Journal of Economic Geology Vol. 8, No. 2 (2016-2017) ISSN 2008-7306



ژئوشیمی ایزوتوپهای Rb-Sr و Nd-Sm و پتروژنز دایکهای بازیک کوههای میشو (شمال غرب ایران)

مريم آهنکوب^۱* و يوشی هيرو آساهارا^۲

۱) گروه زمین شناسی، دانشگاه پیام نور، ایران ۲) گروه علوم زمین و سیارات، دانشکده علوم و تحصیلات تکمیلی مطالعات زیستمحیطی، دانشگاه ناگویا، ناگویا، ژاپن

دریافت: ۱۳۹۲/۱۲/۰۳، یذیرش: ۱۳۹۴/۰۷/۰۸

چکیدہ

در رشته کوههای میشو، در شمال غرب ایران، مجموعه سنگهای گرانیتی توسط تعدادی دایکهای بازیک با طول ۲ تا ۱۰ متر و پهنای ۵۰ تا ۱۵۰ سانتیمتر قطع شدهاند. این دایکها دارای کانیشناسی اصلی الیوین، پلاژیوکلاز و پیروکسن هستند. دادههای ژئوشیمیایی بیانگر ماهیت کالکآلکالن این دایکها همراه با تهیشدگی در Nd، T و Ti و ویژگی بازالتهای درون صفحهای هستند که در موقعیت زمینساختی مرتبط با زونهای کششی پس از برخورد تشکیل شدهاند. نتایج آنالیزهای ایزوتوپی Rb-Sr و Sm-Nd به جایگزینی این دایکها در ۲۳۲ (میلیون سال) پیش، بیانگر منشأ گوشته تهیشده با کمی اختلاط پوستهای است. مقادیر منفی ۴- تا ۱۰ = (Nd نسبتهای ۲^{۳۸}/ (میلیون سال) پیش، بیانگر منشأ گوشته تهیشده با کمی اختلاط پوستهای است. مقادیر منفی ۴- تا ۱۰ = (Nd نسبتهای ۲^{۳۸/ ۲۸} انحراف ترکیب شیمیایی ماگمای مادر نسبت به ترکیب آرایه گوشتهای را نشان میدهد که دچار آلایش پوستهای شده است. بر اساس میزان (Nd¹⁴⁴) ولیه و نسبت ایزوتوپ ⁸⁷/⁸⁷ اولیه و نسبت ایزوتوپ ا¹⁴⁴ Nd ¹⁴⁴ اولیه سنگ کـل نمونهها، بهدنبال بسته شدن پالئوتتیس در شمال غرب ایران بهواسطه تشکیل زونهای کششی در درون پوسته قارهای، ماگمای دایکهای میشو از یک منشأ گوشته تهیشده با غنیشدگی نسبت به عناصر LILL تشکیل شده و به درون سنگهای گرانیتی تریق شدهاند.

واژههای کلیدی: دادههای ایزوتوپی، Nd-Sr، تعیین سن، کالکآلکالن، زونهای کششی دایک بازیک، کوههای میشو

مقدمه

تئوری سرگذشت اقیانوس پالئوتتیس در طی پالئوزوئیک، توسط زمین شناسان متعددی ارائه شده است ,Sengor) 1979; Sengor, 1987; Yin and Harrison, 2000; 1979; Sengor, 1987; Yin and Harrison, 2000; مقالات ارائه شده، مرتبط با حاشیه شمالی گندوانا مشاهده مقالات ارائه شده، مرتبط با حاشیه شمالی گندوانا مشاهده (Vannay and Spring, 1993; Lapierre et al., 2010) کرد , 2004; Chauvet et al., 2008; Zhu et al., 2010) ایران، اولین بار افتخارنژاد (Eftekharnejad, 1981)) به کوههای مورو و میشو، در ارتباط با حرکات کوهزایی هرسینین (Amini et al., مکاران مینی و همکاران میاندانی از می (2008، حضور تودههای گرانیتی قره گوز و دیوانداغی را به مجله زمينشناسي اقتصادى

آهنکوب و آساهارا

جنوبی میشو با شیب رو به شمال، گزینهای مناسب برای خطدرز پالئوتتیس اول در شمال غرب ایران به شمار می رود. آهنکوب (Ahankoub, 2012) با استفاده از دادهای ایزوتوپی Nd- Sr بر روی سنگهای گرانیتی A₂ و سینیتهای شرق میشو، این سنگها را بهواسطه ماگماتیسم پس از برخورد حاشیه فعال قارهای و نتیجه زونهای کششی میداند که بهدنبال بسته شدن اقيانوس يالئوتتيس در ارتفاعات ميشو بهوجود آمدهاند. این مجموعه گرانیتی و سینیتی توسط تعدادی دایک بازیک در ابعاد متفاوت قطع شدهاند. دایکهای مافیک بیشتر در موقعیتهای تکتونیک کششی مرتبط با فعالیت پلومهای گوشته ای و یا break -up قاره ای، جایگزین مے شوند ,Ernst and Buchan, 2001; Ernst et al., مے شوند 2005; Ferrari et al., 2008; Zhu et al., 2009) با توجه به نبود گزارش در خصوص دایکهای شرق میشو و ماهیت شیمیایی و کانیشناسی متفاوت از سنگ میزبان، در این پژوهش با استفاده از دادههای ژئوشیمی و ایزوتوپی Nd- Sr به بررسی پتروژنز، محیط تکتونوماگمایی و سن دایکهای مافیک پرداخته شده است.

روش مطالعه

این پژوهش طبق برنامه زیر انجام شده است: ۱- تهیه نقشههای رقومی زمینشناسی با مقیاس ۱/۲۵۰۰۰ از منطقه میشو؛ ۲- برداشت و بررسی بیش از ۲۵ نمونه از سنگهای منطقه؛ ۳- انجام بررسیهای پتروگرافی دقیق نمونههای برداشت شده؛ ۴- انتخاب ۸ نمونه با کمترین میزان آلتراسیون یا کاملاً سالم از منطقه مورد بررسی جهت انجام آنالیزهای ICP-MS و ICP AES برای تعیین عناصر اصلی ، فرعی و نادر خاکی در آزمایشگاه ACME (کانادا) و ۵- سنسنجی بهروش دادههای ایزوتوپی Rb-Sr و Nd-Sm سنگ کل. تعداد ۶ نمونه توسط دستگاه اسپکترومتر جرمی یونیزاسیون Finnigan ionization و VG Sector ۵۴-۳۰ (TIMS) MAT Thermoquad THQ thermal در دانشگاه ناگویا ژاپن اندازه گیری شد. در روش آنالیزهای ایزوتوپی از نمونههای استاندارد NBS۹۸۷ و INdi برای اندازه گیری نسبتهای

ايزوتـوپى Sr و Nd اســتفاده شـد (Tanaka et al., 2000).

میانگین و خطاهای ۲۵ برای آنالیزهای تکراری استاندارد در طی این پژوهش به شرح زیر است: NBS ۹۸۷ ⁸⁷Sr/⁸⁶Sr =-/۷۱۰۲۶۴ ± ۰/۰۰۰۰۱(۱۵, n = ۹) Jndi-۱ ¹⁴⁴Nd/¹⁴³Nd =-/۵۱۲۰۹۷ ± ۰/۰۰۰۰۱(۱۵, n = ۹) داردهای با تلفیق کلیه دادهها و ترسیم ایزوکرون با استفاده از دادههای ایزوتوپی، سن و محل تشکیل دایکها و فرآیندهای مؤثر بر آنها بررسی شد.

بحث و بررسی

موقعيت جغرافيايي و زمين شناسي منطقه

منطقه مورد بررسی در شمال غربی استان آذربایجان شرقی در فاصله ۲۰ کیلومتری جنوب غربی مرند ما بین طولهای '۴۰ $^{\circ}$ ۳۸° $^{\circ}$ جغرافیایی، در ورقه ۱/۱۰۰۰۰ زمین شناسی مرند، در رشته ارتفاعات میشو قرا گرفته است (Asadiyan et al., 1994). ارتفاعات میشو در منتهاالیه شمال غرب زون ایران مرکزی و در بین دو گسل شمالی و جنوب میشو واقع شده است. این رشته ارتفاعات بخش کوچکی از زون زمین شناسی سلطانیه-میشو بهشمار میرود (Eftekharnejad, 1981) که در تقسیم بندی زمین شناسی ساختاری اشتوکلین ,Stocklin) (1968 جزو ایران مرکزی محسوب می شود. راههای دسترسی به منطقه مورد نظر از طریق جاده اصلی تبریز- مرند و سپس جاده فرعی پیام است که پس از طی ۱۰ کیلومتر جاده شنی به کوههای میشو میرسد (شکل ۱). واحدهای سنگی موجود در منطقه شامل تشکیلات رسوبی، دگرگونی و تودههای آذرین است. شیل، ماسه و آهکهای (سازن کهر)، نهشتههای ماسهسنگ قرمز دورود، آهکهای روته، آهکهای مارنی و دولومیتی تریاس، شیلهای و ماسهسنگهای ژوراسیک-مارنهای میوسن و آبرفتهای جوان در منطقه رخنمون دارند کـه اغلـب دارای مـرز گسـله هسـتند. بـهدنبال فعالیتهای ماگماتیسمی که از کربونیفر تا ائوسن در منطقه ادامه دارد، مجموعه سکانسی از سنگهای نفوذی با طیف ترکیبی متنوع اسیدی تا الترابازیک تشکیل شده است (Asadiyan et al., 1994) (شــکل ۲). مجموعــه اســيدي شـامل گرانيـت، گرانودیوریت و سینیت است (Ahankoub, 2012) که میزبان دایکهای بازیک با پهنای ۵۰ تا ۱۵۰ سانتیمتر و طولهای

www.SID.ir

4+1

بیش از ۲ متر هستند. این دایکها بـا رنگهـای خاکسـتری تـا سبز تیره اکثراً دارای امتداد شمال غرب- جنوب شرق بـا مـرز شارپ، تودههای گرانیتـی را قطـع کردهانـد (شـکل ۳). غالبـاً





شکل ۱.راههای دسترسی به منطقه میشو Fig. 1. Access roads to the Misho

شده است. این دایکها دارای طیف تر کیب شیمیایی شامل مقادیر % ۵۰/۹۴ = SiO₂ ۵۲/۹۴ و MgO = ۵/۵۴ - ۶/۶۱ MgO = ۵/۵۴ - ۶/۶۱ په ۲۵/۹۲ - ۱۶/۳۷ و Al₂O₃, = ۱۵/۶۴ - ۵/۵۴ = MgO ایت. نتایج حاصل از تغییرات عناصر آلکالن بر حسب سیلیس در نمودار کوکس و همکاران (Cox et al., 1979) TAS (Cox et al., 1979) نشان میدهد که نمونههای مورد بررسی در قلمرو سنگهای بازیک قرار می گیرند (شکل ۵–۸). در نمودار شاخص آلومینیم شاند (Shand, 1943) که در آن معیار شاخص آلومینیم است، این سنگها در محدوده متاآلومینوس قرار می گیرند (شکل ۵–8). در نمودار MFM ارائه شده توسط ایروین و باراگار (Irvine and Baragar, 1971)، ترسیم نمونهها نشان میدهد سنگهای مورد بررسی در محدوده کالکآلکالن قرار

همچنین بررسی تغییرات K₂O در برابرSiO₂ در نمودار اقتباس از پکریو و تیلور (Peccerillo and Taylor, 1976) تأیید کننده ماهیت کالکآلکالن نمونه دایکهای بازیک میشو است (شکل ۶–B). روند تغیرات اکسیدهای اصلی و برخی دایکهای مورد بررسی میشو با ترکیب کانیشناسی شامل کلینوپیروکسن، عمدتاً نیمه شکلدار تا بیشکل و پلاژیوکلازهای شکلدار هستند. علاوه بر این برخی درجات متنوعی از سوسوریتیشدن و کلریتیشدن در این سنگها دیده میشود (شکل ۴–۸، B و C). با وجود ترکیب کانیشناسی یکسان در این دایکها تنوع بافتی در این سنگها دیده میشود؛ به گونهای که بخش درونی دایکها دارای بافت دانه درشت و بخش بیرونی، دارای بافت دانه ریز است. بخش درونی و حاشیهای دارای ترکیب شیمیایی مشابه هستند و تفاوت ناچیزی از حاشیه به طرف بخشهای درونی از نظر شیمیایی دیده میشود.

ژئوشیمی ژئوشیمی عناصر اصلی و کمیاب نتایج آنـالیز ICP-AES و ICP-MS عناصـر اصـلی، فرعـی و کمیاب سنگ کل نمونههای بررسی شـده، در جـدول ۱ ارائـه

اقتصادى	زمينشناسي	مجله	
---------	-----------	------	--

و Zr و V ، P_2O_5 ، V ، P_2O_5

عناصر فرعی در نمودارهای هارکر (Harker, 1909)، تطابق Mg در مقابل Mg2، Fe₂O₃, TiO₂ ،Al₂O₃ در مقابل Mg⁴، Mg مثبتی بین #Mg در مقابل Ca، CaO و Ni و تطابق منفی را



شکل ۲. نقشه زمین شناسی میشو، بر گرفته از نقشه زمین شناسی ۱/۱۰۰۰۰ مرند (Asadiyan et al., 1994)

Fig. 2. Geologyic map of Misho, according to the geologyic map of Marand in scale 1/100000 (Asadiyan et al., 1994)



شکل ۳. نمایی از دایک بازیک تیرهرنگ درون تودههای گرانیتی (دید به سمت شمال) Fig. 3. Viwe of the mafic dikes into the granitic rock (Looking N)



ژئوشیمی ایزوتوپهای Rb-Sr و Nd-Sm و پتروژنز دایکهای بازیک ...

شکل ۴. A: بلورهای پیروکسن در بین تیغههای پلاژیوکلاز در بافت اینترگرانولار (بخش مرکزی دایکها)، B: بلور درشت پیروکسن در زمینه بلورهای پلاژیوکلاز و C: بافت اینترگرانولار با پلاژیوکلاز و پیروکسن (نور XPL) (پلاژیوکلاز =Plag،پیروکسن=Px) (Kertz, 1983).

Fig. 4. A: Pyroxene crystals between plagioclase lats in the intergranular texture (central part of dikes), B: Coarse pyroxene with groundmass plagioclase and C: Intergranular texture with plagioclase and pyroxene (XPL), (plagioclase = Plag, pyroxene = PX) (Kertz, 1983).



شکل ۵. موقعیت قرارگیری نمونههای منطقه میشو در A: نمودار مجموع آلکالن در مقابل سیلیس (Cox et al., 1979) و B: نمودار شاخص اشباعشدگی از آلومینیم (Shand, 1943) .

Fig. 5. Misho samples in A: Total alkalis (Na_2+K_2O) versus SiO₂ (Cox et al., 1979) and B: A/NK versus A/CNK (Shand, 1943).

مجله زمينشناسي اقتصادى

آهنكوب و أساهارا

جدول ۱. نتایج آنالیز ICP-AES و ICP-MS نمونه دایکهای مطالعه شده میشو

Table 1. Result of analysis ICP-AES and ICP-MS of the Misho studied dyke samples

	D-M1	D-M2	D-M3	D-M4	D-M5	D-M6	D-M7	D-M8	
Major Element (Wt %)									
SiO_2	50.31	49.74	49.90	48.30	50.63	50.23	50.81	50.94	
TiO_2	1.43	1.46	1.48	1.52	1.51	1.44	1.53	1.51	
Al_2O_3	15.99	15.89	15.72	15.81	15.58	15.64	15.28	16.37	
Fe_2O_3	10.05	10.42	11.22	12.38	12.43	11.60	12.91	12.64	
MnO	0.16	0.25	0.28	0.28	0.18	0.12	0.23	0.26	
MgO	6.95	6.9	6.44	6.61	5.97	5.63	5.55	5.54	
CaO	7.98	7.19	8.28	8.06	7.85	8.35	6.31	5.08	
Na ₂ O	3.1	4.17	3.17	3.17	3.12	4.24	3.85	3.91	
K ₂ O	0.91	0.82	0.69	0.79	1.08	0.73	0.86	0.62	
P_2O_5	0.18	0.22	0.2	0.28	0.38	0.38	0.29	0.34	
LOI	2.6	2.3	1.8	0.8	1.7	1.9	1.8	1.9	
Total	99.66	99.36	99.18	98	100.43	100.26	99.42	99.11	
Minor	Element	(ppm)	,,,						
Ba	406	468	144	142	406	408	381	384	
Rb	837	75 5	36.2	35.8	80.2	80.7	75 1	75 3	
Sr	444	420	501	498	481	486	519	526	
7r	213	219	198	241	228	209	212	238	
Nh	8	6	9	10	13	12	13	11	
Ni	33	21	20	10	19	12	22	18	
Co	24.2	33 /	37.9	36.5	13.1	13 /	15.2	15.7	
Zn	65	70 70	63	61	13.1	15.4	13.2	30	
Cr	212	128	122	120	42 91	4J 87	+0	50	
	212	120	122	20.1	24.2	257	27.2	29.1	
La	24.0 60.0	20.5	20.3	29.1	75 9	75 2	57.5 85 7	97.1	
De De	651	70.7	72.5	7 12	73.0 971	13.2	0.21	077	
PI Nd	0.31 27.1	7.21	/.00	22	0./1	0.70	9.21	9.77	
Sm	27.1 5.42	29.7	51	52	55	54.2 7.01	20.2 7 97	30.0 7.90	
SIII	3.43 2.67	5.90 2.72	0.00	0.01	0.98	7.01	1.01	7.89	
Eu	2.07	2.75	2.70	2.79	2.85	2.83	2.00	2.89	
Ga	0.07	0.15	/.10	1.21	1.44	1.45	/.81	1.94	
10	1.1	1.15	1.24	1.20	1.28	1.32	1.41	1.40	
Dy	0.15	0.38	/.06	7.08	1.21	1.24	1.54	/.08	
HO	1.28	1.34	1.49	1.42	1.58	1.55	1.6/	1./3	
Er	3.4	3.5	3.9	3.93	4.22	4.27	4.41	4.45	
Im	0.5	0.54	0.56	0.57	0.61	0.65	0.67	0.71	
Yb	3.59	3.91	4.13	4.28	4.96	4.52	4.72	4.88	
Lu	0.39	0.41	0.45	0.477	0.53	0.5	0.59	0.61	
Ŷ	19	20	22	25	28	29	31	35	
Cs	3.3	3.5	4.5	4.6	4.6	4.9	5.1	5.2	
Та	0.6	0.7	1.1	1.2	1.7	1.9	2.11	2.13	
Hf	4.4	4.7	4.7	5.8	11.3	12.2	12.5	12.8	
Sc	26	30	31	30	25	17	24	16	
Be	2	1	2	2	3	3	3	3	
Ga	19.4	20.9	22.3	21	23	22	20	25	
Sn	9	1	5	7	10	6	11	12	
Th	7.6	7.3	8.2	9.1	10.1	10.5	12.4	13.5	
U	1.6	1	1.5	1.8	2.8	3.3	3.1	3.8	
V	363	193	181	298	92	87	32	14	
W	1.5	1	1.7	1.9	2.3	2.6	2.2	2.3	



شکل ۶. ترسیم نمونه دایکهای بازیک A: در نمودار Irvine and Baragar, 1971) AFM) و B: نمودار K₂O و B: نمودار (Irvine and Baragar, 1971). (and Taylor, 1976).

Fig. 6. Plot basic dikes sample in A: AFM diagram (Irvine and Baragar, 1971) and B: K_2O versus SiO₂ diagrams (Peccerillo and Taylor, 1976).



Fig. 7. Harker diagrams of selected major and trace elements versus Mg# (Harker, 1909).

www.SID.ir

مجله زمينشناسي اقتصادى

الگوی به هنجار شده REE نمونه ها نسبت به کندریت سان و مكدوناو (Sun and McDonough, 1989) نشاندهنده غنی شدگی کم LREE نسبت به HREE است (شکل ۸-A) بیانگر ذوببخشی پایین و یا حضور احتمالی گارنت در خاستگاه است (Martin, 1999). همچنین درجه پایین ذوب بخشى گوشته اوليه را مى توان توسط غنى شدگى عناصر خاکی کمیاب سبک LREE نسبت به تهریشدگی عناصر خاکی سنگین HREE تشخیص داد (Wass and Rogers) (1980. بی هنجاری مثبت کوچک Eu مشاهده شده، بیانگر انباشت يلاژيوكلاز است. الگوى فرورفته REE بەھنجار شده به كندريت، نشاندهنده نقش مشخص جدايش آمفيبول و پيروكسن در ايجاد اين سنگهاست (Gust et al., 1977). حضور هورنبلند به غنیشدگی REEها منجر میشود. همان طور، غنی شدگی کم دیده شده در مقدار Tb در ارتباط با حضور تیتانیت و روتیل است (Thompson et al., 1984; حضور تیتانیت و روتیل Thirlwall et al.,1994). ترسیم دایک ها در نمبودار عنكبوتي عناصر فرعي گوشته اوليه سان و مكدوناو (Sun and McDonough, 1989)، نشاندهنده غنی شدگی Th، Rb و U و تهی شدگی در عناصر Nb ، Ti و p است (شکل ۸–B). آنومالیهای منفی Nb در این نمونهها یا به سنگ منشأ اولیه (گوشته اسپینل) تهی از Nb و یا به حضور کانیهای نگهدارنده Nb در سنگ مادر لرزولیت (مانند روتیل، ایلمنیت و اسپینل، بهعنوان فاز پایدار در هنگام ذوببخشی گوشته) اشاره میکند. همچنین آنومالیهای منفی P نشاندهنده حضور سنگ منشأ اولیه گوشته اسینل تهی از آیاتیت و یا حضور کانیهای نگهدارنده P در سنگ مادر لرزولیت است. با توجه به آنومالی منفی p در تمامی نمونهها سنگ منشأ دارای تھیشدگی است ;Woodhead et al., 1993 ،Th ،Cs و غنی شدگی Gust et al., 1977; Martin, 1999) U و بی هنجاری منفی Ti و Nb مشابه، با مشخصات ژئوشیمی U سنگهای تشکیل شده محیطهای حاشیه قارهای در حاشیه صفحات هم گرا تطابق دارد ,(Arth, 1976; Saunders et al., صفحات هم گرا .1991; Hawkesworth et al., 1993)

علاوه بر این می توان آنومالی منفی Nb و Ti و آنومالی مثبت Pb موجود در نمونه دایکها را در ارتباط با بر هم کنشی و شرکت پوسته در فرآیندهای تشکیل منبع ماگمایی در نظر گرفت (Wilson, 2007). تعیین ماهیت ماگما با استفاده از

نمودار سهتایی Th-Nb/16 - Hf/3 گرفته شده از وود و همکاران (Wood et al., 1979) و نمودار سهتاییZ Zr- Sr/ (Pearce and Cann, و کن Ti/100 ارائه شده توسط پیرس و کن (Ti/100 نشان میدهد که این نمونه سنگها در محدوده (1973 نشان میدهد که این نمونه سنگها در محدوده بازالتهای کالکآلکالن قرار می گیرند (شکل ۹- A و B). با توجه به ماهیت دایکهای مورد بررسی، برای شناسایی Ti/y موقعیت زمینساختاری این نمونهها از نمودار دوتایی – Zr/y Pearce and Norry, از موزه از پیرس و نوری ((1979 ایت (1979) استفاده شد که نمونهها در گستره درون صفحهای قرار گرفتند (شکل ۹- C).

ژئوشیمی ایزوتوپهای Sr و Nd سن کل

آنالیزهای ایزوتوپی سنگ کل با استفاده از ایزوتوپهای Sr-(Jahn et روشهای ارائه شده توسط جان و همکاران Jahn et (Rb ،Sr انجام شد. در این روش، برای انجام محاسبات مرتبط با تعیین سن به روش Rb-Sr، باید میزان Rb ،Sr (توسط روش ICP) و ⁸⁷Sr/⁸⁶Sr (به کمک اسپکترومتر جرمی) سنگ کل اندازه گیری شوند. محاسبه دادهها بر اساس معادله (ICP⁸⁸Sr) ان⁸⁷Sr/⁸⁶Sr = (⁸⁷Sr/⁸⁶Sr و ⁸⁷Sr/⁸⁶Sr = (⁸⁷Sr/⁸⁶Sr) = ⁸⁷Sr/⁸⁶Sr معادله (Ludwig, ایزوکرون) بهدست آمده با استفاده از نرمافزار ارائه شده توسط لودویگ ,2003 (2003) انجام شد. نتیجه نهایی این محاسبات، سن ۲۳۲ میلیون سال را برای دایکهای بازیک میشو نشان میدهد (شکل ۱۰).

⁸⁷Rb, Sr و Rb، Sr ای ⁸⁷Sr/⁸⁶Sr و میزان /Rb و میزان /Rb و میزان /Rb و میزان /Rb و میزان /⁸⁶Sr و Kr ⁸⁷Sr/⁸⁶Sr) محاسبه شده با روش بالا در جدول ۲ آورده شده است. نتایج دادههای حاصل از آنالیزهای ایزوتوپی Rb – Sr و Rb – Sr و Rb – Sr سنگ کل دایکها نشان میدهد مید نمونههای مورد بررسی دارای نسبت بالای ⁸⁷Rb – Sr با Sr/⁸⁶Sr با نمونههای مورد بررسی دارای نسبت بالای ⁸⁷Rb – Sr با Sr/⁸⁶Sr میزان اولیـ ۲ ⁸⁷Rb – Sr با Sr/⁸⁶Sr با نمونههای مورد بررسی دارای نسبت بالای ⁸⁷Sr/⁸⁶Sr با نمونههای مورد بررسی دارای نسبت بالای ⁸⁷Sr/⁸⁶Sr با نمونههای مورد بررسی دارای نسبت بالای ⁸⁷Sr/⁸⁶Sr با در میزان اولیـ ۶ ⁸⁷Sr/⁸⁶Sr با نمونه میزان اولیـ ۲ ⁸⁷Sr/⁸⁶Sr با نمونه میزان ⁸⁷Sr/⁸⁶Sr با Sr/⁸⁶Sr با Sr/⁸⁶Sr با Sr/⁸⁶Sr با Sr/⁸⁶Sr با Sr/⁸⁶Sr با در میزان اولیـ ۲ ⁸⁷Sr/⁸⁶Sr با نمونه میزان ⁸⁷Sr/⁸⁶Sr با در میزان ⁸⁷Sr/⁸⁶Sr با Sr/⁸⁶Sr با Sr/⁸⁷Sr/⁸⁶Sr با Sr/⁸⁶Sr با Sr/⁸⁷Sr/⁸⁶Sr با Sr/⁸⁷Sr/⁸⁶Sr با Sr/⁸⁶Sr با Sr/⁸⁷Sr/⁸⁶Sr با Sr/⁸⁷Sr/⁸⁵Sr با Sr/⁸⁶Sr با Sr/⁸⁷Sr/⁸⁶Sr با Sr/⁸⁷Sr/⁸⁵Sr با Sr/⁸⁷Sr/⁸⁵Sr با Sr/⁸⁶Sr با Sr/⁸⁷Sr/⁸⁵Sr با Sr/⁸⁶Sr با Sr/⁸⁷Sr/⁸⁵Sr با Sr/⁸⁷Sr/⁸⁵Sr با Sr/⁸⁷Sr/⁸⁵Sr با Sr/⁸⁷Sr/⁸⁵Sr با Sr/⁸⁷Sr/⁸⁵Sr با Sr/⁸⁵Sr/⁸⁵Sr با Sr/⁸⁵Sr/⁸⁵Sr با Sr/⁸⁵Sr/⁸⁵Sr با Sr/⁸⁵Sr با Sr/⁸⁵Sr با Sr/⁸⁵Sr/⁸⁵Sr با Sr/⁸⁵Sr/⁸⁵Sr با Sr/⁸⁵Sr با Sr/⁸⁵Sr با Sr/⁸⁵Sr با Sr/⁸⁵Sr با Sr/⁸⁵Sr با Sr/⁸⁵Sr با Sr/⁸⁵Sr/⁸⁵Sr با Sr/⁸⁵Sr با

^{۸۷} نمونهها با کمی انحراف نسبت به ترکیب ارائه گوشتهای قرار می گیرند (Zindler and Hart, 1986) (شکل .(1)

جدایش منشأ این سنگها از پوسته پروتروزوئیک در حدود ۱/۲ تا ۱/۸ میلیارد سال پیش انجام شده است. میزان (Nd(T برای ۲۳۲ میلیون سال پیش در محدوده منفی ۱- تا ۴- قـرار می گیرد؛ به طوری که در پلات (ENd(T) در مقابل نسبت Sr



شکل ۸. A: نمودار عناصر نادر خاکی به هنجار شده با کندریت (Sun and McDonough, 1989) و B: نمودار عناصر کمیاب به هنجار شده با گوشته اولیه (Sun and McDonough, 1989) برای دایکهای میشو

Fig. 8. A: Chondrite -normalized REE diagram (Sun and McDonough, 1989) and B: Primitive mantle normalized trace elements spider diagram ((Sun and McDonough, 1989) for Misho dykes

افزایش #Mg، دلالت بر تبلوربخشی الیوین و Cpx دارد. تطابق منفى بين #Mg و TiO₂ ،Fe₂O₃t و V به تفكيك اکسیدهای Fe-Ti در مراحل نهایی تبلور ماگما دلالت می کند (شــکل ۲). در پـلات CaO در مقابـل#Mg نمونـهها، تطـابق

تبلوربخشى میزان #Mg در دایکهای بازیک میشو دارای طیفے از ۴۵/۵ تا ۶۲/۳ است که دلالت بر تنوعی از فرآیندهای تبلوربخشی در این سنگها دارد (شـکل ۷) و افـزایش Ni و Cr هـمزمـان بـا نسبتاً مثبتی را نشان میدهند که بـه انتقـال فازهـای مافیـک غنی از کلسیم (مانند کلینو پیروکسن) مـرتبط اسـت (شـکل

۲). به عـ لاوه وضعیت پر اکنـ دگی Al₂O₃ در مقابـل #Mg با تبلور بخشی پلاژیو کلاز هم پوشانی دارد (شکل ۷).



شکل ۹. موقعیت نمونههای دایک بازیـک در نمودارهـای A: Ti/100- Zr –Sr/2 :B (Woodhead et al., 1993) Th-Nb/16- Hf/3 :A (Moodhead et al., 1973) و and Cann, 1973 (Pearce and Norry, 1979) Zr/y – Zr .C

Fig. 9. Misho basic dykes in A: Th-Nb/16-Hf/3 (Woodhead et al., 1993), B: Ti/100-Zr-Sr/2(Pearce and Cann, 1973) and C: Zr/y versus Zr (Pearce and Norry, 1979)



Fig. 10. Plote Isocrone line 232Ma age for Misho dykes

Table 2. Isotopic data Nd-Sr for Misho studied samples								
Sample	⁸⁷ Rb/ ⁸⁶ Sr	⁸⁷ Sr/ ⁸⁶ Sr (0)	⁸⁷ Sr/ ⁸⁶ Sr (T=232 Ma)	147Sm/144Nd	¹⁴³ Nd/ ¹⁴⁴ Nd (0)	¹⁴³ Nd/ ¹⁴⁴ Nd (T)	εNd t	TDM
Dyke								
1D	17.140	0.764325	0.707780	0.13790	0.512660	0.512451	-1	1.2
2D	15.439	0.758791	0.707857	0.1224	0.512544	0.512358	-2	1.3
3D	9.132	0.738052	0.707925	0.1315	0.512409	0.512210	-2	1.8
4D	16.850	0.763513	0.707925	0.1288	0.512434	0.512239	-3	1.6
5D	9.220	0.738261	0.707841	0.1302	0.512426	0.512228	-3	1.2

جدول ۲. دادههای ایزوتوپی Nd-Sr نمونههای بررسی شده میشو

ژئوشیمی ایزوتوپهای Rb-Sr و Nd-Sm و پتروژنز دایکهای بازیک ...

The average and 1σ standards samples for JNdi-1 = 0.512096 ± 0.000010 (n = 9) and for NBS 987 = 0.710264 ± 0.00001 (n = 9).

JB-1a as reference sample was measured as the follows; JB-1a; 87 Sr/ 86 Sr = 0.704098 ± 0.000012 (2 σ), 143 Nd/ 144 Nd = 0.512786 ± 0.000010,

εNd(T) calculation was calculated based on the(DePaolo and Wasserburg, 1976).TDM=calculated according to (Jahn et al.; 1999)



(Zindler and Hart, 1986) Mantle Array و MORB موقعیت MORB در مقابل ۳۶۲^{/86}Sr شکل ۱۱. ترسیم ۳۸۵ (Fig. 11. Plot ENd versus ⁸⁷Sr/⁸⁶Sr, MORB and Mantle Arrays are after (Zindler and Hart, 1986)

هضم پوستهای

در طی فرآیندهای تفریق بلوری اشاره میکند ... (Zhai et al.) (2013 (شکل ۱۲–۸). با توجه به تهی شدگی بخش بالایی پوسته قارهای از عنصر Th، بهترین کاندیدا برای آلودگی ماگمای دایکهای بازیک در منطقه میشو، پوسته بالایی در نظر گرفته می شود (Barth et al., 2000). به علاوه تطابق مثبت نشان داده شده در شکل (۲۱–B). بین MgO و مثریق SMd(T)، بیانگر دخالت فرآیندهای AFC (هضم و تفریق بلوری) در طی تکامل ماگمای تشکیل دهنده دایکهای بازیک میشو است (Zhai et al., 2013).

آندسته از دایکهای بازیک که درون محیط قارهای جایگزین میشوند، ممکن است هنگام صعود و یا اقامت در پوسته قارهای، میزان متفاوتی آلایش پوستهای داشته باشند (Mohr) (1987. تهیشدگی از Nb و Ta برای دایکهای میشو (شکل A-A) درگیری کمی از ترکیبات پوسته قارهای با ماگماها را پیشنهاد می کند که بهواسطه حضور پوسته قارهای، تهیشدگی (Rudnick and مست داده است Nb/La میزان Nb/La به هضم پوستهای دایکهای بازیک، با کاهش میزان Nb/Th به هضم پوستهای

منابع گوشته تهی شده و موقعیت زمین ساخت

به گروه بازالتهای کالکآلکالن هستند که در مقایسه با نمونه

دایکهای بازیک کالکآلکالن منطقه امیشان ٔ و نیال دارای تشابه ژئوشیمیایی است (Xu et al., 2001). کلیه دادهها نشان میدهند که دایکهای بازیک میشو متعلق



شکل A.1۲ نمودار Nb/Th در مقابل Nb/La و Nb/La در مقابل MgO (Zhai et al., 2013) و موقعیت دایکهای بازیک منطقه میشو (FC: fractional crystallization; AFC: assimilation and fractional crystallization (Zhai et al., 2013))

Fig. 12. A:Nb/Th versus Nb/La diagram (Zhai et al., 2013) and B: ENd versus MgO for Misho basic dykes. (FC: fractional crystallization; AFC: assimilation and fractional crystallization.values are after (Zhai et al., 2013)

اقیانوس پالئوتتیس در طی پرمین بسته شده است و شواهدی مبنی بر حضور پوسته اقیانوسی در ارتفاعات میشو بهجای گذاشته است. بهدنبال بسته شدن يالئوتتيس و موقعيت زمین ساخت کششی پس از برخورد در حاشیه قاره، مجموعه گرانیتهای تیپ A₂ و سینیتهای میشو تشکیل شدهاند (Ahankoub et al., 2013). سپس بهواسطه حضور زونهای کششی فعال در منطقه، ماگمای مافیک با منشأ گوشته تهی شده و کمی آلایش یوسته و متفاوت از ترکیب آرایه گوشتهای تشکیل شده و بهدرون یوسته تزریق شده است.

موقعيت ژئوديناميكي

تمامی اسناد ارائه شده نشان میدهد که یک موقعیت تکتونیک در حاشیه قارهای فعال در طی پالئوزوئیک بهوجود آمده که به جایگیری دایکهای بازیک بهدرون پوسته قارهای منجر شده است. یکی از عوامل به وجود آورنده موقعیتهای کششی، فرآیندهای Break-up است که بر اساس نظریه آهنکوب (Ahankoub, 2011) به تشکیل زونهای کششـی در موقعیت پس از برخورد در حاشیه فعال قارهای منجر شده و در نهایت به تشکیل دایکهای بازیک منجـ شـدهاند. دادههـای

غنی شدگی LILE و LILE در نمونههای میشو مشابه بازالتهای جزایر اقیانوسی OIB است. از طرفی آنومالی منفی Nb و Ti در الگوی عناصر کمیاب به آلایش پوستهای ماگمای دایکهای میشو، بیش از بازالتهای کمانهای آتشفشانی دلالت می کند. مقادیر منفی ENd(T) هر کدام از نمونهها به طور جداگانه، با اشتقاق این سنگها از یک منبع گوشته تهیشده اشاره میکند که از نظر ترکیب شیمیایی تفاوتی را نسبت به ترکیب آرایه گوشتهای داشته و دارای علایم مرتبط با نشانههای آلایش یوستهای است. همگی این ویژگیها با سنگهای بازیک درون صفحهای پرمین تیان هیمالیا و بازال تهای فقیر از Ti منطقه امیشان قابل مقایسهاند (Xu et) .al., 2001; Chauvet at al., 2008; Zhu et al., 2010) مقایسه دایکهای میشو با دایکهای پالئوزوئیک مرتبط با زونهای کششے، نشاندهنده ویژگیهای تقریباً یکسان نمونههای میشو با نمونههای ذکر شده است که سرگذشت یکسانی را بیان میکنند که همگی به حضور منبع گوشتهای دلالت می کند (BGMR, 1993; Xiao et al., 2004). در مدارک ارائه شده توسط سکانی و همکاران (Saccani et al., (2013 با استناد به دلایل ایزوتوپی نشان داده شده که

^{1.} Emeishan

411

است که در مقایسه با ترکیب آرایه گوشتهای انحراف نشان میدهد. این ماگما پس از تشکیل در طی فرآیندهای صعود درگیر فرآیندهای AFC نیز شده است و بهدلیل چنین مؤلفههای دایکهای مورد نظر، از نظر ویژگیهای ژئوشیمیایی دارای ماهیت کالکآلکالن بوده است و آنومالی منفی Nb و Ti در الگوی عناصر کمیاب نشان میدهند.

قدردانی

نویسندگان، از پروفسور یاماموتو مدیر محترم گروه ژئوشیمی جهت همکاریهای علمی دلسوزانه و سخاوتمندانه در این پژوهش صمیمانه سپاس گزاری میکنند. همچنین از داوران محترم مجله زمینشناسی اقتصادی برای راهنماییهای ارزنده قدردانی میشود.

Reference

- Ahankoub, M., 2012. Petrogenesis and geochemistry east Misho granitoides (NW of Iran). Ph.D. Thesis, Tabriz University, Tabriz, Iran, 171 pp. (in Persian with English abstract)
- Ahankoub, M., Jahangiri, A., Asahara, Y. and Moayyed, M., 2013. Petrochemical and Sr-Nd isotope investigations of A-typegranites in the east of Misho, NW Iran. Arabian Journal Geoscience, 6(12): 4833-4849.
- Amini, S., Ravankhah, A. and Moayyed, M., 2008. Petrology and petrogenesis Divan Daghi igneous rocks-Ghare Goaes north Marand (East Azarbayejan). Iranian Journal of Crystallography and Mineralogy, 2(16):249-264. (in Persian with English abstract)
- Arth, J.G., 1976. Behaviour of trace elements during magmatic processes a summary of theoreticalmodels and their applications. Journal of research of the U.S. Geological Survey, 4(1): 41–47.
- Asadiyan, A., Mirzaie, R., Mohajel, M. and Hajalilo, B., 1994. Geological map of Marand, scale 1/100,000. Geological Survey of Iran.
- Barth, M.G., McDonough, W.F. and Rudnick, R.L., 2000. Tracking the budget of Nb and Ta in the continental crust. Chemical Geology, 165(3): 197–213.
- BGMR (Bureau of Geology and Mineral Resources of Xizang Autonomous Region), 1993. Regional Geology of Xizang (Tibet) Autonomous Region. Geological Publishing

ایزوتوپی نشان میدهد که سنگ منشأ دایکهای میشو در ۱/۲ تا ۱/۸ میلیارد سال پیش از پوسته پروتروزوئیک جدا شده است و پس از یک توقف طولانی در گوشته، پس از تشکیل موقعتهای کششی ایجاد شده در ۲۳۲ میلیون سال در منطقه میشو تشکیل شدهاند. به علاوه این دایکها در طی صعود مقداری فرآیندهای AFC را تجربه کردهاند.

نتيجهگيرى

پژوهش حاضر تعیین می کند که به دنبال بسته شدن اقیانوس پالئوتتیس در شمال غرب ایران و تشکیل زونهای کششی پس از برخورد در درون صفحه قارهای، دایکهای بازالتی در ۲۳۲ میلیون سال پیش در ارتفاعات میشو تشکیل شده است. دادههای ایزوتوپی (T)Nd و 8⁸⁸/sr⁸⁶ نمونها نشان میدهد که این ماگما از یک گوشته تهی شده منشأ گرفته

House, Beijing. (in Chinese with English abstract)

- Chauvet, F., Lapierre, H., Bosch, D., Guillot, S., Mascle, G., Vannay, J.C., Cotton, J., Brunet, P. and Keller, F., 2008. Geochemistry of the Panjal Traps basalts (NW Himalaya): records of the Pangea Permian break-up. Bulletin de la Société Géologique de France, 179(4): 383– 395.
- Cox, K.G., Bell, J.D. and Pankhurst, R.J., 1979. The Interpretation of Igneous Rocks. George Allen and Unwin, London, 450 pp.
- DePaolo, D.J. and Wasserburg, G.J., 1976. Nd isotopic variations and petrogenetic models. Geophysical Research Letters, 3(5): 249–252.
- Eftekharnejad, J., 1981. Tectonic division of Iran with respect to sedimentary basins. Journal of Iran Petroleum Society, 82(3): 19–28. (in Persian with English abstract)
- Ernst, R.E. and Buchan, K.L., 2001. Large mafic magmatic events through time and links to mantle plume heads. In: R.E. Ernst and K.L. Buchan, (Editors), Mantle plumes: their identification through time. Geological Society of America, pp. 483–575.
- Ernst, R.E., Buchan, K.L. and Campbell, I.H., 2005. Frontiers in Large Igneous Province research. Lithos, 79: 271–297.
- Ferrari, O.M., Hochard, C. and Stampfli, G.M., 2008. An alternative plate tectonic model for the Palaeozoic–Early Mesozoic Palaeotethyan

evolution of Southeast Asia (Northern Thailand–Burma). Tectonophysics, 451(4): 346–365.

- Gust, D.A., Arculus, R.A. and Kersting, A.B., 1977. Aspects of magma sources and processes in the Honshu arc. The Canadian Mineralogist, 35(2): 347-365.
- Harker, A.,1909. The natural history of igneous rocks. Macmillan, New York, 384 pp.
- Hawkesworth, C.J., Gallagher, K., Hergt, J.M. and McDermott, F., 1993. Mantle and slab contributions in arc magmas. Annual Review of Earth and Planetary Sciences, 21(10): 175– 204.
- Irvine, T.N. and Baragar, W.R.A., 1971. Guide to chemical classification of common volcanic rocks. Canadian Journal of Earth Sciences, 8(5): 523–548.
- Jahn, B.M., Wu, F., Lo, C.H. and Tsai, C.H., 1999. Crustal-mantle interaction induced by deep subduction of the continental crust: geochemical and Sr–Nd isotopic evi-dence from post-collision mafic–ultramaic intrusions of the northern Dabie complex, Central China. Chemistry Geology, 157(1): 119–1141.
- Kertz, R., 1983. Symbols for rock-forming minerals. American Mineralogist, 68(1-2): 277-279.
- Lapierre, H., Samper, A., Bosch, D., Maury, R.C., Bechennec, F., Cotton, J., Demant, A., Brunet, P., Keller, F. and Marcoux, J., 2004. The Tethyan plume: geochemical diversity of Middle Permian basalts from the Oman rifted margin. Lithos, 74(3-4): 167–198.
- Ludwig, K.R., 2003. User's Manual for Isoplot/Ex, Version 3.00, A Geochronological Toolkit for Microsoft Excel. Berkeley, Berkeley Geochronology Center Special Publication, 4, 70 pp.
- Martin, H, 1999. Adakitic magmas: modern analogues of Archaean granitoids. Lithos, 46(3): 411–429.
- Metcalfe, I., 2006. Paleozoic and Mesozoic tectonic evolution and palaeogeography of East Asian crustal fragments: the Korean Peninsula in context. Gondwana Research, 9(1-2): 24–46.
- Moayyed, M. and Hossainzade, G., 2011. Petrology and petroghraphy of A- type Granitoides of the East-Misho Mountain with theory on its geodynamic importance. Journal of Mineralogy and Crystalography, 3(19): 529–544. (in Persian with English abstract)

- Mohr, P.A., 1987. Crustal contamination in mafic sheets: a summary. In: H.C. Halls, And W.C. Fahrig, (Editors), Mafic dyke swarms. Special Publication Geological Association of Canada, 34(2):75–80.
- Pearce, J.A. and Cann, J.R., 1973. Tectonic setting of basic volcanic rocks determined using trace element analysis. Earth Planetary Sciences Letters, 19(2): 290-300.
- Pearce, J.A. and Norry, M.J., 1979. Petrogenetic Implications of Ti, Zr, Y, and Nb Variations in Volcanic Rocks. Contributions to Mineralogy and Petrology, 69(1): 33-47.
- Peccerillo, A. and Taylor, S.R., 1976. Geochemistry of Eocene calc-alkaline volcanic rocks from the Kastamonu area, northern Turkey. Contribution Mineralogy Petrology, 58(1): 63–81.
- Rudnick, R.L. and Fountain, D.M., 1995. Nature and composition of the continental crust: a lower crustal perspective. Reviews of Geophysics, 33(3): 267–309.
- Saccani, E., Azimzadeh, Z., Dilek, Y. and Jahangiri A., 2013. Geochronology and Petrology of the Early Carboniferous Misho Mafic Complex (NW Iran), and Implications for the Melt Evolution of Paleo-Tethyan Rifting in Western Cimmeria. Lithos, 162-163(3): 264-278.
- Saunders, A.D., Norry, M.J. and Tarney, J., 1991. Fluid influence on the trace element compositions of subduction zone magmas. The Royal Society, London, 355(1273): 377-392.
- Sengor A.M.C., 1979. Mid-Mesozoic closure of Permo-Triassic Tethys and its implications. Nature, 279(5714): 590–593.
- Sengor, A.M.C., 1987. Tectonics of the Tethysides: Orogenic collage development in a collisional setting. Annual Review of Earth and Planetary Sciences, 15(2): 213–244.
- Shand, S.J., 1943. Eruptive Rocks, Their Genesis, Composition, Classification, and Their Relation to Ore-Deposits with a Chapter on Meteorite. John Wiley & Sons, New York, 444 pp.
- Stocklin, J., 1968. Structural history and tectonics of Iran; a review. American Association of Petroleum Geologists Bulletin, 52(6): 1229– 1258.
- Sun, S.S. and McDonough, W.F., 1989. Chemical and isotopic systematic of ocean basalts: implications for mantle composition and process. In: A.D. Saunders and M.J. Norry

417

(Editors.), Magmatism in the Ocean Basins. Geological Society, London, pp. 313–345.

- Tanaka, T., Togashi, S., Kamioka, H., Amakawa, H., Kagami, H., Hamamoto, T. and Yuhara, M., 2000. JNdi-1: a neodymium isotopic reference in consistency with LaJolla neodymium. Chemical Geology, 168(3-4): 279–281.
- Thirlwall, M.F., Smith, T.E., Graham, A.M., Theodorou, N., Hollings, P., Davidson, J.P. and Arculus, R.J., 1994. High field strength element anomalies in arc lavas; source or process? Journal of Petrology, 35(3): 819–838.
- Thompson, R.N., Morrison, M.A., Hendry, G.L. and Parry, S.J., 1984. An assessment of the relative roles of crust and mantle in magma genesis: an elemental approach. The Royal Society, London, 310(1514): 549–590.
- Vannay, J.C. and Spring, L., 1993. Geochemistry of the continental basalts within the Tethyan Himalaya of Lahul–Spiti and SE Zanskar, northwest India. Geological Society, London, 74(1): 237–249.
- Wass, S.Y. and Rogers, N.W., 1980. Mantle metasomatism- precursor to alkaline continental volcanism. Geochimica et Cosmochimica Acta, 44(11): 1811- 1823.
- Wilson, M., 2007. Igneous Petrogenesis. Springer Verlag, London, 466 pp.
- Wood, D.A., Joron, J.L. and Treuil, M., 1979. A re-appraisal of the use of trace elements to classify and discriminate between magma series erupted in different tectonic settings. Earth and Planetary Science Letters, 45(2): 326–336.
- Woodhead, J., Eggins, S. and Gamble, J., 1993. High field strength and transition element systematic in island arc and back-arc basin basalts: evidence for multi-phase melt extraction and a deoleted mantle wedge. Earth

and Planetary Science Letters, 114(4): 491-504.

- Xiao, L., Xu, Y.G., Mei, H.J., Zheng, Y.F., He, B. and Pirajno, F., 2004. Distinct mantle sources of low-Ti and high-Ti basalts from the western Emeishan Large Igneous Province, SW China: implications for plume–lithosphere interaction. Earth and Planetary Science Letters, 228(3-4): 525–546.
- Xu, Y.G., Chung, S.L., Jahn, B.M. and Wu, G.Y., 2001. Petrologic and geochemical constraints on the petrogenesis of Permian–Triassic Emeishan flood basalts in southwestern China. Lithos, 58(3): 145–168.
- Yin, A. and Harrison, T.M., 2000. Geologic evolution of the Himalayan–Tibetan orogeny. Annual Review of Earth and Planetary Sciences, 28(1): 211–280.
- Zhai, Q.G., Jahn, B.M., Su, L., Ernst, R.E., Wang, K.L., Zhang, R.Y., Wang, J. and Tang, W., 2013.SHRIMP zircon U–Pb geochronology, geochemistry and Sr–Nd–Hf isotopic compositions of a mafic dyke swarm in the Qiangtang terrane, northern Tibet and geodynamic implications. Lithos, 174: 28–43.
- Zhu, D.C., Chung, S.L., Mo, X.X., Zhao, Z.D., Niu, Y.L., Song, B. and Yang, Y.H., 2009. The 132 Ma Comei–Bunbury Large Igneous Province: remnants identified in presentday southeastern Tibet and southwestern Australia. Geology, 37(7): 583–586.
- Zhu, D.C., Mo, X.X., Zhao, Z.D., Niu, Y.L., Wang, L.Q., Chu, Q.H., Pan, G.T., Xu, J.F. and Zhou, C.Y., 2010. Presence of Permian extension- and arc-type magmatism in southern Tibet: paleogeographic implications. Geological Society of America Bulletin, 122(7-8): 979–993.
- Zindler, A. and Hart, S., 1986.Chemical geodynamics. Annual Reviow Earth Planet Science, 14 (A87-13190 03-46): 493-571.

Journal of Economic Geology Vol. 8, No. 2 (2016-2017) ISSN 2008-7306



Rb-Sr and Nd-Sr isotope geochemistry and petrogenesis of the Misho Mountains mafic dikes (NW Iran)

Maryam Ahankoub^{1*} and Yoshihiro Asahara²

 Department of Geology, Payame Noor University, Iran
Department of Earth and Planetary Sciences, School of Science and Graduate School of Environmental Studies, Nagoya University, Nagoya, Japan

> Submitted: Feb. 22, 2014 Accepted: Sept. 30, 2015

Keyword: Misho Mountain, Basic dyke, isotopic data, Nd-Sr, Calc-alkaline, extensional zone

Introduction

There are some theories about the Paleotethys event during the Paleozoic that have been proposed by geologists (Metcalfe, 2006). Some scientist offered some pieces of evidence about the northern margin of Gondwana (Zhu et al., 2010). The Paleotethys Ocean and Hercynian orogenic report first in Iran, have been Offered from the Morrow and Misho Mountain (Eftekharneiad, 1981). Misho Mountains is located between the north and south Misho faults and cause the formation of a positive flower structure (Moayyed and Hossainzade, 2011). There is theory about Misho southern fault as the best candidate of the Paleotethys suture zone (Moayyed and Hossainzade, 2011). Geochemistry and Sr -Nd isotopic data of the A2 granitic and Synite rocks of the East Misho, indicate that the magmatism post collision has occurred in the active continental margin by extensional zones of the following the closure of the Paleotethys (Ahankoub, 2012). Granite and syenite rocks have been cut by mafic dikes. Mafic dikes are often formed in extensional tectonic settings related to mantle plume or continental break -up (Zhu et al., 2009). In this paper, we use the geochemistry and Nd-Sr isotope data to determined petrogenesis, tectono-magmatic setting and age of Misho mafic dikes.

Materials and methods

After petrography study of 30 thin sections of mafic dike rocks, 8 samples were selected for whole-rock chemical analyses using ICP-MS and ICP-AES instruments by ACME Company in Vancouver, Canada. We prepared 6 sample For Sm-Nd and Rb-Sr analysis. Sr and Nd isotope ratios were measured with a thermal ionization mass spectrometer, VG Sector 54–30 at the Nagoya University. The isotope abundances of Rb, Sr, Nd, and Sm were measured by the ID method with a Finnigan MAT Thermoquad THQ thermal ionization quadrupole mass spectrometer at the Nagoya University. NBS987 and JNdi-1 were measured as natural Sr and Nd isotope ratio standards (Tanaka et al., 2000). Averages and 2σ errors for the repeated analyses of the standards during this study were as follows: NBS987 ⁸⁷Sr/⁸⁶Sr=0.710264± 0.00001 (1 σ , n=9) and JNdi-1 ¹⁴³Nd/¹⁴⁴Nd= 0.512097± 0.00001 (1 σ , n=9).

Results

Results of the ICP-AES and ICP-MS analysis present that dikes chemical compounds contain $SiO_2 = 50.94 - 48.3\%$, $TiO_2 = 1.53 - 1.43\%$, $Al_2O_3 = 16.37 - 15.64$ and MgO = 6.61 - 5.54. Major and trace elements display the natural of the with in plate Calc-Alkalin basalts of the metaluminous. Amounts of the Mg # indicate the variety of the fractional crystallization processes (ol and Cpx) in these rocks. Also, the low Nb / La refers to crustal assimilation during fractional crystallization processes. Chondrite-normalized REE patterns of the samples (Sun and McDonough, 1989), indicate an enrichment LREE / HREE because of low partial melting of garnet in the source (Martin, 1999). The low degree of partial melting of the mantle caused LREE enriched to HREE (Wass and Rogers, 1980). There are Eu Positive anomalies that are due to the accumulation of plagioclase. REE normalized patterns to Chondrite point out the enrichment REE and Tb samples by separation amphibole, pyroxene, Hornblende, titanite and rutile (Thirlwall et al., 1994).

*Corresponding authors Email: m.ahankoub@pnu.ac.ir

Spider diagram (Sun and McDonough, 1989) displays enrichment Rb, Th and U elements and depletion in Nb, Ti and p because of source depletion or Nb minerals existence (such as rutile, ilmenite and spinel).

Enrichment Cs, Th, U, Nb and Ti, p negative anomalies of the mafic dike are similar to geochemical characteristics of continental margin rocks. Nb, Ti negative anomalies and Pb positive anomalies demonstrate the interference of the crust in magmatic source (Martin, 1999).

The TDM model ages of mafic dikes are 1.2 - 1.8 milliard years that show time of the separation of the source of mafic rocks of the Proterozoic crust. Also Sr-Rb data indicate the formation of Misho mountain mafic dikes at 232 ma years age. The ϵ Nd (T) is -1 to -4 that indicates the array mantel component of the mafic dike.

Discussion

Geochemistry data indicate that Misho mafic dikes are similar to calc-alkaline basalts of the oceanic island basalts (OIB) whereas Nb and Ti negative anomalies of the trace elements patterns are similar to crustal contamination. Negative amount of the ϵ Nd(T) indicated depleted mantel source (array mantel) with some continental crust contamination during AFC processes .

Base on the results of analysis, the upper crust is the best candidates for magma contamination of the mafic dikes in Misho.

Isotopic data indicated to replace mafic dike 232ma years ago by closing of paleotethys and forming the extension zone (break up) in active continental margin.

Acknowledgement

We thank Professor Yamamoto, head of geochemistry department of the Nagoya University for help .We are grateful to professor Karimpour, Chief Editor of the Journal of Economic Geology, and three anonymous reviewers for their constructive suggestions and comments.

Reference

Ahankoub, M., 2012. Petrogenesis and geochemistry east Misho granitoides (NW of Iran). Ph.D. Thesis, Tabriz University, Tabriz, Iran, 171 pp. (in Persian with English abstract)

Eftekharnejad, J., 1981. Tectonic division of Iran with respect to sedimentary basins. Journal of

Iran Petroleum Society, 82(3): 19–28. (in Persian with English abstract)

- Martin, H, 1999. Adakitic magmas: modern analogues of Archaean granitoids. Lithos, 46(3): 411–429.
- Metcalfe, I., 2006. Paleozoic and Mesozoic tectonic evolution and palaeogeography of East Asian crustal fragments: the Korean Peninsula in context. Gondwana Research, 9(1-2): 24–46.
- Moayyed, M. and Hossainzade, G., 2011. Petrology and petroghraphy of A- type Granitoides of the East-Misho Mountain with theory on its geodynamic importance. Journal of Mineralogy and Crystalography, 3(19): 529–544. (in Persian with English abstract)
- Sun, S.S. and McDonough, W.F., 1989. Chemical and isotopic systematic of ocean basalts: implications for mantle composition and process. In: A.D. Saunders and M.J. Norry (Editors.), Magmatism in the Ocean Basins. Geological Society, London, pp. 313–345.
- Tanaka, T., Togashi, S., Kamioka, H., Amakawa, H., Kagami, H., Hamamoto, T. and Yuhara, M., 2000. JNdi-1: a neodymium isotopic reference in consistency with LaJolla neodymium. Chemical Geology, 168(3-4): 279–281.
- Thirlwall, M.F., Smith, T.E., Graham, A.M., Theodorou, N., Hollings, P., Davidson, J.P. and Arculus, R.J., 1994. High field strength element anomalies in arc lavas; source or process? Journal of Petrology, 35(3): 819–838.
- Wass, S.Y. and Rogers, N.W., 1980. Mantle metasomatism- precursor to alkaline continental volcanism. Geochimica et Cosmochimica Acta, 44(11): 1811- 1823.
- Zhu, D.C., Chung, S.L., Mo, X.X., Zhao, Z.D., Niu, Y.L., Song, B. and Yang, Y.H., 2009. The 132 Ma Comei–Bunbury Large Igneous Province: remnants identified in presentday southeastern Tibet and southwestern Australia. Geology, 37(7): 583–586.
- Zhu, D.C., Mo, X.X., Zhao, Z.D., Niu, Y.L., Wang, L.Q., Chu, Q.H., Pan, G.T., Xu, J.F. and Zhou, C.Y., 2010. Presence of Permian extension- and arc-type magmatism in southern Tibet: paleogeographic implications. Geological Society of America Bulletin, 122(7-8): 979–993.