

شرایط اکسیداسیون و احیا نهشته‌های پرمین بالایی ناحیه جلفا، شمال غرب ایران

سکینه عارفی فرد

استادیار گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه لرستان، خرم آباد، ایران

arefi.s@lu.ac.ir

چکیده: در این مطالعه شرایط اکسیداسیون و احیا در شیل‌های پرمین بالایی دو برش آلی‌بازی و زال در ناحیه جلفا با استفاده از عناصر کمیاب حساس به اکسیداسیون و احیا جهت بررسی وضعیت ژئوشیمیایی آب دریا در طی پرمین بالایی و قبل و بعد از افق انقراض مورد مطالعه قرار گرفته است. بر اساس مقادیر نسبت‌های $V/(V+Ni)$ و V/Cr شرایط اکسیداسیون و احیا در طول توالی پرمین بالایی در هر دو برش مورد مطالعه از اکسیک-دیزاکسیک به ساب‌اکسیک تغییر می‌کند و در عضو ارس (به سن بالاترین بخش چنگسینکین) که بلافاصله بعد از افق انقراض قرار گرفته این دو نسبت در مقایسه با سایر بخش‌های توالی افزایش قابل محسوسی را نشان می‌دهند. بررسی نسبت‌های Mo/U در جازا در هر دو برش موید کمتر بودن آن از نسبت مولار Mo/U آب کف دریا (تقریباً $7/5$ تا $7/9$) است و نمودار Mo_{EF} در مقابل U_{EF} قرارگیری نمونه‌های دو برش را در زون‌های اکسیک-دیزاکسیک تا ساب‌اکسیک نشان می‌دهد. با توجه به نتایج بدست آمده گرچه که شواهدی از کمبود اکسیژن در طول توالی‌های پرمین بالایی وجود دارد ولی فقدان کامل اکسیژن و شرایط آنکسیک در افق انقراض اتفاق نیافتاده و حتی در عضو ارس تنها شرایط ساب‌اکسیک وجود داشته است.

واژگان کلیدی: اکسیداسیون و احیا، پرمین پسین، شرایط هوازی، جلفا

۱- مقدمه

در انقراض انتهای پرمین، شدیدترین حادثه انقراض در طی فانروزوئیک، با از بین رفتن بیش از ۹۲ درصد گونه‌های دریایی و خشکی همراه بوده که با مرحله بهبود نسبتاً کند در طی تریاس آغازی دنبال شد (Erwin, 2006). شرایط بی‌هوازی اقیانوس (Wignall and Hallam, Cao et al., 2009; Brenneke et al., 2011) و فعالیت ولکانیکی با مقیاس بزرگ (Courtillot, 1999; Bond and Wignall, 2014) از جمله مهمترین عوامل انقراض دسته جمعی اواخر پرمین هستند. همچنین تقارن و همزمانی ولکانیسم سیری و انقراض دسته جمعی در مطالعات زیادی مورد توجه قرار گرفته است (Courtillot and Olson, 2007; Burgess and Bowering, 2015; Burgess et al., 2017). ورود مقادیر بالای دی‌اکسیدکربن و متان گمان می‌رود که منجر به گرم شدن جهانی آب و هوا (Joachimski et al.,

هشتمین همایش ملی انجمن رسوب شناسی ایران



8th Symposium of Sedimentological Society of Iran / 31 Jan - 1 Feb 2024
University of Hormozgan

۱۱ و ۱۲ بهمن ماه ۱۴۰۲
دانشگاه هرمزگان

(Payne et al., 2007; Bond and Grasby, 2012; Saitoh and Isozaki, 2021) و نیز اسیدی شدن اقیانوس (Penn et al., 2018) مقادیر بسیار کم اکسیژن (هیپوکسی) که وابسته به درجه حرارت می باشد را عامل اصلی انقراض انتهای پرمین معرفی کرده اند. در سال های اخیر مطالعات گسترده ای بر روی شرایط اکسیداسیون و احیا بعنوان محرک اصلی و اولیه فقدان ارگانیسیم های دریایی در انتهای پرمین صورت گرفته ولی زمان شروع و شدت شرایط بی هوازی اقیانوسی هنوز مشخص نیست و نیاز به تحقیق بیشتر دارد (Algeo et al., 2010; Yano et al., 2020). برش های زال و آلی باشی در ناحیه جلفا در شمال غرب ایران با داشتن رسوبات پیوسته در گذر از پرمین-تریاس از برش های شناخته شده در مقیاس جهانی می باشند که برای مطالعه شرایط اکسیداسیون و احیا در پرمین بالایی بسیار مناسب می باشند. وجود شیل ها و آهک های قرمز رنگ، آشفتنگی زیستی بالا و تنوع زیاد ماکرو- و میکروفسیل ها در رسوبات پرمین بالا و در مرز پرمین-تریاس در برش های آباده و جلفا به عنوان شواهدی برای شرایط با اکسیژن بالا پیشنهاد شده است (Heydari et al., 2000; Kuzor, 2007; Leda et al., 2014). از طرف دیگر نتایج بدست آمده از مطالعه $\delta^{13}C_{carb}$, $\delta^{86}Sr$, $\delta^{87}Sr$ و $\delta^{34}S$ در رسوبات چنگسینکین بالایی و تریاس آغازی وجود شرایط بی هوازی را برای در مرز پرمین-تریاس در برش آباده پیشنهاد می کند (Korte et al., 20014). در هیچ یک از مطالعات پیشین به بررسی شرایط اکسیداسیون و احیا در طول پرمین پسین و قبل از انقراض پرمو-تریاس در برش های آلی باشی و جلفا پرداخته نشده است. در این مطالعه سعی بر این است تا با استفاده از عناصر کمیاب حساس به اکسیداسیون و احیا نظیر U, Mo, V, Cr و Ni شرایط ژئوشیمیایی آب دریا در زمان پرمین پسین و در گذر از مرز پرمو-تریاس بررسی شود. نتایج این مطالعه همچنین به درک بیشتر ما از وجود یا عدم وجود شرایط بی هوازی در انقراض انتهای پرمین در دو برش شناخته شده زال و آلی باشی در ناحیه جلفا کمک خواهد نمود.

۲- لیتواستراتیگرافی برشهای مورد مطالعه

برش های مورد مطالعه در ناحیه جلفا در شمال غرب ایران قرار گرفته و شامل برش آلی باشی با مختصات جغرافیایی "۲۷° ۵۶' ۳۸° عرض شمالی و "۴۲' ۳۰' ۴۵° طول شرقی در ۹ کیلومتری غرب جلفا و برش زال با مختصات جغرافیایی "۵۸' ۴۳' ۳۸° عرض شمالی و "۴۱' ۳۴' ۴۵° طول شرقی در ۲۵ کیلومتری جنوب غرب جلفا و ۲/۵ کیلومتری شمال روستای زال می باشند. در دو برش آلی باشی (به ضخامت ۶۱/۵ متر) و زال (به ضخامت ۵۹/۱ متر) رسوبات پرمین بالایی شامل سازند جلفا (۳۵/۵ متر در برش آلی باشی و ۳۴ متر در برش زال) به سن وچیاپینگین و سازند آلی باشی (۲۳/۵ متر در برش آلی باشی و ۲۱ متر در برش زال) به سن چنگسینگین می باشد (شکل ۲). سازند جلفا با توجه به تغییر رنگ لیتوژی و تفاوت های فونایی در بخش های زیرین و بالایی به دو بخش طبقات جلفای زیرین (۲۰/۵ متر در برش آلی باشی و ۲۲

هشتمین همایش ملی انجمن رسوب شناسی ایران



8th Symposium of Sedimentological Society of Iran / 31 Jan - 1 Feb 2024
University of Hormozgan

۱۱ و ۱۲ بهمن ماه ۱۴۰۲
دانشگاه هرمزگان

متر در برش زال) و طبقات جلفای بالایی (۱۵ متر در برش آلی‌بازی و ۱۳ متر در برش زال) تقسیم می‌شود. سازند آلی‌بازی به عضو زال (۱۹ متر در برش آلی‌بازی و ۱۷ متر در برش زال)، سنگ آهک پاراتیرولیتس‌دار (۴/۵ متر در هر دو برش) و عضو ارس (۰/۵ متر در هر دو برش) تقسیم می‌شود که بر روی آن بطور همشیب آهک‌های نازک لایه سازند الیکا به سن تریاس زیرین قرار گرفته‌اند. طبقات جلفای زیرین شامل تناوب شیل و آهک‌های خاکستری نازک تا متوسط لایه هستند. در طبقات جلفای بالایی لیتولوژی آهکی غالب بوده که شامل آهک‌های قرمز تا صورتی است و در بخش‌های زیرین و میانی با تعدادی تناوب‌های شیلی قرمز رنگ همراه می‌باشد. عضو زال با ویژگی شیل‌های قرمز رنگ و بعضی میان لایه‌های آهکی قرمز نازک مشخص می‌شود که بر روی آن آهک‌های نودولار و صخره ای پاراتیرولیتس‌دار قرار می‌گیرند. عضو ارس (Aras Member) یا رس مرزی (Boundary Clay) شامل شیل‌های مایل به سبز تا خاکستری روشن است که بر روی آنها آهک‌های ورقه‌ای سازند الیکا قرار می‌گیرد. بر طبق مطالعات اخیر افق انقراض در برش‌های پرمین‌بالایی-تریاس زیرین در دو برش آلی‌بازی و زال بلافاصله در زیر اسفنج پکستون واقع در راس آهک‌های پاراتیرولیتس‌دار در زیر عضو ارس قرار می‌گیرد (لدا و همکاران، ۲۰۱۴).

۳- نتایج

مقادیر مولیبدن در جازا در برش آلی‌بازی بین ۲/۲۶ و ۶/۲ (میانگین ۳/۶۸) و در برش زال بین ۲/۲۶ و ۷/۶ (میانگین ۴/۵۲) تغییر می‌کند (جدول ۲ و ۳). در برش آلی‌بازی مقادیر اورانیوم در جازا بین ۵/۹۹ و ۲۱/۱۸ (میانگین ۱۰/۸۳) و در برش زال بین ۵/۷۷ و ۲۳/۲۶ (میانگین ۱۱/۱۸) تغییر می‌کند. نسبت‌های V/Cr و $V/(V+Ni)$ در مطالعات دیگر برای ارزیابی شرایط اکسیداسیون و احیا استفاده شده است (Hatch and Leventhal, 1992; Jones, B., Manning, 1994; Wignall et al., 2007; Zhou et al., 2012). نسبت‌های V/Cr کوچکتر از ۲ را برای شرایط اکسیدی، ۴/۲۵-۲ را برای شرایط دیزاکسیک و بیشتر از ۴/۲۵ را برای شرایط ساب اکسیک تا انکسیک در نظر گرفته شده‌اند (Jones and Manning, 1994). هچ و لونتال (Hatch and Leventhal, 1994) با مقایسه نسبت‌های $V/(V+Ni)$ با سایر معرف‌های ژئوشیمیایی اکسیداسیون و احیا شامل درجه پیریتی شدن (Degree of pyritization or DOP) نسبت‌های بزرگتر از ۰/۸۴ را برای شرایط یوکسینیک، ۰/۸۲-۰/۵۴ را برای آب‌های انکسیک و ۰/۴-۰/۶ را برای شرایط دیزاکسیک پیشنهاد کردند. نسبت‌های V/Cr و $V/(V+Ni)$ به ترتیب بین ۰/۳۳ و ۰/۵۸ (میانگین ۰/۵۰) و بین ۰/۴۳ و ۲/۸۸ (میانگین ۱/۹۸) در برش آلی‌بازی تغییر می‌کند. در برش زال این نسبت‌های بین ۰/۳۱ و ۰/۵۹ (میانگین ۰/۴۹) برای $V/(V+Ni)$ و بین ۰/۲۱ و ۲/۷۹ (میانگین ۱/۴) برای V/Cr می‌باشد. نسبت U/Mo در طول چین‌های پرمین‌بالایی در

هر دو برش تغییرات جزئی نشان می‌دهد ولی در قاعده عضو ارس دارای تفاوت فاحش با شیل‌های قبل از خود می‌باشد که نشان‌دهنده تغییرات در شرایط اکسیداسیون و احیا است.

۴- شرایط اکسیداسیون و احیا در برش‌های آلی‌بازی و زال

رسوبات پرمین‌بالایی در دو برش مورد مطالعه بطور کلی نشان‌دهنده شرایط از اکسیک-دیزاکسیک به ساب‌اکسیک می‌باشند. افزایش مقادیر U/M و $V/(V + Ni)$ در عضو ارس در هر دو برش آلی‌بازی و زال نشان‌دهنده افزایش غنی‌سازی بهتر اورانیوم در شرایط ساب‌اکسیک است. مقادیر V/Cr کمتر از ۲ و $V/(V + Ni)$ کمتر از ۰/۵۳ در مطالعه جونز و مینینگ (Jones and Manning, 1994) بعنوان شرایط اکسیدی در نظر گرفته شده که با داده‌های این مطالعه مطابقت ندارد. الگوهای تغییرات همزمان بین مولیبدن و اورانیوم در سیستم‌های دریایی قدیمه و عهد حاضر همواره مورد توجه بوده است (Tribovillard et al., 2012). حساسیت مولیبدن و اورانیوم نسبت شرایط اکسیداسیون و احیا در مقایسه با سایر معرف‌ها بیشتر بوده و بطور ویژه برای تجزیه و تحلیل محیط‌های قدیمه مفید می‌باشند. هر دو این عناصر در شرایط اکسیدی بطور معمولی رفتار می‌کنند و دارای دوام طولانی در آب دریا می‌باشند (۴۵۰۰۰۰ سال برای اورانیوم و ۷۸۰۰۰۰ سال برای مولیبدن). در مقیاس جهانی نسبت مولار Mo/U در اقیانوس آرام ۷/۳۵ و در اقیانوس اطلس ۷/۹۰ می‌باشد. هر دو این عناصر به مقدار کم در پلانکتونها مشاهده می‌شوند و بنابراین غنی‌سازی آنها در رسوبات یا سنگ‌های رسوبی معمولاً به جذب در جازا این عناصر از آب دریا نسبت داده می‌شود (Algeo and Tribovillard, 2009). با وجود این شباهت‌ها، تفاوت‌های مهمی در رفتار مولیبدن و اورانیوم تحت شرایط احیا دیده می‌شود که باعث تفاوت‌هایی در فراوانی آنها در رسوبات دریایی می‌شود. در رخساره‌های ساب‌اکسیک غنی‌سازی مولیبدن و اورانیوم متوسط است و غنی‌سازی اورانیوم بیشتر از غنی‌سازی مولیبدن است زیرا جذب اورانیوم در مرز احیای آهن دو ظرفیتی به آهن سه ظرفیتی صورت می‌گیرد و در نتیجه نسبت Mo/U در جازا بطور مشخص از نسبت مولار Mo/U آب کف دریا که ۷/۵ تا ۷/۹ می‌باشد کمتر است (Morford et al., 2005). در شرایط انکسیک غنی‌سازی اورانیوم و مولیبدن شدید بوده که همراه با نسبت‌های بالای Mo/U در جازا بوده و از نسبت مولار Mo/U آب دریا بیشتر است (Algeo and Tribovillard, 2009).

۵- نتیجه‌گیری

برای بررسی شرایط اکسیداسیون و احیا و تغییرات ژئوشیمیایی آب دریا در قبل از انقراض و در گذر از افق انقراض انتهای پرمین-تریاس، نهشته‌های پرمین‌بالایی دو برش آلی‌بازی و زال در ناحیه جلفا در شمال غرب ایران مورد مطالعه

هشتمین همایش ملی انجمن رسوب شناسی ایران



8th Symposium of Sedimentological
Society of Iran / 31 Jan - 1 Feb 2024
University of Hormozgan

۱۱ و ۱۲ بهمن ماه ۱۴۰۲
دانشگاه هرمزگان

قرار گرفتند. برای این منظور از تغییرات عناصر کمیاب حساس به شرایط اکسیداسیون و احیا در شیل های پرمین بالایی در دو برش مورد مطالعه استفاده شده است. مقادیر نسبت های $V/(V+Ni)$ و V/Cr نشان دهنده تغییر شرایط اکسیداسیون و احیا از اکسیک/دیزاکسیک به ساب اکسیک بوده و حتی در عضو ارس (رس مرزی) که بعد از افق انقراض قرار گرفته مقادیر این نسبت ها وضعیت انکسیک را تایید نمی کند. بررسی نسبت U/Mo در طول توالی های پرمین بالایی بالا بودن نسبی اورانیوم و ایجاد شرایط ساب اکسیک در بعضی لایه ها را نشان می دهد. نسبت Mo/U در جازا در تمام نمونه ها از نسبت مولار Mo/U آب کف دریا ($7/5$ تا $7/9$) کمتر بوده و بررسی نمودار Mo_{EF} در مقابل U_{EF} نشان دهنده قرارگیری نمونه های مورد مطالعه در شرایط اکسیک/دیزاکسیک به ساب اکسیک است. داده های قبلی در مورد وضعیت آب و هوای قدیمه در نهشته های پرمین بالایی در برش های آلی باشی و زال بر اساس میزان تغییرات ایزوتوپ اکسیژن در کنودونت ها موید شروع گرم شدن آب در عضو ارس (رس مرزی) است که بعد از افق انقراض انتهای پرمین قرار گرفته است.

مراجع

- Algeo, T. J., & Tribovillard, N. (2009). Environmental analysis of paleoceanographic systems based on molybdenum-uranium covariation. *Chemical Geology*, 268(3), 211-225.
- Bond, D. P. G., & Wignall, P. B. (2014). Large igneous provinces and mass extinctions: an update. In: Keller, G, Kerr, A C, (Eds.), *Volcanism, Impacts, and Mass Extinctions: Causes and Effects. Geological Society of America Special Paper*, 505, 29-55.
- Chen, B., Joachimski, M. M., Shen, S. Z., Lambert, L. L., Lai, X. L., Wang, X. D., Chen, J., & Yuan, D. X. (2013). Permian ice volume and palaeoclimate history: oxygen isotope proxies revisited. *Gondwana Research*, 24, 77-89.
- Hatch, J. R., & Leventhal, J. S. (1992). Relationship between inferred redox potential of the depositional environment and geochemistry of the Upper Pennsylvanian (Missourian) Stark Shale Member of the Dennis Limestone, Wabaunsee County, Kansas, USA. *Chemical Geology*, 99, 65-82.
- Joachimski, M. M., Lai, X. L., Shen, S. Z., Jiang, H. S., Luo, G. M., Chen, B., Chen, J., & Sun, Y. D. (2012). Climate warming in the latest Permian and the Permian-Triassic mass extinction. *Geology*, 40, 195-198.