیی آتشفشانی است که در کمربندهای چین خورده- رورانده یا نواحی گوناگون کوهزایی رخنمون پیدا کردهاند. همچنین، کوهزایی چرخه مجدد در موقعیتهای تکتونیکی گوناگونی رخ میدهد که در آنها سنگهای لایهای دچار تغييرشكل، بالاآمدگی و فرسايش مـیشوند [۱۴]. ماسهسنگهای مشتق شده از چنین سنگ منشاهایی

58

معمولاً فلدسپات کمی دارند، زیرا سنگهای آذرین منشا اصلی آنها نمی باشند. در این محدوده سه بخش رسوبات کوارتزی با چرخه مجدد، چرخه مجدد سنگ و چرخه انتقالی مجدد قابل تفکیک میباشد. محدودههای کوارتزی با چرخه مجدد و چرخه سنگی مجدد، ماسهسنگهای با منشا کوهزایی بوده که از چرخه مجدد رسوبات کراتونی منشا گرفتهاند. این دو محدوده بهصورت تدریجی به یکدیگر تغییر پیدا میکند. چرخه مجدد ماسهسنگهای کوارتزی معمولاً در برگیرنده تغییر شکل و بالاآمدگی توالیهای میوژئوسنکلینالی میباشد. در مقابل، بسیاری از بخشهای غنی از خردهسنگهای چرتی، از بخشهای اقيانوسى كمربندهاى ائوژئوسنكلينال بالاآمده، منشا گرفتهاند [۱۵].

در کمربندهای کوهزایی چرخه مجدد، خاستگاه رسوبات لایههای رسوبی، در برخی موارد سنگهای آتشفشانی و سنگهای دگرگونی میباشند. این سنگها در اثر بالاآمدگی کمربندهای چینخورده و تراستی رخنمون یافته و فرسایش یافتهاند. ماسهسنگهای مشتق شده از چنین سنگ منشاهایی معمولاً فلدسپات کمی دارند، زیرا سنگهای آذرین منشا اصلی آنها نمیباشند. در این محدوده سه بخش رسوبات کوارتزی با چرخه مجدد، چرخه مجدد سنگ و چرخه انتقالی مجدد قابل تفکیک میباشد. محدودههای کوارتزی با چرخه مجدد و چرخه سنگی مجدد، ماسهسنگهای با منشا کوهزایی بوده که از چرخه مجدد رسوبات کراتونی منشا گرفتهاند. این دو محدوده بهصورت تدريجي به يكديگر تغيير پيدا ميكند. چرخه مجدد ماسهسنگهای کوارتزی معمولاً در برگیرنده تغییر شکل و بالاآمدگی توالی های میوژئوسنکلینالی میباشد. در مقابل، بسیاری از بخشهای غنی از خردهسنگهای چرتی، از بخشهای اقیانوسی کمربندهای ائوژئوسنكلينال بالاآمده، منشا گرفتهاند [16]. در نمودار QLvLs دیکنسون [۱۴] ماسهسنگهای سازند آغاجاری در محدوده کمربندهای برخوردی قرار میگیرند. کمربندهای برخوردی از دیدگاه ساختاری از توالیهای اقیانوسی و قارهای تشکیل شده که خاستگاه رسوبات حوضههای پیشبوم و حوضههای بجا مانده پیرامون آنها می باشند. که این امر با شرایط ساختاری حاکم بر پهنه زاگرس همخوانی دارد. Archive of SID

۵۷







Ls شکل ۱۱. دادههای سنگشناسی در نمودارهای دیکینسون [۱۴] که نشان دهنده خاستگاه کوهزایی چرخه مجدد ماسهسنگهای آغاجاری است.

همچنین روسر و کورش [۲۹] با هدف جلوگیری از تاثیر Ca و Si بیوژنیک، دیاگرام تفکیکی دیگری را بر اساس نسبت اکسیدهای MgO MgO، آو-20، Fe₂O، Fe₂O و K₂O به Al₂O₃ معرفی نمودهاند. بر اساس این دیاگرام ماسه سنگهای سازند آغاجاری در استان خوزستان در ناحیه سنگ مادر کوارتزی- رسوبی قرار می گیرند (شکل ۱۲). از شواهد ژئوشیمیایی موجود در سنگهای آواری نیز میتوان جهت شناسایی و مطالعه سنگ مادر استفاده نمود [۱۲]. با استفاده از دیاگرام تفکیکی روسر و کورش [۲۹] میتوان سنگ مادر را بر پایه اکسیدهای اصلی، در نمونههای ماسهسنگی و گلسنگی تعیین نمود. این دیاگرام بر پایه اکسیدهای اصلی در ماسهسنگها و گلسنگها، برای چهارخاستگاه معرفی شده است.



Discrimination function 1

شکل ۱۲. دیاگرام تمایزی روسر و کورش [۲۹] ، ماسهسنگهای سازند آغاجاری در بخش خاستگاه رسوبی- کوارتزی قرار گرفتهاند. در این نمودار

 $\begin{array}{l} Discrimination \ function \ 1 = 30.638 \ TiO_2/Al_2O_3 - 12/541 \ Fe_2O_3(t)/Al_2O_3 + 7.329 \ MgO/Al_2O_3 + 12.031 \ Na_2O/Al_2O_3 + 35.402 \ K_2O/Al_2O_3 - 6.382 \\ Discrimination \ function \ 2 = 56.500 \ TiO_2/Al_2O_3 - 10.879 \ Fe_2O_3(t)/Al_2O_3 + 30.875 \ MgO/Al_2O_3 - 5.404 \ Na_2O/Al_2O_3 + 11.112 \ K_2O/Al_2O_3 - 3.89 \end{array}$

تكتونيك خاستگاه

ماسهسنگهای عهد حاضر که در محیطهایی مانند جزایر قوسی اقیانوسی و قارهای و حاشیههای قارهای غیر فعال و فعال نهشته شدهاند، دارای ترکیب متفاوتی بهویژه از نظر K₂O/Na₂O و Al₂O₃/SiO و نسبت +Al₂O₃/ و Na₂O و Fe_2O_3 + MgO و Na₂O) استفاده از ژئوشیمی در تفسیر موقعیت تکتونیکی ماسه سنگها، در سالهای اخیر از عناصر اصلی برای تعیین موقعیت تکتونیکی این سنگها بهطور گسترده استفاده شده است. به همین منظور دادههای ژئوشیمی عناصر اصلی ماسهسنگهای مورد مطالعه، در دیاگرامهای مثلثی و دیاگرامهای پیشنهادی توسط باتیا [۶] تصویر گردید (شکل ۱۳). براساس شکل (۱۳) محیط تکتونیکی ماسه سنگهای سازند آغاجاری در استان خوزستان در حاشیه فعال قارهای و جزایر کمانی قارهای بوده است. اما با توجه به فراوانی تعداد ماسهسنگها در محدوده ACM نمودارها، محيط تكتونيكي حاشيه فعال قارهاي براي اين ماسەسنگ پیشنهاد می شود.

حاشیه قارهای فعال (ACM) دربردارنده حوضههای رسوبی حاشیه قارهای از نوع آندی و انواع امتداد لغز هستند. این حوضهها بر روی یا در مجاورت پوستههای قارهای که دربردارنده سنگهای کمربندهای گسلی دیرینه بود، گسترش مییابند. رسوبات این ناحیه عمدتاً از پی سنگ بالا آمده مشتق میشوند [۶].

تعدادی از نمونههای مورد مطالعه در نمودار -TiO₂-Fe₂O₃+ MgO خارج از محدودههای این نمودار قرار گرفتهاند (شکل ۱۳-الف). این موضوع می تواند ناشی از تهی شدگی تیتانیوم در نمونهها باشد. از آنجایی که تيتانيوم عمدتاً در سنگهای مافيکی ولکانيکی و پلوتونیکی وجود دارد [۱۹]، مقدار کم این عنصر را می توان به منشا رسوبی این ماسه سنگ ها نسبت داد. در $Al_2O_3/$ (Na₂O₃+ CaO)- Fe₂O₃ + MgO index قرارگیری نمونهها در خارج از محدوده حاشیه غیر فعال قارهای به دلیل بالا بودن میزان اکسید کلسیم و فراوانی دانههای کربناته در این ماسهسنگها بوده است. بنابراین، تغییرشکل ناشی از برخورد زاگرس و ایران مرکزی که از اواسط ماستریشتین آغاز شد، منجر به تشکیل رشته کوههای مرتفعی گردید که منشا رسوبات تهنشین شده در زمانهای پس از این رویداد در حوضه پیشبوم زاگرس بودهاند [۲]. از سوی دیگر، وقوع گسلهای پی سنگی در این ناحیه موجب ارتفاع گرفتن این حوضه پیش بوم شده است. بهطوریکه در جلوی این ناحیه حوضهای پیش گودالی تشکیل گردید که رسوبات آواری حاصل از فرسایش حوضه پیش بوم در آن تهنشین شده است (شکل ۱۴). همچنین، وجود خردههای آتشفشانی و دگرگونی در ماسهسنگهای سازند آغاجاری نشان دهنده فعالیتهای آتشفشانی و دگرگونی در این زون برخوردی باشد.



شکل ۱۳. دیاگرامهای تمایزی محیط تکتونیکی برای ماسهسنگهای سازند آغاجاری، الف: نمودار TiO₂ - Fe₂O₃ + MgO ، ب: نمودار Al₂O₃/ (Na₂O+ CaO)- Fe₂O₃ + MgO ، د: نمودار K₂O+ Na₂O - Fe₂O₃ + MgO ، د: نمودار Al₂O₃/SiO₂- Fe₂O₃ + MgO (آ]، MgO (آ]، MgO (آ]، MgO (آ)، MgO



شکل ۱۴. نمایش شماتیک تکامل توالیهای رسوبی در حوضه زاگرس در الیگوسن تا عهد حاضر [۲]

از سوی دیگر، گسترش این ماسهسنگها در فارس داخلی و ساحلی، لرستان و نیز گسترش آن در مجاورت کمربند چینخورده- رورانده زاگرس در کشورهای عراق و سوریه نشاندهنده منشا گرفتن این ماسهسنگها از کمربند چینخورده- رورانده زاگرس است [۳]. با این وجود، نتایج این تحقیق در تضاد با نتایج به دست آمده توسط

صحرائیان و بهرامی [۳۰] در منطقه سروستان میباشد. زیرا که نتایج دیاگرامهای باتیا [۶] برای ماسهسنگهای سازند آغاجاری در این منطقه مبین محیط تکتونیکی حاشیه قارهای غیرفعال برای برخی نمونههای ماسهسنگی مورد مطالعه توسط آنها میباشد.

- ۶٠
- [6] Bhatia, M (1983) Plate tectonics and geochemical composition of sandstones. Journal of Geology 91 (6), 611–627.
- [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.
- [8] Boggs, S (2009) Petrology of sedimentary rocks. Cambridge university press. London.
- [9] 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. Journal of Geology 104, 279-293.
- [10] Cavazza, W., Ingersoll, R (2005) Detrital modes of the Ionian forearc basin fill (Oligocene-Quaternary) reflect the tectonic evolution of the Calabria– Peloritani terrane (southern Italy). J. Sed. Res. 75, 268–279.
- [11] Crook, K.A.W (1974) Lithogenesis and geotectonics: the significance of compositional cariations in flysch arenites (graywackes). In: Dott, R.H. Jr., Shaver, R.H. (Eds.), Modern and ancient geosynclinal sedimentation, Society for Sedimentary Geology Special Publication. 19, 304–310.
- [12] 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.
- [13] Dickinson, W. R., Suczek, C. A (1979) Plate tectonics and sandstone compositions; Am. Assoc. Pet. Geol. Bull. 63, 2164–2182.
- [14] Dickinson, W. R (1985) Interpreting provenance relations from detrital modes of sandstones; In: Provenance of Arenites (ed.) Zuffa G G (New York: D. Reidel Publ. Co.), 333–361.
- [15] Dickinson, W. R, Beard, L. S., Brakenridge, G.R., Erjavee, J.R., Ferguson, R.C., Inman, K.F (1983) Provenance of North American Phanerozoic sandstones in relation to plate tectonic setting; Geol. Soc. Amer. Bull. 94, 222–235.
- [16] Folk, R.L (1974) Petrology of sedimentary rocks. Hemphill Publishing, Austin, Texas.
- [17] Greene, T.J., Carroll, A.R., Wartes, M., Graham, S.A., Wooden, J.L (2005) Integrated provenance analysis of a complex orogenic terrane: Mesozoic uplift of the Bogda Shan and Inception of the Turpan-Hami Basin, NW China. J. Sed. Res. 75, 251–267.
- [18] Herron, M.M (1988) Geochemical classification of terrigenous sands and shales from core or log data. Journal of Sedimentary Petrology 58 (5), 820–829.

نتيجهگيرى

ویژگیهای سنگشناسی و ژئوشیمی ماسهسنگها نقش مهمی در تعیین محیط رسوبی و تکتونیک خاستگاه آنها ايفا مىنمايد. اين ويژگىها مىتوانند به شناخت تكامل حوضه رسوبی کمک نمایند. بررسی سنگشناسی ماسهسنگهای سازند آغاجاری نشان داد که ترکیب این ماسهسنگها مطابق طبقهبندی فولک [۱۶] در رده كالكليتايت و ولكانيكآرنايت قرار دارند. اين ماسهسنگها را میتوان براساس میزان سیمانشدگی به دو گروه دانهتکیهگاهی و دارای سیمان تفکیک نمود. سیمان نمونههای دارای سیمانشدگی به جز نمونه رگ سفید (ژیپسی) کلسیتی میباشد. مطابق نمودار طبقهبندی ژئوشیمیایی پتے جان و همکاران [۲۶] ماسهسنگهای آغاجاری در استان خوزستان در رده لیتآرنایت و گریـوک و در نمودار طبقهبندی هرون [۱۸] د, ده لیت آرنایت، ماسه سنگ آهن دار و گری و کرار می گیرند. از سوی دیگر، استفاده از دیاگرامهای تفکیک خاستگاه نشاندهنده خاستگاه رسوبی- کوارتزی و کوهزایی چرخه مجدد برای این سازند میباشد. همچنین، ترسیم دادههای ژئوشیمی عناصر اصلی بر روی نمودارهای تفکیک محیط تکتونیکی، عمدتاً معرف محیط حاشیه فعال قارهای برای این ماسهسنگها است.

منابع

[۱] مطیعی، ه (۱۳۷۲) چینه شناسی زاگرس. طرح تدوین
کتاب زمین شناسی ایران، سازمان زمین شناسی و
اکتشافات معدنی کشور، تهران.

- [2] Alavi, M (2004) Regional Stratigraphy of the Zagros fold- thrust belt of Iran and its proforeland evolution. American Journal of Science 304, 1–20.
- [3] Al-Juboury, A.I.A (2009) The upper Miocene Injana (upper Fars) formation of Iraq: insights on provenance history. Arabian journal of geosciences 2: 237-264.
- [4] Armstrong-Altrin, J. S (2009) Provenance of sands from Cazones, Acapulco, and Bahia Kino beaches, Mexico. Revista Mexicana de Ciencias Geologicas 26 (3), 764–782.
- [5] 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.

- [31] Tijani, M.N., Nton, M.E., Kitagawa, R (2010) Textural and geochemical characteristics of the Ajali Sandstone. Anabra Basin, SE Nigeria: Implication for its provenance. ComptesRendusGeosci 342: 136–150.
- [32] Weltje, G.J (1994) Provenance and dispersal of sand-sized sediments: reconstruction of dispersal patterns and sources of sand-sized sediments by means of inverse modeling techniques. Ph.D. thesis,Geologica Ultraiectina
- [33] Zaid, S.M (2012) Provenance, diagenesis, tectonic setting and geochemistry of Rudies sandstone (Lower Miocene), Warda Field, Gulf of Suez, Egypt. J Afr Earth Sci 66–67: 56–71.
- [34] Zhu, B., Kidd, W. S. F., Rowley, D. B., Currie, B. S., Shafique, N (2005) Age of initiation of the Indiana-Asia collision in the east-central Himalaya. Journal of Geology 113, 265-285.
- [35] Zuffa, G.G (1985) Optical analyses of arenites: influence of methodology on compositional results. In: Zuffa, G.G. (Ed.), Provenance of Arenites. Reidel, Dordrecht, 165–189.

- [19] Ishiga, H., Dozen, K. and Sampei, Y (1999) Geochemical constraints on marine invasion and provenance change related to the opening of the Japan Sea: an example from the Lower Miocene shales in the Hoda section, Shimane Peninsula, SW Japan. Journal of Asian Earth Sciences. 17, 443-457.
- [20] James, G.A., Wynd, J.G (1965) Stratigraphic nomenclature of Iranian Oil Consortium Agreement Area. Bulletin of American association of petroleum geology. 49(12): 2182-2245.
- [21] 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.
- [22] McLennan, S.M., Taylor, S.R., Eriksson, K.A (1983) Geochemistry of Archean shales from Pilbara Supergroup, Western Australia; Geochim. Cosmochim. Acta 74, 1211–1222.
- [23] McLennan, S.M., Taylor, S.R., McCulloch, M.T., 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.
- [24] Morton, A.C (1985) Heavy minerals in provenance studies. In: Zuffa, G.G. (Ed.), Provenance of Arenites. Reidel Publishing Company 407, 249-277.
- [25] Ohta, T (2004) Geochemistry of Jurassic to Earliest Cretaceous deposits in the Nagato Basin, SW Japan: implication of factor analysis to sorting effects and provenance signatures. Sediment Geol,171:159–180.
- [26] Pettijohn, F.J., Potter, P.E., Siever, R (1987) Sand and Sandstone. Springer-Verlag. Berlin, 553 p.
- [27] Rollinson, H.R (1993) Using Geochemical Data: Evaluation, Presentation, Interpretation, Longman, 352 p.
- [28] Roser, B.P., Korsch, R.J (1986) Determination of tectonic setting of sandstone-mudstone suites using SiO2 content and K2O/Na2O ratio. Journal of Geology 94 (5), 635–650.
- [29] Roser, B.P., Korsch., R.J (1988) Provenance signature of sandstone-mudstone suite determined using discriminate function analysis of major element data. Chemical Geology 67, 119–139.
- [30] Sahraeyan, M., Bahrami, M (2012) Geochemistry of Sandstones from the Aghajari Formation, Folded Zagros Zone, Southwestern Iran: Implication for Paleoweathering condition, Provenance, and Tectonic Setting. Int J Basic & App Sci 1 (4): 390-407