**نقش فرایندهای اتوسیکلیک و آلو سیکلیک بر روی تشکیل چرخه­های فرکانس بالا در سازند مبارک (کربونیفر) برش جابان، البرز**

**میترا حسنلو1\*، ئارام بایت گل2، مهدی دارائی 2، محمود شرفی3**

1. دانشجو کارشناسي ارشد رشته رسوب­شناسي و سنگ­شناسي رسوبي، دانشگاه تحصیلات تکميلي علوم پايه زنجان mitrahasanloo@iasbs.ac.ir

2. استاديار گروه رسوب­شناسي، دانشکده علوم زمين، دانشگاه تحصیلات تکميلي علوم پايه زنجان

3. استادیار دانشکده علوم پایه، گروه زمین شناسی، دانشگاه هرمزگان

**چکیده**

هدف از این مقاله ارائه­ای از توصیف کمربندهای رخسار­ه‌ای و چرخه­های رسوبی نهشته­های کربناته تورنزین-ویزئن سازند مبارک در برش جابان از البرز مرکزی به منظور درک نقش مکانیسم­های اتوسیکلیک و آلوسیکلیک بر روی فضای تجمع رسوب­گذاری و آرچیتکتور چینه­ای پلتفرم کربناته مبارک است. آنالیز رخساره­ای این سازند حاکی از وجود 5 توالی رخساره­ای از بخش کف حوضه/رمپ خارجی تا پهنه­های جزرومدی در یک سیستم رمپ کربناته هوموکلاین است. چرخه­های دامنه بالای بلوک سازنده و اساسی توالی­های کربناته‌ی کم عمق سازند مبارک در این برش می­باشند. بر طبق آنالیز رخساره­ای، طرح چیدمان چرخه­های دامنه بالا، و تغییرات اصلی در فضای تجمع رسوب­گذاری در انطباق با مدل فیشر پلات، چهار چرخه بزرگ مقیاس در این برش شناسایی شده است. وجود گسترده چرخه­های پری­تایدال در برش جابان نشان دهنده‌ منشاء غالب اتوسیکلیک در نتیجه‌ پیش­نشینی رخساره ­های اینترتایدال-سوپراتایدال بر روی رخساره­های لاگون است، در حالیکه وجود چرخه­های ساب­تایدال به مهاجرت جانبی جزایر سدی نسبت داده شده است. این مطالعه پیشنهاد می­کند که تاثیر ناچیز فرایندهای آلوسیکلیک می­تواند موجب ایجاد تغییرات در فضای تجمع رسوب­گذاری بواسطه نوسانات یوستازی یا تکتونیک شود.

**واژ­های کلیدی: فرایندهای اتوسیکلیک و آلوسیکلیک، چرخه­های دامنه بالا، سازند مبارک، برش جابان، کربونیفر**

**The role of autocyclic and allocyclic processes on the formation of high-frequency cycles in the Mobarak Formation (Carboniferous), Jaban section, Alborz**

**Abstract**

This article aims to present the description of facies associations and depositional cycles of the Tournaisian-Visean carbonate successions of the Mobarak Formation in Jaban section from central Alborz to understand the interplay of autocyclic and allocyclic controls on accommodation space and their effect on the stratal architecture of Mobarak carbonate platform. Detailed facies analysis allowed to differentiate five facies associations, representing basinal/ outer ramp facies to peritidal facies of a homoclinal ramp system. High-frequency cycles are the basic building blocks of shallow marine carbonate successions of the Mobarak Formation. According to the recognized facies, the stacking pattern of high-frequency cycles across the ramp, and major accommodation events recognized on the correlated Fischer plots, four large scale cycles in the Jaban section can be recognized. The extensive  
presence of peritidal cycles in the Jaban section suggests they can be ascribed to the autocyclic origin due to progradation of intertidal and supratidal flats into lagoonal facies, while subtidal cycles are attributed lateral migration of shoals. This study suggests that the impact of the minor fluctuations of allocyclic processes generate changes in accommodation space, driven by glacio-eustatic fluctuations and tectonic.

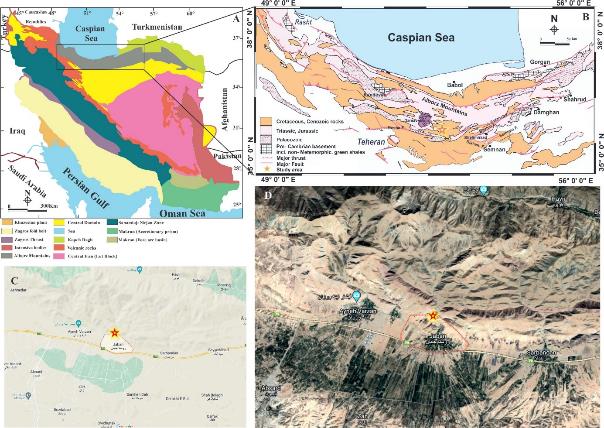
Keywords: Autocyclic and allocyclic processes, High-frequency cycles, Mobarak Formation, Jaban section, Carboniferous

**مقدمه**

مطالعات سیکلواستراتیگرافی بر روی نهشته­های رسوبی درک ما را از کاربرد رسوب­شناسی و چینه­نگاری سکانسی چرخه­های فرکانس بالا (high frequency cycles) افزایش داده است (برای مثال Bosence at al., 2009; Tucker and Garland, 2010; Bayet-Goll et al., 2014, 2018). منشاء چرخه­های رسوبی کوچک مقیاس یا رده چهارم و پنجم (4th or 5th order) از دیدگاه چینه­نگاری سکانسی در توالی­های کربناته و بررسی مکانیسم­های دخیل در شکل­گیری آنها همچون اتوسیکلیک یا آلوسیکلیک همانند یوستازی و تکتونیک از مباحث پیرامون این مطالعات می­باشد. در بررسی خصوصیات چرخه­های رسوبی کوچک مقیاس بویژه از دیدگاه رسوب­شناسی بررسی فاکتورهای همچون ژئومتری، تداوم جانبی، روند رسوبی یا طرح برانبارش (stacking pattern) و ناهمگونی رخساره­ای (facies heterogeneity) که در محیط­های مختلف از پری­تایدال تا ساب­تایدال شکل گرفته­اند، برای بررسی منشاء چرخه­ها مورد استفاده قرار می­گیرند. چرخه­های کوچک مقیاس به فراوانی در توالی­های رسوبی دریایی کم عمق سازند مبارک از البرز مرکزی به سن کربونیفر زیرین (Tournaisian-Visean) مشاهده می­شوند و این نوع چرخه­ها بلوک سازنده اصلی توالی­های کربناته کم عمق سازند مبارک را تشکیل می­دهند. در البرز این سازند با نمای چرخه­ای و وجود توالی­های سیکلیک مشخص است اما در نتیجه حرکات تکتونیکی این زمان و تغییرات محیط رسوبی در برش­های مختلف البرز باعث شده است که هر برش نوع متفاوتی از تعداد و نوع چرخه­های رسوبی داشته باشد. یکی از این برش­ها، برش جابان در 25 کیلومتری شرق دماوند قرار گرفته است و با ویژگی­های محیط رسوبی متفاوت از دیگر برش­ها در البرز باعث شده است که تغییرات متفاوتی را از لحاظ ویژگی­های توالی سیکلیک این سازند از خود نشان دهد. در این مطالعه واژه چرخه یا همان پاراسکانس توالی­های آواری برای مجموعه طبقاتی بکار گرفته می­شود که از لحاظ ژنتیکی به­هم مرتبط هستند و توسطح سطوح غرقابی دریایی محدود شده­اند. اهداف اصلی این مطالعه توصیف توالی­های رخساره­ای و چرخه­های رسوبی سازند مبارک در برش جابان می باشد. همچنین بررسی مکانسیم شکل­گیری این چرخه­های با توجه به فرایندهای اتوسیکلیک و آلوسیکلیک مدنظر اهداف این مطالعه می­باشد. بررسی مطالعات سیکلواستراتیگرافیک در این سازند کمک قابل توجه­ای به تعیین جغرافیای دیرینه این سازند و تکامل تکتونیکی آن در الرز مرکزی می­کند. همچنین بررسی دامنه و نوسانات سطح آب دریا بر مبنای مطالعات سیکلواستراتیگرافی می­تواند در بررسی تغییرات جهانی سطح آب دریا و نقش آنها بر روی توالی­های رسوبی شمال و شرق گندوانا اطلاعات مفیدی را ارائه کند.

**موقعیت زمین‌شناسی**

نهشته­های رسوبی کربونیفر در اغلب نواحی ایران بویژه در البرز به سن کربونیفر زیرین می باشند که پس از یک وقفه‌ رسوبی کوتاه مدت بر روی نهشته­های فرازنین-فامنین (دونین پسین) قرار می­گیرند. در البرز این نهشته­ها به نام سازند مبارک می­باشند که به صورت تدریجی و مرزی پیوسته بر روی نهشته­های سازند جیرود قرار می­گیرند. رسوبات این مرز در غالب نواحی ایران گسترش دارند. عدم وجود نهشته­های کربونیفر بالایی در البرز و ایران مرکزی و محدود شدن آنها به توالی­های تورنزین-ویزین را مرتبط با حرکات تکتونیکی هم­ارز هرسی­نین می­دانند که موجب حرکات خشکی­زایی وسیع در فلات ایران و بالاآمدگی گسترده شده است. چنین حرکات تکتونیکی موجب شده است که غالب نهشته­های کربونیفر زیرین و پالئوزئیک فرسایش قابل توجهی را تحمل کنند (Brenckle et al., 2009; Bayet-Goll et al., 2020; Sharafi et al., 2022). در دامنه جنوبی البرز، داده­های بایواستراتیگرافی فرامینفرها، کنودونت­ها، و براکیوپودا بر روی نهشته­های کربونیفر نشان می­دهد که این نهشته­های به سن تورنزین- ویزئن می­باشد و متعلق به سازند مبارک است (برای مثال Brenckle et al., 2009; Zandkarimi et al., 2019). در این نواحی، خروج ویزئن میانی تا بخشی از پرمین پیشین ادامه داشته است. بهرحال، در دامنه شمالی البرز، سطح آب دریا پس از فرسایش ویزئن میانی، پیشروی کرده است. نهشته‌های حاصل از این پیشروی به صورت غیررسمی با عنوان سازندهای دزده‌بند (محدوده گرگان)، باقرآباد (دره چالوس) و قزل قلعه نام‌گذاری شده‌اند (آقانباتی، 1383).

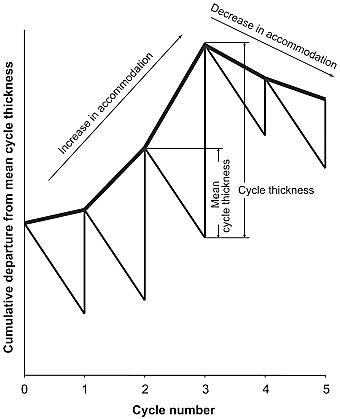


شکل 1: Bو A. موقعیت برش جابان در بخش البرز مرکزی (تغییر یافته از آقانباتی، 1383)، C و D. تصویر ماهواره‌ای از برش مورد مطالعه (برگرفته از Google Earth) که در 2 کیلومتری شهر دماوند واقع شده است

نهشته‌های کربونیفر زیرین سازند مبارک در این مطالعه با توالی‌های شیلی و مارنی، آهک‌های نازک لایه و آهک‌های توده‌ای ضخیم با ضخامت کلی 180 متر در برش جابان، مورد بررسی قرار گرفته است. براساس نقشه‌های جغرافیای دیرینه زمان کربنیفر پیشین (Torsvik and Cocks, 2013) که در آنها موقعیت خشکی‌های گندوانا که ایران نیز در بخش شمالی این خشکی‌ها واقع شده است را در عرض‌های 35- 20 درجه معرفی نموده است. نهشته‌های کربونیفر زیرین حاشیه شمالی گندوانا در ایران تحت تاثیر نوسانات شدید امواج و طوفان قرار می‌گیرند (Bayet-Goll et al., 2018a, b)، میزان انرژی هیدرودینامیکی در حوضه و تغییرات در موجسار هوای آرام و طوفانی بیشترین تاثیر را بر روی خصوصیات ساختاری نهشته‌های رسوبی گذاشته است (شکل 1).

**روش مطالعه**

در این مطالعه، با استفاده از تهیه مقاطع نازک برای تعداد 80 عدد از نمونه­های برداشتی (برش جابان)، بررسی میکروفاسیس و تعیین توالی­های رخساره­ای برای توالی­های سازند مبارک صورت پذیرفت. آنالیز سیکلواستراتیگرافیک بر روی نهشته­های مورد مطالعه بر اساس تشخیص چرخه­های کوچک و بزرگ مقیاس یا سکانس­های رده چهارم و سوم صورت گرفته است. تعیین چرخه­ها بر مبنای طرح برانبارش رخساره­های مرتبط ژنتیکی به هم (genetically related facies) و سطوح چینه­شناسی محصورکننده چرخه­ها (cycle boundaries) بعنوان تغییر شارپ در نوع رسوب­گذاری صورت می­گیرد. از روش گرافیکی- محاسباتی نرم افزا فیشر پلات Husinec et al., 2008 جهت تعیین تغییرات فضای تجمع رسوب گذاری و تعبیر و تفسیر منشاء سکانس­ها استفاده شده است. در روش فیشرپلات از ضخامت تجمعی چرخه­ها بعنوان نماینده­ای از فضای رسوب­گذاری و همچنین تعداد چرخه­ها بعنوان نماینده­ای از زمان ته­نشست رسوبات مورد مطالعه مورد استفاده قرار می­گیرد. در وارد کردن داده­های ضخامت تجمعی چرخه­ها و تعداد آنها به نرم­افزا روندهای رسوبی بدست می­آید که مبنای آنها دوره­های افزایش یا کاهش فضای تجمع است که اساس این نرم افزار نیز برای تعبیر و تفسیر می­باشد. در روندهای بدست آمده، افزایش فضای رسوب­گذاری به­صورت روندهای تصاعدی در ضخامت چرخه­ها نشان داده می­شود که معمولاً منطبق با زمان گسترش پاراسکانس‌های دریای باز و ساب‌تایدال است. در مقابل دوره­های کاهش فضای تجمع رسوب­گذاری به­صورت روندهای نزولی و پایین رونده در ضخامت چرخه­ها بر روی روندهای بدست آمده در فیشر پلات نشان داده می­شود، که با چرخه­های موجود در پری­تایدال کم عمق همخوانی دارد.

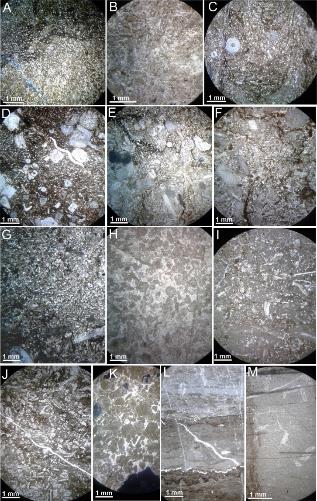


شکل 2. طرح فیشرپلات نشان‌دهنده تغییرات فضای رسوبگذاری به دست آمده از تغییرات ضخامت چرخه‌ها در مقابل تعداد آن‌ها (Husinec *et al*., 2008).

**رخساره­ها و محیط رسوبی**

رخساره­ها و توالی­های رخساره­ای سازند مبارک در برش جابان به صورت توالی­های چرخه­ای ضخیم و کم عمق شونده به سمت بالا دیده می­شوند. 5 توالی رخساره­ای در نهشته­های این سازند در برش مورد مطالعه شامل رمپ خارجی، رمپ میانی، سد، لاگون و پهنه جزرومدی شناسایی شده است. در بخش قاعده­ای در اغلب موارد این توالی­ها از تناوب قائم نهشته­های شیلی یا مارنی،

سیلتستون، مادستون آهکی، اسپیکولایت-بایوکلاست وکستون/پکستون، و فرامینفر-پلوئید وکستون/پکستون تشکیل شده است (شکل 3a-c). این نوع الگوی همراهی طبقات اشاره به ته­نشینی در محیط­های کم انرژی در نزدیک رخساره موجسار هوای طوفانی یا زیر آن که به صورت دوره­ای تحت تاثیر نوسانات امواج و جریانات قرار می­گیرد. این بخش منطبق با رمپ خارجی با شرایط کم انرژی است. بر روی این طبقات توالی­های ضخیم شونده از طبقات ضخیم تر وجود دارند که با افزایش ضخامت طبقات آهکی نسبت رخساره­های شیلی/مارنی و مادستونی/وکستونی کاهش می­یابد بطوریکه به سمت بخش بالایی این طبقات بطور کلی حذف می­شوند. رخساره­های این مجموعه شامل کرینوئیدال وکستون/پکستون، بایوکلاست-پلوئیدال پکستون، بایوکلاست-پلئویدال پکستون/گرینستون تا کرینوئیدال گرینستون است (شکل 3d-e). این رخساره­ها با افزایش اندازه و فراوانی قطعات اسکلتی، میزان شکستگی قطعات، جورشدگی و کاهش زمینه گلی به سمت بالای توالی مشخص می­شوند. در امتداد این روند نسبت طبقات حاوی ساختارهای رسوبی همچون چینه­بندی مورب پشته­ای و لامیناسیون موازی افزایش می­یابد و مرز طبقات از حالت تدریجی به سمت مرز­های فرسایشی سوق پیدا می­کند. در مجموع این توالی حاوی شواهد متعددی از وجود طرح­های ایجاد شده بوسیله طوفان و جریانات است که تحت تاثیر نوسانات موجسار هوای طوفانی و آرام در محیط رمپ میانی گسترش یافته است. نوسانات این دو موجسار موجب تناوب طبقات پرانرژی و کم انرژی در این مجموعه می­شود، اما به سمت موجسار هوای آرام و مناطق کم عمق تر با غلبه شرایط پرانرژی تعداد و ضخامت لایه­های کم انرژی کاهش یافته و بر میزان برهم­افزایندگی طبقات آهکی پرانرژی افزوده می­شود. وجود قطعات خرد شده و شکسته فراوان همراه با ساختارهای طوفانی از نقش جریانات طوفان در شکل­گیری انها حکایت دارد. بر روی توالی­های رمپ میانی توالی­های ضخیم از بایوکلاستیک (عمدتاً کرینویئدال) گرینستون تا رودستون با جورشدگی خوب و طبقات ضخیم حاوی شبح های از طبقه­بندی مورب پلانار تشکیل می­شود (شکل 3f). در گاهی موارد نیز رخساره­های گرینستونی پرانرژی همچون آلگال-کرینوئیدال-پلوئید گرینستون و بایوکلاستیک-آنکوئید گرینستون تشکیل می­شود (شکل3g-h). در کل تغییر تدریجی از رخساره­های رمپ میانی با طبقات طوفانی به طبقات آهکی مورب پلانار و عدم وجود طبقات کم انرژی غنی از گل (mud-dominated textures) و افزایش تنوع قطعات اسکلتی دلالت بر ته­نشینی این رخساره­ها در شرایط پرانرژی در بالای موجسار هوای آرام (fair-weather wave base) است. این مجموعه رخساره‌ پرانرژی، منطبق با سدهای ماسه­ای پرانرژی بخش داخلی رمپ است که به سمت بالا به طبقات لاگونی با آهک آرژیلیتی، پلئوید-فرامینفر، وکستون/پکستون، بایوکلاست-گاستروپود وکستون، آنکوئید وکستون، و بایوکلاست-جلبک وکستون/پکستون تبدیل می­شود (شکل3i-j). طبقات لاگونی بر مبنای تنوع بالای قطعات اسکلتی و قرارگیری بین رخساره­های سد و پری­تایدال به عنوان لاگون باز (open lagoon) با شرایط نرمال تعبیر می­شوند. آخرین مجموعه توالی رخساره­ای شامل طبقات کم عمق شونده به سمت بالا با تداوم جانبی زیاد و شکل صفحه ای تابولار از رخساره­های همچون اینتراکلاستیک گرینستون-پکستون، آنکوئیدال-پلوئید پکستون، و بایندستون های سیانوباکتری و مادستون های میکروبیال فنسترال در گاهی موارد با بلورهای کاذب تبخیری است (شکل3k-m). این مجموعه رخساره­ای به محیط­های اینترتایدال تا سوپراتایدال نسبت داده می­شود که بر اساس وجود تنوع کم قطعات اسکلتی با بافت مادستونی و یا میکروبیالی استروماتولیت و فابریک فنسترال است که اشاره به شرایط محیطی نامناسب و پراسترس برای جاندارن بر روی پهنه­های جزرومدی دارد. در کل نبود تغییرات رخساره‌ای ناگهانی و یا مرز‌های رخساره‌ای ناگهانی در بین توالی‌های رخساره‌ای مجاور هم و همینطور ارتباط جانبی تدریجی بین رخساره‌ها و توالی‌های رخساره‌ای بیانگر آن است که پروفیل رسوبی سازند مبارک در این مطالعه دارای شیب کم بوده است. عدم گسترش سدهای حاشیه‌ای (reef barrier or margin) در مجموع رخساره‌های شناسایی شده و همینطور عدم وجود هرگونه شواهد از جریانات گراویته‌ای و کلسی‌توربیدایت‌ها مؤید رمپ با شیب کم می‌باشد.

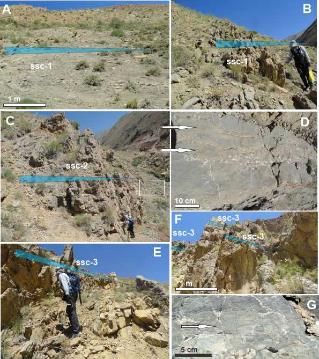


شکل 3: A. سیلتستون رمپ خارجی. B. اپیکولایت-بایوکلاست وکستون رمپ خارجی. C. فرامینفر-پلوئید وکستون/پکستون در رمپ خارجی. D. کرینوئیدال پکستون در رمپ میانی. E. بایوکلاست-پلوئیدال پکستون در رمپ میانی. F. بایوکلاست- کرینوئیدال گرینستون در کمپلکس سد. G. آلگال-کرینوئیدال-پلوئید گرینستون در سد. H. بایوکلاستیک-آنکوئید گرینستون در سد. I. آنکوئید وکستون در لاگون. J. بایوکلاست-جلبک پکستون. K. اینتراکلاستیک گرینستون در تایدال فلات. L. استروماتولیت یا بایندستون های سیانوباکتری در تایدال فلات. M. مادستون های میکروبیال با بلورهای کاذب تبخیری در تایدال فلات.

**آنالیز سیکلواستراتیگرافیک**

بر طبق شواهدی همچون ترتیب توالی رخساره­ای و چیدمان رخساره همراه با ویژگی­های سطوح محصور کننده، 3 نوع چرخه فرکانس بالا یا مقیاس کوچک در این برش شناسایی شده است.

1. چرخه نوع اول با الگوی ضخیم شونده به سمت بالا از رخساره­های کم انرژی شیل/مارنی و یا تمپستایت های دیستال با بافت مادستون و وکستون شروع می­شود و به سمت بالا بوسیله طبقات ضخیم­تر آهکی طوفانی رخساره­های رمپ میانی پوشیده می­شود. ضخامت لایه­های شیلی در این نوع چرخه بیشتر است و در غالب موارد سطح محصور کننده این نوع چرخه از غیرفرسایشی تا با سطوح غرقابی فرسایشی در تغییر است. در بخش قاعده ای این نوع چرخه همراه با اثرفسیل­های زئوفیکوس، نریتس و سایکوسیفون است. (شکل 4a-b).
2. این نوع چرخه با الگوی ضخیم و کم عمق شونده به سمت بالا از رخساره­های رمپ میانی و رخساره­های سد تشکیل شده اند که در سطح بالایی این نوع چرخه­ها هیچ گونه شواهدی از خروج از آب مشاهده نمی­شود و در غالب موارد سطح محصور کننده غرقابی و فرسایشی است (شکل 4c-d). در گاهی موارد نیز در بخش قاعده­ای رخساره­های کم انرژی رمپ خارجی نیز با ضخات کم مشاهده می­شود. در گاهی موارد نیز حجم غالب این نوع چرخه­ها از رخساره­های سد تشکیل شده است که به صورت الگوی برهم­افزاینده از رخساره­های پرانرژی سد مشاهده می­شود که بعنوان prograding shoals تفسیر می­گردند.
3. نوع و غالب چرخه­ها در این برش شامل چرخه­های پری­تایدال-لاگون است که به­صورت الگوی کم عمق­شونده به سمت بالا در ضخامت­های متفاوت مشاهده می­شود. عمدتا در این نوع چرخه­ها رخساره­های لاگون و درگاهی موارد رخساره­ها سد در بخش قاعده­ای مشاهده می­شود و به سمت بالا به صورت تدریجی این رخساره­ها به مجموعه رخساره­ای مرتبط با محیط­های اینترتایدال تا سوپراتایدال تبدیل می­شود (شکل 4e-g). در غالب موارد نهشته­های سیانوباکتریایی استروماتولیت با مادستون­های فنسترال یا بلورهای تبخیری در بخش بالایی مشاهده می­شود. سطح محصور کننده این چرخه­ها اغلب شارپ و با قرارگیری رخساره­های لاگونی یا اینتراکلاست­های حمل مجدد دیده می­شود.

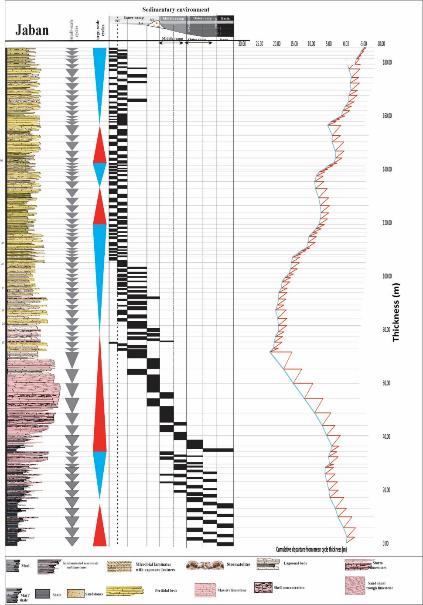


شکل 4. انواع چرخه­های کوچک مقیاس. A. و B. چرخه نوع اول در رمپ خارجی و میانی. C. چرخه نوع دوم با الگوی ضخیم و کم عمق شونده به سمت بالا از رخساره­های رمپ میانی و رخساره­های سد. D. رخساره­های طوفانی رمپ میانی با طبقه بندی مورب پشته­ای در چرخه نوع دوم. E و F. چرخه­های پری­تایدال-لاگون نوع سوم. G. استروماتولیت با فابریک مسطح در بخش بالایی چرخه­های نوع سوم.

**بحث و نتیجه­گیری**

**منشاء چرخه­ها**

برش جابان با ضخامت حدود 180 متر از نهشته‌های کربونیفر زیرین و متشکل از چرخه‌های کوچک‌مقیاس کم‌عمق‌شونده به بالا با تعداد 73 چرخه و میانگین ضخامت 2.5 متر در ستون چینه­ای-رسوبی شکل 5 نشان داده شده است. براساس طرح تغییرات روند ضخامت چرخه­ها در فیشرپلات و ادغام آنها با داده­های صحرائی و آزمایشگاهی همچون روند برانبارش، ساختارهای رسوبی و تغییرات میکروفاسیس، 4 رویداد پایین افتادن و بالارفتن سطح آب دریا را که نماینده‌ای از چرخه‌های رده سوم یا سکانس است در این برش بدست آمده است. طرح به دست آمده مربوط به ضخامت تجمعی میانگین چرخه‌ها در مقابل ضخامت هرکدام از چرخه‌ها است. چنین طرحی که از دو عامل ضخامت میانگین چرخه‌ها در مقابل ضخامت هر چرخه استفاده می‌کند، به ما این امکان را می‌دهد که تاریخچه فضای رسوبگذاری را در کنار ستون چینه‌شناسی قرار داده و چرخه‌های چینه‌ای و سطح دریا را با یکدیگر مقایسه نماییم (Husinec et al., 2008). تشکیل چرخه­های کم عمق شونده به سمت بالای کوچک مقیاس (یا فرکانس بالا) در برش جابان می­تواند تحت تاثیر هردو عامل اتوسیکلیک و آلوسیکلیک باشد. بهرحال مجموعه شواهدی که در این برش وجود دارد نشان می­دهد که نقش فرایندهای اتوسیکلیک در این برش غالبتر بوده است. معمولاً در نواحی دریایی کم عمق توزیع رخساره­ها و توالی رخساره­ها اساساً بر طبق قانون والتر تحت تاثیر فرایندهای اتوسیکلیک است که چنین فرایندی موجب تشکیل چرخه­های کم عمق شونده به سمت بالا با الگوی داخلی تغییر رخساره­ای تدریجی می­شود. این بدان معنی است که در چنین چرخه­هایی تغییرات شارپ رخساره­ای وجود ندارد، فرایندی که در برش جابان به وفور مشاهده می­شد. همچنین چرخه­های اتوسیکلیک در غالب موارد الگوی کاملی از پرشدگی حوضه را از مناطق ساب­تایدال (رمپ خارجی و میانی) تا مناطق پری­تایدال نشان می­دهند. چنین موردی حاکی از پرشدن فضای تجمع در طول تشکیل چرخه است. بطور معمول پیش­نشینی (progradation) نهشته­های ساحلی یا پری­تایدال و جزایرسدی بوسیله مهاجرت جانبی رخساره­ها در مکانیسم اتوسیکلیک غالب است (Burgess 2001, 2006). در چرخه­ها برش جابان نیز چنین تغییر تدریجی از رخساره­ها حاصل از مهاجرت کمربندهای رخساره­ای ساحل و جزایر سدی دیده می­شود. در کل چرخه­های پری­تایدال در این برش تحت تاثیر پیش­نشینی رخساره­های اینرتایدال و سوپراتایدال بر روی رخساره­های لاگون ایجاد شده­اند، درحالیکه چرخه­های سابتایدال (نوع اول) تحت تاثیر مهاجرت جانبی جزایر سدی بر روی رخساره­های رمپ میانی و خارجی شکل گرفته­اند. گسترش جانبی محدود این چرخه­ها و محدود شدن انها به این برش و عدم مشاهده آنها در برش­هایی همانند میغان یا شمال تهران و شهمیرزاد نشان از تاثیر محلی فرایندهای اتوسیکلیک بر ر.وی این چرخه­ها دارد. مهاجرت جانبی مشاهده شده در الگوی چیدمان رخساره­ها در این چرخه­ها تحت تاثیر جریانات جزرومد و طوفان ایجاد شده است. اما ترکیبی از نوسانات یوستاتیک با دامنه سطح پایین آب دریا (low-amplitude eustatic sea-level oscillation) و مهاجرت جانبی کمربندهای رخساره­ای در این برش موجب شکل­گیری گسترده چرخه­های پری تایدال در این برش شده است. برش جابان تنها برشی است که چرخه­های پری­تایدال و نهشته­های استراماتولیتی در آن دیده می­شود در حالیکه در دیگر برش­ها همانند میغان یا کلاریز و شهمیرزاد (Bayet-Goll et al., 2020; Sharafi et al., 2022) چنین رخساره­های کم عمق با شواهد خروج از آب و تخلخل فنسترال دیده نمی­شود. هچنین الگوی تغییر از محیط­های رسوبی و تفاوت محیط رسوبی این برش با برش­های شرقی و غربی خود می­تواند تحت تاثیر تکتونیکی نیز باشد. بطوریکه عوامل تکتونیکی موجب بالا آمدن برش مورد مطالعات در حین رسوب گذاری شده باشند و ترکیبی از فرایندهای اتوسیکلیک و تکتونیک چنین چرخه­های پری­تایدال با گسترش جانبی محدود را ایجاد کرده باشند. تاثیر نوسانات جهانی سطح آب دریا در این برش برخلاف دیگر برش­ها کمتر محسوس است زیرا شواهد چرخه ­های با دسته ­بندی منظم (بویژه از لحاظ ضخامت و الگوی چیدمان رخساره) در کل برش و همچنین مرز­های سکانسی با شواهد خروج از آب طولانی و چرخه­هایی با گسترش جانبی زیاد در این برش مشاهده نمی­شود.



شکل 5. ستون چینه­ای-رسوبی سازند مبارک در برش جابان نشان دهنده انواع چرخه­های کوچک مقیاس و بزرگ مقیاس در انطباق با روند فیشر پلات (طرح به دست آمده مربوط به ضخامت تجمعی میانگین چرخه‌ها در مقابل ضخامت هرکدام از چرخه‌ها).

**منابع**

Bayet-Goll A, Geyer G, Wilmsen M, Mahboubi A, Moussavi-Harami R (2014) Facies architecture, depositional environments, and sequence stratigraphy of the Middle Cambrian Fasham and DehSufiyan formations in the central Alborz, Iran. Facies 60:815–841

Bayet-Goll A, Shirezadeh-Esfahani F, Daraei M, Monaco P, Sharafi M, Akbari Mohamadi A (2018a) Cyclostratigraphy across a Mississippian carbonate ramp in the Esfahan-Sirjan Basin, Iran: implications for the amplitudes and frequencies of sea-level fluctuations along the southern margin of the Paleotethys. Int J Earth Sci 107:2233–2263.

Bayet-Goll A, Geyer G, Daraei D (2018b) Tectonic and eustatic controls on the spatial distribution and stratigraphic architecture of late early Cambrian successions at the northern Gondwana margin: the siliciclastic-carbonate successions of the Lalun Formation in central Iran. Mar Petrol Geol 98:199–228

Brenckle, P.A., Gaetani, M., Angiolini, L., Bahrammanesh, M., 2009. Refinements in biostratigraphy, chronostratigraphy, and paleogeography of the Mississippian (Lower Carboniferous) Mobarak Formation, Alborz Mountains, Iran. GeoArabia 14 (3),  
42–78.

Bosence D, Procter E, Aurell M, Bel Kahla A, Boudagher-Fadel M, Casaglia F, Cirilli S, Mehdie M, Nieto L, Rey J, Scherreiks R, Soussi M, Waltham D (2009) A dominant tectonic signal in highfrequency, peritidal carbonate cycles? A regional analysis of liassic platforms from western Tethys. J Sediment Res 79(6):389–415

Burgess, P.M., 2001, Modeling carbonate sequence development without relative sea-level oscillations: Geology, 29, 1127–1130.  
Burgess, P.M., 2006, The signal and the noise: forward modeling of allocyclic and autocyclic processes influencing peritidal carbonate stacking patterns: Journal of Sedimentary Research, 76, 962–977

Husinec, A., Basch, D., Rose, B., & Read, J. F. (2008). FISCHERPLOTS: An Excel spreadsheet for computing Fischer plots of accommodation change in cyclic carbonate successions in both the time and depth domains. Computers & geosciences, 34(3), 269-277.

Sharafi, M., Reolid, M., Bayet-Goll A., & Sadeghzadeh M., (2022) Sequence stratigraphy of a southern Paleotethys distally-steepened ramp during the Early Carboniferous (Alborz Basin, Iran): Deciphering Tectonic and Eustatic controls, International  
Geology Review, DOI: 10.1080/00206814.2022.2059708

Torsvik TH, Cocks LRM (2013) New global palaeogeographical reconstructions for the Early Palaeozoic and their generation. Geol Soc Mem 38:5–24.

Tucker M, Garland J (2010) High-frequency cycles and their sequence stratigraphic context: orbital forcing and tectonic controls on Devonian cyclicity, Belgium (The André Dumont medallist lecture). Geol Belg 13(3):213–240.

Zandkarimi, K., Vachard, D., Najafian, B., Mosaddegh, H., Ehteshami-Moinabadi, M., (2019) Mississippian lithofacies and foraminiferal biozonation of the Alborz Mountains, Iran: implications for regional geology. Geol. J. 54 (3), 1480–1504