

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

جعفر شریفی^{۱*}، یعقوب نصیری^۲

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

۲- گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم، مجتمع آموزش عالی گناباد، گناباد، ایران

(دریافت مقاله: ۱۴۰۳/۹/۱۷، نسخه نهایی: ۱۴۰۳/۱۱/۱۴)

چکیده: توالی کربناتی 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 همه 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 بسیار پر رنگ در مقاطع دیده شده‌اند. ویژگی‌هایی چون جان‌شینی غیرانتخابی، حضور پلت‌های گلاکونی نارس، وجود تکه‌های پراکنده گلاکونی در زمینه به صورت هاله سبز رنگ، جورشدگی ضعیف همراه با فسفات و چروکیدگی در برخی گلاکونی‌ها از مهم‌ترین شواهد تشکیل گلاکونی‌های برجا هستند که در شرایط فیزیکیوشیمیایی مناسب جان‌شینی پوسته‌های فسیلی و زمینه مقاطع شده‌اند. برای نمونه‌های مورد بررسی، نتایج میکروسکوپی الکترونی روبشی (SEM) کانی‌های گلاکونی با بررسی‌های سنگ‌نگاری همخوانی دارند. همچنین تجزیه و تحلیل‌های نیمه کمی انجام شده بر کانی‌های گلاکونی با طیف‌سنج پراکندگی انرژی پرتوی ایکس (EDX) (SEM) غلظت‌های K_2O و Fe_2O_3 نشان‌دهنده یک رابطه خطی مثبت بین غلظت Fe_2O_3 و K_2O است. غلظت بیشتر نمونه‌ها پایین-تر از مقادیر آستانه است ($K_2O < 8\%$ و $Fe_2O_3 < 7\%$) که با شواهد سنگ‌نگاری برای گلاکونیت‌های برجا همخوانی دارد.

واژه‌های کلیدی: نهشته‌های میوسن؛ گلاکونی؛ برجا؛ EDX؛ پتاسیم؛ برجا.

مقدمه

سیرجان رسوب‌های موجود دارای رخساره، ضخامت و سن بسیار متغیر و متنوع از جایی به جای دیگر هستند. رسوب‌های مربوط در پهنه زاگرس به سازند آسماری در ایران مرکزی به سازند قم و در سنندج سیرجان نامگذاری نشده‌اند. ناحیه مورد بررسی در پهنه سنندج سیرجان قرار دارد (شکل ۱). با پیشروی سطح آب دریا رسوب‌های کربناتی نهشته‌های میوسن در آب‌های نیمه‌عمیق و در پهنه ساختاری کرمانشاه بر جای گذاشته شده‌اند. در این منطقه نهشته‌های مورد بررسی بر افیولیت‌ها قرار دارند و مرز بالای آن‌ها نیز افیولیتی است (شکل ۲). سنگ‌شناسی عمده این نهشته‌ها شامل مارن تیره و

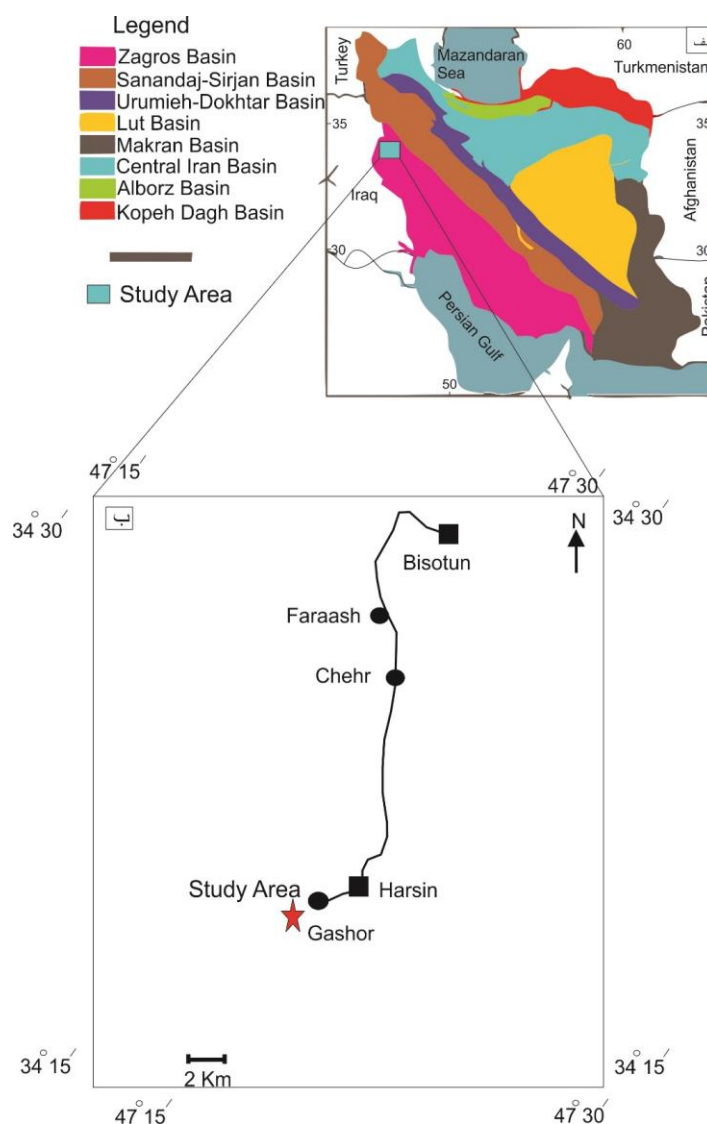
حوضه‌های رسوبی مناطقی فرونشست یافته از سطح زمین بوده که بر هم کنش عوامل‌های مختلف چینه‌نگاری توالی در مقیاس‌های مختلف زمانی و مکانی، پاسخی بر ساختار چینه-شناسی موجود در آن‌ها هستند [۱]. بررسی یک حوضه رسوبی با توالی‌های واقع در آن با بهره‌گیری از داده‌های مختلفی چون رخنمون، زیرسطحی، زمین فیزیکی به شناسایی هر چه بیشتر حوضه کمک شایانی می‌نماید [۲]. با علم بر این ویژگی‌های یک برش چینه‌شناسی از رسوب‌های میوسن در ناحیه هرسین بررسی شد. در پهنه ساختاری زاگرس، ایران مرکزی و سنندج

*نویسنده مسئول، تلفن: ۰۹۳۸۸۳۹۵۴۸۹، پست الکترونیکی: j_sharifi@pnu.ac.ir

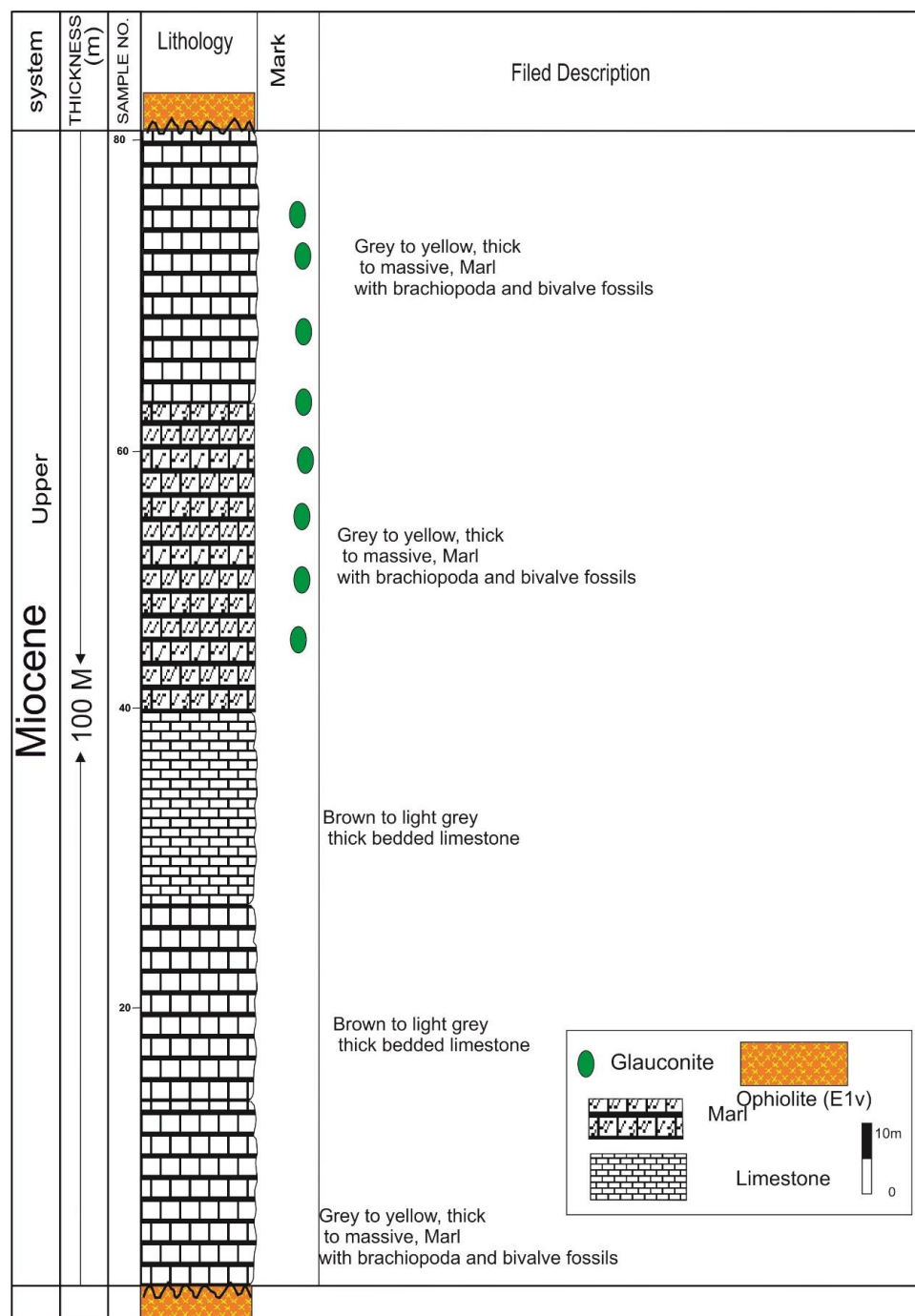


گلاکونی مطرح است. نظریه نوشکلی تشکیل این کانی را نتیجه ته‌نشینی مستقیم یا پس از انحلال دیگر کانی‌ها با ترکیب شیمیایی مناسب در نظر می‌گیرد، در حالیکه نظریه شبکه لایه-ای تشکیل گلاکونی را نتیجه تکامل شیمیایی یک کانی رسی در اثر تجزیه می‌داند. بررسی گلاکونی‌های موجود در رسوب‌های مربوط به سن‌های متفاوت نشان داده است که آنها اغلب با دمای ۱۰-۱۵ درجه سانتیگراد، شرایط مرز اکسایش-احیا و قدرت اسیدی حدود ۸ تشکیل می‌شوند [۴-۱۴]. محیط دریایی کم‌عمق با شوری عادی از محیط‌های مستعد برای تشکیل گلاکونی است و بر سایر محیط‌ها ترجیح داده می‌شود.

سنگ‌آهک خاکستری رنگ است (شکل ۲). کانی گلاکونی از اجزای تشکیل‌دهنده رسوب‌های بخش بالایی نهشته‌های میوسن در ناحیه مورد بررسی است. کانی گلاکونی با نام آلومینو فیلوسیلیکات‌های غنی از آهن و پتاسیم شناخته می‌شود که شامل طیفی از کانی‌ها با درصدهای متفاوت این عناصر است و با عضو آغازین اسمکتیت و عضو پایانی میکا مشخص می‌شود. گلاکونی‌ها به رنگ‌های سبز رنگ و با ظاهری خاکی یا درخشان، اغلب در حد ماسه بوده و بیشتر گرد تا بیضوی شکل هستند. به باور ادین و فلوگار [۳]، واژه گلاکونی تنها به عضو پایانی در سری‌های گلاکونی که به نام میکای غنی از پتاسیم شناخته می‌شود مربوط است. دو نظریه اصلی در مورد تشکیل



شکل ۱ الف) نقشه کلی از ایران که در آن ۸ حوضه مختلف نشان داده شده است [۱۵]. ناحیه مورد بررسی در حوضه سنندج سیرجان قرار دارد. ب) نقشه موقعیت و راه‌های دسترسی به ناحیه مورد بررسی.



شکل ۲ ستون چینه‌شناسی نهشته‌های میوسن در برش مورد بررسی.

بر این، توزیع عرض جغرافیایی ویژه‌ای نیز برای تشکیل گلاکونی مطرح نشده است [۱۹]. نهشته‌های مورد بررسی که قاعده آن‌ها به نهشته‌های افیولیتی واحد E1v می‌رسد در ۱ کیلومتری جنوب غرب هرسین و در ۶۰۰ متری روستای کشور واقع بوده و با جاده آسفالتی بیستون هرسین قابل دسترسی هستند. از نظر مختصات جغرافیایی، قاعده این برش دارای

البته، گزارش‌های مختلفی تشکیل گلاکونی در اعماق متفاوت (بین ۵۰ تا ۵۰۰ متر) [۳، ۱۶-۱۸] و همچنین سامانه‌های رسوبی مختلف از جمله کرانه ساحلی، خلیج دهانه‌ای و بخش‌های میانی تا عمیق رمپ‌ها وجود دارد و از این رو وابسته نبودن تشکیل این کانی به عمق منطقی به نظر می‌رسد. افزون

بحث و بررسی

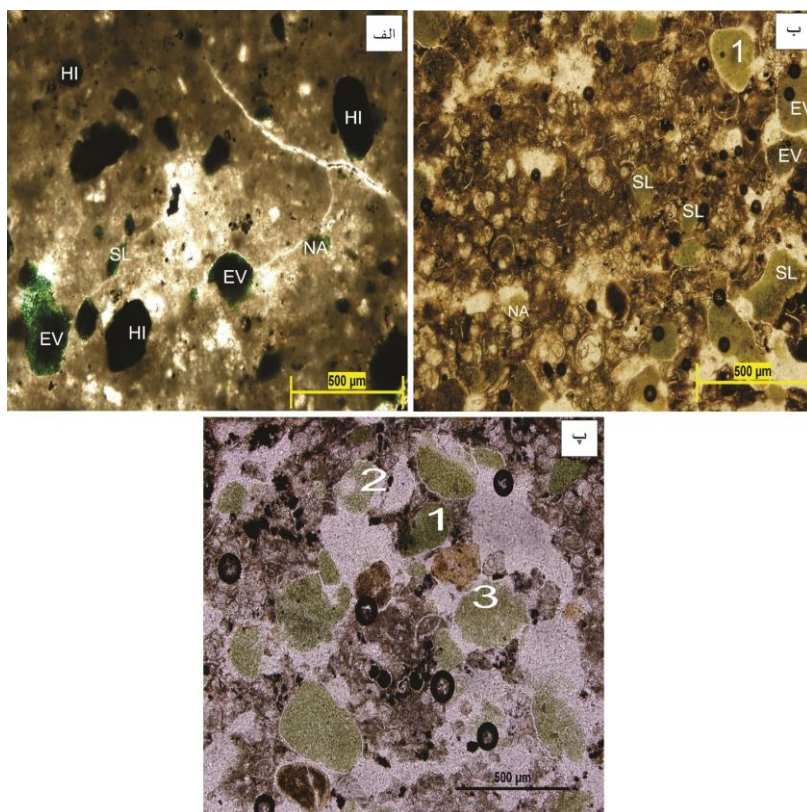
توصیف

بررسی سنگ‌نگاری دانه‌های گلاکونی موجود در نهشته‌های میوسن منطقه نشان می‌دهد که آنها به صورت گلاکونی‌های پلت مانند و بخشی نیز به صورت جانشینی حفره‌های خردده‌های فسیلی را پر کرده‌اند، یا به صورت لکه‌های سبز رنگ بدون لبه مشخص و تیز در زمینه سنگ دیده می‌شوند (شکل‌های ۳ الف و ب). ریخت‌شناسی پلت‌های گلاکونی از نیمه گردشده و بی-شکل با لبه نامنظم تا انواع پستان مانند در تغییر است (شکل ۳ پ). افزون بر این، اغلب ترک‌های V 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 هم دیده می‌شوند. مقدار خردشدگی در این گلاکونی‌ها بسیار کم است، البته گاهی ممکن است انواع خردشده نیز دیده شوند. این دسته از گلاکونی‌ها در اندازه‌های مختلف وجود دارند و از این رو جورشدگی ضعیفی دارند (شکل ۳).

طول جغرافیایی ۱۲" و ۲۵' و ۴۷° شرقی و عرض جغرافیایی ۱۰" و ۱۷' و ۳۴° شمالی است. در این پژوهش، خاستگاه و سازوکار دانه‌های گلاکونی بررسی شده است که می‌تواند به تفسیر شرایط محیط رسوبی در زمان تشکیل گلاکونی‌ها در افق‌های مشابه در سایر نقاط ایران کمک بسزایی نماید.

روش بررسی

در این پژوهش، برش چینه‌شناسی نهشته‌های میوسن در روستای گشور، هرسین به ضخامت ۱۰۰ متر بررسی شده است (شکل ۲). برای تعیین سازوکار تشکیل گلاکونی‌های نهشته‌های میوسن و همچنین به منظور شناسایی ویژگی‌های سنگ‌نگاری آنها از جمله ریخت‌شناسی، رنگ و چگونگی ظهور، در این برش ۸۰ مقطع نازک میکروسکوپی به دقت بررسی شد. پس از سنگ‌نگاری و برای بررسی ساختار سطحی و درونی و همچنین تعیین درصد اکسیدهای مختلف تشکیل دهنده گلاکونی‌ها، تعداد ۱۰ مقطع با میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM) طیف‌سنج پراکندگی انرژی پرتوی ایکس (EDX) در دانشگاه لرستان بررسی گردیدند.

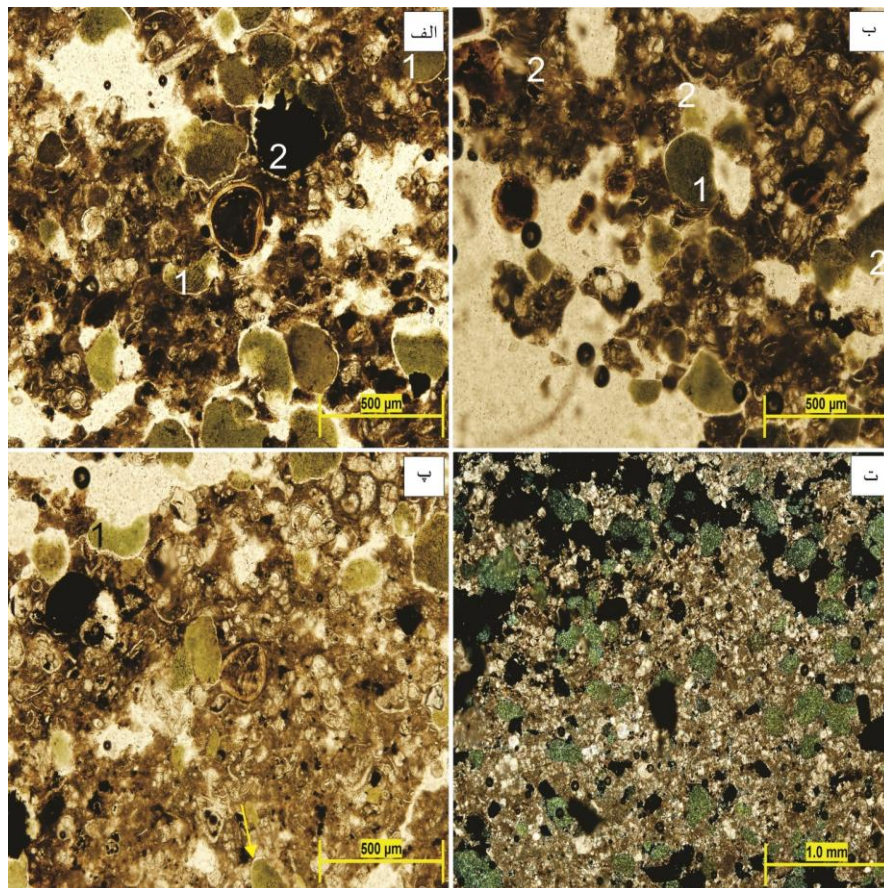


شکل ۳ الف: گلاکونی‌های نابالغ (Na)، کمی بالغ (SL) و تکامل یافته (EV) و گلاکونی بسیار تکامل یافته. ب: گلاکونی‌های نابالغ (Na) و تکامل یافته (EV). پ: ترک V شکل (شماره ۳)، ریخت‌شناسی پستان شکل (شماره ۱)، ریخت‌شناسی کرمی شکل (شماره ۲).

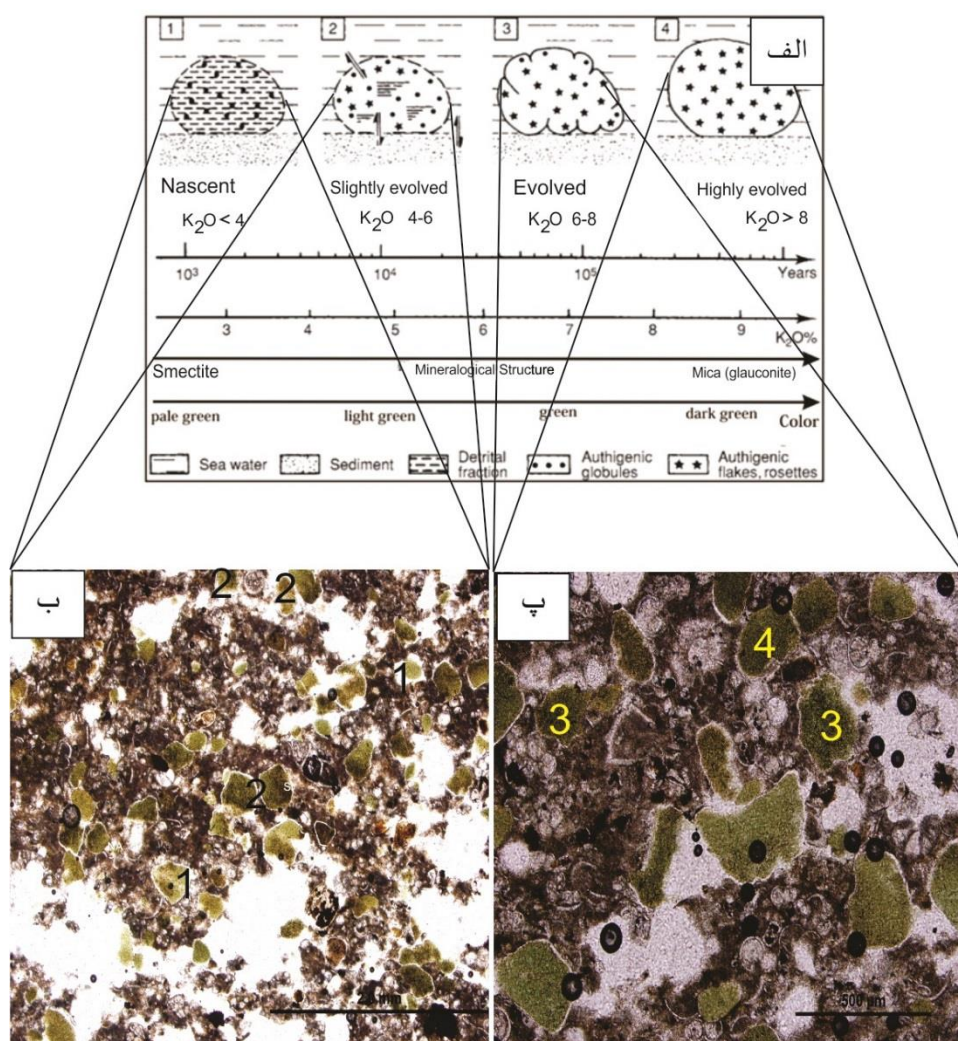
تفسیر

نظریه‌های اولیه، تشکیل و تکامل گلاکونی را نیازمند وجود یک کانی اولیه با ساختاری شبیه کانی گلاکونی چون ایلیت و اسمکتیت می‌دانست که در این شرایط آهن جانشین الومینیوم شده و گلاکونی تشکیل می‌شود [۲۰]. بعدها با شناسایی فرایند گلاکونی شدن در بسترهای مختلف این نظریه رد شد [۴، ۷، ۸، ۱۷، ۲۱، ۲۲]. فرایند گلاکونی شدن به طور آرمانی ۴ مرحله دارد که به ترتیب پیشرفت فرایند شامل مراحل نوظهور یا نابالغ، کمی تکامل یافته، بالغ و بسیار تکامل یافته است (شکل‌های ۳ الف و ب و ۶). هر یک از مراحل با ویژگی‌های سنگ‌نگاری (رنگ، ریخت‌شناسی، ساختار درونی) و زمین‌شیمیایی (برای مثال تغییرات درصد پتاسیم و آهن) قابل شناسایی است. این فرایند در مراحل اولیه نیازمند حفره‌هایی در بستر (مانند حفره‌های پوسته‌های فسیلی از جمله فرامینیفرها، شکستگی، نقاط ضعف موجود در دانه‌ها) است.

گاهی پیریت‌های مکعبی به صورت جانشینی در گلاکونی‌ها و یا پرکننده حفره‌های فرامینیفرها دیده شده‌اند (شکل‌های ۴ الف و ب). در تصاویر میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM) از دانه‌های مختلف گلاکونی با ریخت‌شناسی و رنگ‌های گوناگون وجود دو دسته گلاکونی مشخص است. یک دسته ساختار درونی لاملی - تیغه‌ای را از خود نشان می‌دهند (شکل‌های ۵ پ و ت) و دسته دوم که با رنگ سبز روشن و نداشتن ترک‌های سطحی مشخص می‌شوند، وجود ساختار درونی گلبولی را آشکار می‌سازند (شکل‌های ۵ الف و ب). در این نمونه‌ها، نبود گردش‌گی، زاویه‌داری، سطح چروکیده ناصاف و اندازه‌های مختلف دیده می‌شود (شکل ۳). در مقاطع مورد بررسی هم-چنین همراهی فسفات دارای ترکیب یکنواخت با گلاکونی تایید شده است (شکل ۳ ب). مقدار پتاسیم گلاکونی‌های نهشته‌های میوسن از حدود ۲ تا ۸ درصد در تغییر است (جدول ۱).



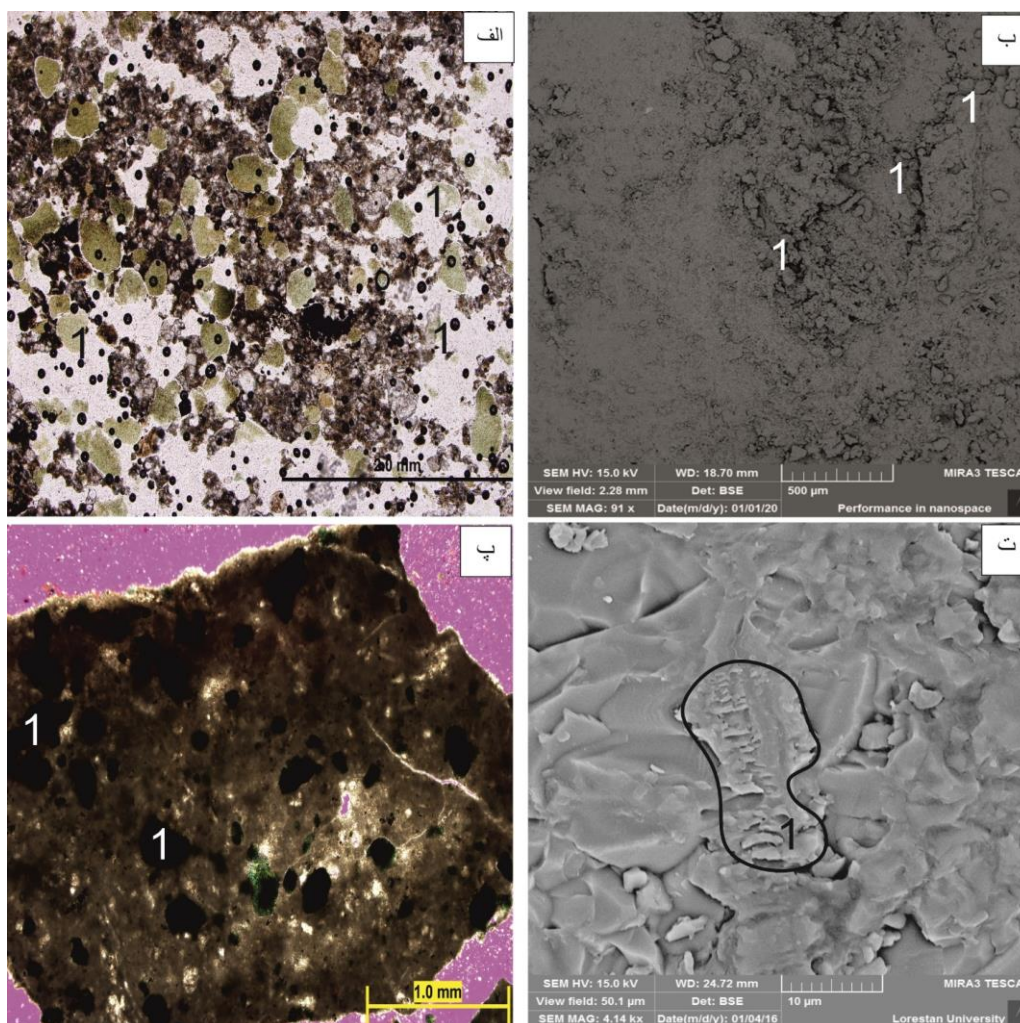
شکل ۴ الف: حضور گلاکونی در جازا در میان نهشته‌های کم انرژی و گلاکونی با جورشدگی ضعیف (شماره ۱) به همراه پیریت جانشینی (شماره ۲) در حفره‌های فرامینیفرها، ب: همراهی گلاکونی دارای جورشدگی ضعیف با دانه‌های فسفات، گلاکونی بیضی شکل (شماره ۱) وجود هاله گلاکونی در زمینه (شماره ۲، پ) گلاکونی با جورشدگی متوسط به همراه جانشینی گلاکونی بجای زمینه، گلاکونی کرمی شکل (شماره ۱). ت) گلاکونی با جورشدگی خوب، به همراه جانشینی گلاکونی در زمینه کربناتی.



شکل ۵ الف) مراحل مختلف تکامل گلاکونی برگرفته از مرجع [۲۱] با تغییرات و (ب و پ) همخوانی آن با نهشته‌های میوسن: ۱- گلاکونی نابالغ، ۲- گلاکونی کمی بالغ، ۳- گلاکونی بالغ، ۴ گلاکونی بسیار بالغ. به افزایش پتاسیم و رنگ طی رسیدگی گلاکونی و ارتباط آن با گلاکونی‌های نهشته‌های میوسن توجه شود.

جدول ۱ مقدار پتاسیم و آهن گلاکونی‌های نهشته‌های میوسن در برش گشور.

شماره نمونه	K %	Fe%
M40	۵٫۲	۶٫۳
M42	۶٫۴	۶٫۸
M45	۵٫۵	۶٫۹
M47	۶٫۵	۶٫۳
M49	۵٫۱	۶٫۴
M51	۷٫۱	۶٫۸
M53	۷٫۲	۶٫۷
M54	۶٫۸	۷٫۲
M57	۷٫۹	۷٫۶
M59	۷٫۷	۷٫۹



شکل ۶ تصاویر میکروسکوپ‌های الکترونی روبشی (SEM) و قطبشی از گلاکونیت (الف) تصاویر میکروسکوپی از گلاکونی‌های با رنگ سبز روشن (شماره ۱)، (ب) تصویر SEM از شکل الف که وجود ساختار گلبولی در آن‌ها را آشکار می‌کند که مشخصه گلاکونی‌های نوظهور (نابالغ) است (شماره ۱)، چنان که دیده می‌شود، سطح دانه‌های گلاکونی بدون گردشگی و آثار خراشیدگی بوده که نشان دهنده گلاکونی برجا است. مقدار اکسید پتاسیم بر اساس روش EDX بین ۲٫۵ تا ۵ 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 لاملی - تیغه‌ای از خود نشان می‌دهند که مشخصه گلاکونی‌های رسیده تا بسیار رسیده است (شماره ۱).

یافته و سرانجام گلاکونی کاملاً بالغ به رنگ سبز پررنگ با ۸ درصد پتاسیم ایجاد می‌شود. در این مرحله ممکن است ترک‌های ایجاد شده در مراحل پیشین با گلاکونی سبز کم‌رنگ پر شود و سطح دانه‌ها صاف‌تر و به صورت کروی شکل می‌شود (شکل ۶). از این رو گلاکونی‌ها در هر یک از این مراحل از نظر ترکیب و ساختار کانی‌شناسی متفاوت هستند. گلاکونی‌ها از نظر خاستگاه به دو گروه نابرجا (Allochthonous) و برجا (Autochthonous) تقسیم می‌شوند، به طوری که گروه نابرجا خود شامل دو گروه شبه برجا (Parautochthonous) و آواری

در نهشته‌های میوسن این بستر اولیه شامل حفره‌های فرامینیفرها است که با گلاکونی پر می‌شود، اما در مورد گرددانه‌های گلاکونیتی که بیشتر از نوع رسیده تا بسیار رسیده هستند، با توجه به درجه بالای رسیدگی تشخیص بستر اولیه غیر ممکن است. در مرحله آغازین، کانی‌های رسی درج‌زای آهن‌دار و دارای ۲ تا ۴ درصد پتاسیم این حفره‌ها را پر می‌کنند؛ این مرحله را گلاکونی نابالغ یا نوظهور می‌نامند. در این مرحله، گلاکونی به رنگ سبز کم‌رنگ و با لبه نامنظم دیده می‌شود. با پیشرفت فرایند گلاکونی‌شدن، مقدار پتاسیم افزایش

است. در نوع برجا یا درجازا، دانه‌های گلاکونی از محل تشکیل خود جابه‌جا نمی‌شوند، ولی در نوع نابرجا، گلاکونی‌ها از محل تشکیل خود جابه‌جا می‌شوند. گلاکونی‌های شبه برجا پس از تشکیل بر اثر جریان‌های اقیانوسی، جزرومد یا طوفان به صورت محلی جابجا می‌شوند، در حالی که گلاکونی‌های نابرجا در اثر فرسایش و هوازدگی از رسوب‌های قدیمی به حوضه رسوبی حمل می‌شوند [۴، ۷، ۲۳، ۲۴].

گلاکونی‌های برجا به صورت درجا در محیط تشکیل شده و پس 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 درجازا یا نابرجا بودن گلاکونی تشخیص داده شود [۲۵]. دانه‌های گلاکونی در رسوب‌های نهشته‌های میوسن در گروه انواع درجازا قرار می‌گیرند که در ادامه دلایل و ویژگی‌های آن‌ها بیان می‌شود. وجود نهشته‌های دریایی (نوع سنگ میزبان)، توزیع مکانی غیر انتخابی گلاکونی، جورشدگی و گردشدگی پایین، چروکیدگی ریخت‌شناسی (shrinkage) در گلاکونی و همراهی گلاکونی با دانه‌های فسفاتی از ویژگی‌های مهم برای شناسایی دانه‌های گلاکونی درجازا در نهشته‌های میوسن هستند. چروکیدگی یا شکست ریختاری گلاکونی‌های میوسن بیانگر درجازا بودن آن‌هاست، که علت آن خروج آب از کانی و ترک‌های انبساطی مربوط به رشد تفکیکی کانی در گردانه گلاکونی است [۲۵]. چنان که بیان شد، گلاکونی‌های مورد بررسی در نهشته‌های میوسن به دو صورت جاننشینی در خرده‌های اسکلتنی و پلت‌های گلاکونی دیده می‌شوند. پلت‌های گلاکونی بیشتر شکل‌دار، دارای جورشدگی به نسبت ضعیف و نیمه گردشده تا زاویه‌دار، سطح چروکیده ناصاف و اندازه‌های مختلف دیده می‌شود (شکل‌های ۳ و ۵ الف و پ). این گلاکونی‌ها از انواع دارای رنگ سبز روشن با لبه نامنظم و بدون ترک‌های سطحی تا سبز - سبز تیره با ترک‌های ناشی از فرایند چروکیدگی مربوط به افزایش درجه رسیدگی تغییر می‌کنند (شکل ۴). تصاویر میکروسکوپی از گلاکونی‌های با رنگ سبز روشن وجود ساختار گلبولی در آن‌ها را آشکار می‌کند که مشخصه گلاکونی‌های نوظهور (نابالغ) است (شکل‌های ۵ الف و ب). مقدار اکسید پتاسیم و آهن بر اساس روش EDX بین ۲،۵ تا ۵ درصد برای این دسته از گلاکونی‌ها تعیین شده است (جدول ۱)، که با شواهد سنگ‌نگاری برای گلاکونی‌های نابالغ

همخوانی دارد. گلاکونی‌های دارای رنگ سبز تا سبز تیره ساختار درونی لاملی - تیغه‌ای از خود نشان می‌دهند که مشخصه گلاکونی‌های رسیده تا بسیار رسیده است [۸، ۹، ۱۵] (شکل‌های ۵ پ و ت). مقدار اکسید پتاسیم و آهن براساس روش (EDX) بین ۷/۷ تا ۸ درصد برای این دسته از گلاکونی‌ها تعیین شده است که با مشخصه‌های سنگ‌نگاری چون رنگ سبز تیره، ترک‌های ناشی از رسیدگی و ساختار درونی لاملی برای گلاکونی‌های رسیده و بسیار رسیده همخوانی دارد. مراحل تکامل دانه‌های گلاکونی از نابالغ (به صورت صفحه و یا در حفره‌های فرامینفرها) تا بالغ (بخش عمده گلاکونی) که در بسترهای مختلف در رسوب‌های نهشته‌های میوسن صورت گرفته است شواهدی بر درجازا بودن این دانه‌ها هستند [۱۹، ۲۵-۲۷]. در این ارتباط بررسی‌های سنگ‌نگاری نشان می‌دهد که گلاکونی‌های نوظهور به رنگ سبز روشن و گلاکونی‌های بسیار تکامل یافته به رنگ سبز تا سبز تیره و گاهی با چروکیدگی ریخت‌شناسی در کنار هم وجود دارند (شکل ۶). از سویی از نظر سنگ‌نگاری، گلاکونی‌های نابرجا دارای دانه‌های گردشده با جورشدگی خوب هستند که سطح آن‌ها صاف و با آثار خراشیدگی دیده می‌شود که آثار خراش نشان دهنده حمل و نقل و تماس دانه‌ها با هم است که این موارد در گلاکونی‌های میوسن دیده نشد. از این رو گلاکونی‌های میوسن از نوع برجا هستند. همچنین درصد اکسید پتاسیم و آهن گلاکونی‌های نابرجا بالاتر از خط آستانه یعنی بالاتر از عدد ۱۰ است، که در مورد گلاکونی‌های میوسن، درصد اکسید آهن و پتاسیم کمتر از ۸ یعنی پایین‌تر از خط آستانه بوده که تایید کننده گلاکونی از نوع برجا است. روشن است که در صورت از بین رفتن هر یک از شرایط مورد نیاز برای تکامل فرایند گلاکونی شدن، برای مثال تغییر سطح آب دریا (جابجایی دانه‌های گلاکونی)، دفن در عمق بیشتر و ورود رسوب‌های سیلیسی آواری به حوضه در هر یک از مراحل رسیدگی، این واکنش تکاملی متوقف می‌شود. حضور پلت‌های گلاکونی بدون گردشدگی، سطحی ناصاف و آثار خراش در نهشته‌های میوسن شواهد دیگری بر خاستگاه برجای گلاکونی‌هاست [۴، ۷، ۸، ۲۸] (شکل ۵). وجود پلت‌های گلاکونی با ریخت‌شناسی‌های مختلف از جمله بی‌شکل، نیمه کروی تا پستان مانند و درجه‌های رسیدگی متفاوت از نوظهور تا بسیار رسیده علت دیگری بر اثر نداشتن فرایند جورشدگی هیدرولیکی طی تشکیل این دسته از گلاکونی‌ها و در نتیجه

تایید کننده خاستگاه درجای آن‌هاست. برخی از خردشدگی‌های دیده شده در صفحه‌های گلاکونی نهشته‌های میوسن ممکن است در اثر آشفستگی‌های زیستی و فعالیت موجودها درون لایه و یا در اثر از دست دادن آب ایجاد شده باشند و ارتباطی با حمل و نقل ندارد [۱۴]. از سوی دیگر، وجود تعدادی از دانه‌های گلاکونی شکسته به صورت آمیخته با دانه‌های گلاکونی بالغ و بسیار بالغ دارای ترک‌های ریختاری مشخصه مراحل پیشرفته فرایند گلاکونی شدن است و این شکستگی‌ها ارتباطی به حمل و نقل گلاکونی‌ها ندارد (شکل-های ۳ الف، ۴ الف و ۶) [۱۹، ۲۳]. این ترک‌های سطحی در گلاکونی‌های سبز تیره ناشی از چروکیدگی یا شکست ریختاری در دانه‌های گلاکونی به علت خروج آب از کانی و یا بر اثر ترک‌های انبساطی طی رشد تفکیکی کانی در گلاکونی ایجاد می‌شود (شکل ۳ پ) [۷، ۳۱-۲۹].

چنان که پیشتر بیان گردید، بخشی از گلاکونی‌های موجود در رسوب‌های نهشته‌های میوسن به صورت تکه‌هایی از هاله‌های سبز رنگ در زمینه سنگ دیده شده‌اند (شکل‌های ۴ ب و ت) که این ویژگی به همراه گرددانه‌های گلاکونی دارای مرز نامنظم تدریجی و غیر تیز با زمینه، از شواهد قطعی تشکیل گلاکونیت‌های درجاست [۷، ۱۱، ۳۲].

همراهی فسفات با گلاکونی‌ها نشان دهنده وجود شرایط احیایی مناسب برای 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 پتاسیم که دو عنصر اصلی تشکیل دهنده گلاکونی هستند با وجود شرایط نیمه اکسیدی و یا مرز اکسایش - احیایی فراهم می‌شود. گاهی جانشینی پیریت در پلت‌های گلاکونی و همچنین در حفره‌های فامینیفرها دیده شده است (شکل‌های 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 درونزایی است [۳۳، ۳۴]. در نهشته‌های میوسن، جانشینی گلاکونی در خرده‌های اسکلتی نیز صورت گرفته است. اغلب جایگزینی گلاکونی در حفره‌های فرامینیفرها دیده می‌شود، از این رو گلاکونی شکل قالب حفره فرامینیفر را به خود گرفته است (شکل ۴ الف). در این مورد، احتمال شرایط اسیدی نسبی در مراحل اولیه فرایند گلاکونی شدن وجود دارد (که منجر به انحلال خرده‌های اسکلتی می‌-

شود) به طوری که با پیشرفت فرایند، اسیدی شدن توسط انحلال خرده‌های اسکلتی خنثی و شرایط PH طبیعی حاکم می‌شود. همچنین وجود شرایط اسیدی در مراحل اولیه گلاکونی شدن با درصد اکسید پتاسیم و آهن تایید می‌شود. از این رو اثر خرده‌های اسکلتی در ایجاد شرایط فیزیکی شیمیایی مناسب فرایند گلاکونی شدن یکی از عوامل اساسی در نظر گرفته می‌شود [۳۲]. در این ارتباط، گسترش زیر محیط‌های مستعد گلاکونی شدن در چنین رسوب‌هایی به احتمال بسیار مربوط به انحصار فیزیکی و یا مقدار بالای مواد آلی خرده‌های اسکلتی است که فرایند گلاکونی شدن را تسهیل می‌نماید [۳۲، ۳۷-۳۵]. در ارتباط با خاستگاه عناصر مورد نیاز برای فرایند گلاکونی شدن در نهشته‌های میوسن می‌توان به واحدهای مارنی اشاره نمود که عناصر مورد نیاز تشکیل گلاکونی از جمله آهن، سیلیس، آلومینیوم و پتاسیم را تامین می‌کنند. افزون بر این، آب دریا اگرچه با شوری عادی دارای تمرکز پایینی از آلومینیوم، سیلیس و آهن است، اما دارای مقادیر قابل توجهی پتاسیم است. از این رو آب دریا می‌تواند تامین کننده یون‌های پتاسیم برای فرایند گلاکونی شدن باشد. از جمله خاستگاه‌های احتمالی پتاسیم می‌توان به کانی‌های رسی موجود در رسوب‌های مارنی اشاره کرد. از این رو به طور کلی فراهم شدن شرایط فیزیکی شیمیایی مختلف از جمله نرخ ته‌نشینی پایین، شرایط نیمه اکسیدی و وجود بستر اولیه مناسب برای تشکیل گلاکونی ضروری است [۲۸، ۴۰-۳۸].

در این ارتباط در موقعیت‌های رسوبی با امواج و جریان‌های قوی، جابجا شدن سریع رسوب‌ها از محیط‌های تشکیل گلاکونی به محیط‌های دفنی از گسترش گلاکونی جلوگیری کرده و شرایط انباشت رسوب‌های رسی به عنوان منبع تامین کننده عنصرهای مورد نیاز فرایند گلاکونی شدن را کمینه می‌کند. از این رو شرایط و محیط تشکیل دانه‌های گلاکونی در رسوب‌های نهشته‌های میوسن از موارد بیان شده متفاوت نبوده است که با توجه به فرامینیفرهای پلاژیک در مناطق عمیق دریای باز تشکیل شده‌اند. از این رو محیط دریایی باز با ورود کم رسوب‌های آوارای بستر مناسبی از رسوب‌های با چرخش کافی آب دریا و شرایط مرز اکسایش - احیا را می‌توان برای تشکیل گلاکونی‌های نهشته‌های میوسن پیشنهاد کرد. به طور کلی برای تشکیل و تکامل گلاکونی‌های نهشته‌های میوسن یک مدل چهار مرحله‌ای قابل شناسایی است (شکل ۶ الف)؛ مرحله

شناسی مختلف از بی‌شکل، نیمه‌کروی تا پستان مانند از دلایل درجازا بودن گلاکونی‌های نهشته‌های میوسن هستند. برای تشکیل دانه‌های گلاکونی در نهشته‌های میوسن محیط دریای باز با ورود کم رسوب‌های آواری، شرایط کمی احیایی و بستر مناسبی از رسوب‌های با چرخش کافی آب دریا را می‌توان پیشنهاد کرد.

مراجع

- [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 Clays Developments 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] Amorosi 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

نخست با ایستایی و سکون آب دریا مشخص شده و مرحله پیش از سیلابی‌شدن و شکستگی نامیده می‌شود. در این مرحله، با توجه به حالت سکون آب دریا تبادل یونی صورت نمی‌گیرد و از این رو احتمال تشکیل گلاکونی در آن بسیار ضعیف است. مرحله دوم با بالا آمدن سطح آب دریا و عملکرد جریان‌های زیرسطحی و ایجاد گردش آب در بین رسوب‌های بستر دریا به عنوان عامل اصلی تامین کننده یون‌های مورد نیاز فرایند گلاکونی شدن همراه است. این فرایند در سطح رخنمون یافته بین آب - رسوب و در شرایط کمترین رسوب‌گذاری (Sediment starvation) و با تبادل یونی بین آب دریا و رسوب‌های زمینه با دانه‌های مستعد گلاکونی شدن شروع می‌شود. در این مرحله، گلاکونی‌های نوظهور و کمی تکامل یافته تشکیل می‌شوند. این مرحله، مرحله رخنمونی و یا شکستگی نامیده می‌شود. مرحله ۳ ادامه مرحله ۲ است که با گذشت زمان و تداوم شرایط نرخ رسوب‌گذاری پایین و با افزایش تبادل یونی بین بستر مستعد و آب دریا و رسوب‌های زمینه، کانی‌های گلاکونی نوظهور مرحله پیشین به درجه‌های بالا رسیده و به عنوان انواع تکامل یافته و بسیار تکامل یافته شناخته می‌شوند. در مرحله ۴، با افزایش نرخ رسوب‌گذاری و دفن کانی‌های گلاکونی و دور شدن آن‌ها از سطح رخنمونی آب - رسوب، فرایند تبادل یونی و در پی آن گلاکونی شدن متوقف می‌گردد و در بخش‌های بالاتر توالی رسوبی نیز ممکن است کمی گلاکونی تشکیل شود. این مرحله مرحله دفن و یا مرگ گلاکونی‌ها معرفی می‌شود. در ادامه فرایند دفن رسوب‌ها و با تبدیل شرایط نیمه احیایی (مناسب گلاکونی شدن) به احیایی، تشکیل پیریت در حفره‌های فرامینیفرها و به صورت جان‌شینی در کانی‌های گلاکونی آغاز می‌گردد.

برداشت

گلاکونی یکی از اجزای مهم در بخش‌های بالایی نهشته‌های میوسن است. گلاکونی نهشته‌های میوسن دارای درجه‌های بلوغ متفاوت بوده و از نوع نابالغ با رنگ قهوه‌ای تا سبز کم‌رنگ تا بسیار تکامل یافته برنگ سبز تیره در تغییر هستند. این گلاکونی‌ها از نوع درجازا هستند و به سه صورت در حفره‌های درونی فرامینیفرهای پلاژیک، گلاکونی شدن پلت مدفوعی و جان‌شینی در برخی از کانی‌ها و زمینه سنگ تشکیل شده‌اند. جورشدگی ضعیف، همراهی دانه‌های فسفات، حضور پلت‌های گلاکونی نارس و رسیده، وجود گرددانه‌های گلاکونی با ریخت-

- G.G. Zuffa (Editor), *Provenance of Arenites*", Riedel Publication Dordrecht, (1985) pp. 279-307.
- [20] Burst J.F., "Glaucinite 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] Scheibelhofer 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., "Glaucinites. 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., "Glaucinite 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 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 Glaucinite Diagenesis in Altered Sedimentary Sequences: Implications for Glaucinite 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., Scheibelhofer E., Wright N., Zack T., "Impact of green clay authigenesis on element sequestration in marine settings", *Nature Communications* 13 (2022) 1527.
- [15] Aghanabati A., (2004) "Geology of Iran. Geological survey of Iran", Tehra, pp. 606.
- [16] 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.
- [17] López-Quirós A., Escutia C., Sánchez-Navas A., Nieto F., Garcia-Casco A., Martín-Algarra A., "Glaucinite 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>
- [18] Baïoumy 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>.
- [19] Odin G.S., "Significance of green particles (glaucony, berthierine, chlorite) in arenites. In:

- as a marker of paleoenvironmental conditions", *Comptes Rendus Geoscience* 355(S2) (2023) 1–16.
- [37] Tribovillard N., Bout-Roumazielles 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-Roumazielles 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>.
- 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.jseaes.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-Roumazielles V., Abraham R., Ventalon S., Delattre M., Baudin F., "The contrasting origins of glauconite in the shallow marine environment highlight this mineral