رخسارههای رسوبی تریاس زیرین بعد از انقراض پرمین بالایی در منطقه شهرضا، جنوب اصفهان

محمد صفائی(۱۰*، ناصر ارزانی۲، عزت حیدری۳ و حسین وزیری مقدمٔ

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد رسوب شناسی، گروه زمینشناسی، دانشکده علوم، دانشگاه اصفهان، اصفهان ۲. دانشیار گروه زمینشناسی، دانشگاه پیام نور مرکز اصفهان، اصفهان ۳. دانشیار دانشگاه ایالتی جکسون، جکسون، آمریکا ۴. استاد گروه زمینشناسی، دانشکده علوم، دانشگاه اصفهان، اصفهان

تاریخ دریافت: ۸۹/۱۰/۶ تاریخ پذیرش: ۹۰/۱۲/۳

چکیدہ

با رویداد حادثه انقراض و محدودشدن فعالیت کارخانه آهکسازی در پرمین بالایی و با بحرانی شدن شرایط رسوبگذاری دریایی، رسوبات ابتدای تریاس غالباً به صورت آهک غیراسکلتی و به شکل نهشتههای میکروبی و بلورهای بادبزنی کربنات کلسیم در بستر دریا گسترش یافتهاند. این رسوبات غالباً در مناطق کم عمق سکوهای کربناتی نزدیک به استوا، که شرایط فیزیکو شیمیایی برای رشد آنها فراهم بوده است، نهشته شدهاند. مقطع شهرضا در جنوب اصفهان، یکی از مقاطع شاخص پرمین –تریاس است که رسوبگذاری پیوسته را در آن زمان ثبت کرده است. افزون پر این، رسوبات تریاس زیرین در این ناحیه، غیر عادی بودن شرایط رسوبگذاری و ترکیب شیمیایی آب دریا را نشان میدهد. رشد بلورهای آراگونیت به صورت رشتهای و در مجموعههای گنبدی تا لایهای از شواهد رسوبگذاری در شرایط اقررض عظیم مرز پرمین – تریاس، و در نتیجه اثر عواملی هستند که تغییراتی در آب اقیانوسها به وجود آوردهاند. این بلورها به صورت بادبزنی و در اندازههای بزرگ به صورت مستقیم از آب دریا رشد کرده و پشتههایی را تشکیل دادهاند. شواهد به دست آمده، نشان میدهد که این ساختارها در زمانی که آب و پشتههایی را تشکیل دادهاند. شواهد به دست آمده، نشان میده که این ساختارها در زمانی که آب دریا از کربنات کلسیم فرق اشباع بوده است، با کانی شناسی اولیه آراگونیت رسوب کردهاند.

واژههای کلیدی: انقراض پرمین-تریاس، آراگونیت بادبزنی، رسوبات تریاس زیرین، شهرضا

مقدمه

انقراض در زمان پرمین پسین-تریاس پیشین و اثرات مخرب آن بر روی حیات در کره زمین و دلایل رویداد این حادثه، بر اساس شواهد ثبت شده در رسوبات، از مباحثی است که نظرات متفاوتی در مورد آن ارائه شده است (;2002, Erwin et al., 2002 متفاوتی در مورد آن ارائه شده است (;2002 و ماحثی است که نظرات در شیمی آب اقیانوسها به وجود آمد و باعث شد کربناتهای آبهای کمعمق از نوع اسکلتی به نوع غیر اسکلتی تبدیل شوند که در تریاس پیشین در پاسخ به شرایط غیر عادی محیط دریایی

به وجود آمدهاند، می توان به رسوبات میکروبی و کلسیتهای رشتهای بادبزنی اشاره کرد (Pruss et al., 2006). تشکیل چنین ساختارهایی را به فوق اشباع بودن آب اقیانوسها نسبت به کربنات کلسیم ربط دادهاند (Riding and Liang, 2005). اگرچه تشکیل غیر آلی کربنات کلسیم به صورت همزمان با رسوبگذاری در آب دریاها معمول است و در محیطهای دریایی عهد حاضر و قدیمی به خوبی شناسایی شده است (Woods, 2009)، اما تشکیل چنین رسوباتی محدود به سیمانهای حاشیهای و سیمانهای پرکننده حفرات می شود (James et al., 1988; Marshal and Davies, 1981).

^{*} نویسنده مرتبط mo.safaei64@yahoo.com

کلسیتهای رشته ای در مقیاس سانتی متر، در بیشتر دورانهای زمین شناسی کمیاب بوده و مثالهایی معدود از آن در رسوبات کربناتی فانروزوییک گزارش شده است (Pruss et al., 2008). پیدایش این رسوبات در بستر دریاها نشاندهنده شیمی غیر عادی آب اقیانوسها در آن زمان بوده است که باعث فوق اشباع شدن آب اقیانوس از کربنات کلسیم و رشد این رسوبات شده است (Heydari and Hassanzadeh, 2003; Heydari et al., 2003; تاب اقیانوس از کربنات کلسیم و رشد این رسوبات شده است (mey žilo), woods, 2009). سیمانهای همزمان با شیمیایی نهشته شده و بعد از تشکیل جابه جا نمی شوند می توانند (Pruss et al., 2008, Woods, 2009) شیمیایی نهشته شده و بعد از تشکیل جابه جا نمی شوند می توانند (Pruss این تحقیق، با بررسی توالی رسوبی مرز پرمین-نشاندهنده شهرضا در جنوب اصفهان، به معرفی رخسارهها و ساختارهای رسوبات تریاس زیرین می پردازد و در مورد نحوه تشکیل آنها بحث می کند.

زمینشناسی و راههای دسترسی به منطقه

مقطع شهرضا در بخش شرقی روستای سید علی اکبر در ۱۲ کیلومتری شهرضا و ۶۸ کیلومتری جنوب اصفهان قرار دارد (شکل ۱ب). محل کنونی این مقطع در زون ساختاری سنندج-سیرجان ایران قرار گرفته است (Heydari et al., 2003). بر اساس نقشههای جغرافیای دیرینه، منطقه مورد مطالعه، در زمان قبل از پرمین بخشی از زون سنندج-سیرجان بوده و همراه با بخش مرکزی ترکیه، افغانستان، تبت و هندوچین در یک صفحه کوچک با عنوان خردقاره سيمري قرار داشتهاند Sengör, 1984; Horacek) et al., 2007). این خردقاره در طی پرمین از گندوانا جدا شده و در جهت شمال به طرف خط استوا حرکت کرده است (Stampli) and Borel, 2002) و در طی پرمین پسین و تریاس پیشین این خردقاره در مرکز اقیانوس تتیس و در بین دیرینه تتیس و نو تتیس نزدیک به استوا قرار داشته است (شکل ۱الف) (Besse et al., 1998). جدا شدن خرد قاره سیمری از گندوانا و تشکیل یک حاشیه غیرفعال، باعث رسوب گذاری کربناتها در حاشیههای آن شد. بر اساس شواهد رسوبی موجود و مطالعات قبلی انجام شده مدل سکوی ارائه شده برای مقطع شهرضا یک سکوی کربناتی مجزا در نظر گرفته شده است که در آن رسوب گذاری کربناتها بدون ورود ذرات آواری صورت گرفته است(;Pruss et al., 2006 .(.Kozur, 2007, Pers. Comm

روش مطالعه

به منظور بررسی رخسارهها و شواهد رسوبی مقطع شهرضا، روشهای متداول مطالعه صحرایی بر روی رسوبات این مقطع صورت گرفت و توالی پرمین بالایی و تریاس زیرین این منطقه بررسی شد. همچنین از لایههای پرمین بالایی و تریاس زیرین به منظور تهیه مقاطع دستی صیقلی و مقاطع نازک، نمونهبرداری انجام گرفت. برای مطالعه دقیق تر بافت رسوبی و مطالعات دیاژنزی

عکس های میکروسکوپ الکترونی، بر اساس روش مطالعه Lasemi (1984) and Sandberg مورد استفاده قرار گرفت. برای آمادهسازی مقاطع برای انجام آزمایش میکروسکوپ الکترونی نمونههایی به اندازه ۲×۲×۲ سانتی متر تهیه و کاملاً صیقل داده شد. این نمونهها توسط اسید فرمیک ۲/۰ درصد حجمی به مدت ۳۰ ثانیه اسیدشویی و سپس عکسبرداری از سطح آنها صورت گرفت. همچنین برای مطالعه عناصر اصلی و جزئی از روش جذب اتمی بر روی نمونهها، استفاده شده است.

توالي رسوبي مقطع شهرضا

در منطقه شهرضا رسوبات مرز پرمین-تریاس به خوبی رخنمون دارند و توالی پیوسته ای از این رسوبات در این منطقه نهشته شده است. این منطقه یکی از مناطقی است که توالی رسوبی پرمین-تریاس را به صورت کامل و بدون نبود قابل توجهی در خود (Taraz, 1971; Heydari et al., 2008, Rickhoz تابل ثبت کرده است 2010, Rickoz رسوبی در منطقه مورد مطالعه قابل تفکیک به هشت واحد جداگانه هستند (شکل ۱ج)، که در این تحقیق به بررسی این واحدها پرداخته می شود. واحدهای ۱ تا ۲ مربوط به زمان تریاس زیرین می شوند. در ادامه، واحدهای رسوبی ۱ تا ۸ به اختصار شرح داده می شوند و واحدهای ۵ و متشکل از کلسیتهای رشته ای، به تفصیل مورد بحث و بررسی قرار می گیرند.

واحد۱: این واحد متشکل از آهکهای متوسط تا ضخیملایه قرمزرنگ است که اندازه لایهها در آن بین ۲۰ تا ۵۰ سانتیمتر است. شاخص ترین ساختار موجود در این رسوبات، ساختار گرهکی است که در این سنگها به خوبی مشاهده می شود. اندازه این گرهکها از ۲۰ میکرون تا ۵ میلیمتر متغییر است و با توجه به تفاوت رنگ تیرهتر نسبت به زمینه از آن جدا می شوند. این گرهکها به صورت شکلهای گردشده، نیمه گرد و زاویهدار دیده می شوند و در درون این گرهکها همانند زمینه در برگیرنده آنها قطعات استراکود به چشم می خورد. بافت عمومی در این واحد مادستون تا وکستون همراه با فسیا های آمونویید و استراکود است. همچنین کنودونتهای مربوط به مناطق عمیق نیز در این رسوبات گزارش شده است (Kozur, 2007). آمونوییدهای موجود در این واحد به صورت کاملاً حفظ شده هستند که حاکی از سقوط آنها بر روی بستر است و آثاری از جابجایی توسط امواج نشان نمیدهند که باعث شکسته شدن و خرد شدن آنها شده است، نشان نمی دهد. قطعات اندکی از صدف استراکود به صورت خردشده و یا کامل حضور دارند که دیواره صدف در آنها بسيار نازک است. رسوبات اين واحد، قابل مقايسه با رخساره آمونيتيكو راسو هستند كه در بخش جنوبي آلي در زمان يرمين پیشین تا کرتاسه پیشین در اطراف تتیس نهشته شدهاند Baud et) al., 2001). مشابه چنین رسوباتی با سن پرمین بالایی در کوههای عمان گزارش شده است که مربوط به زیر زون تأثیر نور خورشید



شکل ۱. الف) نقشه جغرافیای دیرینه زمان پرمین-تریاس (علامت قرمز مشخصکننده محل تهنشینی رسوبات در مقطع شهرضا است) (modified from Stampfli). and Borel, 2002). ب) نقشه راههای دسترسی به منطقه و موقعیت قرارگیری مقطع بر روی زون سنندج – سیرجان (modified from Heydari et al., 2003). ج) ستون رسوبی منطقه مورد مطالعه، PTB مشخص کننده مرز پرمین-تریاس است.

است (Woods and Baud, 2008).

واحد ۲: این واحد از ضخامت در حدود ۱/۲ متر گل آهکی قرمز رنگ تشکیل شده است. در این واحد گل به صورت تودهای قرار دارد و لامینهبندی در آن مشاهده نمی شود و عاری از فسیل است. همچنین مطالعات قبلی انجام شده در این مقطع نشان داده است که مقدار کربنات در این واحد کم و در حدود ۲۰ درصد است (Heydari et al., 2008).

واحد ٣: ضخامت اين واحد ٨٠ سانتي متر و فاقد فسيل است

که شامل تناوبی از گل آهکی قرمز رنگ و آهک ورقهای قرمز رنگ است.

واحد ۴: از ضخامتی در حدود ۱ متر گل آهکی قرمز رنگ تشکیل شده است. مشخصات این واحد مانند واحد ۲ و مقدار مواد کربناتی آن کم و در حدود ۳۰ تا ۴۰ درصد است Heydari) Hindeo- در روی این لایه اولین ظهور کنودونت -Hindeo dus Parvus مشاهده شده است که مشخص کننده مرز پرمین تریاس است (Heydari et al., 2008).



شکل ۲. کلسیت رشتهای واحد ۵ الف) لایه حاوی کلسیت رشتهای که به صورت مشخص از گل زیرین خود مجزا شده است. ب) یک دسته از کلسیت رشتهای واحد ۵ که در آن رشتهها به صورت بادبزنی به طرف بالا رشد کردهاند. ج) نمونه دستی صیقل داده شده از کلسیت رشتهای واحد ۵ که در آن رشد رشتهها در کنار هم و بر روی گل میکریتی مشخص است. د) مقطع نازک از نمونه دستی نشاندهنده رشتهها و گل اطراف آنها است. هـ) تصویر مقطع میکروسکوپی از منطقه علامت زده تصویر (د) نشاندهنده بافت داخلی رشتهها در واحد ۵.

واحده: این واحد اولین بخش رسوبات تریاس زیرین است که به صورت رسوب گذاری ممتد و بدون وقفه بر روی رسوبات پرمین بالایی قرار گرفته است و ضخامت آن در حدود ۱۰ تا ۲۰ سانتیمتر است. این واحد از آهک قهوهای تیره تشکیل شده است. ضخامت اين لايه به طور جانبي تغيير مي كند (شكل ٢ الف). اين واحد حاوى كلسيت هاى رشتهاى است كه در طول لايه از سطح به صورت بادبزنی به سمت بالا رشد کردهاند (شکل۲ ب). اندازه هر یک از این تک بلورها بین ۱۰ تا ۲۰ سانتیمتر است. در مقطع دستی صیقلی هر یک از این دسته بلورها به صورت شاخه-ای از یک گل میکریتی به طرف بالا رشد کردهاند. بین هر یک از شاخهها گل میکریتی قرار دارد و فضای بین آنها را پر کرده است (شکل۲ ج). جهت رشد این رشتهها، به صورت موازی با محور C بلورشناسی است و درون هر یک از این رشتهها بافت منحصر به فردی حضور دارد که متشکل از زوج لامینههای تیره و روشن است که بر روی همدیگر قرار گرفتهاند و تشکیل یک بلور را دادهاند (شکل۲ د و هـ). بر اساس مطالعه عناصر اصلی و جزئی صورت گرفته توسط روش جذب اتمی، میزان استرانسیم در این بلورها زیاد و در حدود ۱۰۰۰ تا ۱۴۰۰ppm به دست آمده است. واحد6: از ضخامت حدود ۳/۵ متر آهک نازکلایه خاکستری

واحد / از صحامت حدود ۵/۱ متر اهمی تاریخا یه حادستری رنگ تشکیل شده است. ضخامت لایهها در طول این واحد به طرف بالا افزایش مییابد. در مقطع میکروسکوپی این لایهها شامل لامینههای نازک تیرهرنگ هستند که با لامینههای روشن که ضخامت بیشتری دارند در تناوب هستند. لامینههای تیره در طول مقطع نازک در بعضی از مناطق قطع میشوند و به صورت لخته در می آیند. در بین این لامینهها صدف کاملاً حفظشده استراکود نیز وجود دارد (شکل ۳ الف و ب).

واحد ۷: این واحد از ضخامت در حدود ۱/۵ متر آهک خاکستری رنگ تشکیل شده است که به صورت پشتههایی به هم پیوسته در طول لایه قرار گرفتهاند اندازه هر یک از این پشتهها متفاوت است و در طول لایه تغییر میکند (شکل۴ الف). این

یشتهها حاوی کلسیت رشتهای هستند که به صورت بادبزنی رشد کردهاند، طول هر یک از این رشته ها تا ۵۰ سانتی متر هم میرسد (شکل۴ ب). جهت رشد هر یک از رشتهها از سطح لایه به طرف بالا متفاوت است و زاویه های مختلفی را نسبت به افق تشکیل دادهاند. شاخههای حاوی کلسیتهای رشتهای بر روی همدیگر قرار گرفتهاند و تشکیل پشتهها را میدهند. در بین این رشتهها گل میکریتی حضور ندارد و رشتهها به صورت متراکم در کنار یکدیگر قرار گرفتهاند. در مقطع میکروسکوپی هر یک از دسته رشتهها از یک لامینه ریز (۲/۰ تا ۵/۰ میلی متر) که درون آن از رشتههای خیلی ریز که به صورت عمود بر سطح قرار گرفتهاند شروع به رشد میکنند (شکل۶ ج). در طول مقطع نقاط تیرهتری در کنار رشتهها حضور دارد که این نقاط نشاندهنده مقطع محوری رشتههای مجاور است که در جهت مایل رشد کردهاند (شکل۴ ج). جهت رشد هر یک از رشتهها، در جهت محور C بلورشناسی است. در مقطع میکروسکوپی، هر یک از این رشتهها به صورت مخروطی با دیوارههای کاملا صاف و منظم هستند و دارای سطح مقطع شش وجهی میباشند (شکل۴ د). همچنین مطالعات عناصر اصلی و جزئی توسط روش جذب اتمی میزان استرانسیم این رشتهها را در حدود ۱۲۰۰ تا ۱۴۰۰ ppm مشخص کرده است.

واحد۸: این واحد از آهک خاکستریرنگ نازکلایه تشکیل شده است. در مقطع نازک دارای بافت لامینهای است و از تناوب لامینههای تیره و روشن تشکیل شده است. در این واحد مانند واحد ۶، ضخامت لامینههای تیره (میکروبها) کمتر از روشن است و در بین این لامینهها صدف استراکود وجود دارد.

کلسیتهای رشتهای

در واحدهای ۵ و ۷ ساختارهای شاخصی وجود دارد که از بستر لایه به سمت بالا، به صورت همزمان با رسوبگذاری رشد کردهاند. این ساختارها با واحدهای قبل و بعد از خود، مرز



شکل ۳. الف) لایههای خاکستری رنگ میکروبی تریاس زیرین. ب) مقطع نازک از لایههای میکروبی، علامت سیاه نشاندهنده حضور صدف استراکود در بین لامینههای میکروبی است.

رخسارههای رسوبی تریاس زیرین بعد از...



شکل۴. کلسیت رشتهای واحد۷. الف) پشتههای متشکل از کلسیت رشتهای واحد۷. ب) رشتههای کلسیت که به صورت بادبزنی از پایین به سمت بالا رشد کردهاند. ج) مقطع میکروسکپی از رشتههای واحد۷. B مقطع محوری از کلسیت رشتهای و علامت سطح مقطع مایل از رشتههای مجاور را نشان میدهد. د) تصویر میکروسکوپ الکترونی از سطح مقطع رشتههای کلسیت که در آن وجوه بلور به خوبی مشخص است.

ناگهانی و مشخصی دارند. لایههای بالا و پایین این واحدها با رشتههای موجود، قطع شدگی ندارند و این رشتهها به صورت عمودی در بین لایههای در بر-گیرنده رشد کردهاند. ویژگیهای ظاهری واحدهای ۵ و ۷ کمی با هم تفاوت دارند. به این صورت که در واحد ۵ ضخامت کمی در حدود ۲۰ تا ۵۰ سانتی متر از این رشتهها تشکیل شده است و اندازه بلورها کوتاه (۲۰ سانتی متر) است. در بین این رشتهها گل قهوهایرنگ حضور دارد که فاقد فسیل است. رشد هریک از این شاخهها از داخل گل میکریتی آغاز شده است و به صورت عمودي و احتمالا بر روى هستههاي اوليه موجود تشكيل شدهاند. (woods et al. (2007) معتقد هستند که تشکیل گل میکریتی به علت تغییر شرایط ژئوشیمیایی که باعث تشکیل هسته اولیه برای تشکیل میکریت به صورت شیمیایی می شده است باعث توقف در رشد این رشته ها شده است. بعد از متوقف شدن رشد بلورها، میکریت تشکیل شده فضای خالی بین رشتهها را در این واحد پر کرده است. در بالای این لایه هیچگونه آثاری از انحلال و یا شکستگی مشاهده نشد و در طول لایه شاخهها به صورت کامل و بدون شکستگی به طرف

بالا رشد كردهاند.

رشتههای کلسیت در واحد ۷ با کلسیتهای واحد ۵ تفاوت دارند. این واحد در بین دو واحد میکروبی قرار گرفته است. اندازه لایه در این واحد بزرگتر و ضخامت این واحد تا ۱/۵ متر هم میرسد. در طول این واحد پشتههای کوچک و بزرگ متشکل از کلسیتهای رشتهای در کنار هم به صورت جانبی قرار گرفتهاند (شکل۵). نحوه تشکیل و هستهزایی در این واحد با واحد قبلی متفاوت است به این صورت که در زیر رشتههای کلسیت در این لایه، لایههای خیلی نازک حضور دارند که رشد رشتهها از روی آنها آغاز شده است (شکل۶ الف و ب). این لامینهها رسوبات میکروبی هستند که برای تهنشست رشتههای کلسیت تشکیل هستههای اولیه را دادهاند.

در زیر گنبدهای متشکل از کلسیت رشتهای در این واحد چندلایه از رسوبات میکروبی و رشتههای نازک کلسیت تشکیل شده و بر روی آنها، رشد رشتههای بزرگتر آغاز شده است (شکل۶ ب). هر یک از این دسته رشتهها به صورت موازی بر روی یکدیگر قرار گرفته و تشکیل پشته را دادهاند.



شکل۵. قرارگیری پشتههای کلسیت رشتهای در طول لایه. الف) سطح زیرین لایه که رشد رشتههای کلسیت بر روی رشتههای از قبل وجود داشته، صورت گرفته است. ب) محل تماس لایههای میکروبی و سیل آذرین. ج) نشاندهنده تماس لایه حاوی کلسیت رشتهای با لایه میکروبی بالایی.

تعبير و تفسير

مقطع شهرضا یکی از مقاطع پیوستهای است که گذر پرمین به تریاس را در خود ثبت کرده است. در این مقطع مطابق با دیگر مقاطع پیوسته، در افقهای پرمین بالایی به دلیل انقراض موجودات، از تنوع قطعات اسکلتی کم شده و رسوبات تریاس زیرین آن را اغلب رسوبات میکروبی و کربناتهای غیراسکلتی تشکیل دادهاند. پیدایش جهانی رسوبات میکروبی و کربناتهای نازیستی (سیمانهای همزمان با رسوبگذاری) در طی تریاس زیرین نتیجه ترکیب ژئوشیمی غیر معمول اقیانوسها، در دوره پس از انقراض پرمین بوده است (Woods, 2009).

Riding (2006), Riding and Liang (2005) اظهار کردهاند که تغییرات در فراوانی میکروبیها در سنگهای فانروزوئیک به وسیله تغییرات دراز مدت در ژئوشیمی کربنات اقیانوس ها کنترل می شود و رشد این ساختارها مربوط به فوق اشباع شدن آب اقیانوس ها نسبت به کربنات کلسیم است. سیمان های غیرآلی کربناتی همزمان با رسوبگذاری به خوبی در محیطهای عهد حاضر و قدیمی به صورت سیمانهای پرکننده حفرهای ریفها و سیمانهای نسل اول دریایی شناسایی شدهاند که اندازه آنها در حد چند میلیمتر است Fischer and Garrison, 1967; Tucker) and Wright, 1990; Moore, 2001). كلسيتهاى رشتهاى كه به صورت بادبزنی بر روی بستر دریا رشد میکنند از ساختارهای غیر معمول در تاریخ زمین بودهاند که سازوکارهای تشکیل آنها هنوز به خوبی مشخص نشده است (Pruss et al., 2008). کلسیتهای رشتهای بادبزنی شکل از ساختارهای معمول در سکوهای کربناتی آرکئن و دیرینهپروتروزوییک بودهاند ;Kah and Knoll, 1996) Summer and Grotzinger, 2000) اما در فانروزوییک این گونه

رشتههای بادبزنی که مستقیماً بر روی بستر دریا رشد کنند، کم هستند (Pruss et al., 2008). تشکیل چنین ساختارهایی در فانروزوییک در رسوبات تریاس زیرین پس از حادثه انقراض (Heydari et al., 2003; یس از حادثه انقراض در مرز پرمین تریاس گزارش شده است ;Pruss et al., 2006; Woods, 2009) در اندازه سانتیمتر در محیطهای دیاژنزی عهد حاضر وجود دارند که به صورت ثانویه تشکیل می شوند. این رشتهها حاصل رسوب گذاری مستقیم از آب دریا نیستند و تحت تأثیر عوامل پس از رسوب گذاری به وجود می آیند ;Rodrigues et al., 2009)

گسترش چینهشناسی کلسیتهای رشتهای بادبزنی و کمیاب بودن آنها در رسوبات بعد از پروتروزوییک نشان می-دهد عوامل محیطی خاصی (مانند فوق اشباع بودن آب دریا از کربنات کلسیم) برای تشکیل این رسوبات وجود داشته است Pruss et). (al., 2008).

محیط رسوب گذاری کلسیت های رشته ای

رخسارههای نهشته شده در پرمین بالایی و تریاس زیرین منطقه شهرضا نشان دهنده تشکیل شدن این رسوبات در یک سکو کم شیب است که در سطح وسیعی گسترش داشته اند، از جمله شواهد آن می توان به ادامه داشتن لایه ها به صورت جانبی، تبدیل رخساره ها به یکدیگر به صورت تدریجی و نبود رسوبات حاصل از ریزش در شیب سکو اشاره کرد. نوع رخسارهای موجود در این توالی مانند لایه های آهک گرهکی قرمزرنگ حاوی آمونویید و گل آهکی قرمزرنگ نشان دهنده یک محیط همی پلاژیک است (Baud, 2001; Kozur, 2007, Pers. Comm). بافت و



شکل ۶. تصویر شماتیک از پشته۱ در شکل۴ الف و جزئیات رشد این رشتهها بر روی هسته-های اولیه میکروبی. الف) نشاندهنده لامینههای میکروبی در زیر و تناوب میکروبی و رشته-های کوچک کلسیت در بالای عکس. ب) لامینههای میکروبی در زیر رشتههای کلسیت. ج) مقطع میکروسکوپی از جزئیات رشد رشتهها.

و بعد از تشکیل، این رسوبات توسط رسوبات بالایی پوشیده شدهاند. با توجه به قرار گرفتن رسوبات میکروبی لامینهای که در پائین و بالای واحد ۷ حاوی کلسیت رشتهای و حضور گل (ضخامت بیشتر لامینههای گلی از میکروبها در رسوبات میکروبی) بینلامینههای میکروبی رسوبات میکروبی حاکی از این است که این ساختارها نیز در یک محیط آرام تشکیل نحوه قرارگیری کلسیتهای رشتهای در واحد ۵ که در تناوب با گلهای قرمزرنگ پرمین بالایی قرار دارد، حضور گل میکریتی و نبود شکستگی و آثاری از حمل شدن در این رسوبات حاکی از آن است که این واحد در یک منطقه نسبتاً عمیق و در زیر منطقه تحت تاثیر امواج تشکیل شده است که شرایط آرام برای تهنشینی گل کربناتی و رشد رشتههای کلسیت فراهم بوده است ساختارها شود (Woods and Baud, 2008). برای نهشته شدن چنین ساختارهایی آب اقیانوس ها باید نسبت به کربنات کلسیم فوق اشباع باشد (Heydari and Hassanzadeh, 2003). حادثه انقراض پرمین-تریاس یکی از مخرب ترین انقراض های گروهی شناخته شده در تاریخ زمین بوده است Raup, 1979; Erwin شناخته شده در تاریخ زمین بوده است Raup, 1979; Erwin شناخته شده در تاریخ زمین بوده است Raup, 1979; Erwin (Baud, 2002). عوامل به وجود آورنده این حادثه باعث شدند (Baud, 2002). عوامل به وجود آورنده این حادثه باعث شدند رومین-تریاس بیان شده است میتوان به لایه بندی آب اقیانوس ها، پرمین-تریاس بیان شده است میتوان به لایه بندی آب اقیانوس ها، (Wignal and Hallam, 1993; Isozaki, 1997; Payne and (Wignal and Hallam, 1993; Isozaki, 1997; Payne and بیان شده، میتواند فوق اشباع شدن آب اقیانوس ها نسبت به کربنات کلسیم را در این زمان توجیه کند که از آن جمله میتوان به لایه بندی آب اقیانوس ها و خروج متان اشاره کرد.

طرفداران فرضیه لایهبندی آب آقیانوس ها معتقدند که تجزیه مواد آلی به وسیله باکتری های کاهنده سولفات در آب های بیاکسیژن بستر دریا، باعث افزایش بی کربنات و CO₂ در آب های عمیق اقیانوس می شده است، در حالی که آب های سطحی اکسیژندار هستند. بر اثر آمیختگی آب های عمیق بیاکسیژن و غنی از کربنات کلسیم با آب های اکسیژندار سطحی، CO₂ از آب بر اثر تلاطم و کاهش فشار خارج شده و باعث شده آب فراشارش رخ داده است در منطقه آمیختگی، چنین کلسیتهای فراشارش رخ داده است در منطقه آمیختگی، چنین کلسیتهای فراشارش در محانه این توجه به مشاهدات انجام شده در مقطع شهرضا و نبود شواهد مبنی بر شرایط بی اکسیژنی در این توالی مانند و جود پیریت و لایه های شیل سیاه این فرضیه برای تشکیل چنین ساختاری در این مقطع نمی تواند مناسب باشد.

از دیگر فرضیههایی که برای انقراض پرمین بالایی بیان شده است و می تواند تشکیل چنین ساختارهایی را توجیه کند فرضیه زبانههای گوشتهای است که توسط Heydari and Hassanza یان فرانههای گوشتهای است که توسط Heydari et al. (2008) و deh (2003) را فراد عامد در داخل گوشته زبانههای گوشتهای تودههای مذاب جامد در داخل گوشته هستند که به صورت قارچمانند به طرف پوسته حرکت می کنند. بر اساس این فرضیه توده بزرگی از مواد جامد مذاب به زیر سنگ کره تزریق می شود و باعث می شود متان کلاتراتهای (ترکیب جامد پیچیده از مولکولهای آب که تشکیل یک قفس محکم برای حبس گازهای طبیعی و عمدتاً متان را می دهد. و با کاهش فشار و یا افزایش دما ناپایدار می شوند) محبوس شده در بستر اقیانوسهای عمیق ناپایدار شود و متان زیادی به درون آب به درون آب تزریق می شود و همچنین بر اثر تجزیه بی هوازی متان به وسیله باکتریهای کاهنده سولفات، HCO₃ Hon

www.SID.ir

شدهاند. همچنین در این رسوبات ساختارهای رسوبی شاخص مناطق پرانرژی مانند لایهبندی پشتهای و لایهبندی مورب مشاهده نشده است. مشخصات واحد ۷ با توجه به قرار گرفتن در توالی و عدم شکستگی و حمل شدگی و امتداد جانبی زیاد این لایه، نشان دهنده تشکیل این رسوبات در محدوده تحت تأثیر امواج است. نبودن گل در بین شاخههای این کلسیت را می توان به عدم هستهزایی کربناتها بر اثر وجود عناصر مانع از هستهزایی کربنات کلسیم مانند +Fe² و Mn²⁺ نسبت داد که باعث شده است گلهای میکریتی از بین شاخهها دور شوند. نبود گل میکریتی به عنوان عامل بازدارنده و شرایط ژئوشیمی آب دریا (حضور احتمالی یونهای +Fe²⁺) که مانع تشکیل هسته اولیه برای تهنشست کربنات کلسیم شده است، باعث شده کلسیتهای رشتهای در واحد۷ نسبت به واحد ۵ با اندازه بزرگتر بر روی هستههای میکروبی موجود تشکیل شوند. مشابه چنین ساختارهایی در رسوبات مرز پرمین-تریاس در سازند یونینواش در جنوب أمريكا معرفي شده است (Woods et al., 1999). محيط تشكيل این رسوبات در سازند یونینواش آمریکا در ناحیه دور از ساحل سکوی رمپ با لبه شکسته در نظر گرفته شده است که محل تشکیل کلسیتهای رشتهای در نقطه شکستگی سکو قرار گرفته است (Woods, 2009).

کانیشناسی کلسیتهای رشتهای

کانیشناسی فعلی این رشتهها بر اثر نوشکلی تغییر کرده است، اما شواهد مشاهدهشده، از جمله اندازه بلند محور C بلورشناسی این رشتهها و سطح مقطع شش وجهی آنها که از مشخصات بلورهای آراگونیتی است، نشان میدهد که کانی شناسی اولیه این رشتهها آراگونیت بوده است ,Sandberg, 1985; Pruss et al.) 2005). همچنین مطالعات انجام شده نشان داد میزان استرانسیم این بلورها بالا و در حدود ppm۱۴۰۰ است که این میزان استرانسیم در کربناتهای نوشکل شده نشاندهنده کانی شناسی اوليه أراگونيت اين بلورهاست. براي مشخص شدن بهتر كاني-شناسی اولیه این بلورها، مطالعات با استفاده از روش Lasemi and Sandberg (1984) صورت گرفت. این مطالعات نشان داد اندازه بلورها بر اثر نوشکلی افزایشی، بزرگتر شده است و حفرههایی در آنها قرار دارد که حاکی از به جا ماندن سوزنهای آراگونیتی و تبدیل نشدن آنها به کلسیت در طی نوشکلی است که در مراحل بعدی دیاژنز حل شدهاند و حفرههایی از آنها باقی مانده است. این شواهد نشاندهنده کانی شناسی اولیه آراگونیت این رشتهها است.

عوامل تحريك كننده رشد كلسيتهاى رشتهاى

با توجه به اینکه پیدایش این رشته ها محدود به زمان های خاصی در دوره های زمین شناسی بوده است ,Summer and Grotzinger) 2000; 2008; Pruss et al., 2008) تغییرات وسیعی باید در ژئوشیمی آب اقیانوس ها به وجود آمده باشد تا باعث نهشته شدن این L.and Saidi, A., 1998. Late Permian to Late Triassic paleomagnetic data from Iran: constraints on the migration of the Iranian block through the Tethyan Ocean and initial destruction of Pangaea. Geophysical Journal International, 135, 77-92.

- Erwin, D.H., Bowring, S.A. and Jin, Y., 2002. End-Permian mass extinctions: a review, in C. Koeberl, and MacLeod, K.C., eds., Catastrophic events and mass extinctions. impacts and beyond, 356, Geological Society of America Special Paper, 363-383.

- Fischer, A.G. and Garrison, R.E., 1967. Carbonate lithification on the sea floor. Journal of Geology, 75, 488–496.

- Grotzinger, J.P. and Knoll, A.H., 1995. Anomalous carbonate precipitates. is the Precambrian the key to the Permian?. Palaios, 10, 578–596.

- Heydari, E., Arzani, N. and Hassanzadeh, J., 2008. Mantle plume: The invisible serial killer-application to the Permian-Triassic boundary mass extinction: Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, 264, 147-162.

- Heydari, E. and Hassanzadeh, J., 2003. Deev Jahi model of the Permian–Triassic boundary mass extinction: a case for gas hydrates as the main cause of biological crisis on Earth: Sedimentary Geology 163, 147–163.

- Heydari, E., Hassanzadeh, J., Wade, W.J. and Ghazi, A.M., 2008. Permian-Triassic boundary interval in the Abadeh section of Iran with implications for mass extinction. Part 1 – Sedimentology. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, 193, 405-423.

- Horacek, M., Richoz, S., Brander, R., Krystyn, L. and Spotl, Ch., 2007. Evidence for recurrent changes in Lower Triassic oceanic circulation of the Tethys: The δ 13C record from marine sections in Iran. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, 252, 355-369.

- Isozaki, Y., 1997. Permo-Triassic boundary superanoxia and stratified superocean. records from lost deep-sea. Science, 276, 235–238.

- James, N.P., Wray, J.L. and Ginsburg, R.N., 1988. Calcification of encrusting aragonitic algae (Peyssonneliaceae): implication for the origin of late paleozoic reef and cements. Journal of Sedimentary Petrology, 58, 291-303.

- Kah, L.C. and Knoll, A.H., 1996. Microbenthic distribution of Proterozoic tidal flats: environmental and taphonomic considerations. Geology, 24, 79-82.

- Kempe, S., 1990. Alkalinity: the link between anaerobic basins and shallow water carbonates?: Naturwissenschaften, 77, 426–427.

توليد مي شود. CO توليدشده در آب اقيانوس ها باعث مي شود آب اقیانوس اسیدی شود و بر اثر تجزیه کربنات کلسیم سکوهای کربناتی مقدار زیادی یون +Ca² و HCO به آب دریا تزریق شود. این روند تا زمانی که متان به آب اقیانوس ها وارد می شود، ادامه دارد. بعد از اینکه متان ورودی به آب اقیانوس،ها قطع شد بر اثر گرمای هوا و تلاطم آب در سکوهای کم عمق CO محلول در آب به صورت گاز خارج شده و آب دریا فوق اشباع از كربنات كلسيم مي گردد. فوق اشباع شدن آب از كربنات كلسيم و تغییر در ترکیب شیمیایی آب اقیانوس باعث تشکیل رسوبات میکروبی و کلسیتهای رشتهای در این زمان می شود که علاوه بر این مقطع، در نقاط دیگر دنیا مانند عمان، ترکیه و آمریکا هم گزارش شده است ;Kershaw et al., 2011; Pruss et al., 2008; گزارش شده است به آب HCO و Ca^{2+} دزریق زیاد Ca^{2+} و Woods and Baud, 2008). تزریق زیاد اقیانوس، باعث کاهش میزان ایزوتوپ کربن ۱۳ در مرز پرمین-ترياس شده است كه در دادههاي ايزوتويي ارائهشده اين مقطع و ساير نقاط جهان محسوس است Heydari et al., 2008; Richoz) .(et al., 2010

نتيجه گيري

رخسارههای رسوبی تریاس زیرین در منطقه شهرضا، از شواهد رسوبگذاری در شرایط بحرانی محیط رسوبی پس از انقراض یرمین یسین هستند. کلسیتهای رشتهای در رسوبات تریاس زیرین در این منطقه بر اثر تغییر در ژئوشیمی آب اقیانوسها بعد از انقراض پرمین پسین تشکیل شدهاند و تشکیل این ساختارها در ارتباط با فوق اشباع شدن آب اقيانوس ها نسبت به كربنات كلسيم است. تشکیل این ساختارها به صورت همزمان با رسوب گذاری بوده است و مستقیماً به صورت قائم بر روی بستر سکوی کربناتی در محل تماس آب و رسوب تشکیل شدهاند و پیدایش آنها حاصل فرایند دیاژنزی نیست. کانیشناسی اولیه این کربناتها از جنس آرگونیت بوده است که این نوع کانیشناسی با توجه به نوع ساختار بلوري و سرعت تشکیل آن در مواقعي که دریا نسبت به کربنات کلسیم اشباع است به وجود می آید. از فرضیههای محتملی که باعث اشباعشدن آب نسبت به کربنات کلسیم در آب دریاها شده است میتوان به فرضیه زبانههای گوشتهای اشاره کرد که فرایندهای بعد از آن باعث فوق اشباع شدن آب دریاها از کربنات کلسیم و نهشته شدن چنین ساختارهایی شده است.

منابع

- Baud, A., Marcoux, J. and Beauchamp, B., 2001. Oman Pangea Symposium and Field-meeting Report, Muscat, Sultanate of Oman, 7-20 January, 2001. Permophiles, 8.

- Baud, A., Cirilli, S. and Marcoux, J., 1997. Biotic response to mass extinction: the lowermost Triassicmicrobialites: Facies, 36, 238–242.

- Besse, J., Torq, F., Gallet, Y., Ricou, L. E., Krystyn,

- Kershaw, S., Crasquin, S., Forel, M.B., Randon, C., Collin, P.Y., Kosun, E., Richoz, S. and Baud, A., 2011. Earliest Triassic microbialites in Çürük Dag, southern Turkey: composition, sequences and controls on formation. Sedimentology, 58, 739-755.

- Kozur, H.W., 2007. Biostratigraphy and event stratigraphy in Iran around the Permian–Triassic boundary (PTB): implications for the cause of the PTB biotic crisis. Global and Planetary Change, 55, 155–176.

- Lasemi, Z. and Sandberg, P.A., 1984. Transformation of aragonite-dominated lime muds to microcrystalline limestones. Geology, 127, 420-423.

- Marshall, J.F. and Davies, P.J., 1981. Submarine lithification on windward reef slopes: Capricorn- Bunker Group, southern Great Barrier Reef. Journal of Sedimentary Petrology, 51, 953–960.

- Moore, C.H., 2001. Carbonate Reservoirs: Porosity Evolution and Diagenesis in a Sequence Stratigraphic Framework, Amsterdam, Elsevier, 444.

- Payne, J.L. and Kump, L.R., 2007. Evidence for recurrent Early Triassic massive volcanism from quantitative interpretation of carbon isotope fluctuations. Earth and Planetary Science letters, 256, 264–277.

- Payne, J. L., Lehrmann, D. J., Wei, J. and Knoll, A. H., 2006. The pattern and timing of biotic recovery from the end-Permian extinction on the Great Bank of Guizhou, Guizhou Province, China. Palaios, 21, 63–85.

- Pruss, S.B., Corsetti, F.A. and Bottjer, D.J., 2005. The unusual sedimentary rock record of the Early Triassic: a case study from the southwestern United States. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, 222, 33-52.

- Pruss, S.B., Bottjer, D.J., Corsetti, F.A. and Baud, A., 2006. A global marine sedimentary response to the end-Permian mass extinction: examples from southern Turkey and the western United States: Earth Science Review, 78, 193–206.

- Pruss, S.B., Corsetti, F.A. and Fischer, W.W., 2008. Seafloor-precipitated carbonate fans in the Neoproterozoic Rainstorm Member, Johnnie Formation, Death Valley Region, USA. Sedimentary Geology, 207, 34-40.

- Raup, D.M., 1979. Size of the Permo-Triassic bottleneck and its evolutionary implications. Science, 206, 217–218.

- Riding, R., 2006. Microbial carbonate abundance compared with fluctuations in metazoan diversity over

geological time: Sedimentary Geology, 185, 229-238.

- Riding, R. and Liang, L., 2005. Geobiology of microbial carbonates: metazoan and seawater saturation state influences on secular trends during the Phanerozoic: Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, 219, 101–115.

- Richoz, S., Krystyn, L., Baud, A., Brandner, R., Horacek, M. and Mohtat-Aghai, P., 2010. Permian-Triassic boundary interval in the Middle East (Iran and N. Oman): Progressive environmental change from detailed carbonate carbon isotope marine curve and sedimentary evolution. Journal of Asian Earth Sciences, 39, 236-253.

- Rodrigues, N., Cobbold, R.P., Loseth, H. and Ruffet, G., 2009. Widespread bedding-parallel veins of fibrous calcite ('beef') in a mature source rock (Vaca Muerta Fm, Neuque'n Basin, Argentina): evidence for overpressure and horizontal compression. Journal of the Geological Society, London, 166, 695–709.

- Sandberg, P., 1985. Aragonite cements and their occurrence in ancient limestones, in N. Schneidermann, and Harris, P.M., eds., Carbonate cements, 36, SEPM Special Publication, 33–57.

- Sengör, A.M.C., 1984. The Cimmeride Orogenic System and the tectonics of Eurasia. Geological Society of America, 195, 1–82.

- Stampli, G.M. and Borel, G.D., 2002. A plate tectonic model for the Paleozoic and Mesozoic constrained by dynamic plate boundaries and restored synthetic oceanic isochrones. Earth and Planetary Science Letters, 196, 17-33.

- Sumner, D.Y. and Grotzinger, J.P., 2000. Late Archean aragonite precipitation; petrography, facies associations, and environmental significance, in J.P. Grotzinger, and James, N.P., eds., Carbonate Sedimentation and Diagenesis in the Evolving Precambrian World, 67, SEPM Special Publication, 123–144.

- Taraz, H., 1971. Uppermost Permian and Permo-Triassic Transition beds in Central Iran. Buleltin of American Association Petrolium Geology, 55, 1280-1294.

- Tucker, M.E. and Wright, V.P., 1990. Carbonate Sedimentology, Oxford Blackwell, 482.

- Wignall, P.B. and Hallam, A., 1993. Griesbachian (Earliest Triassic) palaeoenvironmental changes in the Salt Range, Pakistan and southeast China and their bearing on the Permo-Triassic mass extinction. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, 102, 215–237.

- Woods, A.D., 2009. Anatomy of an anachronistic carbonate platform: Lower Triassic carbonates of the southwestern United States: Australian Journal of Earth Sciences, 56, 825 - 839.

- Woods, A.D. and Baud, A., 2008. Anachronistic facies froma drowned Lower Triassic carbonate platform: Lowermember of the Alwa Formation (Ba'id Exotic), Oman Mountains: Sedimentary Geology, 209, 1–14. - Woods, A.D., Mary, M.L., Mata, S.A., Fullerton, C., Fullerton, C. and City, S.L., 2007, Anatomy of Anachronistic Carbonate Platform. The Lower Triassic Moenkopi Platform of the Southwestern United States.

- Woods, A.D., Bottjer, D.J., Mutti, M. and Morrison, J., 1999. Lower Triassic large sea-floor carbonate cements: their origin and a mechanism for the prolonged biotic recovery from the end- Permian mass extinction: Geology, 27, 645–648.

