

طبقه‌بندی سنگ‌های رسوبی فسفاتی سازند جیرود در برش گرمابدر، البرز مرکزی

ناهید کریمی^۱، نجمه اعتمادسعید^{۲*}، نارام بایت‌گل^۳ و افشین زهدی^۴

۱- دانشجوی کارشناسی‌ارشد، گروه زمین‌شناسی، دانشگاه تحصیلات تکمیلی علوم پایه زنجان، زنجان

۲ و ۳- استادیار گروه زمین‌شناسی، دانشگاه تحصیلات تکمیلی علوم پایه زنجان، زنجان

۴- استادیار گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه زنجان، زنجان

نویسنده مسئول: n.etemad@iasbs.ac.ir

نوع مقاله: پژوهشی

پذیرش: ۹۹/۳/۷

دریافت: ۹۸/۱۲/۲۴

چکیده

سازند جیرود به سن دونین فوقانی (فرازنین- فامنین) در برش گرمابدر واقع در شمال تهران، به ضخامت حدود ۲۷۰ متر، حاوی هفت افق فسفریتی مشخص است. این فسفریت‌های رسوبی درون سنگ‌های میزبان سیلیسی آواری و کربناته مشاهده می‌شوند. فسفریت‌های دریایی در سازند جیرود از نوع پرستین و متراکم و به ترتیب فراوانی شامل پلوئیدهای بدون ساختار، بایوکلست‌های فسفاتی شده، دانه‌های پوشش‌دار، اینتراکلست‌ها، لیتوکلست‌های فسفاتی غنی از کوارتز و قطعات اسکلتی اولیه هستند. این فسفریت‌ها اغلب فابریک دانه‌ای دارند و در برخی موارد شواهدی از حمل مجدد توسط فرایندهای فیزیکی یا زیستی را نشان می‌دهند. به طور کلی، همراهی این فسفریت‌های حاوی گلاکونیت و پیریت با رخساره‌های شیلی سیاه‌رنگ نشان‌دهنده شرایط نهشتی کم اکسیژن، مدل بالآمدگی آب دریا، آب و هوای دیرینه گرم و شرایط غیرفعال زمین‌ساختی طی نهشت این رسوبات است. شیل‌های سیاه‌رنگ مشاهده شده در همراهی با این فسفریت‌ها می‌تواند حاکی از هم زمانی نهشت آن‌ها با حادثه‌های جهانی کلواسر و هنگنبرگ باشد.

واژه‌های کلیدی: فسفریت، شیل سیاه، پرستین، متراکم، سازند جیرود، گرمابدر

پیشگفتار

نهشته‌های فسفات رسوبی یا فسفریت‌ها (P_2O_5) ۱۵-۳۵٪ از سنگ‌های رسوبی کمیاب و از مهم‌ترین منابع اقتصادی هستند. علاوه بر استفاده فراوان در صنایع شیمیایی، این نهشته‌ها اغلب حاوی تمرکز نسبتاً زیادی از عناصر مفید همانند عناصر نادر خاکی، اورانیوم، فلورین و وانادیم هستند (تاگر، ۲۰۰۱). کانی اصلی در فسفریت‌های رسوبی فلورآپاتیت کربنات^۱ یا فرانکولیت است (کریگ و همکاران، ۲۰۰۳). منشا و مدل تشکیل فسفریت‌های دریایی مورد بحث‌های زیادی قرار گرفته است، با این حال این نهشته‌ها اغلب به بالآمدگی آب دریا و تشکیل رسوبات غنی از مواد آلی نسبت داده شده‌اند (گلن و آرتور، ۱۹۹۰؛ گلن و همکاران، ۱۹۹۴؛ تاگر، ۲۰۰۱). سازند جیرود با سن دونین فوقانی (فرازنین- فامنین)، رخنمون یافته در بخش مرکزی پهنه زمین‌شناختی- ساختاری البرز، از میزبان‌های مهم فسفات رسوبی در ایران است (اشتوکلین، ۱۹۶۸؛ ونت و همکاران، ۲۰۰۵). معدن فسفات جیرود در دره جیرود

یکی از بزرگ‌ترین معادن در حال بهره‌برداری فسفات اقتصادی است. اهمیت اقتصادی بالای این نهشته‌ها سبب شده است که در سال‌های اخیر مطالعات کانی‌شناسی و اقتصادی زیادی بر روی فسفریت‌های رسوبی این سازند انجام گیرد (برای مثال: عابدینی و همکاران، ۱۳۹۱؛ چشمه‌سری، ۱۳۹۱؛ خیره‌کش، ۱۳۹۴؛ نجفی، ۱۳۹۷). با این حال مطالعه‌ی ویژگی‌های رسوبی این فسفریت‌ها و شرایط تشکیل آن‌ها کمتر مورد توجه رسوب‌شناسان قرار گرفته است. در این مطالعه انواع اصلی فسفریت‌های سازند جیرود در شمال تهران، برش گرمابدر، مورد بررسی قرار گرفته و سعی شده است تا بخشی از شرایط نهشت دیرینه‌ی این رسوبات بازسازی گردد.

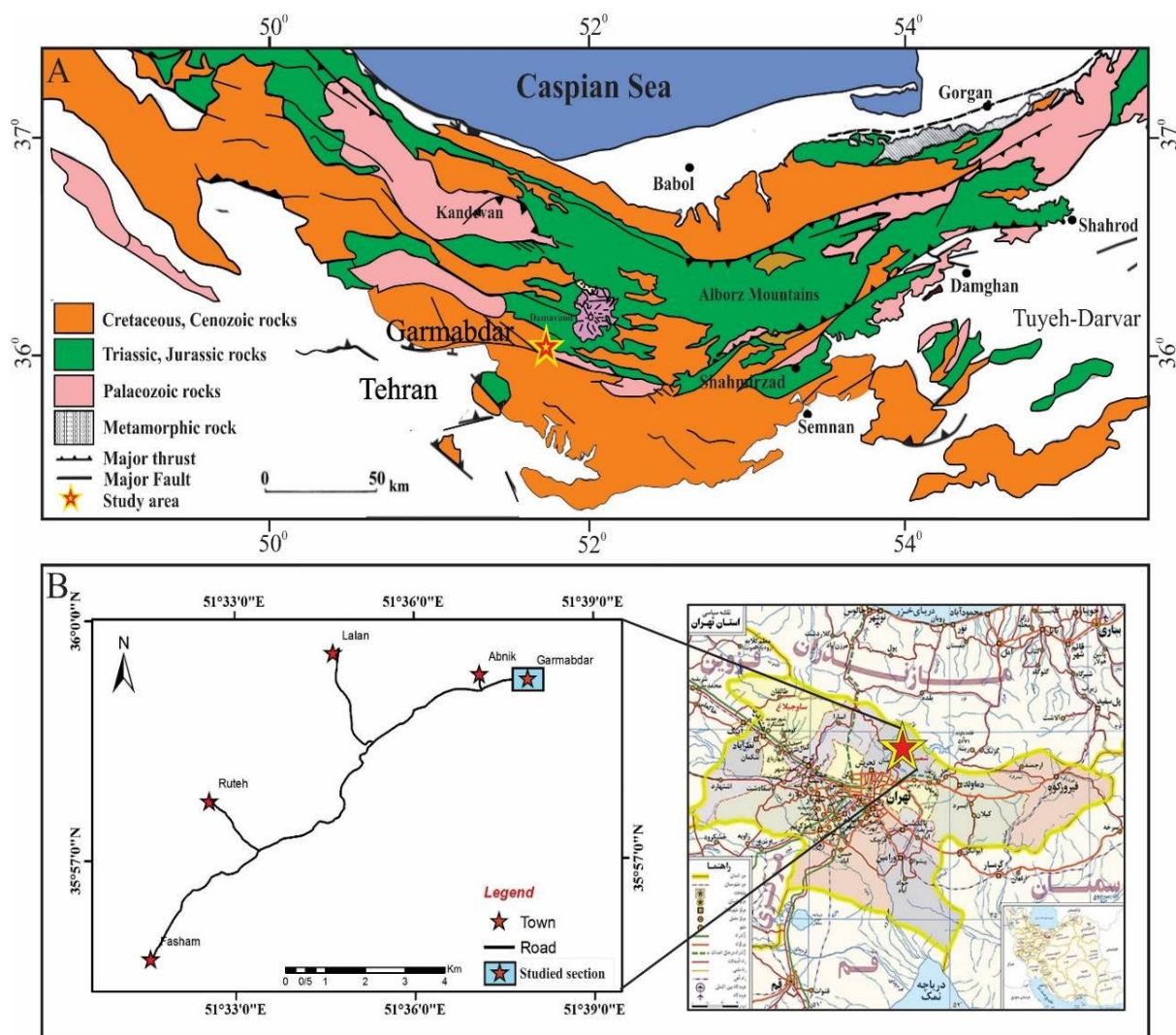
موقعیت زمین‌شناسی

منطقه‌ی مورد مطالعه در البرز مرکزی، شمال شرق تهران و در نزدیکی روستای گرمابدر ($35^{\circ}59'46'' N$) و ($51^{\circ}34'30'' E$) واقع شده است (شکل ۱). سازند جیرود در برش گرمابدر با ضخامت حدودی ۲۷۰ متر، به طور ناپيوسته بر روی کربنات‌های گروه میلا و به صورت

¹ Carbonate-flourapatite (CFA)

گل‌سنگی سیاه‌رنگ و در نهایت گل‌سنگ‌های سیاه‌رنگی که به طور میان لایه با کربنات‌های فسیل‌دار قرار گرفته‌اند، دیده می‌شوند. به طور کلی این مجموعه‌ی رسوبی در محیط‌های نهشتی خلیج‌دهانه‌ای تا دور از ساحل به جا گذاشته شده است (شرقی و همکاران، ۲۰۱۴، ۲۰۱۶). تمرکز اصلی فسفریت‌ها در این برش در بخش پایینی سازند جیروود و در همراهی با شیل‌های سیاه مشاهده می‌گردد که در این بین هفت افق مشخص دارای بیش‌ترین تمرکز فسفات می‌باشند (شکل ۳).

تدریجی در زیر کربنات‌های سازند مبارک واقع شده است (شکل ۲). نهشته‌های سازند جیروود در برش مورد مطالعه مجموعه‌ی بسیار متنوعی از لیتولوژی‌های رسوبی آواری، کربناته و هیبریدی را شامل می‌شوند (شکل ۳). این توالی با ماسه‌سنگ‌های درشت‌دانه و کنگلومرا با لایه‌بندی ضخیم آغاز می‌شود و با گل‌سنگ‌های سیاه، ماسه‌سنگ‌های نازک لایه و هیبریدی حاوی قطعات بایوکلاستی و فسفات و میان لایه‌های گل‌سنگی ادامه پیدا می‌کند. بر روی این نهشته‌ها آهک‌های ماسه‌ای و فسفات‌دار، ماسه‌سنگ‌های فسفاتی با میان لایه‌های



شکل ۱. نقشه زمین‌شناسی منطقه مورد مطالعه در پهنه ساختاری البرز مرکزی با موقعیت برش مورد مطالعه که با ستاره مشخص شده است (اقتباس از اشتوکلین و همکاران، ۱۹۶۸). B. تصویر راه‌های دسترسی به برش مورد مطالعه در روستای گرمابدر.

داده‌های مرتبط با رخساره‌های رسوبی و ۱۵۰ نمونه بر اساس استراتژی چینه‌ای و در موارد مورد نیاز هدف‌دار، برداشت گردید. افق‌های مهم فسفریتی در این برش، طی

مواد و روش‌ها

پس از بررسی نقشه‌ها و عکس‌های هوایی، برش مورد مطالعه انتخاب و طی چندین مرحله عملیات صحرایی،

اصلی فسفریت‌های سازند جیروود به ترتیب فراوانی شامل پلوئیدهای بدون ساختار، بایوکلاست‌های فسفاتی شده، دانه‌های پوشش‌دار، اینتراکلاست‌ها و قطعات اسکلتی اولیه می‌باشند که در ادامه مورد بحث و بررسی قرار خواهند گرفت.

بررسی‌های صحرایی و همین‌طور مطالعه‌ی برش‌های سنگی صیقل خورده و مقاطع نازک میکروسکوپی مورد شناسایی و مطالعه قرار گرفتند. سپس گروه‌های اصلی فسفریت‌های رسوبی بر اساس طبقه‌بندی فلومی و همکاران (۱۹۹۱) نام‌گذاری شدند. بر این اساس، انواع



شکل ۲. تصویر صحرایی از سازند جیروود در برش گرمابدر و ارتباط آن با سازندهای زیرین و بالایی

از یک هسته و دواير متحدالمرکز اطراف آن تشکیل شده‌اند. از نظر اندازه اغلب بزرگ‌تر از ۲ میلی‌متر و کاملاً گرد شده با جورشدگی خوب تا متوسط هستند (شکل F ۴). اینتراکلاست‌های فسفاتی و ندول‌ها^۴ چهارمین گروه فسفریتی سازند جیروود را شامل می‌شوند. اینتراکلاست‌ها حاوی قطعاتی از دانه‌های پلت، ائیدهای کروی و بیضوی، خرده‌های استخوان و میکروفسیل‌ها و به مقدار کمتر دانه‌های کوارتز هستند (شکل H و ۴G). این قطعات فسفاتی اغلب بزرگ‌تر از ۲ میلی‌متر و معمولاً بی‌شکل می‌باشند. بایوکلاست‌های اولیه‌ی فسفاتی^۵ شامل استخوان مهره‌داران، آخرین گروه فسفریت‌های سازند جیروود را تشکیل می‌دهند. این فسفریت‌ها منشأ اولیه دارند. اندازه‌ی آن‌ها اغلب بزرگ‌تر از ۲ میلی‌متر با ساختار متنوع، کشیده و زاویه‌دار هستند (شکل ۴I). از نظر فابریک رسوبی فسفریت‌های مشاهده شده در برش مورد مطالعه اغلب از نوع دانه‌ای در اندازه‌ی ماسه تا پیل و دانه پشتیبان هستند (شکل B و ۴A).

نتایج

پلوئیدهای بدون ساختار^۱ فراوان‌ترین گروه فسفریتی در سازند جیروود هستند. بر اساس طبقه‌بندی فلومی و همکاران (۱۹۹۱) این فسفریت‌های دریایی به احتمال زیاد در جازا بوده و منشأ مدفوعی ندارند. پلوئیدهای بدون ساختار در این برش به صورت گرد شده تا کشیده و از نظر اندازه، در حد ماسه درشت تا متوسط هستند، هر چند ذرات درشت‌تر از ۲ میلی‌متر نیز مشاهده می‌شوند. این پلوئیدها اغلب جورشدگی خوب تا متوسط دارند و به صورت کاملاً متراکم در کنار یکدیگر قرار گرفته‌اند (شکل B و ۴A). گروه بعدی از فسفریت‌های سازند جیروود، دانه‌های اسکلتی کربناته‌ی فسفاتی شده^۲ می‌باشند. در این گروه، کانی‌های کربناته در قطعات اسکلتی به ویژه بریوزوئرها، استراکودها و خارپوستان به صورت دیاژنتیکی با آپاتیت و همین‌طور گلاکونیت جانشین شده‌اند (شکل ۴C-E). دانه‌های پوشش‌دار^۳ گروه سوم فسفریت‌های سازند جیروود را تشکیل می‌دهند. این دانه‌ها

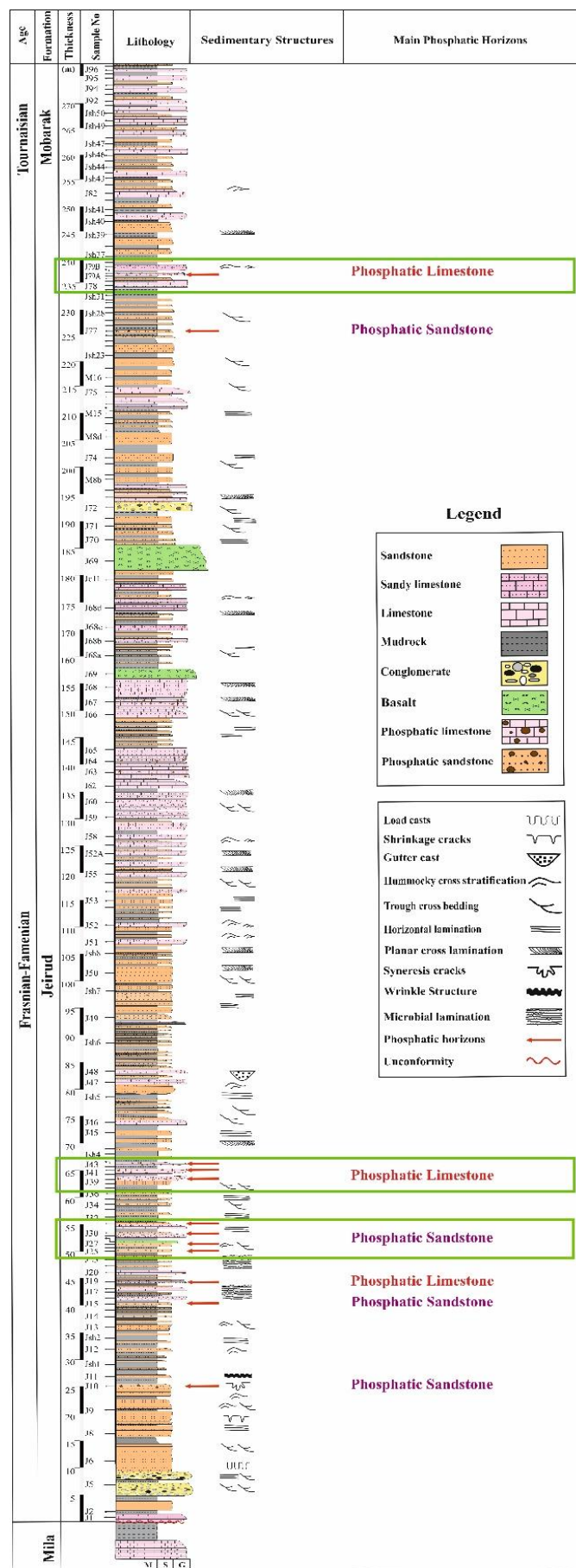
^۴ Phosphatic intraclasts

^۵ Primary phosphatic bioclasts

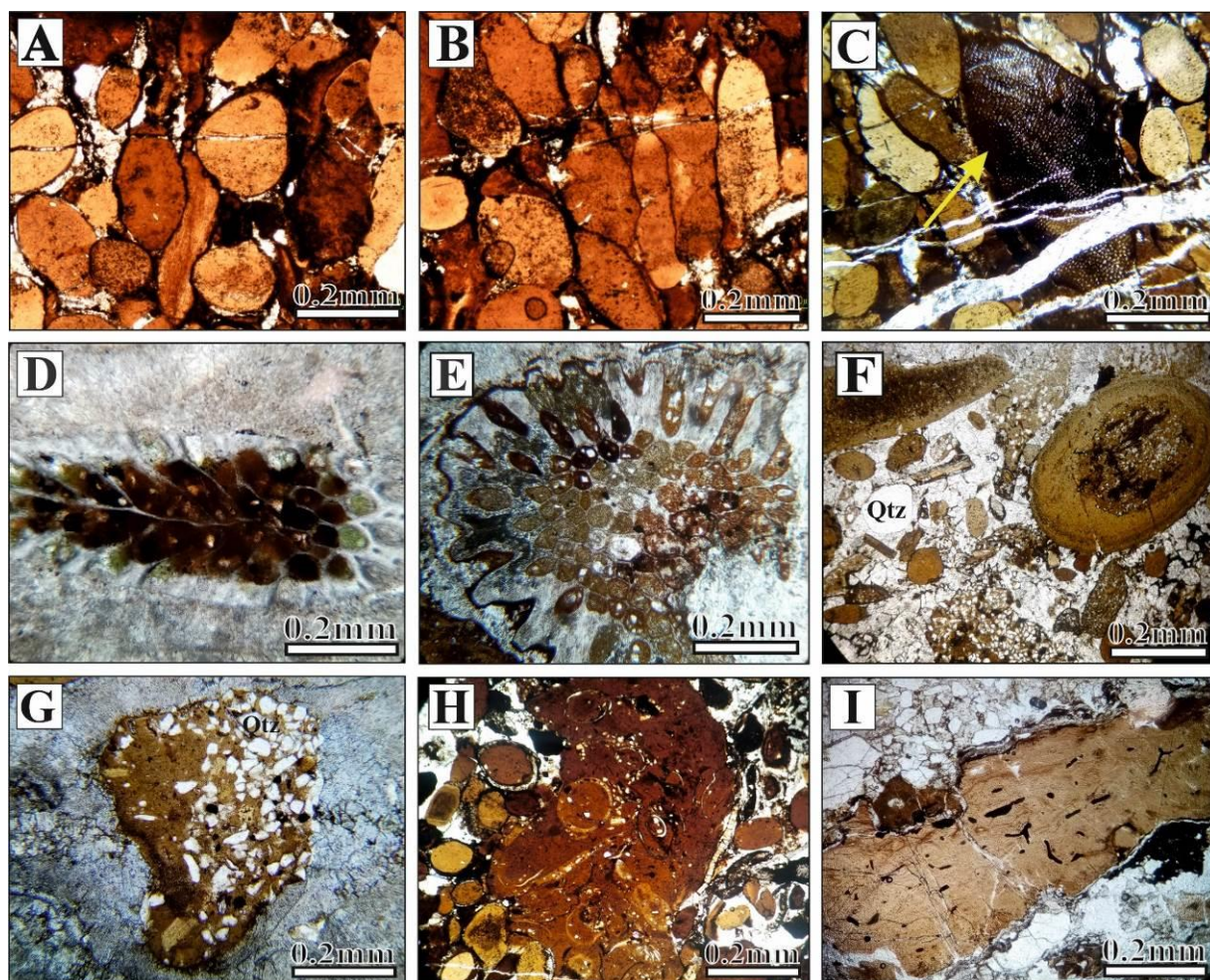
^۱ Structureless peloids

^۲ Phosphatized carbonate skeletal grains

^۳ Coated grains



شکل ۳. ستون چینه‌ای سازند جیروود در برش گرمابدر، افق‌های فسفات‌دار با پیکان قرمز رنگ مشخص شده‌اند.



شکل ۴. تصاویر میکروسکوپی از افق‌های فسفاتی سازند جبرود در برش گرمابدر. A و B) دانه‌های گرده شده تا نیمه گرد شده و یا کشیده پلوئیدهای بدون ساختار، C و E) فسفاتی شدن فسیل خارپوست و بریوزوئر به همراه گلاکونیت در حجره‌های فسیلی، F) دانه‌های پوشش‌دار همانند پیزوئید و آنکوئید، G و H) اینترکلاست فسفاتی، I) قطعه اسکلتی فسفاتی.

بحث

دارند، اغلب از نوع فسفریت‌های دانه‌ای^۴ دریایی پرستین و متراکم هستند که در محیط‌های دور از ساحل نهشته شده‌اند. این فابریک حاکی از فسفریتی شدن اولیه و در مواردی حمل مجدد فسفریت‌ها است که سبب متراکم شدن دانه‌های فسفاتی شده است (تراپ، ۲۰۰۱). حضور گلاکونیت و پیریت در همراهی با این فسفریت‌ها حاکی از نهشت طی شرایط با اکسیژن کم می‌باشد (سلاما و همکاران، ۲۰۱۸). همراهی این فسفریت‌ها با شیل‌های سیاه‌رنگ تاییدی بر فرضیه‌ی نهشت طی بالآمدگی آب است. براساس این مدل، فسفریت‌های رسوبی که در همراهی با شیل‌های سیاه و چرت‌ها می‌باشند در محیط‌های دریایی با بالآمدگی آب و شکوفایی زیاد پلانکتون‌ها برجا گذاشته شده‌اند (گلن و همکاران،

مطالعه‌ی محیط‌های عهد حاضر نهشت فسفریت‌های رسوبی دریایی که به طور کلی پرستین^۱ نامیده می‌شوند، نشان می‌دهد که نهشت CFA اغلب به صورت درجا و یا در مراحل اولیه‌ی دیاژنتیکی و در چند سانتی‌متری بالایی رسوب رخ می‌دهد. این فرآیند به فسفات‌زایی^۲ در محیط‌های دریایی مشهور است (گلن و گاریسون، ۲۰۰۳؛ فیلیلی، ۲۰۱۱). بالآمدگی آب^۳، نواحی با حداقل اکسیژن و رسوب‌گذاری غنی از مواد آلی از شرایط مهم فسفات‌زایی در محیط‌های دریایی است (گلن و همکاران، ۱۹۹۴). افق‌های فسفریتی سازند جبرود که تمرکز زیادی در بخش پایینی برش گرمابدر

¹ Pristine

² Phosphogenesis

³ Upwelling

⁴ Granular

عملیات‌های صحرایی سپاسگزاری می‌شود. علاوه بر این از سردبیر و هیئت داوران مجله رسوب‌شناسی کاربردی دانشگاه همدان جهت ارتقا علمی و ادبی مقاله صمیمانه سپاسگزاری می‌گردد.

منابع

چشمه‌سری، م.، علی‌پور، ص.، عابدینی، ع.، زینت‌مطلق، ع (۱۳۹۱) کانی‌شناسی و زمین‌شیمی عناصر نادر خاکی و اورانیوم در نهشته فسفاتی کوه لار، جنوب‌شرق ده‌دشت، استان کهگیلویه و بویراحمد. سی و یکمین همایش علوم زمین.

خیره‌کش، ز (۱۳۹۴) کانی‌شناسی و زمین‌شیمی افق‌های فسفات‌سازند جیروود در دو برش پاقلعه و گدوک از جنوب قائم‌شهر، پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد، دانشگاه گلستان، ۷۸ ص.

رسولی، م (۱۳۹۱) محیط‌رسوبی سازند جیروود و بررسی مرز دونین- کربونیفر در دو برش آبنیک و دره لالون، البرز مرکزی. پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد، دانشگاه شهید بهشتی، ۱۸۰ ص.

شرفی، م.، موسوی‌حرمی، ر.، محبوبی، ا.، جعفرزاده، م (۱۳۹۷) سنگ‌نگاری و ژئوشیمی ماسه‌سنگ‌های سازند جیروود در البرز میانی، کاربرد در شناسایی خاستگاه و جایگاه زمین‌شناختی، دوفصلنامه رسوب‌شناسی کاربردی، دوره ۶، شماره ۱۲، ص ۱-۲۴.

حسین‌آبادی، م.، میراب‌شبه‌تری، غ. ر.، محبوبی، ا.، معتمد، ا. (۱۳۹۵) ژئوشیمی عنصری و ایزوتوپی سازند بهرام (دونین میانی- بالایی) در شرق ایران. دوفصلنامه رسوب‌شناسی کاربردی، دوره ۴، شماره ۷، ص ۳۲-۴۸.

نجفی، م (۱۳۹۷) کانی‌شناسی و ژئوشیمی عناصر نادر خاکی در فسفریت‌های معدن سازند جیروود، البرز غربی. پایان نامه کارشناسی‌ارشد، دانشگاه شهید بهشتی، ۱۳۰ ص.

عابدینی، ع.، چشمه‌سری، م.، علیزاده، ا (۱۳۹۲) زمین‌شیمی و محیط تشکیل نهشته فسفاتی دلیر، جنوب باختر چالوس، استان مازندران. دوفصلنامه رسوب‌شناسی کاربردی، دوره ۱، شماره ۱، ص ۲۵-۴۱.

Craig, C. L., Marshall, A. L., Sjöström, M., Bauman, A. E., Booth, M. L., Ainsworth, B. E., & Oja, P (2003) International physical activity questionnaire: 12-country reliability and validity. *Medicine & science in sports & exercise*, 35(8): 1381-1395.

Caplan, M. L., and R. M., Bustin (1999) Devonian-Carboniferous Hangenberg mass extinction event, widespread organic-rich mudrock and

فسفریت‌های رسوبی مورد مطالعه نشان‌دهنده‌ی نهشت رسوبات سازند جیروود در حوضه‌ی زمین‌ساختی غیرفعال و شرایط آب و هوای دیرینه‌ی گرم می‌باشند (سیماندل و همکاران، ۲۰۱۱). این نتایج با مطالعات خاستگاهی انجام گرفته بر روی رسوبات آواری سازند جیروود در شمال تهران همخوان است (رسولی، ۱۳۹۱؛ شرفی و همکاران، ۱۳۹۷). وجود شیل‌های سیاه در همراهی با فسفریت‌های رسوبی سازند جیروود را نیز می‌توان به حادثه‌های زیستی جهانی کلواسر^۵ و هنگنبرگ^۶ نسبت داد. این دو انقراض زیستی از حوادث مهم تاریخ زمین بوده‌اند که تاثیر شدیدی بر روی تکامل بسیاری از گونه‌های زیستی و جانداران مهره‌دار گذاشته‌اند (سپکوسکی، ۱۹۹۶؛ کاپلن و همکاران، ۱۹۹۹؛ کایزر و همکاران، ۲۰۱۶).

نتیجه‌گیری

✓ سازند جیروود در برش گرمابدر، شمال شرق تهران، از حدود ۲۷۰ متر نهشته‌های آواری، کربناته، هیبریدی و فسفریتی تشکیل شده است.

✓ فسفریت‌های سازند جیروود در افق اصلی مشاهده شده که به ترتیب فراوانی از نوع پلوئیدهای بدون ساختار، بایوکلاست‌های فسفاتی شده، دانه‌های پوشش‌دار، اینتراکلاست‌ها و قطعات اسکلتی اولیه هستند. این فسفریت‌ها فابریک رسوبی دانه‌ای نشان می‌دهند که حاکی از فسفریتی شدن اولیه و حمل مجدد فسفریت‌ها است.

✓ همراهی غالب این فسفریت‌های دریایی حاوی گلوکونیت و پیریت با شیل‌های سیاه‌رنگ، نشان دهنده‌ی نهشت طی شرایط با اکسیژن کم و همین‌طور شرایط بالآمدگی آب دریا و آب و هوای دیرینه‌ی گرم است.

تشکر و قدردانی

نویسندگان مقاله از دانشگاه تحصیلات تکمیلی علوم پایه زنجان جهت فراهم آوردن امکانات لازم چند انجام این پروژه قدردانی می‌نمایند. از آقایان مهندس امید فعال، اسماعیل خضری و سروش کریمی جهت همراهی در

⁵ Kellwasser

⁶ Hangenberg

- Sepkoski, J. J (1996) Patterns of Phanerozoic extinction: a perspective from global data bases. In *Global events and event stratigraphy in the Phanerozoic*. pp: 35-51. Springer, Berlin, Heidelberg.
- Tucker, M. E (2001) *Sedimentary Petrology—An Introduction to the Origin of Sedimentary Rocks— Blackwell. Scientific publication.* London.
- Trappe, J (2001) A nomenclature system for granular phosphate rocks according to depositional texture. *Sedimentary Geology*, 145(1-2): 135-150.
- Wendt, J. B., Kaufmann, Z., Belka, N., Farsan, and A. K., Bavandpur (2005) Devonian/Lower carboniferous stratigraphy, facies patterns and palaeogeography of Iran. Part P. North and central Iran. *Acta Geologica Polonica*, 55(1): 31–97.
- anoxia: causes and consequences, *Palaeo. N* 148, pp: 187- 207.
- Follmi, K. B., Garrison, R. E (1991) Phosphatic sediments, ordinary or extraordinary deposits? The example of the Miocene Monterey Formation (California). In *Symposium controversies in modern geology*. pp: 84.
- Filippelli, G. M (2011) Phosphate rock formation and marine phosphorus geochemistry: the deep time perspective. *Chemosphere*, 84(6): 759-766.
- Garrison, G. H., Glenn, C. R., & McMurtry, G. M (2003) Measurement of submarine groundwater discharge in Kahana Bay, O'ahu, Hawai'i. *Limnology and Oceanography*. 48(2): 920-928
- Glenn, C. R., & Arthur, M. A (1990) Anatomy and origin of a Cretaceous phosphorite-greensand giant, Egypt. *Sedimentology*, 37(1): 123-154.
- Glenn, C. R., Follmi, K. B., RIGGS, S., Baturin, G. N., Grimm, K. A., Trappe, J., ... & Jehl, C (1994) Phosphorous and phosphorites: Sedimentology and environments of formation- *Eclogae Geologicae Helveticae*, 87: 3.
- Kaiser, S. I., Aretz, M., & Becker, R. T (2016) The global Hangenberg Crisis (Devonian–Carboniferous transition): review of a first-order mass extinction. *Geological Society, London, Special Publications*, 423(1): 387-437.
- Simandl, L., Simandl, G. J., and Fajber, R (2011, August) Rare Earth Element Recovery as a By-product of Fertilizer Production from Sedimentary Phosphate Deposits—Conceptual Evaluation. In *2011 Goldschmidt Conference Abstracts, Prague*. 1878 P.
- Sharafi, M., Mahboubi, A., Moussavi-Harami, R., Mosaddegh, H., & Gharaie, M. H. M (2014) Trace fossils analysis of fluvial to open marine transitional sediments: Example from the Upper Devonian (Geirud Formation), Central Alborz, Iran. *Palaeoworld*, 23(1): 50-68.
- Sharafi, M., Longhitano, S. G., Mahboubi, A., Moussavi-Harami, R., & Mosaddegh, H (2016, March). Sedimentology of a transgressive mixed-energy (wave/tide-dominated) estuary, Upper Devonian Geirud Formation (Alborz Basin, northern Iran). In *Contributions to Modern and Ancient Tidal Sedimentology. Proceedings of the Tidalites 2012 Conference*. pp: 255-286.
- Salama, A (2018) Investigation of the critical entry pressure values associated with the permeation of an oil droplet through a cascade of pore throats and pore bodies: a quasistatic analysis. *Chemical Engineering Science*, 187: 292-301.
- Stocklin, J (1968) Structural history and tectonics of Iran: a review. *AAPG Bulletin*, 52(7): 1229–1258.