

سنگنگاری، کانی‌شناسی، زمین‌شیمی عصری و الگوی رشد گلاکونی‌های نهشته‌های میوسن در برش گشور، پهنه سندج سیرجان (جنوب غرب هرسین)

جعفر شریفی^۱، یعقوب نصیری^۲

۱) استادیار، دانشکده علوم پایه، گروه زمین‌شناسی، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران

۲) استادیار، گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم، مجتمع آموزش عالی گناباد، گناباد، ایران

J_sharifi@pnu.ac.ir

تاریخ تنظیم: ۱۴۰۳/۷/۲۷

چکیده

توالی کربناته به سن میوسن در برش روستای گشور واقع در یک کیلومتری جنوب غرب هرسین، استان کرمانشاه، از سنگ آهک گلاکونی، مارن گلاکونی و میان لایه‌های شیل تشکیل شده است. کانی گلاکونی در تمام رخساره‌های سنگی این توالی وجود دارد. فراوانی گلاکونی از ۵ تا ۴۵ درصد و بر اساس درجه بلوغ، از کمی تکامل یافته به رنگ سبز کمرنگ تا بسیار تکامل یافته به رنگ سبز خیلی پر رنگ در مقاطع مشاهده شده‌اند. خصوصیاتی نظیر جانشینی غیر انتخابی، حضور پلت‌های گلاکونی نارس، وجود تکه‌های پراکنده گلاکونی در زمینه به صورت هاله سبز رنگ، جورشده‌گی ضعیف همراه با فسفات و چروکیدگی در برخی گلاکونی‌ها از مهم‌ترین شواهد تشکیل گلاکونی‌های اتوکتونوس است که تحت شرایط فیزیکوشیمیایی مناسب جانشین پوسته‌های فسیلی و زمینه مقاطع شده‌اند. در نمونه‌های مورد مطالعه، نتایج SEM کانی‌های گلاکونی با مطالعات پتروگرافی قابل تطبیق است. همچنین تجزیه و تحلیل‌های نیمه‌کمی انجام شده برروی کانی‌های گلاکونی با استفاده از آنالیز نیمه‌کمی EDX SEM غلظت‌های Fe_2O_3 و K_2O ، نشان دهنده یک رابطه خطی مثبت بین غلظت Fe_2O_3 و K_2O است. غلظت اکثر نمونه‌ها پایین‌تر از مقدار آستانه است ($\text{Fe}_2\text{O}_3 < 7\%$) ($\text{K}_2\text{O} < 8\%$) که با شواهد پتروگرافی برای گلاکونیت‌های اتوکتونوس مطابقت دارد.

واژه‌های کلیدی: نهشته‌های میوسن، گلاکونی، برجا، آنالیز EDX، پتانسیم، اتوکتونوس

Petrography, Mineralogy, Geochemistry and growth pattern of glauconite in Miocene deposits in the Gashor section, Sanandaj - Sirjan Zone (SW of Harsin)

Jafar Sharifi^{*1}, Y. Nasiri²

1) Assist. Prof., Faculty of Sciences, Department of Geology, Payame Noor University, Tehran, Iran.

1) Assist. Prof., Department of Geology, Faculty of Sciences, University of Gonabad, Gonabad, Iran

Miocene-aged carbonate sequence in Geshur village section which located in one kilometer to southwest of Harsin, Kermanshah province, is composed of glauconite limestone, glauconite marl, and interlayers of shale. Glauconite mineral is present in all rock facies of this sequence. The abundance of glauconite ranges from 5 to 45% and according to the degree of maturity, they have been observed from slightly evolved with pale green color to highly evolved with very rich green color in thin sections. Featured such as unselected replacement, the presence of highly evolved glauconite pellets, scattered pieces of glauconite in the form of green halo in matrix, weak sorting with phosphate and wrinkled glauconites are some of the most important evidences in the deposition of autochthonous glauconite under the suitable physico-chemical conditions which replacement with carbonate matrix and fossil shells. In the studied samples, the SEM results of glauconite minerals is compatible with the results of petrographic studies. Moreover, the semi-quantitative analysis on glauconite minerals using EDS SEM on FeO and K₂O concentrations indicate a positive linear relationship between the FeO and K₂O concentrations. The concentrations of most samples are lower than the values of the threshold (K₂O < 8%) (Fe₂O₃ < 7%), which is consistent with the petrographic evidence for autochthonous glauconites.

Keywords: Miocene deposit, glauconites, *in situ*, EDX analysis, potassium, autochthonous

حوضه‌های رسوی مناطقی فرونشست یافته از سطح زمین بوده که بر هم کنش فاکتورهای مختلف چینه‌نگاری سکانسی در مقیاس‌های مختلف زمانی و مکانی، پاسخی بر ساختار چینه‌شناسی موجود در آن‌هاست [1]. مطالعه یک حوضه رسوی با سکانس‌های واقع در آن با بهره‌گیری از داده‌های مختلفی چون رخنمون، زیرسطحی، ژئوفیزیکی و ... به شناخت هر چه بیشتر حوضه کمک شایانی می‌نماید [2]. با علم بر این خصوصیات یک برش چینه‌شناسی از رسوبات میوسن در ناحیه هرسین مورد مطالعه قرار گرفت. در زون ساختاری زاگرس، ایران مرکزی و سندج سیرجان رسوبات موجود دارای رخساره، ضخامت و سن بسیار متغیر و متنوع از جایی به جای دیگر می‌باشدند. رسوبات مربوط در زون زاگرس به سازند آسماری در ایران مرکزی به سازند قم و در سندج سیرجان نامگذاری نشده‌اند. ناحیه مورد مطالعه در زون سندج سیرجان قرار دارد (شکل ۱). با پیشروی سطح آب دریا رسوبات کربناته نهشته‌های میوسن در آبهای نیمه عمیق و در زون ساختاری کرمانشاه بر جای گذاشته شده است. در ناحیه مورد مطالعه نهشته‌های موردنظر مطالعه بر روی افیولیت‌ها قرار دارد و مرز بالای آن نیز افیولیتی است (شکل ۲). لیتوژوئی عمدی این نهشته‌ها شامل مارن تیره و سنگ‌آهک خاکستری رنگ است (شکل ۲). کانی گلاکونی تحت عنوان اجزای تشکیل‌دهنده رسوبات بخش بالای نهشته‌های میوسن در ناحیه مورد مطالعه است. کانی گلاکونی از آلومینو فیلوسیلیکات‌های غنی از آهن و پتاسیم شناخته می‌شود که شامل طیفی از کانی‌ها با درصدهای متفاوت این عناصر بوده و با عضو ابتدایی اسمکتیت و عضو نهایی میکا مشخص می‌شود. گلاکونی‌ها به رنگ‌های سبز رنگ و با ظاهری خاکی یا درخشان، غالباً در حد ماسه بوده و معمولاً گرد تا بیضوی شکل هستند. به عقیده ادین و فلوگار [3] واژه گلاکونی تنها به عضو انتهایی در سری‌های گلاکونی که به عنوان میکای غنی از پتاسیم شناخته می‌شود مربوط است. دو نظریه اساسی در مورد تشکیل گلاکونی مطرح است. تئوری نوشکلی تشکیل این کانی را نتیجه تهشینی مستقیم یا بعد از انحلال دیگر کانی‌ها که دارای ترکیب شیمیایی مناسب هستند در نظر می‌گیرد، در حالیکه تئوری شبکه لایه‌ای (layer lattice) تشکیل گلاکونی را تکامل شیمیایی یک کانی رسی که تحت تجزیه قرار گرفته است می‌داند. مطالعه گلاکونی‌های موجود در رسوبات مربوط به سن‌های متفاوت نشان داده است که معمولاً با دمای بین ۱۰-۱۵ درجه سانتیگراد، شرایط مرز اکسیداسیون - احیا و اسیدیته حدود ۸ تشکیل می‌شود [4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14]. محیط دریایی کم‌عمق با شوری نرمال از محیط‌های مستعد تشکیل گلاکونی بوده و بر سایر محیط‌ها ترجیح داده می‌شود. اگرچه گزارش‌های مختلفی حاکی از تشکیل گلاکونی در اعمق متفاوت (بین ۳, ۱۶, ۱۵, ۱۷ متر) [15, 16, 17] و همچنین سیستم‌های رسوی مختلف از جمله حاشیه ساحلی، خلیج دهانه‌ای و بخش‌های میانی تا عمیق رمپ است و بنابراین عدم وابستگی تشکیل این کانی به عمق مستدل به نظر می‌رسد. علاوه بر این توزیع عرض جغرافیایی خاصی نیز برای تشکیل گلاکونی عنوان نشده است [18]. نهشته‌های مورد مطالعه که قاعده آن به نهشته‌های افیولیتی واحد E17 می‌شود در ۱ کیلومتری جنوب غرب هرسین و در ۶۰۰ متری روستای گشور واقع

شده و توسط جاده آسفالتی بیستون هرسین قابل دسترسی است. از لحاظ مختصات جغرافیایی قاعده این برش دارای طول جغرافیایی 12° و 25° شرقی و عرض جغرافیایی 17° و 34° شمالی است. هدف از این مطالعه تشخیص خاستگاه و مکانیسم دانه‌های گلاکونی است که می‌تواند به تفسیر شرایط حاکم بر محیط رسوی در زمان تشکیل گلاکونی‌ها در افق‌های مشابه در سایر نقاط ایران کمک بسزایی نماید.

روش مطالعه

در این مطالعه برش چینه شناسی نهشته‌های میوسن در روستای گشور، هرسین به ضخامت ۱۰۰ متر مورد مطالعه قرار گرفته است (شکل ۲). جهت بررسی مکانیزم تشکیل گلاکونی‌های نهشته‌های میوسن و همچنین به منظور شناسایی ویژگی‌های پتروگرافی گلاکونی‌ها از جمله ریخت‌شناسی، رنگ و نحوه ظهرور، در این برش 80×100 مقطع نازک میکروسکوپی مورد بررسی دقیق قرار گرفته است. پس از مطالعات پتروگرافی و جهت بررسی ساختار سطحی و درونی و همچنین تعیین درصد اکسیدهای مختلف تشکیل دهنده گلاکونی‌ها تعداد ۱۰ مقطع توسط میکروسکوپ الکترونی مورد تصویربرداری و آنالیز SEM-EDX در دانشگاه لرستان قرار گرفته است.

جدول ۱: میزان پتاسیم و آهن گلاکونی‌های نهشته‌های میوسن در برش گشور

شکل ۱) الف) نقشه کلی از ایران که در ان 8 حوضه مختلف نشان داده شده است [19]. ناحیه مورد مطالعه در حوضه سمندج سیرجان قرار دارد. ب) نقشه موقعیت و راه‌های دسترسی به ناحیه مورد مطالعه.

شکل ۲ ستون چینه‌شناسی نهشته‌های میوسن در برش مورد مطالعه.

توصیف و تفسیر

توصیف

بررسی پتروگرافی دانه‌های گلاکونی موجود در نهشته‌های میوسن در ناحیه مورد مطالعه نشان می‌دهد که به صورت گلاکونی‌های پلتی و بخشی نیز به صورت جانشینی حجرات خردنهای فسیلی را پر کرده‌اند، یا به صورت لکه‌های سبز رنگ بدون حاشیه مشخص و شارپ در زمینه سنگ دیده می‌شوند (شکل ۳ الف و ب). ریخت‌شناسی پلت‌های گلاکونی از نیمه گردشده و بی‌شکل با حاشیه نامنظم تا انواع

پستان مانند در تغییر است (شکل ۳ پ). علاوه بر این اغلب ترکهای ۷ شکل که به سمت مرکز دانه کشیده شده‌اند در این نوع گلاکونی‌ها دیده می‌شود (شکل ۳ پ). پلت‌های گلاکونی با رنگ‌های مختلف از سبز روشن تا سبز و سبز تیره در کنار یکدیگر دیده می‌شوند. میزان خردشده‌گی در این گلاکونی‌ها بسیار اندک بوده اگر چه در مواردی ممکن است انواع خردشده نیز مشاهده شوند. این دسته از گلاکونی‌ها در اندازه‌های مختلف مشاهده شده و لذا از جورشده‌گی ضعیفی برخوردارند (شکل ۳ الف-پ). در مواردی پیریت‌های به فرم کوبیک به صورت جانشینی در گلاکونی‌ها و یا پرکننده حجرات فرامینیفرها مشاهده شده است (شکل ۴ الف و پ). در مطالعات صورت گرفته توسط میکروسکوپ الکترونی SEM از دانه‌های مختلف گلاکونی با ریخت‌شناسی و رنگ‌های گوناگون وجود دو دسته گلاکونی به اثبات رسیده است. یک دسته ساختار درونی لاملی – تیغه‌ای را از خود نشان داده‌اند (شکل ۶ پ و ت) و دسته دوم که با رنگ سبز روشن و عدم وجود ترک‌های سطحی مشخص می‌شوند وجود ساختار درونی گلولی در آن‌ها را آشکار می‌سازند (شکل ۶ الف و ب). در این نمونه‌ها عدم وجود گردشده‌گی، زاویه‌دار، سطح چروکیه ناصاف، اندازه‌های مختلف دیده می‌شود (شکل ۳ الف-پ). در مقاطع مورد مطالعه همچنین همراهی فسفات که ترکیب یکنواخت از خود نشان می‌دهند با گلاکونی تایید شده است (شکل ۳ ب). مقدار پتانسیم گلاکونی‌های نهشت‌های میوسن از حدود ۲ درصد تا ۸ درصد افزایش می‌یابد (جدول ۱).

شکل ۳ الف: گلاکونی‌های نابالغ (Na)، کمی بالغ (Sl) و تکامل یافته (Ev) و گلاکونی بسیار تکامل یافته. ب: گلاکونی‌های نابالغ (Na) و تکامل یافته (Ev). پ: ترک ۷ شکل (شماره ۳)، ریخت‌شناسی پستان شکل (شماره ۱)، ریخت‌شناسی کرمی شکل (شماره ۲).

تفسیر

نظریات اولیه تشکیل و تکامل، گلاکونی را مستلزم وجود یک کانی اولیه نظری ایلیت و اسمکتیت که از نظر ساختاری شبیه کانی گلاکونی است می‌دانست که در این شرایط آهن جانشین الومینیوم شده و گلاکونی تشکیل می‌شود [20]. اما بعداً با شناسایی فرایند گلاکونی شدن در بسترها مختلف این تئوری رد شد [21, 7, 4, 8, 16, 22]. فرایند گلاکونی شدن به طور ایده‌آل شامل ۴ مرحله بوده که به ترتیب پیشرفت فرایند شامل مراحل نوظهور یا نابالغ، کمی تکامل یافته، بالغ و خیلی تکامل است (شکل‌های ۳ الف و ب و ۵). هر یک از مراحل توسط خصوصیات پتروگرافیکی (رنگ، ریخت‌شناسی، ساختار درونی) و ژئوشیمیایی (به عنوان مثال تغییرات درصد پتانسیم و آهن) قابل شناسایی است. این فرایند در مراحل اولیه نیاز به وجود حفراتی در بستر (مانند حجرات پوسته‌های فسیلی از جمله فرامینیفرها، شکستگی، نقاط ضعف موجود در دانه‌ها) دارد. در نهشت‌های میوسن این بستر اولیه شامل حجرات فرامینیفرها است که توسط گلاکونی پر می‌شود. اما در مورد پلت‌های گلاکونیتی که عمدتاً از نوع رسیده تا خیلی رسیده هستند با توجه به درجه بالای رسیدگی تشخیص بستر اولیه غیر ممکن است. در مرحله ابتدایی، کانی‌های رسی در جازای آهن‌دار و حاوی ۲ تا ۴ درصد پتانسیم این حفرات را پر می‌کنند، این مرحله را اصطلاحاً گلاکونی نابالغ یا نوظهور می‌گویند. در این مرحله گلاکونی به رنگ سبز کمرنگ و با حاشیه نامنظم دیده می‌شود.

با پیشرفت فرایند گلاکونی شدن مقدار پتاسیم افزایش یافته و در نهایت گلاکونی کاملاً بالغ به رنگ سبز پرنگ با میزان پتاسیم ۸ درصد ایجاد می‌شود. در این مرحله ممکن است ترکهای ایجاد شده در مراحل قبل با گلاکونی سبز کمرنگ پرشود و سطح دانه‌ها صاف‌تر و به صورت کروی شکل می‌شود (شکل، ۵ الف-پ). بنابراین گلاکونی‌ها در هر یک از این مراحل از نظر ترکیب و ساختار کانی‌شناسی متفاوت‌اند. گلاکونی‌ها از لحاظ منشا به دو گروه آلوکتونوس (*Allochthonous*) و اتوکتونوس (*Autochthonous*) تقسیم می‌شوند، به طوری که گروه آلوکتونوس خود شامل دو گروه پارا-الوکتونوس (*Parautochthonous*) و آواری (*Detritus*) است. در نوع اتوکتونوس یا در جازا دانه‌های گلاکونی از محل تشکیل خود جابه‌جا نمی‌شوند، ولی در نوع آلوکتونوس یا نابرجا گلاکونی‌ها از محل تشکیل خود جابه‌جا می‌شوند. گلاکونی‌های پارا-الوکتونوس بعد از تشکیل بر اثر جریان‌های اقیانوسی، جزرومد یا طوفان به صورت محلی جابجا می‌شوند، در حالی که گلاکونی‌های آلوکتونوس در اثر فرسایش و هوازدگی از رسوبات قدیمی به حوضه رسوبی حمل می‌شوند [23, 7, 4, 24].

گلاکونی‌های اتوکتونوس به صورت درجا در محیط تشکیل شده و بعد از تشکیل نیز جابجا نمی‌شوند. جابجایی و حمل گلاکونی از پدیده‌های معمول در محیط‌های رسوبی بوده و از این رو برای تشخیص ماهیت واقعی حضور گلاکونی در یک توالی رسوبی مهم است تا در جازا یا نابرجا بودن گلاکونی تشخیص داده شود [25]. دانه‌های گلاکونی در رسوبات نهشته‌های میوسن در گروه انواع در جازا قرار می‌گیرند که در ادامه به ذکر دلایل و ویژگی‌های آن‌ها پرداخته می‌شود. وجود نهشته‌های دریایی (نوع سنگ میزان)، توزیع مکانی غیر انتخابی گلاکونی، جورشده‌گی و گردشده‌گی پایین، چروکیدگی ریخت‌شناسی (*morphological shrinkage*) در گلاکونی و همراهی گلاکونی با دانه‌های فسفاته را از ویژگی‌های مهم جهت شناسایی دانه‌های گلاکونی در جازا در نهشته‌های میوسن است. چروکیدگی یا شکست مورفولوژیکی گلاکونی‌های میوسن موید در جازا بودن آن‌ها است، که علت آن خروج آب از کانی و به عنوان ترکهای انبساطی مربوط به رشد تفکیکی کانی در پلت گلاکونی است [25]. چنان که ذکر گردید، گلاکونی‌های مورد مطالعه در نهشته‌های میوسن به دو صورت جانشینی در خرده‌های اسکلتی و پلت‌های گلاکونی مشاهده می‌شوند. پلیت‌های گلاکونی عمدتاً شکل‌دار، دارای جورشده‌گی نسبتاً ضعیف و نیمه گردشده تا زاویه‌دار، سطح چروکیده ناصاف و اندازه‌های مختلف دیده می‌شود (شکل ۳ الف-پ و ۶ الف و پ). این گلاکونی‌ها از انواع دارای رنگ سبز روشن با حاشیه نامنظم و بدون ترکهای سطحی تا سبز – سبز تیره با ترکهای حاصل از فرایند چروکیدگی مربوط به افزایش درجه رسیدگی تغییر می‌کنند (شکل ۴ الف-ت). تصاویر میکروسکوپی از گلاکونی‌های با رنگ سبز روشن وجود ساختار گلbulی در آن‌ها را اشکار کرده که مشخصه گلاکونی‌های نوظهور (نابالغ) است (شکل ۶ الف و ب). میزان اکسید پتاسیم و آهن بر اساس آنالیز EDX بین ۲،۵ تا ۵ درصد برای این دسته از گلاکونی‌ها تعیین شده است (جدول ۱). که با شواهد پتروگرافی برای گلاکونی‌های نابالغ مطابقت دارد. گلاکونی‌های دارای رنگ سبز تا سبز تیره ساختار درونی لامی – تیغه‌ای از خود نشان می‌دهند که

مشخصه گلاکونی‌های رسیده تا خیلی رسیده است [15, 9, 8] (شکل ۶ پ و ت). میزان اکسید پتاسیم براساس و آهن آنالیز – SEM EDX بین ۷،۷ تا ۸ درصد برای این دسته از گلاکونی‌ها تعیین شده است که با مشخصه‌های پتروگرافی مانند رنگ سبز تیره، ترک‌های حاصل از رسیدگی و ساختار درونی لاملی برای گلاکونی‌های رسیده و خیلی رسیده مطابقت دارد. مشاهده مراحل تکامل دانه‌های گلاکونی از نابالغ (به صورت پلیت و یا در حجرات فرامینیفرها) تا بالغ (بخش عمدۀ پلیت‌های گلاکونی) که در بسترها مختلف در رسوبات نهشتۀ‌های میوسن صورت گرفته است شاهدی بر درجaza بودن این دانه‌ها است [25, 18, 26, 27]. در این ارتباط مطالعات پتروگرافی نشان می‌دهد که گلاکونی‌های نوظهور به رنگ سبز روشن و گلاکونی‌های بسیار تکامل یافته به رنگ سبز تا سبز تیره که گاهی دارای چروکیدگی ریخت‌شناسی‌اند در کنار یکدیگر مشاهده می‌شود (شکل ۵ الف-پ). از طرفی از نظر پتروگرافی گلاکونی‌های نابرجا (الکتونوس) دارای دانه‌های گردشده با جورشدگی خوب هستند که سطح آن‌ها صاف و آثار خراشیدگی دیده می‌شود که آثار خراش نشان دهنده حمل و نقل و تماس دانه‌ها با همدیگر است که این موارد در گلاکونی‌های میوسن دیده نشد. بنابراین گلاکونی‌های میوسن از نوع برجا هستند. همچنین درصد اکسید پتاسیم و اهن گلاکونی‌های نابرجا (الکتونوس) بالاتر از خط آستانه یعنی بالاتر از عدد ۱۰ می‌باشد، که در مورد گلاکونی‌های میوسن درصد اکسید آهن و پتاسیم کمتر از ۸ یعنی پایین‌تر از خط آستانه قرار دارد. که تایید کننده گلاکونی از نوع برجا است. بدیهی است که در صورت از بین رفتن هر یک از شرایط مورد نیاز جهت تکامل فرایند گلاکونی شدن مثلاً تغییرات سطح آب دریا (جابجایی دانه‌های گلاکونی)، دفن در عمق بیشتر و ورود رسوبات سیلیسی آواری به حوضه در هر کدام از مراحل رسیدگی، این واکنش تکاملی متوقف می‌شود. حضور پلت‌های گلاکونی فاقد گردشگی، سطحی ناصاف و علائم خراش در نهشتۀ‌های میوسن نشانه دیگری بر منشا اتوکتونوس بودن گلاکونی‌ها است [28, 7, 4, 8] (شکل، ۶ الف-ت). وجود پلت‌های گلاکونی با ریخت‌شناسی مختلف از جمله بی‌شکل، نیمه کروی تا پستان مانند و درجات رسیدگی متفاوت از نوظهور تا خیلی رسیده علت دیگری بر عدم تاثیر فرایند جورشدگی هیدرولیکی در طی تشکیل این دسته از گلاکونی‌ها و در نتیجه تایید کننده منشا درجای آن‌ها است. برخی از خردشگی‌های مشاهده شده در پلیت‌های گلاکونی نهشتۀ‌های میوسن ممکن است در اثر آشفتگی‌های زیستی و فعالیت موجودات در درون لایه و یا در اثر از دادن آب ایجاد شده و ارتباطی با حمل و نقل ندارد [14]. از طرف دیگر وجود تعدادی از دانه‌های گلاکونی شکسته شده به صورت مخلوط با دانه‌های گلاکونی بالغ و بسیار بالغ حاوی ترک‌های مورفولوژیکی مشخصه مراحل پیشرفته فرایند گلاکونی شدن بوده و این شکستگی‌ها ارتباطی به حمل و نقل گلاکونی‌ها ندارد (شکل ۳ الف؛ شکل ۴ الف؛ شکل ۵) [23, 18]. این ترک‌های سطحی موجود در گلاکونی‌های سبز تیره حاصل چروکیدگی یا شکست مورفولوژیکی در دانه‌های گلاکونی به علت خروج آب از کانی و یا بر اثر ترک‌های انبساطی در هنگام رشد تفکیکی کانی در گلاکونی ایجاد می‌شود (شکل ۳ پ) [29, 30, 25, 31, 7].

شکل ۴) الف: حضور گلاکونی در جزا در میان نهشته‌های کم انژی و گلاکونی با جورشدگی ضعیف (شماره ۱) به همراه پیریت جانشینی (شماره ۲) در حجرات فرامینیفرها ب: همراهی گلاکونی دارای جورشدگی ضعیف با دانه‌های فسفات، گلاکونی بیضی شکل (شماره ۱) وجود هاله گلاکونی در زمینه (شماره ۲)، c: گلاکونی با جورشدگی متوسط به همراه جانشینی گلاکونی بجای زمینه، گلاکونی کرمی شکل (شماره ۱). D: گلاکونی با جورشدگی خوب، به همراه جانشینی گلاکونی در زمینه کربناته.

شکل ۵) مراحل مختلف تکامل گلاکونی با تغییرات [21] الف، و همخوانی آن با نهشته‌های میوسن (ب، پ): ۱- گلاکونی نابالغ، ۲- گلاکونی اندکی بالغ، ۳- گلاکونی بالغ، ۴ گلاکونی بسیار بالغ. به افزایش پتابسیم و رنگ در طی رسیدگی گلاکونی و ارتباط آن با گلاکونی‌های نهشته‌های میوسن توجه شود.

چنان که پیشتر ذکر گردید بخشی از گلاکونی‌های موجود در رسوبات نهشته‌های میوسن به صورت تکه‌هایی از هاله‌های سیز رنگ در زمینه سنگ مشاهده شده‌اند (شکل ۴ ب و ت) که این ویژگی به همراه پلت‌های گلاکونی دارای مرز نامنظم تدریجی و غیر شارپ با زمینه، از شواهد قطعی تشکیل گلاکونیت‌های در جزا است [32, 7, 11].

همراهی فسفات با گلاکونی‌ها نشان دهنده وجود شرایط احیایی مناسب جهت فرایند گلاکونی شدن است. به طوری امکان حرکت و انتقال آهن دوظرفیتی و تثبیت آهن سه ظرفیتی در ساختار بلوری گلاکونی و همچنین افزایش مقدار پتابسیم که دو عنصر اصلی تشکیل دهنده گلاکونی هستند با وجود شرایط نیمه اکسیدی و یا مرز اکسایش - احیایی فراهم می‌شود. در بعضی موارد جانشینی پیریت در پلت‌های گلاکونی و همچنین در حجرات فرامینیفرها مشاهده شده است (شکل ۴ الف و پ)، که نشان دهنده ادامه شرایط کمبود اکسیژن و تبدیل شرایط نیمه احیایی (تشکیل گلاکونی) به شرایط احیایی (تشکیل پیریت) در ادامه فرایند دیاژنز است [33, 34]. در نهشته‌های میوسن جانشینی گلاکونی در خرده‌های اسکلتی نیز صورت گرفته است. غالباً جایگزینی گلاکونی در حجرات فرامینیفرها دیده می‌شود، بنابراین گلاکونی شکل قالب حجره فرامینیفر را به خود گرفته است (شکل ۴ الف). در این مورد وجود شرایط اسیدی نسبی در مراحل اولیه فرایند گلاکونی شدن محتمل بوده (که منجر به انحلال خرده‌های اسکلتی می‌شود) به طوری که با پیشرفت فرایند اسیدیته توسط انحلال خرده‌های اسکلتی خنثی و شرایط PH طبیعی حاکم می‌شود. همچنین وجود شرایط اسیدیته در مراحل اولیه گلاکونی شدن توسط درصد اکسید پتابسیم و آهن تایید می‌شود. بنابراین تاثیر خرده‌های اسکلتی در ایجاد شرایط فیزیکو شیمیایی مناسب فرایند گلاکونی شدن به عنوان یکی از عوامل اساسی در نظر گرفته می‌شود [32]. در این ارتباط توسعه زیر محیط‌های مستعد گلاکونی شدن در چنین رسوباتی احتمالاً مربوط به انحصار فیزیکی و یا محتوای بالای مواد آلی خرده‌های اسکلتی است که فرایند گلاکونی شدن را تسهیل می‌نماید [32, 35, 36, 37]. در ارتباط با منشا عناصر مورد نیاز جهت فرایند گلاکونی شدن در نهشته‌های میوسن می‌توان به واحدهای مارنی اشاره نمود که عناصر مورد نیاز تشکیل گلاکونی از جمله آهن، سیلیس، آلومینیوم و پتابسیم را تامین می‌کنند. علاوه بر

این اگرچه آب دریا با شوری نرمال دارای تمرکز پایینی از آلومینیوم، سیلیس و آهن است اما دارای مقادیر قابل توجهی پتاسیم است، لذا آب دریا می‌تواند تامین کننده یون‌های پتاسیم برای فرایند گلاکونی شدن باشد. از جمله منشاها احتمالی پتاسیم می‌توان به کانی‌های رسی موجود در رسوبات مارنی اشاره کرد. بنابراین به طور کلی فراهم شدن شرایط فیزیکو شیمیایی مختلف از جمله نرخ تهشیینی پایین، شرایط نیمه اکسیدی و وجود بستر اولیه مناسب جهت تشکیل گلاکونی ضروری است [28, 38, 39, 40].

در این ارتباط در موقعیت‌های رسوبی که امواج و جریانات قوی وجود دارد جابجا کردن سریع رسوبات از محیط‌های تشکیل گلاکونی به محیط‌های دفنی از توسعه گلاکونی جلوگیری کرده و شرایط تجمع رسوبات رسی به عنوان منبع تامین کننده عنصرهای مورد نیاز فرایند گلاکونی شدن را نیز به حداقل می‌رساند. لذا شرایط و محیط تشکیل دانه‌های گلاکونی در رسوبات نهشته‌های میوسن از شرایط عنوان شده مستثنی نبوده است که با توجه به فرامینیفرهای پلازیک در مناطق عمیق دریایی باز تشکیل شده‌اند. بنابراین محیط دریایی باز با میزان ورود اندک رسوبات آوارای بستر مناسبی از رسوبات که دارای چرخش کافی آب دریا بوده و شرایط مرز اکسیداسیون و احیا را می‌توان برای تشکیل گلاکونی‌های نهشته‌های میوسن پیشنهاد کرد. به طور کلی در ارتباط با مراحل تشکیل و تکامل گلاکونی‌های نهشته‌های میوسن یک مدل چهار مرحله‌ای قابل شناسایی است (شکل ۵ الف): مرحله ۱: این مرحله با ایستایی و سکون آب دریا مشخص می‌شود و به عنوان مرحله قبل از سیلابی شدن و شکستگی (pre-flooding or pre-winnowing stage) نامگذاری می‌شود. در این مرحله با توجه به حالت سکون آب دریا تبادل یونی صورت نگرفته و بنابراین احتمال تشکیل گلاکونی در آن بسیار ضعیف است. مرحله ۲: در این مرحله با بالا آمدن سطح آب دریا و عملکرد جریانات زیرسطحی و ایجاد گردش آب در بین رسوبات بستر دریا که به عنوان عامل اصلی تامین کننده یون‌های مورد نیاز فرایند گلاکونی شدن مطرح است. این فرایند در سطح رخمنون یافته بین آب – رسوب و در شرایط حدائق رسوب گذاری (Sediment starvation) و با تبادل یونی بین آب دریا و رسوبات زمینه با دانه‌های مستعد گلاکونی شدن شروع می‌شود. در این مرحله گلاکونی‌های نوظهور و کمی تکامل یافته تشکیل می‌شوند. این مرحله تحت عنوان مرحله رخمنونی و یا شکستگی مطرح می‌شود (Omission or winnowing stage). مرحله ۳ ادامه مرحله ۲ بوده که با گذشت زمان و تداوم شرایط نرخ رسوب گذاری پایین و با افزایش تبادل یونی بین بستر مستعد و آب دریا و رسوبات زمینه کانی‌های گلاکونی نوظهور مرحله قبل به درجات رسیدگی بالا می‌رسند که به عنوان انواع تکامل یافته و خیلی تکامل یافته شناخته می‌شوند. مرحله ۴ در این مرحله با افزایش نرخ رسوب‌گذاری و دفن کانی‌های گلاکونی و دور شدن آن‌ها از سطح رخمنونی آب – رسوب، فرایند تبادل یونی و به تبع آن گلاکونی شدن متوقف می‌گردد و در بخش‌های بالاتر توالی رسوبی نیز به میزان اندکی ممکن است گلاکونی تشکیل شود. این مرحله با عنوان مرحله دفن و یا مرگ گلاکونی‌ها (Burial or die-out stage) معروفی می‌شود. در ادامه فرایند دفن رسوبات و با

تبديل شرایط نیمه احیایی (مناسب گلاکونی شدن) به احیایی، تشکیل پیریت در حجرات فرامینیفرها و به صورت جانشینی در کانی‌های گلاکونی آغاز می‌گردد.

شکل ۶) تصاویر گلاکونیت از میکروسکوپ الکترونی SEM و پلاریزان: الف) تصاویر میکروسکوپی از گلاکونی‌های با رنگ سبز روشن (شماره ۱)، ب) تصویر SEM از شکل الف که وجود ساختار گلبولی در آن‌ها را اشکار کرده که مشخصه گلاکونی‌های نوظهور (نابالغ) است (شماره ۱)، همانطور که در شکل دیده می‌شود سطح دانه‌های گلاکونی فاقد گردشگی و آثار خراشیدگی دیده نمی‌شود که نشان دهنده گلاکونی برجا است. میزان اکسید پتابسیم بر اساس آنالیز EDX بین ۵ تا ۲۵ درصد برای این دسته از گلاکونی‌ها تعیین شده است. پ) تصویر میکروسکوپی گلاکونی‌های دارای رنگ سبز تا سبز تیره (شماره ۱)، ت) تصویر SEM از شکل پ که ساختار درونی لامی – تیغه‌ای از خود نشان می‌دهند که مشخصه گلاکونی‌های رسیده تا خیلی رسیده است (شماره ۱).

نتیجه‌گیری

گلاکونی یکی از اجزاء مهم در بخش‌های بالایی نهشته‌های میوسن است. گلاکونی نهشته‌های میوسن دارای درجه بلوغ متفاوت بوده و از نوع نابالغ با رنگ قهوه‌ای تا سبز کم‌رنگ تا خیلی تکامل یافته برنگ سبز تیره در تغییرند. این گلاکونی‌ها از نوع درجaza بوده و به سه فرم تشکیل در حجرات درونی فرامینیفرهای پلاژیک، گلاکونی شدن پلت مدفوعی و جانشینی در برخی از کانی‌ها و زمینه سنگ تشکیل شده است. جورشده‌گی ضعیف، همراهی دانه‌های فسفات، حضور پلت‌های گلاکونی نارس و رسیده، وجود پلت‌های گلاکونی با ریخت‌شناسی مختلف از بی‌شکل، نیمه‌کروی تا پستان مانند از دلایل اتوکتونوس (درجaza) بودن گلاکونی‌های نهشته‌های میوسن است. برای محیط تشکیل دانه‌های گلاکونی در نهشته‌های میوسن محیط دریایی باز با میزان اندک ورود رسوبات اواری، شرایط اندک احیایی و بستر مناسبی از رسوبات که دارای چرخش کافی آب دریا بوده است را می‌توان پیشنهاد کرد.

منابع

- [1] Allen P.A., Allen J.R., "Basin Analysis: Principles and Application to Petroleum Play Assessment", Wiley Blackwell (2013) 655 p.
- [2] Miall A.D., "The Geology of Stratigraphic Sequences (2 nd Edition) ", Springer- verlag (2010) 522 p.
- [3] Odin G.S., Fullagar P.D., "Geological significance of the glaucony facies, In: Odin, G.S. (Ed.), Green Marine ClaysDevelopments in Sedimentology", Elsevier Amsterdam 45 (1988) 295–332.

- [4] Amorosi A., Guidi R., Mas R., Falanga E., "Glaucony from the Cretaceous of the Sierra de Guadarrama (Central Spain) and its application in a sequence-stratigraphic context", International Journal of Earth Science 101 (2011) 415-427.
- [5] Amorosia A., Sammartino I., Tateo F., "Evolution patterns of glaucony maturity: A mineralogical and geochemical approach", Deep-Sea Research II 54 (2007) 1364- 1374.
- [6] Chang S.S., Shau Y.H., Wang M.K., Ku C.T., Chiang P.N., "Mineralogy and occurrence of glauconite in central Taiwan", Applied Clay Science 42 (2008) 74-80.
- [7] Chattoraj S.L., Banerjee S., Saraswati P.K., "Glauconites from the Late Palaeocene-Early Eocene Naredi Formation, western Kutch and their genetic implications", Journal of the Geological Society of India 73 (2009) 567-574.
- [8] Banerjee S., Chattoraj S.L., Saraswati P.K., Dasgupta S., Sarkar U., "Substrate control on formation and maturation of glauconites in the Middle Eocene Harudi Formation, western Kutch, India", Marine and Petroleum Geology 30 (2012) 144-160.
- [9] Banerjee S., Farouk S., Nagm E., Choudhury T.R., Meena S., "High Mg-glauconite in the Campanian Duwi formation of Abu Tartur Plateau, Egypt and its implications". Journal of African Earth Sciences, 56 (2019) 12–25.
- [10] Bansal U., Banerjee S., Pande K., Ruidas D.K., "Unusual seawater composition of the Late Cretaceous Tethys imprinted in glauconite of Narmada basin, central India", Geological Magazine 157(2) (2020) 233–247. <https://doi.org/10.1017/s0016756819000621>.
- [11] Rafiei M., Löhr S.C., Alard O., Baldermann A., Farkaš J., Brock G.A., "Microscale Petrographic, Trace Element, and Isotopic Constraints on Glauconite Diagenesis in Altered Sedimentary Sequences: Implications for Glauconite Geochronology", Geochemistry Geophysics Geosystems 24 (2023) e2022GC010795. <https://doi.org/10.1029/2022GC010795>.
- [12] Redaa A., Farkaš J., Gilbert S., Collins A.S., Löhr S., Vasegh D., "Testing nano-powder and fused-glass mineral reference materials for in situ Rb-Sr dating of glauconite, phlogopite, biotite and feldspar via LA-ICP-MS/MS", Geostandards and Geoanalytical Research 47(1) (2022) 23–48. <https://doi.org/10.1111/ggr.12467>.

- [13] Rafiei M., Löhr S.C., Baldermann A., Webster R., Kong C., "Quantitative petrographic differentiation of detrital vs diagenetic clay minerals in marine sedimentary sequences: Implications for the rise of biotic soils", Precambrian Research 350 (2020) 105948. <https://doi.org/10.1016/j.precamres.2020.105948>.
- [14] Moser U., Scheiblhofer E., Wright N., Zack T., "Impact of green clay authigenesis on element sequestration in marine settings", Nature Communications 13 (2022) 1527.
- [15] Berra F., Zanchi A., Mattei M., Nawab A., "Late Cretaceous transgression on a Cimmerian high (Neka Valley, Eastern Alborz, Iran): A geodynamic event recorded by glauconitic sands", Sedimentary Geology 199 (2007) 189–204.
- [16] López-Quirós A., Escutia C., Sánchez-Navas A., Nieto F., García-Casco A., Martín-Algarra A., "Glaucony authigenesis, maturity and alteration in the Weddell Sea: An indicator of paleoenvironmental conditions before the onset of Antarctic glaciation", Scientific Reports 9 (2019) 1–12. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-50107-1>
- [17] Baioumy H., Farouk S., Al-Kahtany K., "Paleogeographic, paleoclimatic and sea-level implications of glauconite deposits in Egypt: A review", Journal of African Earth Science 171 (2020) 103944. <https://doi.org/10.1016/j.jafrearsci.2020.103944>.
- [18] Odin G.S., "Significance of green particles (glaucony, berthierine, chlorite) in arenites. In: G.G. Zuffa (Editor), Provenance of Arenites", Riedel Publication Dorodrecht, (1985) pp. 279-307.
- [19] Aghanabati A., (2004) "Geology of Iran. Geological survey of Iran", Tehra, pp. 606.
- [20] Burst J.F., "Glauconite pellets: Their mineral nature and application to stratigraphic interpretations", Bulletin of the American Association of Petroleum Geology 42 (1985) 310-327.
- [21] Odin G.S., Matter A., "De glauconarium origin", Sedimentology 28 (1981) 611–641.
- [22] López-Quirós A., Sánchez-Navas A., Nieto F., Escutia C., "New insights into the nature of glauconite. American Mineralogist", Journal of Earth and Planetary Materials 105(5) (2020) 674–686. <https://doi.org/10.2138/am-2020-7341>.
- [23] Pasquini C., Lualdi A., Vercesi P., "Depositional dynamics of glaucony-rich deposits in the Lower Cretaceous of Nice arc, Southeast France", Cretaceous Research 25 (2004) 179–189.

- [24] Scheiblhofer E., Moser U., Löhr S., Wilmsen M., Farkaš J., Gallhofer D., "Revisiting glauconite geochronology: Lessons learned from *in situ* radiometric dating of a glauconite-rich Cretaceous Shelfal sequence", Minerals 12(7) (2022) 818. <https://doi.org/10.3390/min12070818>.
- [25] Amorosi A., "Detecting compositional, spatial and temporal attributes of glaucony: A tool for provenance research", Sedimentary Geology (1997) 135–153.
- [26] Huggett J., Adetunji J., Longstaffe F., Wray D., "Mineralogical and geochemical characterisation of warm-water, shallow-marine glaucony from the Tertiary of the London Basin", Clay Miner 52 (2017) 25–50.
- [27] Huggett J.M., "Glauconites. In Encyclopedia of Geology", Elsevier Amsterdam 2nd edition (2021) 334–340.
- [28] Huggett J.M., Gale A.S., "Petrology and palaeoenvironmental significance of glaucony in the Eocene succession at White cliff Bay, Hampshire Basin", Journal Geological Society of London 154: (1997) 897–912.
- [29] Fischer H., "Glauconite formation: Discussion of the terms authigenic, perigenic, allogenic, and meta-allogenic", Eclogae Geologicae Helvetiae 83 (1990) 1-6.
- [30] Chudhuri A.K., Chanda S.K., Dasgupta A.S., "Protrozoic peloids from South India: Their origin and significance", Journal of Sedimentary Research 64A (1994) 765-770.
- [31] Harris L.C., Whiting B.M., "Sequence-stratigraphic significance of Miocene to Pliocene glauconite-rich layers, on- and offshore of the US Mid-Atlantic margin", Sedimentary Geology 34 (2000) 129-147.
- [32] Kelly J.C., Webb J.A., "The genesis of glaucony in the Oligo-Miocene Torquay group, southeastern Australia: petrographic and geochemical evidence", Sedimentary Geology 125 (1999) 99–114.
- [33] El-ghali M.A.K., Mansurbeg H., Morad S., Al-Aasm I., Ramseyer K., "Distribution of diagenetic alterations in glaciogenic sandstones within a depositional facies and sequence stratigraphic framework: Evidence from the Upper Ordovician of the Murzuq Basin, SW Libya", Sedimentary Geology 190 (2009) 323-351.
- [34] Wang D., Zhu X.K., Zhao N., Yan B., Li X.H., Shi F., Zhang F., "Timing of the termination of Sturtian glaciation: SIMS U-Pb zircon dating from South China", Journal of Asian Earth Sciences 177 (2019) 287–294. <https://doi.org/10.1016/j.jseas.2019.03.015>
- [35] Zhou C., Huyskens M.H., Lang X., Xiao S., Yin Q.Z., "Calibrating the terminations of Cryogenian global glaciations", Geology 47(3) (2019) 251–254. <https://doi.org/10.1130/g45719.1>

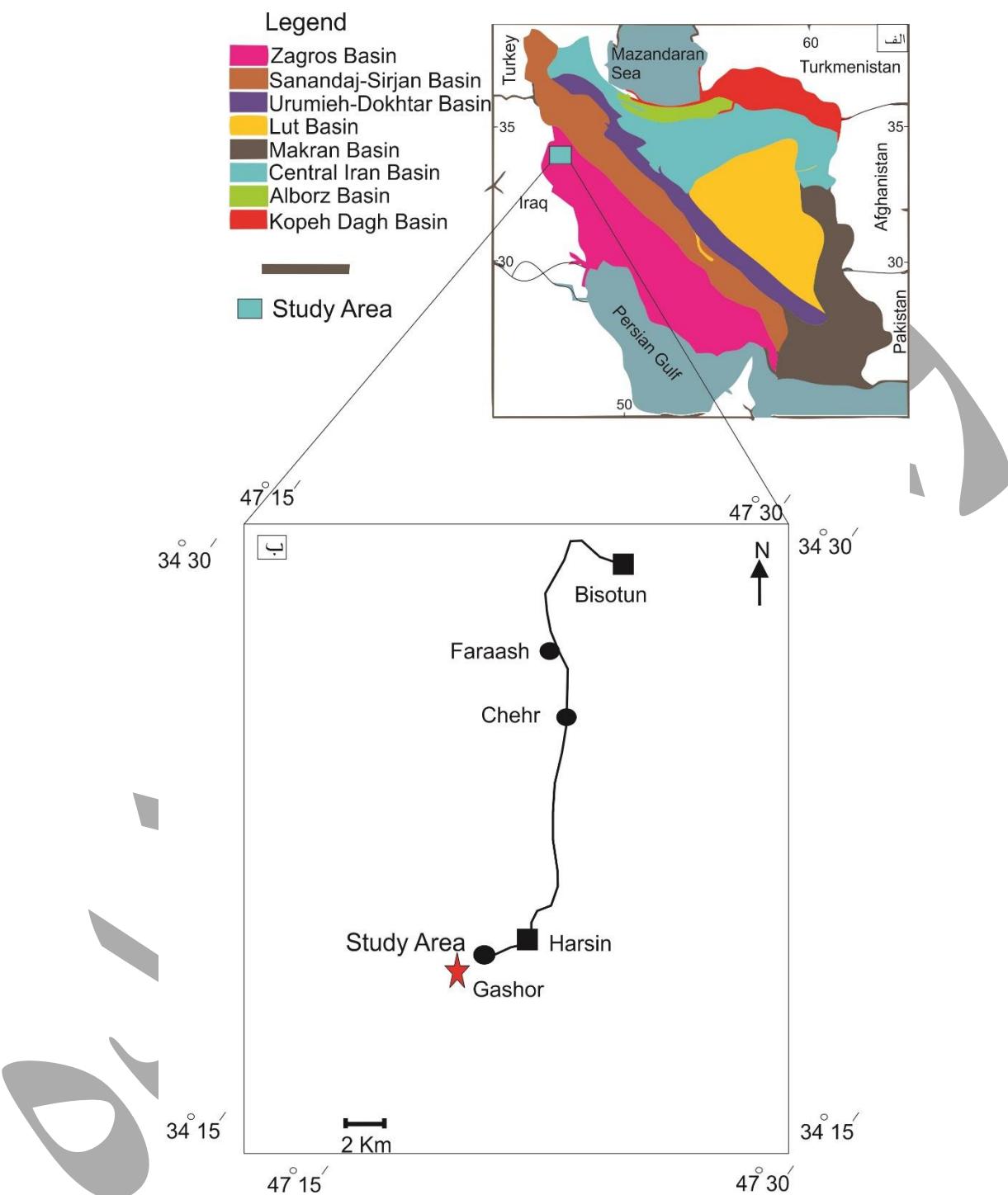
- [36] Tribovillard N., Bout-Roumazeilles V., Abraham R., Ventalon S., Delattre M., Baudin F., "The contrasting origins of glauconite in the shallow marine environment highlight this mineral as a marker of paleoenvironmental conditions", Comptes Rendus Geoscience 355(S2) (2023) 1–16.
- [37] Tribovillard N., Bout-Roumazeilles V., Delattre M., Ventalon S., Abraham R., Nzié O., "Syndepositional glauconite as a paleoenvironmental proxy - the lower Cenomanian Chalk of Cap Blanc Nez (N-France)". Chemical Geology 584, (2021) 120508.
- [38] Roy Choudhury T., Banerjee S., Khanolkar S., Saraswati P.K., Meena S.S., "Glauconite authigenesis during the onset of the Paleocene- Eocene Thermal Maximum: a case study from the Khuiala Formation in Jaisalmer Basin, India", Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology 571 (2021) 110388.
- [39] Kalinina N., Maximov P., Boris Makarov B., Dasi E., Maxim Rudmin M., "Characterisation and Environmental Significance of Glauconite from Mining Waste of the Egorievsk Phosphorite Deposit", Minerals 13 (2023) 1228. <https://doi.org/10.3390/min13091228>.
- [40] Tribovillard N., Bout-Roumazeilles V., Guillot F., Baudin F., Deconinck J. F., Abraham R., Ventalon S., "A sedimentological oxymoron: highly evolved glauconite of earliest diagenetic origin", Géoscience — Sciences de la Planète 355 (2023) 157-173 <https://doi.org/10.5802/crgeos.208>.

جدول (۱)

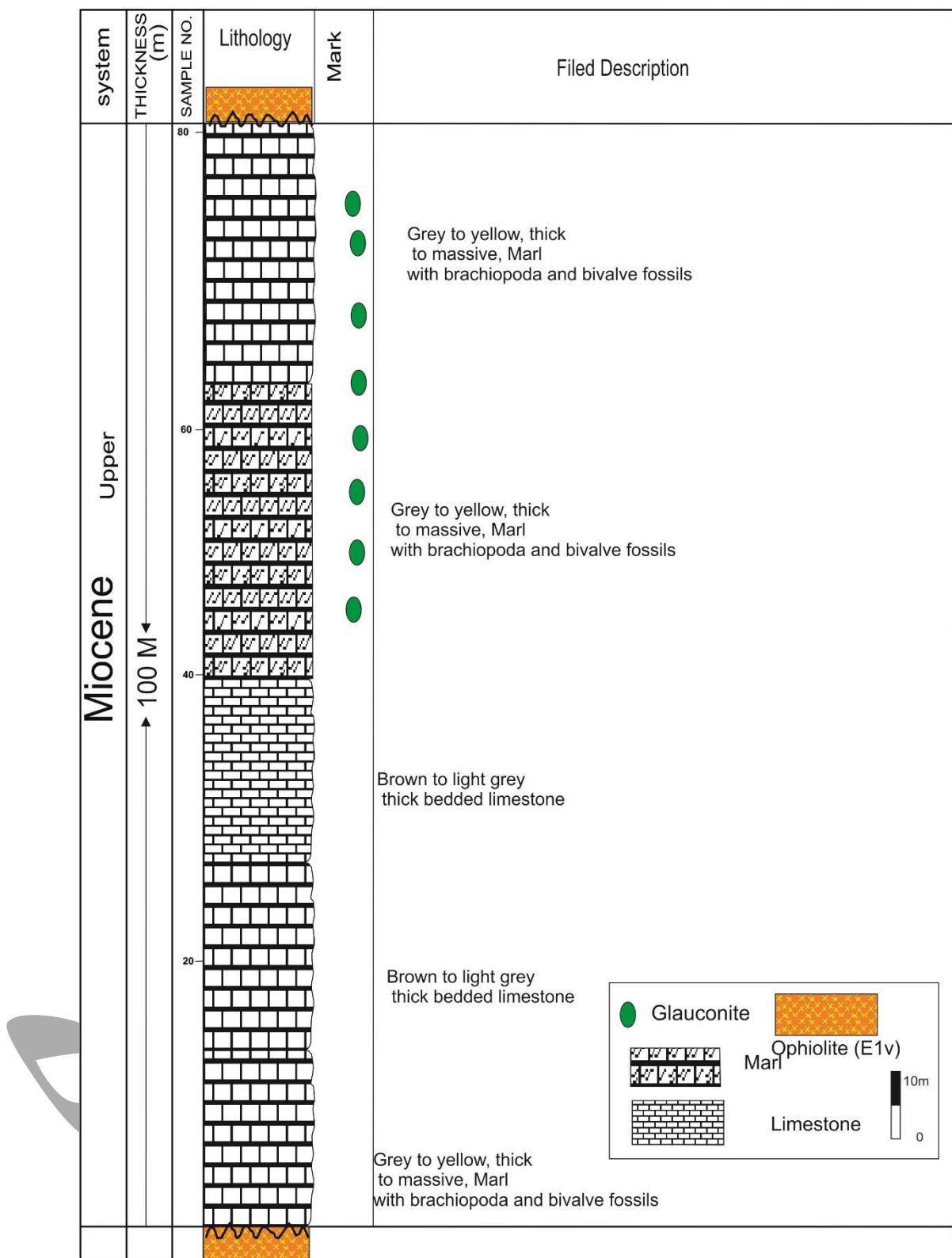
شماره نمونه	K %	Fe%
-------------	-----	-----

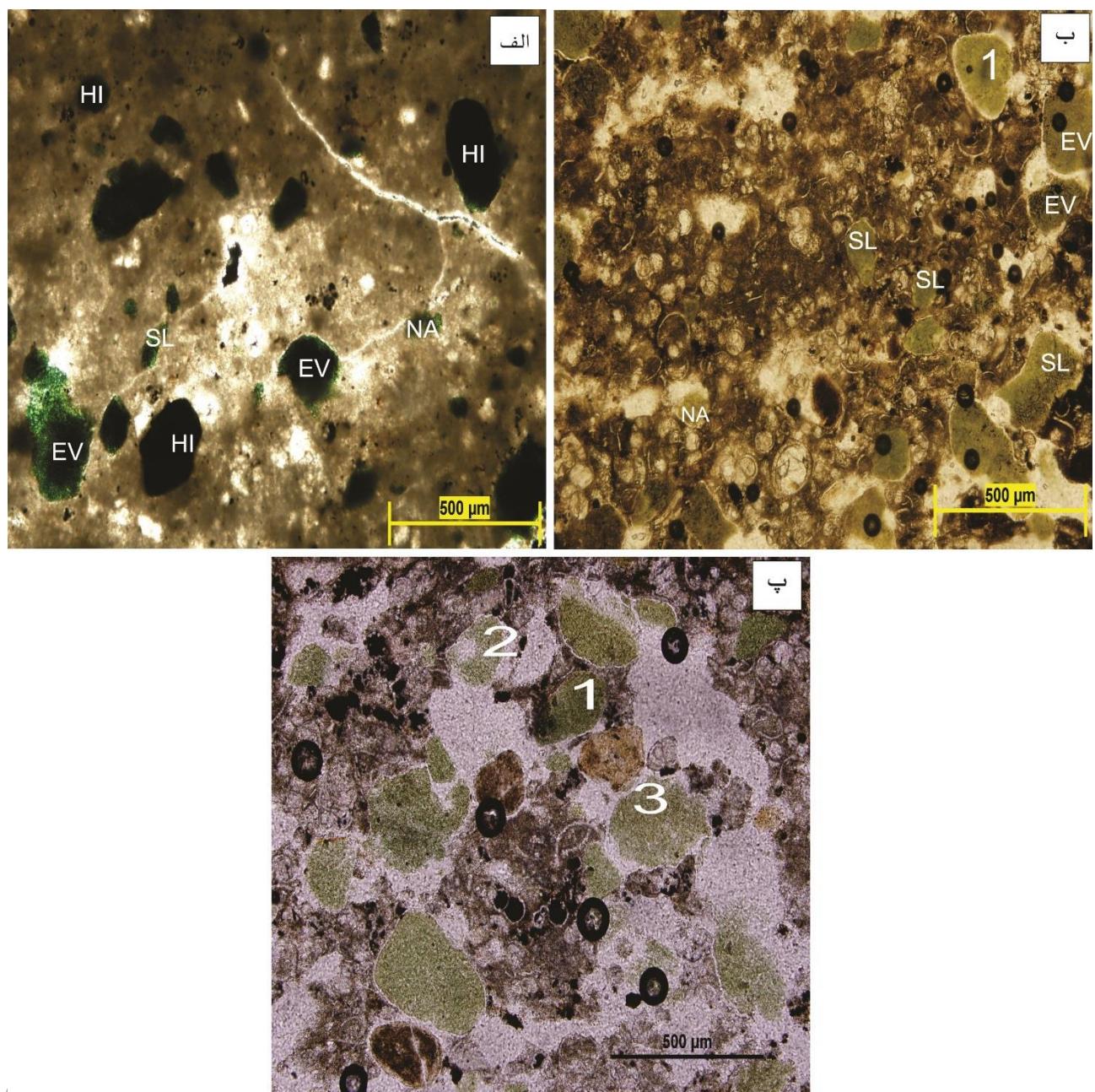
M40	5.2	6.3
M42	6.4	6/8
M45	5.5	6.9
M47	6.5	6.3
M49	5.1	6.4
M51	7.1	6.8
M53	7.2	6.7
M54	6.8	7.2
M57	7.9	7.6
M59	7.7	7.9

دسته هایی از ماده های پلیمری

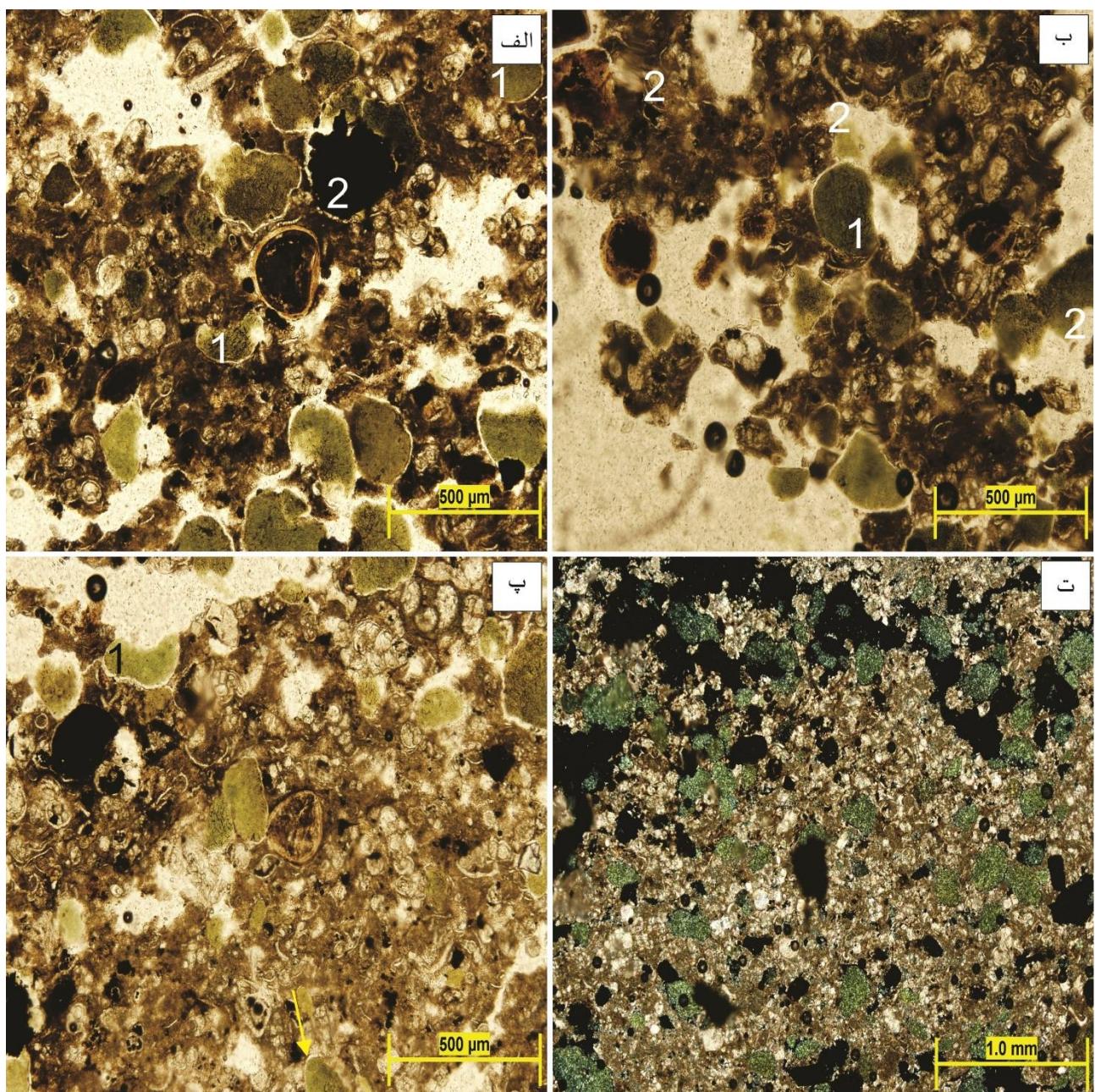


شکل(۱)

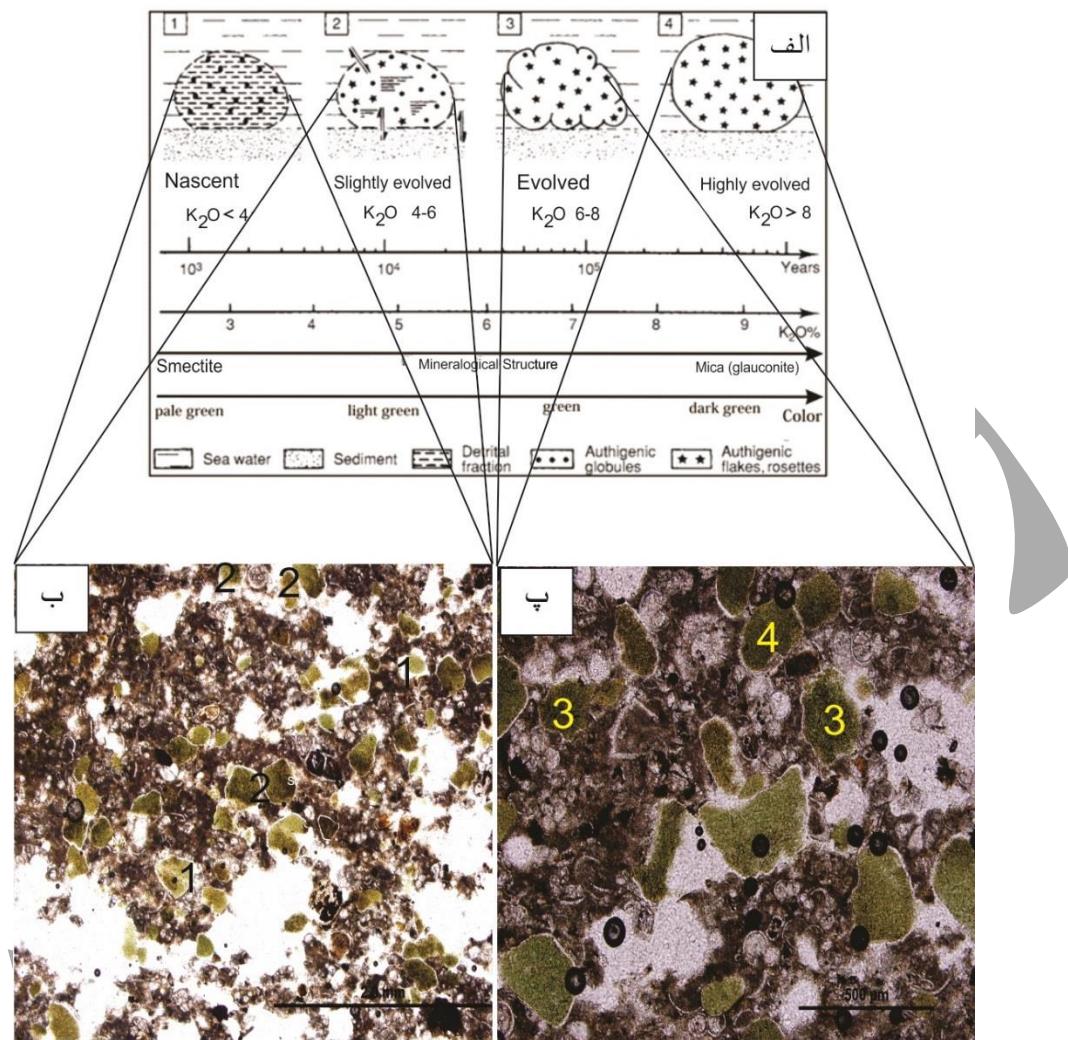




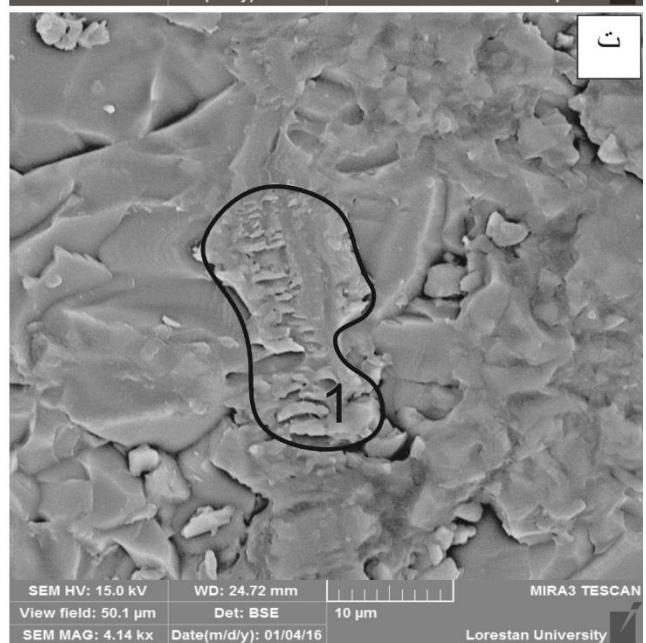
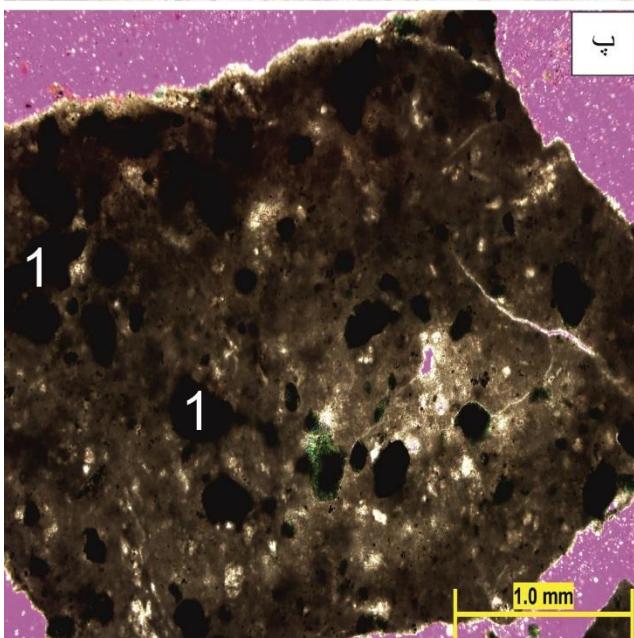
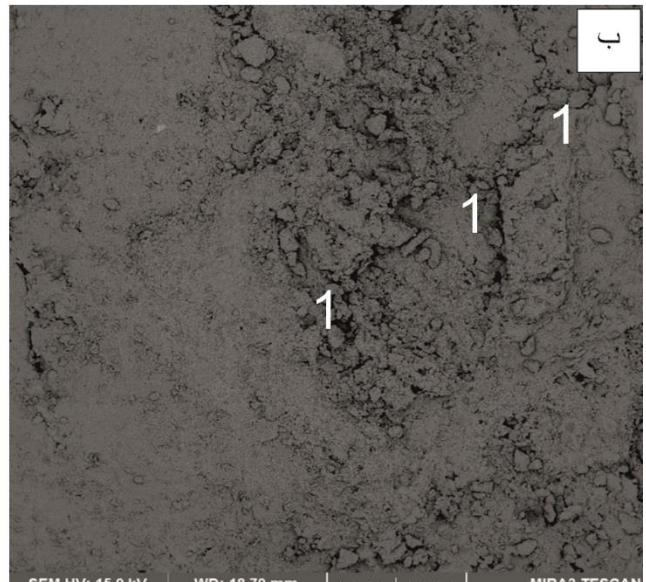
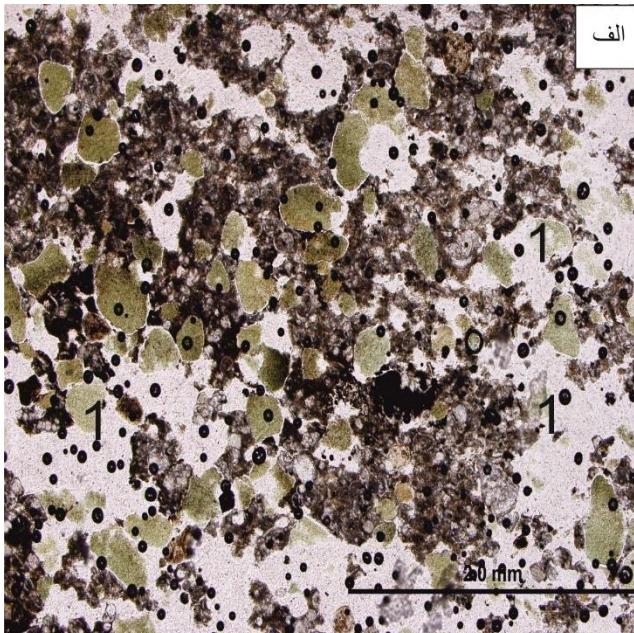
شكل ٣



شكل ٤



شكل (٥)



شکل ۶