

**بیست و سومین همایش انجمن زمینشناسی ایران ۲۰ و ۲۱ آبانماه ۱۳۹۹** The 23<sup>rd</sup> Symposium of Geological Society of Iran 10-11 November, 2020



ویژگیهای کانی شناسی و زمین شناسی فسفاتهای سازند پابده-گورپی، تاقدیس خورموج، جنوب غرب ایران فاطمه حداد، محمد یزدی، مهرداد بهزادی، خالق خشنودی دانشجوی دکتری زمینشناسی اقتصادی، F\_haddad@sbu.ac.



مواد و روش کار

مطالعات میکروسکوپی بر روی مقاطع نازک و نازک صیقلی با استفاده از میکروسکوپ نور انکساری و انعکاسی جهت تشخیص کانی-های موجود در ۵ مقطع انجام شد. نمونهبرداری از لایه آهکی زیرین، لایه ماسه فسفاته گلوکونیتی سبز رنگ و لایه آهک بالایی پوشاننده لایه فسفاته انجام شد. برای ارزیابی این نهشتهها و به منظور مطالعات میکروسکوپی، تعداد ۱۶ نمونه مقطع نازک و ۲۸ نمونه مقطع نازک صیقلی از این لایهها تهیه شد. از آنجا که لایه فسفاته بسیار نرم و در یک مورد بسیار سخت بود، نمونههای نرم به صورت پودر و خاکه و نمونه سخت به صورت تراشههای ریز برداشت شد و با اشباع شدن چند مرحلهایی در چسب، از آنها مقطع تهیه گردید. دادههای کانیشناسی با استفاده از روش Ary Diffraction با در وی نمونههای فسفاته برداشت شده تکمیل شد. ۵ نمونه از کانسنگ فسفریت برای مطالعات دقیق تر کانیشناسی، با دستگاه Ary به مرکز پژوهشهای کاربردی سازمان زمین شناسی کشور در شهرستان کرج فرستاده شد و ۲ نمونه جهت بررسی نوع کانی رسی به شرکت کانساران بینالود تهران ارسال



ذخیره فسفات تاقدیس خورموج در شمال شرق شهرستان خورموج و جنوب شرقی شهر بوشهر و بخشی از زون رسوبی زاگرس چین خورده است، تاقدیس خورموج در بخش انتهایی این زون با روند شمال غربی-جنوب شرقی واقع شده است. این کانسار در سنگهای کربناته سازند پابده که غالبا از مارن، سنگ آهک و سنگ آهک چرتی ندولار حاوی گلوکونیت و کانیهای فسفاتی تشکیل شده با سن پالئوسن قرار دارد. لایه آهک ندولار در بالا و پائین لایه فسفاته قرار دارد و کانیسازی فسفاته عمدتا همراه با گلوکونیتهای سبز رنگ می-باشد. این لایهها میتوانند به عنوان لایه کلیدی برای اکتشاف این فسفاتها مورد توجه قرار گیرند. مطالعات

میکروسکوپی و دادههای بدست آمده از تجزیه با دستگاه پراش پرتو ایکس نشان داد که کانیشناسی این فسفریتها ساده بوده ولی با تغییرات منظم در لایه فسفاته همراه است. فلوئور آپاتیت کانی اصلی این فسفاتها میباشد. کلسیت، دولومیت، آنکریت، پیریت، اکسیدهای آهن، چرت و کانیهای رسی بویژه گلوکونیت کانی-های غیر فسفاته موجود در این نهشته هستند. لایه فسفاتی از گرینستون – پکستونهای فسفریتی و از دانههای فسفاتی پلت، اوولیت، اینتراکلاست، اجزای باقیمانده استخوان مهرهداران، خردههای صدف و دندان و پولک ماهی و میکروفسیل (فسفات بیوژنیک) و دانههای غیرفسفاتی در رنگها و شکلهای مختلف تشکیل شدهاند. نتایج بدست آمده از این پژوهش وجود سه نوع کانیزایی سین ژنتیک، دیاژنتیک و اپیژنتیک به همراه کانی-زایی زیستی در اثر فعالیت باکتریایی را نشان میدهد.

مقدمه

بدلیل اهمیت کانسارهای فسفات رسوبی، زمینشناسان در ایران به مطالعه این کانسارها توجه ویژهایی دارند[۱و۲و۳ ]. ذخیره فسفات تاقدیس خورموج، با سن کرتاسه–ماستریشتین[۴و۳ ]بخشی از ایالت فسفاتزایی خاورمیانه تا شمال آفریقا است [ ۶].

مطالعات پتروگرافی و کانیشناسی در نهشتههای فسفات میتوانند در روشن ساختن نحوه تشکیل این لایههای فسفات در محیطهای رسوبی و تغییرات بعدی طی فرایندهای زمینشناسی مورد استفاده قرار گیرند. از آنجا که منطقه مورد مطالعه جزء مناطق نفت خیز ایران محسوب میشود لذا تا کنون منطقه فوق از نظر وجود معادن و از جنبه زمینشناسی اقتصادی مورد بررسی قرار نگرفته است. مقاله پیش رو به مطالعه بافت و کانیشناسی ترکیبات فسفات رسوبی دریایی از زمان تشکیل و تاثیر فرایندهای پسارسوبی بر روی آنها میپردازد.



مقاطع شامل لایه آهکی زیرین واقع در انتهای سازند گورپی، لایه ماسه فسفاته گلاکونیتی سبز رنگ مربوط به بخش تحتانی سازند پابده و آهک بالایی پوشاننده لایه فسفاتدار میباشد، که مرز بین تمامی لایهها تدریجی است. در هر سه لایه، نودول-های فسفات در اندازههای متفاوت وجود دارد که لایههای کلیدی در اکتشاف لایه فسفاتی میباشند. لایه آهکی زیرین و بالایی عمدتا پکستونهای کربناتهایی هستند که از تجمع فرامینیفرهای پلانکتونیک در ماتریکس میکرایتی تشکیل شده و مواد آلی موجود در این لایهها بخوبی حفظ شدهاند. در لایه آهکی زیرین دولومیت و آنکریتزایی بخوبی مشهود است. در شكل ۲ الف فرامينيفر موروزوولا (Morozovella)، گونه كونيكوترونكاتا (Conicotruncata) با سن پالئوسن زيرين [ ۸ ] تحت تاثیر این فرایند قرار گرفته است. در لایه فسفاتی دانههای فسفاتی شامل پلت، اوولیت، اینتراکلاست، اجزای باقیماندهی استخوان مهرهداران,خردههای صدف، دندان و پولک ماهی و میکروفسیل (فسفات بیوژنیک) و کانیهای غیرفسفاتی میباشند. پلتها بیشترین نوع ماده فسفاتی از نوع آپاتیت بسیار ریز دانه (کلوفان) و فاقد ساختار درونی در این نهشتهها هستند که غالبا، کروی و یا بیضی شکل (شکل ۲ج) بوده و گردشدگی خوب تا ضعیف دارند. این پلتها با اندازه متغییر و به رنگهای زرد کمرنگ تا قهوهای پر رنگ دیده میشوند، که از مواد فسفاتی اتوژنیک مشتق شدهاند. اوولیتها نیز به خوبی مشهود هستند (شکل ۲ د). اینتراکلاستها قبلاً در حوضه تشکیل شده و طی فرایندهایی از محل نهشت اولیه خود جدا شده و به صورت شکلدار و بدون شکل، گرد شده تا زاویهدار قرار گرفتهاند (شکل ۳ و). بایوکلاستها (شکل ۲ و) در اندازههای متنوع با ظاهر شکلدار و بیشکل، گوشهدار تا بدون گوشه با رنگهای نارنجی، قهوهای روشن و یا بیرنگ دیده میشوند که برخی بطور جزئي يا كامل فسفاتي شده و يا به وسيلهي سيليس ريز بلور جايگزين شدهاند. در شكل ۲ ي مواد آلي با رنگ زرد تا نارنجي در زمینهایی از گل فسفاته قرار دارند که بدلیل احیایی بودن محیط مواد آلی در این لایه بخوبی حفظ شده. لامیناسیونی که بخوبی مشهود است، تاکیدی بر، برجا بودن این فسفریتها میباشد [۹ ]. برخی از فرامینیفرها، پس از اتمام رسوب گذاری، تحت تاثیر فعالیتهای زیستی و باکتریایی [۱۰]، توسط ماده فسفاته یا اکسید آهن پر شده و حتی در برخی موارد ممکن است پوسته این فسیلها انحلال یافته و فسفات یا اکسید آهن جایگزین آن شده باشد که نوعی آلتراسیون اپی ژنتیک را حاصل می کند (شکل ۲ ب). کانی های غیر فسفاتی نیز در مقاطع مشاهده شدهاند که شامل کانی های پیریت، گلاکونیت، کوارتز، کانیهای رسی، کانیهای کربناته (آنکریت و دولومیت) و اکسید آهن (هماتیت و گوتیت) میباشند که در شکل ۳ به وضوح نشان داده شده اند. گلاکونیت، کانی آبدار سیلیکات-آلومینیوم آهن-پتاسیمدار با فرمول شیمیایی (K, Ca, Na) Al, Fe, Mg)<sub>2</sub> [(OH) Al<sub>0.35</sub>Si<sub>3.6</sub>]. nH<sub>2</sub>O [ (۱۱ ] شاخص محيطهای كم عمق است [۱۲ ] (شكل ۳ و، ی). حضور گلاکونیتهای قهوهای یا سبز مایل به زرد، همچنین، حاشیه قهوهای در اطراف گلاکونیتها، بیانگر تاثیر هوازدگی و تبدیل آهن فرو موجود در ترکیب به آهن فریک است (اپی ژنتیک). در حجره برخی از میکروفسیلها فسفات به شکل ثانویه رسوب کرده است (شکل ۲ ب، شکل ۳ و). چرت سبز رنگ با شکلی نامنظم بصورت دانههای گرد، نیمه گرد تا بدون گرد شدگی (شکل ۳ و، ی)، که احتمالا منشا زیستی دارند [۱۳ ]مشاهده شدپیریت به صورت دانههای مجزای سیاه رنگ در کل مقاطع پراکنده است و گاهی در حجرات میکروفسیلها جانشین شده (شکل ۳ الف و ب). فرامبوئیدالهای پراکنده در رسوبات در نتیجه تبدیل مونوسولفیدهای آهن اتوژنیک طی واکنش باکتریایی سولفات به سولفید ایجاد شدهاند [۱۴ ]. به دلیل هوازگی و اکسیدی شدن محیط اکثر پیریتهای موجود (سین ژنتیک) به هماتیت (اپیژنتیک) تبدیل شدهاند. کانیهای کربناته دولومیت و آنکریت (دولومیت آهندار) به شکل بلورهای رومبوهدرال و به تعداد زیادی در مقاطع مشاهده می شوند (شکل ۳ ج و د). نتایج XRD که در مرکز پژوهشهای کاربردی سازمان زمین شناسی کشور (کرج) و شرکت کانساران بینالود تهران

در مقاطع مطالعه شده ماسههای فسفاتی گلوکونیتی سبز رنگ کربناته سازند پابده واقع در تاقدیس خورموج، گرینستون/ پکستونهای فسفریتی از دانههای فسفاتی پلت، اوولیت، اینتراکلاست، اجزای باقیماندهی استخوان مهرهداران,خردههای صدف، دندان و پولک ماهی و میکروفسیل (فسفات بیوژنیک) و دانههای غیرفسفاتی در رنگها و شکلهای مختلف تشکیل شدهاند. نهشتههای فسفاته به شکل لایهایی بوده و دارای دو افق سخت فرسا (غیر هوازده) و نرم فرسا (هوازده) هستند. لایههای آهکی ندولدار زیرین و بالایی، لایه کلیدی این ذخیره برای اکتشاف میباشند. کانی فسفاتی اصلی این ذخیره کانی فلوئوروآپاتیت (فرانکولیت) است که به شکل نهان بلور در نمونهها حضور دارد. در نمونههای فسفریتی ،کانیزایی زیستی به وضوح قابل مشاهده است. علاوه بر اجزای فسفاتی، کانیهای پیریت، گلوکونیت، کوارتز، کانیهای رسی، کانیهای کربناته (دولومیت و آنکریت) و اکسید آهن (هماتیت و گوتیت) در لایه ماسه فسفاتی گلاکونیتی حضور دارند. فراوانی گلوکونیتها به قدری است که لایه اکه (یور موانی است که



تاقدیس خورموج با روند شمال غربی-جنوب شرقی در بخش انتهایی زون زاگرس چین خورده و در شمال شرق شهرستان خورموج و جنوب شرقی شهر بوشهر واقع شده است. محدوده مورد مطالعه در تاقدیس خورموج بین طولهای جغرافیایی '۲۳۰۵۵ و '۲۹۴۵ عرضهای جغرافیایی '۲۸۰۳۲ و '۲۹۰۲۲ قرار دارد. توالی سازند پابده حاوی لایههای فسفات، به طور هم شیب لایههای نازک شیل خاکستری روشن سازند گورپی را در سرتاسر تاقدیس پوشانده است. این سازند با سازند آسماری در بالا [ ۲ ]مرز هم شیب دارد. رخنمون سازندهای تاقدیس خورموج به ترتیب از قدیم به جدید شامل سازند نمکی هرمز با سن پالئوزوئیک پیشین، سازند آهکی خامی بالایی، گروه آهکی بنگستان با سن کرتاسه، سازند آهکی گورپی با ناهمسازی فرسایشی و سازند ماسه سنگی پابده به سن کرتاسه-ترشیاری، سازند آهکی آسماری، سازند آهکی جهرم، سازند مارنی میشان، سازند ماسه سنگی آقاجاری، سازند کنگلومرای بختیاری، با سن ترشیاری و رسوبات آبرفتی عهد حاضر میباشد (شکل ۱).

شکل ۱– نقشه تکتونیکی ایران و نقشه ساده زمینشناسی و نقاط نمونه برداری شده بخش مطالعه شده از تاقدیس خورموج.



کانی فرعی	کانی حدواسط	کانی اصلی	نمونه
دولوميت، آنكريت، كائولينيت	مسكوويت-ايليت، كوارتز	كلسيت، فلوئورواً پاتيت	Kh-4
كوارتز، كائولينيت	مسكوويت-ايليت، دولوميت، فلوئوروآپاتيت	كلسيت	Kh-7
كائولينيت، دولوميت آنكريت	فلوئوروآپاتیت، مسکوویت- ایلیت، کوارتز	كلسيت	Kh-14
كائولينيت	مسكوويت-ايليت، كوارتز، دولوميت، آنكريت	كلسيت، فلوئوروآپاتيت	Kh-22
دولوميت، كائولينيت	مسكوويت-ايليت، كوارتز	كلسيت، فلوئوروآ پاتيت	Kh-32

شکل ۲- الف: فسیل دواومیتی آنکریتی شده، بزرگنمایی 10X. ب: تاثیر دگرسانی اپیژنتیک بر میکروفسیلهای موجود در محیط بزرگنمایی 40X. ج: پلوئیدهای فسفاته در لایه فسفاته، بزرگنمایی 10X. د: اوئیدهای فسفاتی، و: استخوان ماهی در لایه فسفاته بزرگنمایی 4X. ی: لامینههای مواد آلی و فسفات بزرگنمایی 4X.

انجام شد در جدول زیر ارائه شده است.

شکل ۳- الف: پیریت نهشته شده در حجرههای فرامینیفر که بهعنوان هسته اووئید عمل کرده، در نور عبوری ب: نور انعکاسی بزرگنمایی 10X. ج: دولومیتی و آنکریتی شدن در لایه آهک زیرین بزرگنمایی 10X د: دولومیتی و آنکریتی شدن در لایه ماسه فسفاتی گلوکونیتدار، د: میکروفسیل گلوکونیتی ( فلش سفید) و فسفاتی شده ( فلش قرمز)، چرت سبز (فلش زرد) بزرگنمایی 10X، ی: میکروفسیل گلوکونیتی و فسفاتی شده ( فلش سفید)، چرت سبز (فلش زرد) بزرگنمایی 10X

ر گنمایی 10X. ، موجود در در لایه فسفاته، 4 42



[ ۱ ]چشمه سری، م. و عابدینی، ع. و علیزاده، ا. و موسوی، س .م.، (۱۳۹۱) کانی شناسی و زمین شناسی عناصر نادر خاکی افق فسفاتی دلیر (جنوب غرب چالوس، استان مازندران). مجله زمین شناسی اقتصادی، دانشگاه فردوسی مشهد، ۲، ۳۱۹ – ۳۳۳.

[۲] اعابدینی، ع.، چشمهسری، م. و علیزاده، ۱.، (۱۳۹۱) زمین شیمی و محیط تشکیل نهشته فسفاتی دلیر، جنوب باختر چالوس، استان مازندران، مجله رسوبشناسی کاربردی، دانشگاه بوعلی سینا همدان، جلد ۱ ،ص. ۲۸ تا ۴.
[۳] امقدسی، س.، ج.، (۱۳۹۵) کانیشناسی و زمین شیمی عناصر خاکی کمیاب نهشته فسفات جیرود در دره شمشک، شمال تهران، مجله علوم زمین، شماره ۱۰۲، صفحه ۳۱۳ تا ۳۲۴.
[۴] اویسه، س.، (۱۳۹۶) اکتشاف عناصر نادر خاکی (REEs) در ایران، پی جوئی عناصر نادر خاکی در افقهای در افقهای فسفات رسوبی ایران (گزارش)، صلحه می مناصر خاکی در ایران، پی جوئی عناصر نادر خاکی در افقهای فسفات رسوبی ایران (گزارش)، صلحه ۲۲۰

[5] Senemari, S., Foroughi, F. (2019), Calcareous nannofossils biostratigraphy of the Campanian-Danian interval, Gurpi Formation in the Zagros Basin, SouthWest of Iran, Geopersia, v 9 (2), PP. 251-264.

[6] Bolourchifard, F., Fayazi, F., Mehrabi, B., (2019), Evidence of high-energy storm and shallow water facies in Pabdeh sedimentary phosphate deposit, Kuhe-Lar-anticline, SW Iran, Carbonates Evaporites V., 34, P., 1703–1721.
[7] Sepehr, M., Cosgrove, J. (2004), Structural framework of the Zagros fold—thrust belt, Iran. Mar Pet Geol, V. 21, P829–843.

[8] Subbotina, N. N. (1947), Danian and Paleogene foraminifera of the northern Caucasus.VNIGRI, Microfauna of the oilfields of the Caucasus, Emba, and Central Asia. 39-160.

[9] Abed A.M., Jaber O., Al Kuisi M., R. Sadaqah, (2016), Rare earth elements and uranium geochemistry in the Al-Kora Phosphorite province, Late Cretaceous, northwestern Jordan. Arab J Geosci, 9:187.
[10] Pufahl, P.K., Pirajno, F. and Hiatt, E. E., (2013), Riverine mixing and fl uvial iron formation: A new type of Precambrian biochemical sediment, Geological Society of America, v. 41, no. 12, p. 1235–1238.

[11] Adams A. E., Mackenzie W. S., Guilford C., (1988), Atlas of sedimentary rocks under the microscope, p. 108. [12] Carson, G. A. and Crowley, S. F. (1993), the glauconite phospahate association in hardgrounds: examples from the Cenomanian of Devon, southwest England, ret. Res. V. 14, P. 69 - 89.

[13] Glenn, C.R., Follmi, K.B., Riggs, S.R., Baturin, G.N., Grimm, K.A., Trappe, J., Abed, A.M., Galli-Oliver, C., Garrison, R.E., Dyin, A., Jehl, C., Rohrich, V., Sadaquah, R., Schiderlowski, M., Sheldon, R.E., Seigmund, H., (1994), Phosphorus and phosphorites: sedimentology and environments of formation. Eclogae Geologica Helvetiae, V. 87, P. 747–788.
[14] Fazio, A.M., Scasso, R.A., Castro, L.N., Carey, S. (2007), Geochemistry of rare earth elements in early-diagenetic Miocene phosphatic concretions of Patagonia, Argentina: Phosphogenetic implications, deep-Sea Research II, V.54, p. 1414-1432.