تحول رسوبشناختی، میکروفاسیس و حساسیت مغناطیسی (MS) نهشتههای کربناتی پرمین در شمال ماکو (آذربایجان)

مبين ابراهيمنژاد*'، علىاصغر ثيابقدسى ً و رامين نيكروز ً

۱- دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تبریز، باشگاه پژوهشگران جوان و نخبگان، تبریز، ایران ۲- گروه زمینشناسی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران

نويسنده مسئول: ebrahimnezhad_2008@yahoo.com*

دریافت: ۹۲/۲/۳۱ پذیرش: ۹۳/۳/۲۴

چکیدہ

نهشتههای کربناته پرمین در منطقه ماکو گسترش بیشتری از سایر نقاط ایران داشته و متشکل از سنگهای آهکی خاکستری تیره با ضخامت حدود ۹۲۶ متر میباشد. بر اساس مطالعات چینهنگاری سنگی، سه واحد سنگی (سنگآهکهای بلروفوندار، سنگآهکهای چرتدار و سنگآهکهای تودهای متبلور و دولومیتی) در نهشتههای پرمین قابل تفکیک هستند و مطالعات بیوستراتیگرافی منجر به شناسایی چهار بیوزون گردیده که نشاندهندهی سن (مورگابین- جلفین) برای این نهشتههای کربناته در برش مورد مطالعه هستند. بر اساس مطالعات میکروسکوپی ۹ میکروفاسیس شناسایی شده که متعلق به یک محیط کربناته رمپ با زیر محیطهای رمپ درونی، رمپ میانی و رمپ بیرونی هستند. مقادیر حساسیت مغناطیسی در این نهشتهها بین SI³⁻¹ دا-2 تا SI³⁻¹ در برش مورد مطالعه و اغلب مقادیر منفی نشان میدهند. ادغام نتایج حاصل از مطالعات حساسیت مغناطیسی (MS)، چینهشناسی و میکروفاسیس نشان میدهد که نرخ کربناتزایی در زمانها و محیطهای رسوبی مختلف عامل اصلی در تغییرات حساسیت مغناطیسی در برش مورد مطالعه است.

واژههای کلیدی: چینهشناسی، میکروفاسیس، حساسیت مغناطیسی، پرمین، ماکو، نهشتههای کربناته

مقدمه

نهشتههای پرمین در ایران به ویژه در البرز – آذربایجان برونزدهای گستردهای دارند. در این زون، سه واحد سنگچینهای به نامهای سازند دورود (در زیر)، روته (در وسط) و نسن (در بالا) معرف توالیهای پرمین هستند. این سازندها هر یک به تنهایی یک چرخه رسوبی کامل هستند که میان دو سطح فرسایشی جای دارند. در بین سه سازند یاد شده، به ویژه در البرز باختری و آذربایجان، سه سازند یاد شده، به ویژه در البرز باختری و آذربایجان، پرخهی دوم پرمین (سازند روته به سن مورگابین) بیشترین رخنمون را دارد و به نظر میرسد که در زمان رسوبگذاری سازند روته، دریای پرمین بیشترین گسترش را داشته است [۳]. در منطقه ماکو، نهشتههای رسوبگذاری و شناخت ویژگیهای رسوبی با شرایط رسوبگذاری و شناخت ویژگیهای رسوبی با استفاده از روش حساسیت مغناطیسی، برش مناسبی از این توالی انتخاب و مورد مطالعه قرار گرفته است.

در این پژوهش، به منظور بررسی تغییرات حساسیت مغناطیسی، ابتدا چینهشناسی، میکروفاسیسها و تکامل رسوبشناختی نهشتههای کربناته پرمین را در برش مورد مطالعه بررسی و سپس تحول رسوبشناختی را با حساسیت مغناطیسی در اشکوبهای شناسایی شده مقایسه گردید.

موقعيت جغرافيايي منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه در شمال استان آذربایجانغربی، در شمال شهر ماکو و در جنوب روستای آداغان، در شمال روستای علیآباد واقع شده است. از لـحاظ جغرافیایی در محـدوده N "7 '25 °30 تا N "10 '20 °30 و "22 '22 '44 A4 واقع شده است. راه دسترسی به منطقه مورد مطالعه از طریق کمربندی ماکو (جاده ترانزیتی بازرگان) و جاده آسفالته منشعب شده از آن به سمت روستای آداغان امکانپذیر است (شکل ۱). منطقه

www.SID.ir

مورد نظر، از لحاظ پهنهبندی رسوبی – ساختاری، در تفسیر آن زون البرز- آذربایجان قرار می گیرد [۶]. [۵] انجام

مواد و روشها

به منظور مطالعات چینهشناسی، میکروفاسیس و حساسیت مغناطیسی، برش مناسبی از نهشتههای کربناتی پرمین در منطقه ماکو شناسایی و مورد مطالعه قرار گرفته است. برای دستیابی به اهداف مطالعه و تفسیر دادههای حساسیت مغناطیسی، ابتدا چینهنگاری سنگی نهشتههای پرمین در طی پیمایشهای صحرایی سنگی نهشتههای پرمین در طی پیمایشهای صحرایی مورد بررسی قرار گرفته و سپس برای تعیین سن نسبی توسط فرامینیفرهای فوزولیناتای شاخص، میکروفاسیسها و محیط رسوبی برش مورد نظر، مقاطع میکروسکوپی حاصل از حدود ۲۰ نمونه سنگی برداشت شده به دقت مطالعه شدهاند. انواع میکروفاسیسها و

تفسیر آنها بر مبنای Flugel [۱۱] و ارائه مدل رسوبی به روش Wilson [۲۴] و مقایسه با محیطهای امروزی [۵] انجام شده است. اندازه گیریهای حاصل از حساسیت مغناطیسی در دو مرحله صحرایی و آزمایشگاهی با استفاده از دستگاه SM20 صورت گرفته است. در مرحله صحرایی، MS سطح بدون هوازدگی سنگها اندازه گیری شده است و در مرحله آزمایشگاهی، تعداد ۷۰ نمونه برداشت شده در کارگاه سنگبری در اندازههای ۶۰×۶۰ میلیمتر برش داده شده و MS آنها اندازه گیری شده است [۱۳]. به منظور تعیین درصد کربنات کلسیم از کلسیمتری به روش تیتراسیون استفاده شده است. در نهایت نتایج حاصل از این اندازه گیریها با نتایج حاصل از مطالعات چینه شناسی و میکروفاسیس مقایسه و تفسیر شدهاند.



شكل۱. موقعيت جغرافيايي منطقه مورد مطالعه

نتایج و بحث ۱) چینهشناسی نهشتههای پرمین در منطقه مورد مطالعه متشکل از سنگ آهکهای خاکستری تیره با ضخامت حدود ۹۲۶

متر است که با مرز ناپیوستگی همشیب در روی نهشتههای دونین (سازند ایلانقره) قرار گرفته و با مرز ناپیوستگی زاویهدار توسط نهشتههای الیگو-میوسن (سازند قم) پوشیده شده است (شکل ۲) [۲] اما در

بعضی نقاط در منطقه ماکو، کنار رودخانه ارس، به حالت همشیب در روی سازند همارز دورود و در برخی نقاط در روی نهشتههای کربونیفر زیرین قرار گرفته است و توسط نهشتههای الیگو- میوسن (سازند قم) و یا توسط رسوبات قارهای میوسن بالایی و بازالتهای آرارات و پادگانههای کواترنری (در اطراف شهرستان شوط و روستای یولاگلدی) با ناپیوستگی زاویهدار پوشیده شده اند [۴]. از دیدگاه چینهنگاری سنگی، سنگآهکهای پرمین در منطقه مورد مطالعه را میتوان به سه واحد سنگ آهکهای بلروفوندار، سنگآهکهای چرتدار و سنگ آهکهای برموفوندار، سنگآهکهای چرتدار و سنگ آهکهای بروفوندار، سنگآهکهای چرتدار و سنگ بهکرهای تودهای متبلور و دولومیتی تقسیم کرد [۱]. با مطالعه برشهای نازک، ۷۰ گونه فرامینیفر از سه رده چهار بیوزون محلی برای نهشتههای پرمین معرفی شده است که عبارتند از:

- I. Neoschwagerina simplex Biozone
- II. Neoschwagerina simplex Sumatrina annae Interval Biozon
- III. Sumatrina annae Chusenella cf. conicocylindrica Interval Biozon IV. Assemblage Biozone

بیوزون اول که با پیدایش و ناپدید شدن Neoschwagerina simplex مشخص می شود حدود ۳۳۰ متر از ابتدای برش مورد مطالعه را به خود اختصاص می دهد و سن Early Murgabian را برای این بخش از برش نشان می دهد.

بیوزن دوم با ناپدید شدن Neoschwagerina simplex آبی بیوزن دوم با ناپدید شدن Early Murgabian آغاز می شود و با پیدایش سن Early Midian به سن Early Midian به پایان می رسد. این بیوزون از ضخامت حدود ۳۳۰ متر تا ۴۸۰ متر تا ۲۸۰ Middle - Late Murgabian می رسد. این بخش از برش مورد مطالعه نشان می دهد. را برای این بخش از برش مورد مطالعه نشان می دهد. متر را شامل می شود و سن ۶۸۰ متر تا ۶۴۵ متر را شامل می شود و با پیدایش گونه ۶۴۸ متر تا Chusenella cf. شروع می شود و با ناپدید شدن گونه Late annae chusenella cf. شروع می شود و با ناپدید شدن گونه Chusenella cf. این بیوزون سن شروع می شود و با ناپدید شدن گونه Midian را برای این بخش از برش نشان می دهد.

Paradagmarita بیوزون چهارم که با فرامینی فرهای simplex, Rectostipulina quadrata, Ichthyofrondina palmata, Paraglobivalvulina mira, Pseudotristix sp. مشخص می شود از ضخامت حدود ۶۴۵ متر تا انتهای سازند را به خود اختصاص می دهد. مجموعه فرامینی فرهای شناسایی شده در این بیوزون سن فرامینی فرهای شناسایی شده در این بخش از برش مورد مطالعه نشان می دهند.

بنابراین سن نهشتههای پرمین در برش مورد مطالعه Murgabian-Djulfian در نظر گرفته می شود که می توان آنها را معادل با لایههای گنیشیک و خاجیک در منطقه جلفا و سازند روته و نسن در البرز دانست.



شکل ۲. A) مرز زیرین نهشتههای پرمین با سازند ایلانقره به صورت ناپیوستگی همشیب میباشد. B) مرز بالایی نهشتههای پرمین با سازند قم به صورت ناپیوستگی زاویهدار میباشد.

Globivalvulinidae، گاستروپود، براکیوپود و جلبک میباشند. که در زمینه میکرایتی قرار گرفتهاند. تفسیر: این میکروفاسیس معادل میکروفاسیس رمپ ۱۳، ۱۶ و ۱۸ (RMF 13, 16, 18) میباشد که در محیطهای ۱۹ و ۱۸ (RMF 13, 16, 18) میباشد که در محیطهای دریای باز محصور در رمپ داخلی تشکیل میشود [۱۱]. MF 4) Bioclast Miliolata wackestoneppackstone توصیف: بیوکلستهای عمده در این میکروفاسیس شامل Cornuspiridae ، Calcivertellidae میباشند. سایر

بیوکلستها در این میکروفاسیس عبارتند از: فرامینیفرهای رده فوزولیناتا و به ندرت رده Nodosariata استراکد، گاستروپود، جلبک، دوکفهای و به ندرت براکیوپود. آلوکمهای بیوکلستی ذکر شده در زمینه میکرایت و به مقدار کم اسپارایتی قرار گرفتهاند.

تفسیر: این میکروفاسیس را میتوان معادل -SMF 18 FOR دانست. وجود میلیولاتا با بافت وکستون- پکستون نشاندهنده یک محیط دریایی کم انرژی و محصور میباشد. فرامینیفرهای میلیولاتا در محیطهای لاگون (گاهی با شوری بالا) و در محیطهای رمپ درونی و پلت فرم درونی محصور بسیار فراوان هستند [۱۱].

MF 5) Bioclast Globivalvulinidae Pseudovermiporella wackestone-packstone

توصيف: عمدهترين آلوکمهای تشکیلدهنده این میکروفاسیس شامل بیوکلستهای Pseudovermiporella میکروفاسیس شامل بیوکلستهای Slobivalvulinidae، فوزولیناتا. میلیولاتا با پوسته پورسلانوز و به ندرت فرامینیفرهای رده Nodosariata، گاستروپود، استراکد، جلبک، کرینویید و براکیوپود میباشند که در زمینه میکرایتی و به مقدار کم اسپارایتی قرار گرفتهاند. کریستالیزاسیون و دولومیتیزاسیون از فرایندهای اصلی دیاژنز در این میکروفاسیس هستند.

تفسیر: این میکروفاسیس که ضخامت بیشتری از برش چینهشناسی مورد مطالعه را به خود اختصاص میدهد معادل میکروفاسیس رمپ شماره ۱۷ و میکروفاسیس استاندارد شماره ۱۸ (RMF 17, SMF 18) میباشد که در لاگونهای شلف با چرخش آزاد، در کمربند رخسارهای ۷ در مدل ویلسون (FZ 7) و در محیطهای رمپ درونی محصور با انرژی کم مشاهده میشوند [۱۱]. ۲) میکروفاسیس

در نتیجه بررسیهای صحرایی و آزمایشگاهی، ۹ میکروفاسیس شناسایی و تشخیص داده شده است که از محیط عمیق به سمت محیط ساحل عبارتند از: (شکلهای ۳ و ۴):

MF 1) Spiculitic and poorly foraminiferal ackestone توصيف: آلوکمهای بيوکلستی تشکيلدهنده اين ميکروفاسيس عمدتا اسپيکولهای تک محوره اسفنج میباشند و ساير بيوکلستها که به ندرت ديده میشود شامل جلبکهای Gymnocodium و Permocalculus و فرامينیفر Globivalvulina و قطعات استراکد و کرينوييد میباشد. اين بيوکلستها در زمينه ميکرايتی پراکنده شدهاند.

تفسیر: این میکروفاسیس معادل میکروفاسیس رمپ شماره ۱ (RMF 1) [۱۱] میباشد. وجود اسپیکولهای اسفنج در زمینه میکرایتی نشان دهندهی یک محیط عمیق با انرژی کم و نرخ رسوب گذاری کم و یک محیط رمپ میانی و بیرونی میباشد [۱۱].

MF 2) Bioclast Staffellidae wackestone Staffellidae خانواده توصيف: فرامينى فرهاى (Sphaerulina) مهمترین آلوکمهای تشکیلدهنده این ميكروفاسيس ميباشند. ساير بيوكلستها شامل Globivalvulinidae، میلیولاتا، گاستروپود، استراکد، براکیوپود، جلبکهای Mizzia و Calcisphaera می باشند که در زمینه میکرایتی قرار گرفتهاند. کریستالیزاسیون از مهمترین پدیده دیاژنزی در این میکروفاسیس میباشد. تفسير: این میکروفاسیس معادل میکروفاسیس رمپ شماره ۱۳ (RMF 13) و میکروفاسیس استاندارد شماره ۸۱ (SMF 18-FOR) می باشد که در محیطهای دریای باز در رمپ درونی و رمپ میانی مشاهده میشوند [۱۱]. MF 3) Bioclast Stafellidae Miliolata wackestone- packstone

توصیف: مهم ترین بیو کلستهای تشکیل دهنده این میکروفاسیس شامل میلیولاتا (خانوادههای Hemigordiidae ، Cornuspiridae ، Calcivertellidae (Sphaerulina) Staffellidae ، (Neodiscidae Geinitzina Nodosinelloides. Syzrania) Nodosariata ، Pachyphloia و استراکد می باشد و سایر آلو کمهای بیو کلستی در این میکروفاسیس شامل



شکل۳. نمایش میکروفاسیسهای مشاهده شده در برش مورد مطالعه

MF 1) Spiculitic and poorly foraminiferal wackestone (4X, ppl), 2) MF 2) Bioclast Staffellidae wackestone (4X, ppl), 3) MF 3) Bioclast Staffellidae Miliolata wackestone- packstone (4X, ppl), 4) MF 4) Bioclast Miliolata wackestone-packstone (4X, ppl), 5) MF 5) Bioclast Globivalvulinidae Pseudovermiporella wackestone-packstone (4X, ppl), 6) MF 6) Bioclast Gastropod Algae wackestone (4X, ppl). (Spiculite: Sp, Staffellidae: St, Miliolata: M, Algae: Al, Pseudovermiporella: Ps, Globivalvulinidae: Gl, Ostracod: Os)

ندرت براکیوپود و کرینویید از دیگر بیوکلاستهای سازنده این میکروفاسیس میباشند. آلوکمهای بیوکلستی ذکر شده در یک زمینه میکرایتی قرار گرفتهاند. تفسیر: این میکروفاسیس معادل میکروفاسیس رمپ شماره ۲۰ (RMF20) [۱۱] میباشد که در محیطهای لاگون تشکیل میشوند. MF 6) Bioclast Gastropod Algae wackestone

توصیف: مهمترین آلوکمهای سازنده این میکروفاسیس جلبکهای Mizzia و Permocalculus و گاستروپود هستند. علاوه بر آن فرامینیفرهای فوزولیناتا و میلیولاتا با پوسته پورسلانوز (Pseudovermiporella و به

MF 7) Bioclast Miliolata Gymnocodiacea packstone

توصيف: این میکروفاسیس عمدتا با وجود جلبکهای ژیمنوکودیاسهآ (Gymnocodium, Permocalculus gracilis) و

Pseudovermiporella, Neodiscus, میلیولاتاهایی مانند Pseudovermiporella, Neodiscus, میلیولاتاهایی مانند Crassiglomella ترکیبی آراگونیتی داشته و اسکلت آنها تحت تاثیر دیاژنز کلسیتی شده و یا با رسوب پر میشود. بیوکلستهای دیگر شامل جلبک Mizzia فوزولیناتای Nankinella و به ندرت استراکد، دوکفهای و گاستروپود میباشد. کریستالیزاسیون عامل دیاژنتیکی مهم در این میکروفاسیس میباشد.

تفسیر: این میکروفاسیس را میتوان معادل -SMF 18 دانست. وجود GYMNO. و SMF 18-FOR. دانست. وجود ژیمنوکودیاسه آو میلیولاتا با بافت پکستون نشاندهنده یک محیط دریایی کم انرژی و محصور میباشد. فرامینیفرهای میلیولاتا در محیطهای لاگون (گاهی با شوری بالا) و در محیطهای رمپ درونی و پلتفرم درونی محصور بسیار شایع هستند[۱۱].

MF 8) Bioclast Nodosariata Gymnocodiacea wackestone- packstone توصيف: این میکروفاسیس عمدتا با وجود جلبکهای ژیمنوکودیاسهآ (Gymnocodium, Permocalculus) مشخص می شود. زمینه میکرایتی در نتیجه تجزیه و از هم پاشیدگی جلبکها تشکیل شده است که به مدل هاليمدا (Halimeda model) معروف است. بيوكلستهاي Geinitzina, Frondina,) Nodosariata ديگر شامل مىلبولاتا (Pachyphloia, Pachyphloia . Pseudovermiporella, Midiella, Crassiglomella) *Eotuberitina*, Globivalvulina, فوزوليناتا) , (Sphaerulina , Deckerella ،Climacammina استراكد مىباشد. كريستاليزاسيون، دولوميتى شدن و سیمانی شدن مهمترین پدیدههای دیاژنزی در این ميكروفاسيس هستند.

تفسیر: این میکروفاسیس معادل SMF 18-GYMNO میباشد که در سدها و کانالها و در سدهای ماسهای که توسط جریانهای جذر و مدی در خلیجها و لاگونهای کم عمق جایگزین میشوند (FZ 8, پلتفرم محصور) و در لاگونهای شلف با چرخش آزاد (FZ 7) تشکیل میشود.

این میکروفاسیس در محیطهای رمپ درونی لاگونی با انرژی کم تشکیل میشود [۱۱].

MF 9) Laminated stromatolite bindstone توصيف: این میکروفاسیس دارای لامینههای مسطح و یا گنبدی شکل دانه ریز یا درشت که نشاندهنده ساختارهای جلبکی هستند می باشد. جلبکهای Mizzia, Permocalculus, Calcisphaera، فرامینی فرهایی از *Globivalvulinidae*, Hemigordiellina, قبيل Geinitzina, Pachyphloia ovata که فراوانی کمی دارند و متازوآهایی از قبیل استراکد، براکیوپود و به ندرت بریوزوآ از بیوکلستهای موجود در این میکروفاسیس مى باشند. اين فابريک با تعريف استروماتوليت توسط Riding [۲۱] (استروماتولیتها، رسوبات بنتیک دارای لامینه هستند) مطابقت دارد. بافت لامینیشن حاصل از فرشهای میکروبی و جلبکی مشخصه اصلی این میکروفاسیس است.

تفسیر: این میکروفاسیس معادل میکروفاسیس استاندارد شماره ۲۰ (20 SMF) میباشد که در محیطهای اینترتایدال به فراوانی یافت میشود اما در محیطهای سوپراتایدال و سابتایدال کم عمق نیز یافت میشود. میکروفاسیس Laminated stromatolite bindstone در پلتفرمهای باز (ساب تایدال، FZ 7)، مناطق جزر و مدی لاگونهای محدود (FZ8) و سواحل خشکی (سوپراتایدال، FZ 9A) تشکیل میشود [۱۱].

با مطالعه و بررسی لیتوفاسیسها (مطالعات ماکروسکوپی عمدتاً در صحرا) و میکروفاسیسها و بررسی تغییرات عمودی و جانبی آنها با استفاده از قانون توالی رخسارهای والتر و مقایسه آنها با رخسارههای محیطهای امروزی مانند خلیج فارس و محیطهای قدیمه، مدل رسوبی نهشتههای پرمین در منطقه مورد مطالعه ارائه گردیده است. تنوع کم رخسارهها، تعییرات تدریجی بین کمربندهای رخسارهای و نبود ریفهای بزرگ [۲۰ و۱۱] میاندهندهی یک پلاتفرم کربناته از نوع رمپ هموکلینال میاشد که دارای رخسارههای رمپ بیرونی (MF1، MF2)، رمپ میانی (MF1, MF2)، دریای باز (MF3)، لاگون و دریای محصور (MF4 ، MF5, MF6, MF7, MF8) و پهنه جذر و مدی (MF9) میباشد. شواهد به دست آمده نشان میدهند که این رخسارهها در یک پلاتفرم کربناته از نوع



شکل ۴. نمایش میکروفاسیسهای مشاهده شده در برش مورد مطالعه

MF 7) Bioclast Miliolata Gymnocodiacea packstone (4X, ppl), 2) MF 8) Bioclast Nodosariata Gymnocodiacea wackestonepackstone (4X, ppl), 3) MF 9) Laminated stromatolite bindstone (4X, ppl). (Miliolata: M, Gymnocodiacea: Gy, Nodosariata: No, Ostracod: Os)

X_v حساسیت مغناطیسی حجمی (SI (Susceptibility)، ISI

۳) حساسیت مغناطیسی

حساسیت مغناطیسی^۲ (MS) اندازه گیری پاسخ مواد به یک میدان مغناطیسی^۲ (MS) اندازه گیری پاسخ مواد به یک میدان مغناطیسی اعمال شده است [۷]. حساسیت درجهای از مغناطیس مواد را در پاسخ به یک میدان مغناطیسی اعمال شده نشان میدهد [۶۹]. حساسیت مغناطیسی اعمال شده نشان میدهد [۶۹]. حساسیت مغناطیسی اعمال شده نشان میدهد [۶۹]. حساسیت X_{γ} = M[۶]. حساسیت مغناطیسی ایمال شده نشان میدهد [۶۵]. $X_{mass} = X_{\nu}/p$ SI/Kg.M-³ (۲) $X_{mol} = Mx_{mass} = Mx_{\nu}/p$ (۳) دمان دو قطبی مغناطیسی در واحد حجم)، آمپر در متر.

H: قدرت میدان مغناطیسی، آمیر در متر.

¹ Magnetic Susceptibility

فشرده شده، مشخص شدهاند که با تغییرات رسوب شناختی متمایز کنترل شده اند [۴ و ۱۰]. سیگنال MS در سنگهای رسوبی دریایی عمدتا توسط کانیهای آواری (عمدتا کانیهای فرومغناطیسی و پارامغناطیسی) که متعلق به قطعات سنگی (با منـشا قارهای) ناشی از تغییرات ائوستازی، آب و هوایی و تكتونيكي هستند كنترل مي شود [٩]. بنابراين، منحني حساسیت مغناطیسی در طول افت سطح دریا افزایش می یابد و مقدار بالایی را در طی سطح پایین نشان مىدهد و در طى بالا رفتن سطح دريا كاهش مىيابد و مقدار پایین را در طول سطح بالا نشان میدهد [۸]. پژوهشگران مختلف در نظر گرفتهاند که علاوه بر انتقال توسط آب، کانیهای مغناطیسی در رسوبات کربناته از تعلیق بادی و گرد و غبار جوی نیز می توانند فراهم شوند [۱۴] به نظر میرسد که رسوب کانیهای مغناطیسی احتمالا به شدت با تولید کربنات (افزایش تولید کربنات MS را کاهش میدهد) و با آشفتگی آب در طی رسوب گذاری (آشفتگی بالای آب از رسوب ذرات مغناطیسی ریز دانه جلوگیری میکند) تحت تاثیر قرار می گیرند [۱۴].

نهشتههای پرمین در منطقه شمال ماکو دارای مقادیر MS پایین تری (اغلب منفی) هستند و ضخامت زیاد رسوبات در این منطقه نسبت به سایر نقاط ایران، نشان دهنده نرخ رسوبگذاری بالا در طی پرمین است. با افزایش نرخ رسوبگذاری، غلظت کانیهای حامل مغناطیسی به ویژه کانیهای فرومغناطیس کاهش یافته و در نتیجه مقادیر MS کاهش مییابد پس یک رابطه معکوس بین نرخ رسوبگذاری و MS وجود دارد.

بیوزنهای شناسایی شده، وجود نهشتههای متعلق به اشکوبهای Djulfian ، Midian ،Murghabian را در برش شمال ماکو را تایید میکنند. این پژوهش نشان میدهد که در طی این اشکوبها ضخامتهای مختلفی از رسوبات نهشته شدهاند و در زمانهای مختلف، محیطهای متفاوت و حوادث متفاوتی در منطقه حکمفرما بوده است. مطالعات حاصل از حساسیت مغناطیسی در طی اشکوبهای Midian ،Murghabian و Djulfian به صورت زیر بیان میشود:

Murghabian: این اشکوب از ۲۶۸ میلیون سال قبل شروع شده و تا ۲۶۵ میلیون سال قبل به طول انجامیده

است. رسوبات نهشته شده در طی این اشکوب آهکی، به رنگ خاکستری تیره با لایهبندی خوب، متوسط تا ضخیم لایه و به ضخامت حدود ۴۸۰ متر میباشند که گاهی در اثر دیاژنز دولومیتی و متبلور شدهاند. بر اساس فرامینیفرهای شناسایی شده، دو بیوزون معرفی شده که فرامینیفرهای شناسایی شده، دو بیوزون معرفی شده که زمانی Early Murghabian و Middle-Late Murghabian تقسیم میکنند.

رسوبات آهکی نهشته شده در طی Middle-Late Murghabian حدود ۱۵۰ متر ضخامت داشته و مقادیر حساسیت مغناطیسی در ابتدا مثبت (SI ⁶ 01×21) و سپس منفی (SI ⁶ 01×7-) میباشد. نرخ تولید کربنات متغیر در یک محیط لاگون عامل اصلی کاهش و افزایش MS در این محدوده زمانی میباشد. به طور کلی درصد کربنات کلسیم در این قسمت از برش مورد مطالعه نسبت به Early Murghabian کاهش یافته است. کربنات کلسیم بین ۶۰ تا ۸۰ درصد میباشد

Midian این اشکوب از ۲۶۵ میلیون سال قبل تا ۲۶۰/۵ میلیون سال قبل ادامه داشته است. رسوبات آهکی نهشته شده در طی این دوره زمانی دارای لایهبندی متوسط تا ضخیم، به رنگ خاکستری تیره و به ضخامت حدود ۱۶۵ متر میباشد. مقادیر MS در ابتدا مثبت (SI⁶⁻¹⁰ ا) و سپس منفی (SI⁶⁻¹⁰×4) میباشد و و درصد کربنات کلسیم بین ۶۰ ٪ تا ۹۰ ٪ مشخص شده است. تغییرات محیط رسوبی و نرخ کربناتزایی در محیطهای متفاوت

باعث تغییرات MS در این محدوده زمانی شده است. در پایان Midian و با شروع Djulfian که با انقراض پایان Guadalupian همزمان است حساسیت مغناطیسی افزایش یافته است. در این بحران، کاهش اساسی Fusulinida شروع شده که طی آن همه فرمهای بزرگ و با مورفولوژی پیچیده به ویژه Schwagerinoidea حذف Verbeekinoidea و Neoschwagerinoidea

شدهاند به طوری که فقط ۱۵ جنس از روخانوادههای Schubertelloidea و Staffelloidea در طی Lopingian زنده ماندهاند [۲۲].

عواملی که میتوانند به حادثه پایان Guadalupian در مرز پرمین میانی و پسین کمک کنند عبارتند از:

- از بین رفتن همزیستی فرامینیفرهای بزرگ [۱۹].
 - خنک شدن اقیانوسها (Kamura event) [۱۸].
- تاثیر واژگونی ایلاوارا (Illawara Reversal)، یک
 حادثه ژئومغناطیس که در ابتدای Capitanian اتفاق
 افتاده است [۱۷].

ناپدید شدن فرامینیفرهای بزرگ با دیواره کریوتکا در انتهای Midian (=Guadalupian) رخ داده است. این ناپدیدی که دقیقا مرتبط با کاهش تولید کربنات است [۲۳] بسیاری از گروههای کربناتی مانند داسی کلادها و بسیاری از مرجانهای روگوز را تحت تاثیر قرار داده است [۱۲].

در برش مورد مطالعه مرز Midian- Djulfian با کاهش بسیار شدید در فرامینیفرهای فوزولینید، تغییرات شدید در محیطهای رسوبی و تغییرات زیاد در مقادیر MS تایید میشود (شکل ۵).

Djulfian این اشکوب از ۲۶۰/۵ میلیون سال پیش شروع شده و تا ۲۵۵ میلیون سال قبل ادامه داشته است.

رسوبات نهشته شده در طی این اشکوب آهکی بوده که نخست دارای لایهبندی متوسط تا ضخیم و در پایان دارای لایهبندی ضخیم تا تودهای به ضخامت حدود ۲۸۱ متر میباشد. مقادیر MS در این محدوده زمانی عمدتا مثبت (SI⁻¹⁰⁶SI - 32×3) و درصد کربنات کلسیم مثبت (All ⁰⁶SI - 32×3) و درصد کربنات کلسیم مثبت مقادیر را نسبت به سایر بخشهای برش مورد مطالعه (80%-50%=2003) دارا است. تغییرات شدید محیطی و نرخ تولید کربنات متفاوت در محیطهای مختلف عامل اصلی تغییرات شدید MS در این محدوده زمانی است.

بررسی میکروفاسیسها و تعیین محیط رسوبی و مقایسه منحنیهای تکامل MS و میکروفاسیسها در برش رمپ کربناته پرمین در شمال ماکو نشان میدهند که به طور کلی در رمپ کربناته پرمین در منطقه ماکو، رخسارههای لاگون مقدار MS پایین و به طور عمده منفی را نشان میدهند (شکلهای ۵ و ۶). رخسارههای پهنه جذر و مقدار MS مثبت- منفی و رمپ میانی و بیرونی با مقدار MS بالاتر و مثبت مشخص شدهاند. این مقادیر طی رسوبگذاری یا فاصله زیاد از منابع سیلیسی آواری تفسیر میشوند.



شکل ۵. نمایش بیوزونها، لیتولوژی، میکروفاسیسها، مقادیر حساسیت مغناطیسی (MS) و درصد کربنات کلسیم و تغییرات سطح دریا در طول ستون چینهشناسی و پراکندگی تعدادی از جنسهای فوزولینید[۱۹] (اصلاح شده توسط [۲۴])

Archive of SID

۷۱



شکل ۶. مدل رخسارهای ارائه شده برای نهشتههای پرمین، میکروفاسیسها (MF1-MF9)، مقادیر میانگین MS و نرخ تولید کربنات در طول مدل رمپ ارائه شده در برش شمال ماکو.

کربناتزایی (تولید رسوب) در پلاتفرمها و رمپها عمدتا به سیستمهای بیولوژیکی و نهایتا با عوامل اکولوژیکی حاکم بر گسترش و وجود موجودات بستگی دارد. عمق تولید کربنات که توسط روشنایی و گسترش جانبی موجودات سرتاسر پلتفرم کنترل میشود وابسته به هیدرودینامیک، بستر و مواد مغذی است [11]. بنابراین میتوان نتیجه گرفت که نرخ تولید کربنات و وقوع انقراض پایانی Guadalupian، دو عامل مهم و تاثیرگذار در میزان MS رسوبات هستند. بیشینه تولید کربنات در محیطهای سابتایدال (کارخانه کربنات) اغلب توسط موجودات بنتیک صورت میگیرد. کربناتزایی مداوم در رمپ میانی و درونی کم عمق صورت میگیرد.

نتيجهگيرى

نهشتههای کربناته پرمین در برش مورد مطالعه در یک محیط رمپ نهشته شدهاند که در قسمتهای مختلف آن، حساسیت مغناطیسی متفاوتی مشاهده می شود. رسوبات متعلق به محیطهای لاگون دارای کمترین مقدار MS (اغلب مقادیر منفی) هستند و رسوبات نهشته شده در محیطهای پهنه جذر و مدی و محیطهای رمپ میانی و بیرونی دارای مقادیر MS بالا و اکثرا مثبت هستند. ضخامت زیاد رسوبات در این منطقه نسبت به سایر نقاط ایران و مقادیر MS پایین (عمدتا منفی)، نشاندهنده نرخ رسوب گذاری بالا در طی پرمین است به طوری که با افزایش نرخ رسوب گذاری، غلظت کانی های حامل مغناطیسی به ویژه کانیهای فرومغناطیس کاهش یافته و در نتیجه مقادیر MS کاهش می یابد که موجب یک رابطه معکوس بین نرخ رسوب گذاری و MS شده است. همچنین نبود و یا مقادیر بسیار اندک دانههای سیلیسی آواری در نهشتههای کربناته نشاندهندهی نبود منابع سیلیسی آواری و یا فاصله زیاد از منابع سیلیسی آواری است که باعث کاهش مقدار MS می شود.

خنک شدن اقیانوسها (Kamura event) و واژگونی ایلاوارا (Ilawara Reversal) یک حادثه ژئو مغناطیس در ابتدای کاپیتانین (جلفین) دو عامل اصلی در انقراض انتهای گوادالوپین (مرز میدین-جلفین) هستند که با افزایش حساسیت مغناطیسی مشخص میشود. خنک شدگی و کاهش ط آب اقیانوسها باعث کاهش نرخ تولید کربنات میشود و کاهش نرخ تولید کربنات منجر تولید کربنات میشود و کاهش نرخ تولید کربنات منجر مداید می افزایش MS میشود. بنابراین با استفاده از نمودار می توان مرز MS) همراه با بیوستراتیگرافی می توان مرز Midian- Djulfian را مشخص نمود. همچنین مطالعات حاضر نشان میدهد که به طور کلی MS رابطه تقریبا معکوس با میزان کربنات کلسیم رسوب دارد به طوری که با افزایش آن، میزان MS کاهش می یابد..

تشكر و قدرداني

در اینجا لازم میدانیم از همکاریهای صمیمانه مدیر مسئول، سردبیر و مدیر اجرایی نشریه رسوبشناسی کاربـردی تشکر و قدردانی نماییم . همچنین از

۷۲

راهنماییهای پروفسور Daniel Vachard، دکتر رحیم مهاری و دکتر سیروس عباسی سپاسگزاریم.

منابع

- [۱] ابراهیمنژاد، الف، ثیابقدسی، ع، عباسی، س (۱۳۹۲) مطالعه روزن ران رده Fusulinata در نهشتههای پرمین شمال ماکو (آذربایجان، ایران)، یافتههای نوین زمین شناسی کاربردی، جلد ۱۳، ص ۵۲–۶۵.
- [۲] ابراهیمنژاد، الف.، ثیابقدسی، ع.، عباسی، س (۱۳۹۰) معرفی سنگ آهکهای بلروفوندار متعلق به پرمین در منطقه ماکو، سی امین گردهمایی علوم زمین.
- [۳] آقانباتی، ع (۱۳۸۳) زمین شناسی ایران، سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور، ۵۸۶ ص.
- [۴] امینی آذر، ر.، عباسی، س.، قدیرزاده، الف (۱۳۸۲) نقشه زمینشناسی ماکو، مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰، سازمان زمینشناسی کشور.
- [۵] لاسمی، ی (۱۳۷۹) رخسارهها محیطهای رسوبی و چینهنگاری سکانسی نهشتههای سنگهای پرکامبرین بالایی و پالئوزوئیک ایران، انتشارات سازمان زمینشناسی کشور، کتاب شماره ۲۸، ۱۸۰ ص.
- [۶] نبوی، م.ح (۱۳۵۵) دیباچهای بر زمینشناسی ایران،
 انتشارات سازمان زمینشناسی کشور، ۱۰۵ ص.
- [7] Borradaile, G.J., Lagroix, F (2000) Magnetic characterization using a three-dimensional hysteresis projection, illustrated with a study of limestones, Geophys. J. Int.141, 213–226.
- [8] Crick R., Ellwood B., Feist R., El Hassani A., Schindler E., Dreesen R., Over D., Girard C (2002) Magnetostratigraphy susceptibility of the Frasnian/Famennian boundary, Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol., 181, 67–90.
- [9] Ellwood B., Crick R., El Hassani A., Benoist S., Young R (2000) Magnetosusceptibility event and cyclostratigraphy method applied to marine rocks: detrital input versus carbonate productivity, Geology 28, 1135-1138.
- [10] Ellwood, B., MacDonald, W., Wheeler, C., Benoist, S (2003) The K-T boundary in Oman: identified using magnetic susceptibility field measurements with geochemical confirmation, Earth Planet, Sc. Lett. 206, 529–540.
- [11] Flugel, E (2010) Microfacies of Carbonate rocks, Springer-Verlag, 976pp.
- [12] Gaillot, J., Vachard, D (2007) The Khuff Formation (Middle East) and timeequivalents in Turkey and South China: biostratigraphy from Capitanian to Changhsingian times (Permian), new

systématique, paléoécologie et réponses aux changements globaux. *Revue de Micropaléontologie*, 53:209-254.

- [25] Weidlich, O (2002) Middle and Late Permian reefs - distributional patterns and reservoir potential. In: Kiessling, W., Flügel, E., Golonka, J. (Eds.), Phanerozoic Reef Patterns, SEPM Special Publication 72, 339-390.
- [26] Wilson, J.L (1975) Carbonate facies in geologic history. Berlin (Springer), 471 pp.

foraminiferal taxa, and palaeogeographical implications, Coloquios de Paleontología 57, 37-223.

- [13] GF instruments (2010) Magnetic Susceeptibility Meter SM-20, Instruction Manual, Version5.0, CZECH Republic, 16pp
- [14] Hladil, J., Gersl, M., Strnad, L., Frana, J., Langrova, A., Spislak, J (2006) Stratigraphic variation of complex impurities in platform limestones and possible significance of atmospheric dust: a study with emphasis on gamma-ray spectrometry and magnetic susceptibility outcrop logging (Eifelian-Frasnian, Moravia, Czech Republic), International Journal of Earth Sciences, 95(4), 703-723.
- [15] Hladil, J (2002) Geophysical records of dispersed weathering products on the Frasnian carbonate platform and early Famennian ramps in Moravia, Czech Republic: proxies for eustasy and palaeoclimate, Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol., 181(1-3), 213-250.
- [16] International Union of Pure and Applied Chemistry (IUPAC) (1997) Magnetizability, Compendium of Chemical Terminology, The Gold Book (2nd ed.).
- [17] Isozaki, Y (2009) Illawara Reversal: the fingerprint of a superplume that triggered Pangean breakup and the end-Guadalupian (Permian) mass extinction, Gondwana Research, Special, Sp. Iss. I, 421-432.
- [18] Isozaki, Y., Kawahata, H., Minoshima, K (2007) The Capitanian (Permian) Kamura cooling event: The beginning of the Paleozoic-Mesozoic transition, Palaeoword 16, 16–30.
- [19] Leven, E.Ya., 2003, The Permian stratigraphy and fusulinids of the Tethys.Rivista Italiana di Paleontologia e Stratigrafia 109 (2), 267–280.
- [20] Ota, A., Isozaki, Y (2006) Fusuline biotic turnover across the GuadalupianLopingian (Middle-Upper Permian) boundary in midoceanic carbonate buildups: Biostratigraphy of accreted limestone in Japan, Journal of Asian Earth Science 26, 353–368.
- [21] Read, J. F (1985) Carbonate platform facies models, AAPG Bull., 69, 1-21.
- [22] Riding, R.E., 1999, The term stromatolites: towards an essential definition, Lethaia 32, 321-330.
- [23] Sheng, J (1992) Development of fusuline foraminifers in China. Studies in benthic foraminifera, Benthos'90, Sendaï 1990, Tokai University Press, 11–22.
- [24] Vachard, D., Pille, L. and Gaillot, J. 2010, Palaeozoic Foraminifera: systematics, palaeoecology and responses to the global changes. Les foraminifères paléozoïques: