

## شرایط زیستی دیرینه و فرایندهای رسوبی نهشته‌های پرمین میانی در ایران و دلایل انقراض فوزولینیدهای با پوسته بزرگ

سکینه عارفی فرد

استادیار گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه لرستان، خرم‌آباد، ایران

نویسنده مسئول: sarefi.s@lu.ac.ir

دریافت: ۱۴۰۰/۱۰/۱۱ پذیرش: ۱۴۰۱/۱/۲۰

نوع مقاله: پژوهشی

### چکیده

به منظور بررسی تاثیر شرایط زیستی دیرینه و فرایندهای رسوبی بر گسترش فوزولینیدهای با پوسته بزرگ در نهشته‌های پرمین میانی ایران دو برش چینه‌شناسی در کوه‌های شتری و باغ‌ونگ واقع در بلوک طیس در خاور ایران مرکزی و یک برش چینه‌شناسی در دره همبست در ناحیه آواده در باختر ایران مرکزی مطالعه شده‌اند. علت حضور اندک فوزولینیدها با پوسته بزرگ در آهک‌های پرمین میانی برش شتری به سن رودین تا وردین که در یک محیط ساب‌تایدال کم‌عمق تا یک محیط شول با انرژی بالا نهشته شده‌اند، احتمالاً دمای زیاد آب‌های قدیمه بیش از ۳۶ درجه سانتی‌گراد بوده که حاکی از شرایط بسیار گرم و نامطلوب برای زیست فوزولینیدهای با پوسته بزرگ و همزیست جلبکی می‌باشد. در آهک‌های با نوارهای چرتی مربوط به محیط‌های نسبتاً عمیق حوضه‌ای به سن رودین تا وردین برش باغ‌ونگ، فوزولینیدهای با پوسته بزرگ حضور ندارند. در برش دره همبست، آهک‌های کم‌عمق ساب‌تایدال بخش میانی و بالایی واحد یک سازند سورمق به سن رودین تا رودین دارای فوزولینیدهای با پوسته بزرگ فراوان می‌باشند. در آهک‌ها با نوارهای چرتی مربوط به محیط حوضه واحد دو سازند سورمق، هیچگونه فوزولینیدی حضور ندارد. وجود این چرت‌ها در پرمین میانی ایران در برش‌های همبست و باغ‌ونگ در ارتباط با حادثه چرتی پرمین میانی و یوتروفیکشن در جنوب چین و امریکای شمالی است که با زیست فوزولینیدهای با پوسته بزرگ در موقعیت‌های الیگوتروفیک محیط‌های کم‌عمق ناسازگاری دارد. آخرین افق حضور فوزولینیدهای با پوسته بزرگ در دره همبست در بخش قاعده‌ای واحد سه سازند سورمق به سن وردین بالا می‌باشد. با توجه به انقراض محلی فوزولینیدهای با پوسته بزرگ قبل از حادثه زیستی انتهای پرمین میانی در سه برش مورد مطالعه می‌توان نتیجه گرفت تغییرات آب و هوایی و میزان ورود مواد غذایی به اقیانوس‌ها نقش عمده‌ای در انقراض این ارگانیسم‌ها داشته است.

**واژگان کلیدی:** محیط‌های رسوبی، پرمین میانی، فوزولینید، بلوک طیس، دره همبست

### پیشگفتار

پرمین در سازند گوفنگ در جنوب چین (شی و همکاران، ۲۰۱۶) اشاره نمود. فراوانی مواد آلی (ایزوساکی و همکاران، ۲۰۰۷ a,b)، داشتن مقادیر نسبتاً پایدار و سنگین ایزوتوپ کربن ( $\delta^{13}C$ ) (بین ۳ تا ۴ پرمیل مثبت) (کورتیه و همکاران، ۲۰۰۵)، تغییر ناگهانی ایزوتوپ کربن با مقادیر منفی در انتهای پرمین میانی که تقریباً همزمان با حادثه فوران آتشفشانی امیشان<sup>۳</sup> در جنوب چین می‌باشد (بوند و همکاران، ۲۰۱۰ a,b؛ هی و همکاران، ۲۰۱۰؛ جوست و همکاران، ۲۰۱۴؛ یانگ و همکاران، ۲۰۱۸) و نهایتاً انقراض انتهای پرمین میانی (استنلی و یانگ، ۱۹۹۴؛ پین و کلفام،

گسترش وسیع پلاتفرم‌های کربناته پرمین میانی در سراسر جهان و حوادث مهمی که طی نهشته شدن آن‌ها بوقوع پیوسته است همواره مورد توجه زمین‌شناسان بوده است. از جمله رخدادهای مهم زمین‌شناسی در گوادالوپین (پرمین میانی) می‌توان به گذر از دوره یخبندان<sup>۱</sup> به دوره گلخانه‌ای<sup>۲</sup> (چن و همکاران، ۲۰۱۳)، فراوانی چرت (بصورت نودول و نوار)، نظیر سازند فسفوری در شمال امریکا (جانسون، ۲۰۰۵) و چرت‌های پرمین میانی در ناحیه سرد کانادایی<sup>۳</sup> (بوچامپ و بود، ۲۰۰۲)، و چرت‌های

<sup>3</sup> Canadian Arctic  
<sup>4</sup> Emeishan

<sup>1</sup> Icehouse  
<sup>2</sup> Greenhouse

میانی تاثیرگذار بوده ضروری به نظر می‌رسد. همچنین فهم این نکته که آیا انقراض این گروه‌های فرامینیفری قبل از انقراض انتهای پرمین میانی بوده و یا همزمان صورت گرفته نیز اهمیت فاکتورهای محیطی و نوع محیط رسوب‌گذاری برای ادامه حیات این موجودات را نشان خواهد داد.

### مواد و روش‌ها

جهت بررسی چگونگی تاثیر محیط‌های رسوبگذاری بر روی توزیع فوزولینیدهای با پوسته بزرگ نمونه‌برداری عمدتاً نزدیک به افق‌های دارای فوزولینیدهای با پوسته بزرگ انجام شد و برای این منظور تعداد ۲۰۰ نمونه از نهشته‌های پرمین میانی در برش‌های شتری، باغ‌ونگ و دره همبست انتخاب و برش‌نازک آن‌ها تهیه شد. برای تعیین ریز رخساره‌ها از میکروسکوپ پلاریزان و جهت نام‌گذاری ریز رخساره و تعیین محیط رسوب‌گذاری از تاکر و رایت (۱۹۹۰) و فلوگل (۲۰۱۰) استفاده شده است.

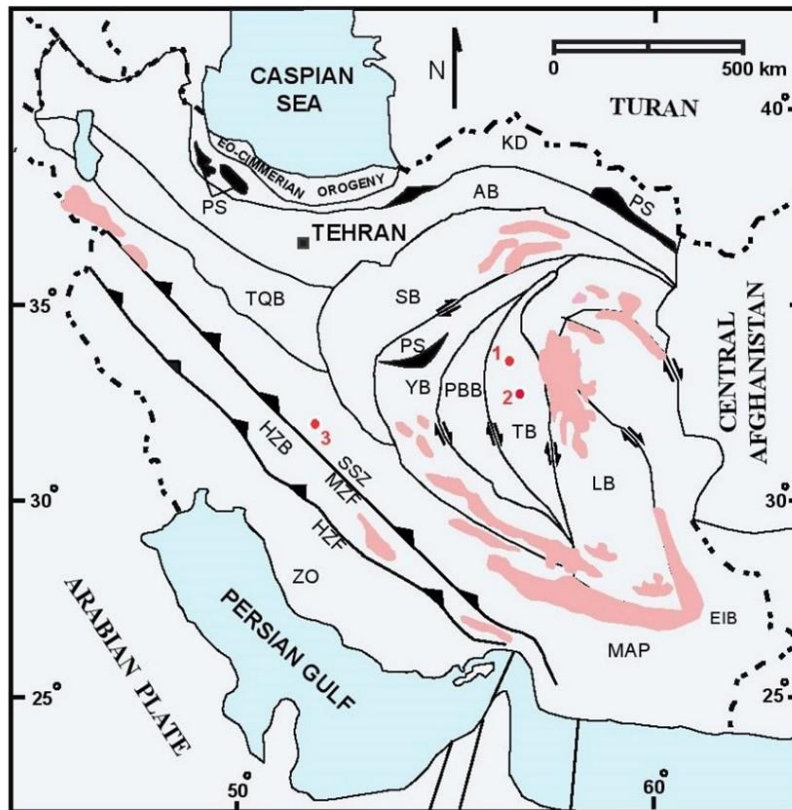
### لیتواستراتیگرافی و بیواستراتیگرافی سازند سورمق

#### در برش دره همبست

برش مطالعه شده در دامنه جنوب خاوری دره همبست با مختصات جغرافیایی  $30^{\circ} 54' 01''$  عرض شمالی و  $53^{\circ} 12' 34''$  طول خاوری قرار گرفته است (شکل ۱). این برش شامل واحدهای ۲ و ۳ سازند سورمق به سن وردین تا کپیتانین زیرین و زیر واحد 4a سازند آواده به سن کپیتانین بالایی می‌باشد. سازند سورمق در دره همبست متشکل از سه واحد چینه‌شناسی می‌باشد (طراز و همکاران، ۱۹۸۱) (شکل‌های ۴-۲). واحد ۱ (به ضخامت ۳۹۰ متر) این سازند شامل تناوب سنگ‌آهک‌های نازک لایه خاکستری در بخش قاعده‌ای بوده که با سنگ آهک‌های ضخیم لایه با نودول‌های چرتی همراه با معدودی سنگ‌آهک‌های نازک‌لایه در بخش بالایی دنبال می‌شود و حاوی فوزولینید فراوان، ساقه کرینویید، و معدودی براکیوپود است. واحد یک سازند سورمق با ناپیوستگی بر روی ماسه‌سنگ منتسب به کربنیفر بالا قرار می‌گیرند (طراز و همکاران، ۱۹۸۱). سن واحد یک سازند سورمق بر اساس بایوزون *Pseudofusulina quasifusuliniformis* و *Afghanella schencki*، *Eopolydiexodina persica* و *Neoschwagerina occidentalis* آرتینسکین تا وردین زیرین می‌باشد (کوبایاشی و ایشی، ۲۰۰۳).

۲۰۱۲؛ عارفی فرد و پین، ۲۰۲۰) از سایر حوادث ثبت شده در پرمین میانی است.

در ایران نهشته‌های عمدتاً کربناته پرمین میانی در خاور ایران مرکزی در سازند جمال، واقع در رشته کوه‌های شتری و کوه باغ‌ونگ، و در سازند سورمق و بخش‌های زیرین و میانی سازند آواده، واقع در باختر ایران مرکزی در زون سندنج-سیرجان در دره همبست، رخنمون دارند (شکل ۱). کربنات‌های سازند جمال مرکب از توالی‌های درجه دوم و سوم و به سمت بالا کم عمق شونده می‌باشد که چرخه‌های رسوبی آن‌ها توسط تکتونیک محلی و تغییرات جهانی سطح آب دریا کنترل شده‌اند (عارفی فرد و ایساکسن، ۲۰۱۱). مطالعات بیواستراتیگرافی سازند جمال در کوه‌های شتری و باغ‌ونگ بر اساس فرامینیفرهای کوچک و فوزولینیدها معرف سن رودین تا وچیاپینگین می‌باشد (لون و وزیری‌مقدم، ۲۰۰۴؛ عارفی فرد و همکاران، ۱۳۸۵). در دره همبست سازند سورمق عمدتاً متشکل از سنگ‌آهک با میان لایه‌های سنگ‌آهک چرتی بوده که بر روی آن‌ها تناوب شیل آهکی تیره با میان لایه‌های آهکی مربوط به بخش‌های زیرین سازند آواده قرار می‌گیرد. سن سازند سورمق و بخش‌های قاعده‌ای سازند آواده با استفاده از فوزولینیدهای یافت شده و بیوزون‌های شناسایی شده آرتینسکین تا کپیتانین بالایی تعیین شده است (طراز و همکاران، ۱۹۸۱؛ کوبایاشی و ایشی، ۲۰۰۳؛ شاهین‌فر و همکاران، ۲۰۲۰). علیرغم مطالعات بیواستراتیگرافی که قبلاً بر روی کربنات‌های پرمین میانی سازندهای جمال و سورمق صورت گرفته (طراز و همکاران، ۱۹۸۱؛ باغبانی، ۱۹۹۳؛ لون و وزیری‌مقدم، ۲۰۰۳؛ کوبایاشی و ایشی، ۲۰۰۳؛ عارفی فرد و همکاران، ۱۳۸۵) تاکنون مطالعه ویژه‌ای در ارتباط با محیط رسوب‌گذاری این کربنات‌ها و تاثیر آن‌ها بر انقراض فوزولینیدهای با پوسته بزرگ، که مهمترین گروه فرامینیفرها در انتهای پالئوزوئیک می‌باشند، صورت نگرفته است. با توجه به اهمیت انقراض انتهای پرمین میانی در مرز گوادالوپین و لوپینگین و تاثیر این بحران زیستی در انقراض ارگانسیم‌ها بویژه فوزولینیدهای با پوسته بزرگ، مرجان‌های روگوزا و دوکف‌های خیلی بزرگ آلتوکونکیدا (ایزوساکی و همکاران، ۲۰۰۷ a,b)، پژوهش در مورد اینکه آیا محیط رسوبی و تغییرات آن در نهشته‌های پرمین میانی ایران در انقراض فوزولینیدهای با پوسته بزرگ در انتهای پرمین



|                          |                               |                        |
|--------------------------|-------------------------------|------------------------|
| LT=Lut Block             | SB=Sabzevar Block             | TQB=Tabriz-Qom Block   |
| TB=Tabas Block           | EIB=East Iran Block           | ZO=Zagros Orogen       |
| PBB=Posht-e-Badam Block  | AB=Alborz Belt                | KD=Kopeh Dagh          |
| YB=Yazad Block           | MAP=Makran accretionary Prism | PS= Paleotethys Suture |
| SSZ=Sanandaj-Sirjan Zone | MZF=Main Zagros Fault         | HZB=High Zagros        |
| HZF=High Zagros Fault    |                               |                        |

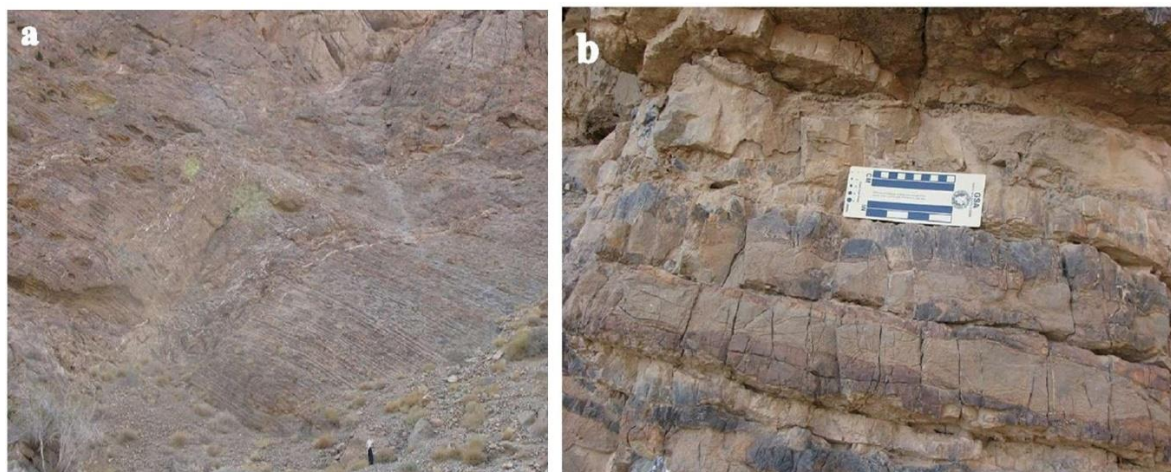
شکل ۱. نقشه تکتونیکی ایران (اقتباس از علوی، ۱۹۹۱ و انجیولینی و همکاران (۲۰۰۷)) که در آن موقعیت برش‌های مورد مطالعه نشان داده شده است. ۱- برش باغ‌ونگ، ۲- برش شتری و ۳- برش دره همبست.

در بخش قاعده‌ای دارای یک افق مشخص فوزولینیدی بنام *Chusenella abichi* بوده که در آهک‌های بخش‌های میانی و بالایی واحد ۳ سازند سورمق حضور ندارند و در عوض در برش‌های نازک این آهک‌ها فرامینیفرهای کوچک (میلیولیده) فوزولینیدهای با پوسته کوچک نظیر استافلیدها، جلبک‌های آهکی، ساقه کرینویید، سوزن اسفنج و استراکدها دارای فراوانی می‌باشند. طراز و همکاران (۱۹۸۱) و باغبانی (۱۹۹۳) بایوزون *Chusenella abichi* را برای واحد ۳ سازند سورمق در نظر گرفتند و سن کپیتانین زیرین را برای آن پیشنهاد نمودند. از آنجایی که *Chusenella abichi* فقط در بخش‌های قاعده‌ای واحد ۳ سازند سورمق قابل شناسایی است لذا بخش قاعده‌ای سازند سورمق، با توجه به گستره زمانی این بایوزون، به وردین بالایی نسبت داده می‌شود ولی در مورد سن بخش‌های

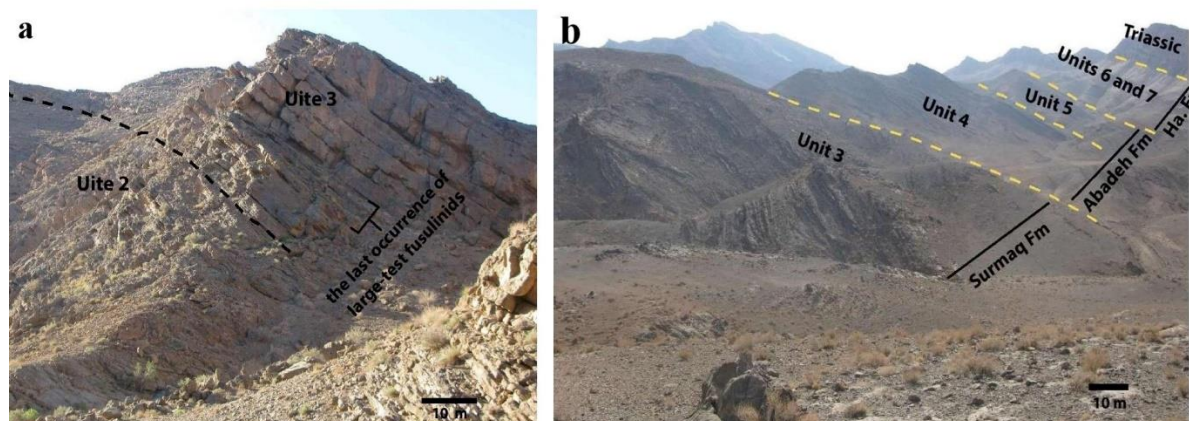
واحد ۲ سازند سورمق به ضخامت ۸۰ متر صخره‌ساز بوده و از تناوب سنگ‌آهک خاکستری نازک لایه تا متوسط لایه و نوارهای چرتی تشکیل شده است. این واحد توسط کوبایاشی و ایشی (۲۰۰۳) به عنوان بخش زیرین بایوزون *Chusenella abichi* در نظر گرفته شده و بر همین اساس به وردین بالایی نسبت داده شده است. در بررسی انجام شده در این تحقیق هیچگونه فسیل فوزولینید و یا سایر فرامینیفرهای مهم به لحاظ بیوستراتیگرافی در سنگ‌آهک‌های واحد ۲ یافت نشد و بنابراین تایید سن وردین بالایی برای واحد ۲ سازند سورمق و در نظر گرفتن آن بعنوان بخش زیرین بایوزون *Chusenella abichi* تایید نمی‌شود. واحد ۳ سازند سورمق (۱۱۲ متر ضخیم) از سنگ‌آهک خاکستری روشن تا خاکستری تیره متوسط لایه تا ضخیم لایه با تعدادی نودول‌های چرتی تشکیل شده و

شد و بعداً واحد ۴ نیز بر اساس حضور سنگ‌آهک‌های استروماتولیتی در بخش میانی واحد ۴ به دو زیرواحد 4a و 4b تقسیم شدند (طراز و همکاران، ۱۹۸۱). زیرواحد 4a سازند آباده (۱۴۱ متر ضخیم) متشکل از تناوب شیل‌های رسی، شیل‌های خاکستری تیره با سنگ‌آهک‌های خاکستری نازک تا متوسط لایه است. شیل و شیل‌های رسی در بخش‌های زیرین این زیرواحد نسبت به بخش‌های بالایی آن معمول‌تر هستند. این زیرواحد به دولومیت و سنگ‌آهک‌های استروماتولیتی ختم می‌شود. در برش‌های نازک سنگ‌آهک‌های این زیرواحد، فرامینیفرهای کوچک (میلیولیده‌ها، لاژنیده‌ها و بی‌سریامینیده‌ها)، جلبک‌های آهکی و تعداد بسیار معدودی از فوزولینیده‌های با پوسته کوچک نظیر شوپرتلیده‌ها و استافلیده‌ها، سوزن اسفنج، دو کفه‌ای و استراکده‌ها مشاهده می‌شوند.

بالایی واحد ۳ سازند سورمق با توجه به حضور فرامینیفرهای کوچک و دو بایوزون *Altineria Bacillaeformis-Baisalina pulchra-Hemigordius aff. japonica-Sphairionia stellata* می‌توان آن را به کپیتانین زیرین نسبت داد (شاهین‌فر و همکاران، ۲۰۲۰). سازند آباده (۳۱۵ متر ضخیم) بطور همشیب بر روی سازند سورمق قرار می‌گیرد که شامل تناوب شیل‌های سیاه سست و خم شده به سمت پایین (فلگی) و آهک رسی با سنگ‌آهک‌های نازک تا متوسط لایه خاکستری تیره است که در آن‌ها مقاطع طولی جلبک‌ها به موازات سطح لایه‌بندی است. بالاترین بخش سازند آباده متشکل از آهک‌های صخره‌ای خاکستری تا خاکستری تیره است. تغییرات لیتولوژی سبب تقسیم سازند آباده به دو واحد شیلی و آهکی یعنی واحد ۴ و واحد آهکی یعنی واحد ۵

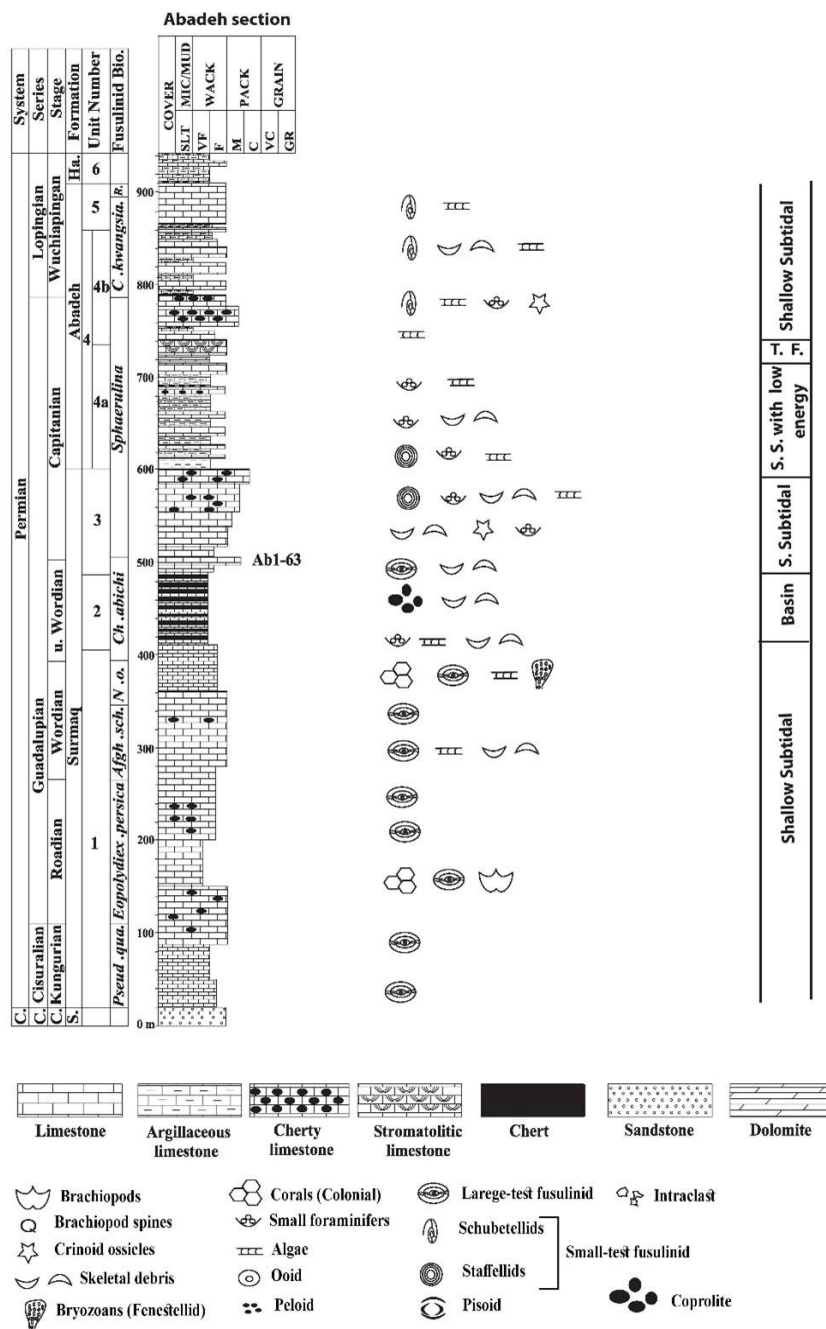


شکل ۲. تصویر واحد ۲ سازند سورمق متشکل از آهک با بین لایه‌هایی از نوارهای چرتی (a) و نمای نزدیک از واحد ۲ سازند سورمق (b). برش دره همبست، ناحیه آباده



شکل ۳. تصویر مرز بین واحدهای ۲ و ۳ سازند سورمق و نمایش آخرین افق دارای فوزولینیده‌های با پوسته بزرگ در قاعده واحد ۳ سازند سورمق (a)، تصویر واحدهای تشکیل‌دهنده سازندهای سورمق، آباده و همبست (b) در برش دره همبست، ناحیه آباده.





شکل ۴. نمایش ستون چینه‌شناسی و توزیع آلوکم‌های در سرتاسر برش مطالعه شده دره همبست، ناحیه آباه. اختصارات: S.= Shallow, S. S.= Shallow subtidal, T. F.= Tidal flat

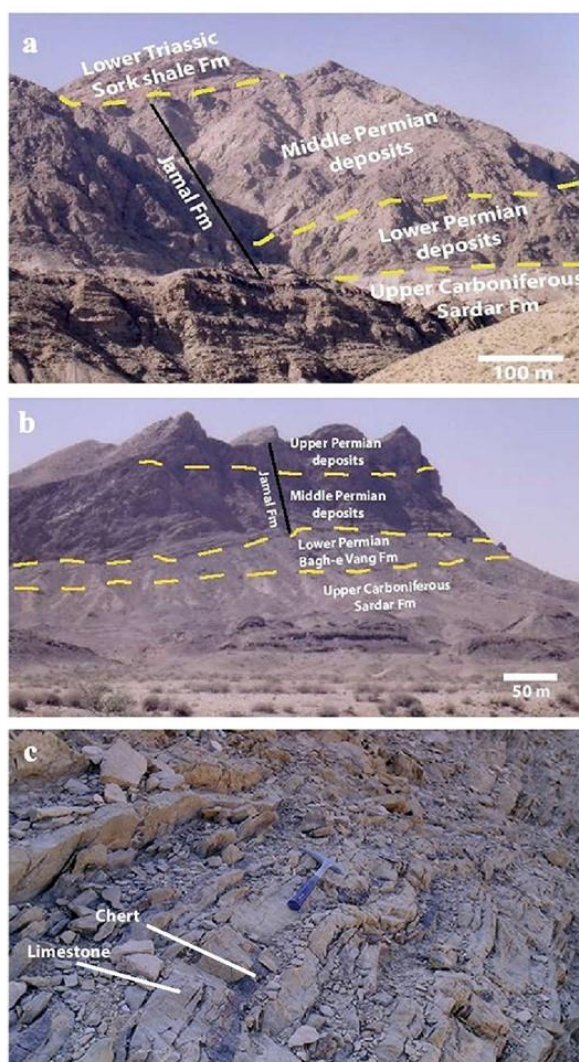
به حضور *Hemigordius irregulariformis* بایوزون در بخش قاعده‌ای زیر واحد 4b که متشکل از آهک‌های جلبکی است و بر روی آهک‌های استروماتولیتی راس زیر واحد 4b قرار می‌گیرد سن آن به بالاترین بخش کپیتانین نسبت داده می‌شود و شروع و چپ‌پینگی با ظهور زون *Pseudodonbarula-Codonofusiella kwangiana* در بخش‌های میانی و بالایی زیر واحد 4b مشخص می‌شود (شاهین‌فر و همکاران، ۲۰۲۰).

طراز و همکاران (۱۹۸۱) برای سازند آباه بایوزون فوزولینیدی *Sphaerulina* sp. را معرفی و سن کپیتانین را برای سازند آباه در نظر گرفته‌اند. مطالعه جدید بر اساس فرامینیفراهای کوچک منجر به شناسایی چندین بایوزون در سازند آباه گردید که بر اساس آن بایوزون *Baisalin* cf. *guizhuensis-Hemigordius giganteus* برای زیر واحد 4a سازند آباه شناسایی و سن آن به کپیتانین بالا نسبت داده شد (شاهین‌فر و همکاران، ۲۰۲۰). همچنین با توجه

### لیتواستراتیگرافی و بیواستراتیگرافی سازند جمال در برش کوه شتری و کوه باغونگ

برش‌های در نظر گرفته شده برای سازند جمال در کوه شتری با مختصات جغرافیایی  $33^{\circ} 23' 30''$  عرض شمالی و  $57^{\circ} 16' 24''$  طول خاوری و در کوه باغونگ با مختصات جغرافیایی  $33^{\circ} 58' 23''$  عرض شمالی و  $56^{\circ} 47' 06''$  طول خاوری قرار گرفته‌اند. مرز زیرین سازند جمال در کوه

شتری بصورت ناپیوسته با ماسه‌سنگ‌های کربنیفر بالایی سازند سردر بوده و در کوه باغونگ بصورت پیوسته با آهک‌ها و آهک‌های رسی سازند باغونگ به سن پرمین زیرین است (عارفی‌فرد و همکاران، ۱۳۸۵؛ لون و وزیری مقدم، ۲۰۰۴؛ بالینی و همکاران، ۲۰۱۶؛ یاسبلاغی و همکاران، ۱۳۹۹؛ یاسبلاغی و همکاران، ۲۰۲۱) (شکل‌های ۵-۷).



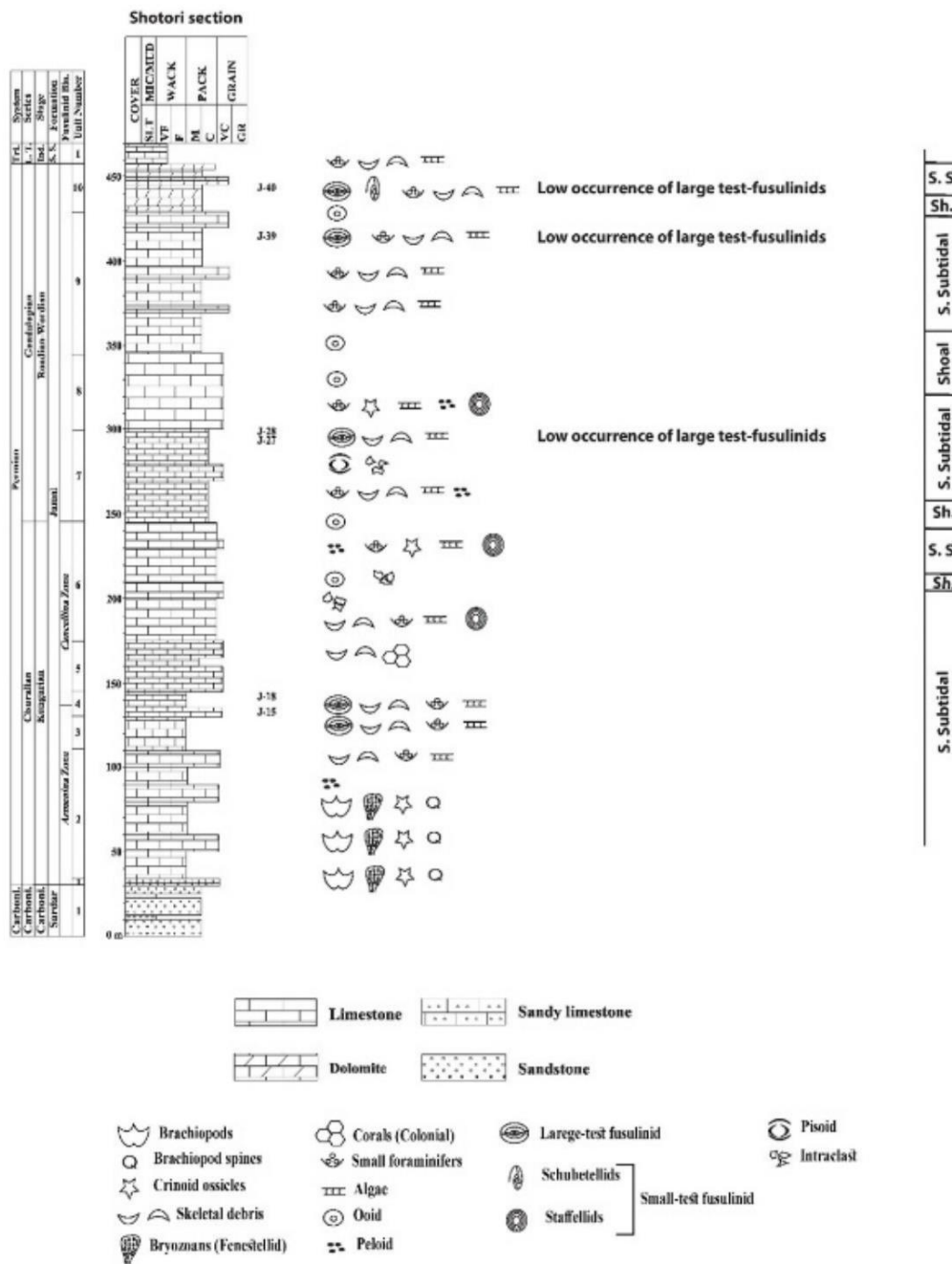
شکل ۵. تصویر آهک‌های پرمین میانی سازند جمال در کوه شتری و مرز زیرین آن‌ها با آهک‌های پرمین میانی و سازند سرخ شیل (a)، تصویر آهک با میان لایه‌هایی از نوارهای چرتی پرمین میانی سازند جمال در کوه باغونگ و مرزهای زیرین و بالایی آن با سازند باغونگ و آهک‌های پرمین میانی (b)، نمای نزدیک از آهک‌های چرتی با میان لایه‌هایی از نوارهای چرتی پرمین میانی سازند جمال در برش باغونگ (c).

بریزوئتر و براکیوپود بوده و با آهک‌های خاکستری متوسط لایه دارای فوزولینید دنبال می‌شود. بخش‌های میانی و بالایی سازند جمال غالباً شامل آهک‌های کرم تا خاکستری رنگ متوسط تا ضخیم‌لایه و در بعضی افق‌ها همراه با سنگ‌آهک دولومیتی است. فوزولینیدها بطور

سازند جمال در هر دو برش مورد مطالعه با سنگ‌آهک‌های میکریتی نازک‌لایه سازند سرخ شیل به سن تریاس زیرین بصورت همشیب پوشیده می‌شود. سازند جمال در برش شتری ۴۲۷ متر ضخامت دارد و بخش‌های قاعده‌ای آن شامل آهک‌های متوسط تا ضخیم‌لایه خاکستری دارای

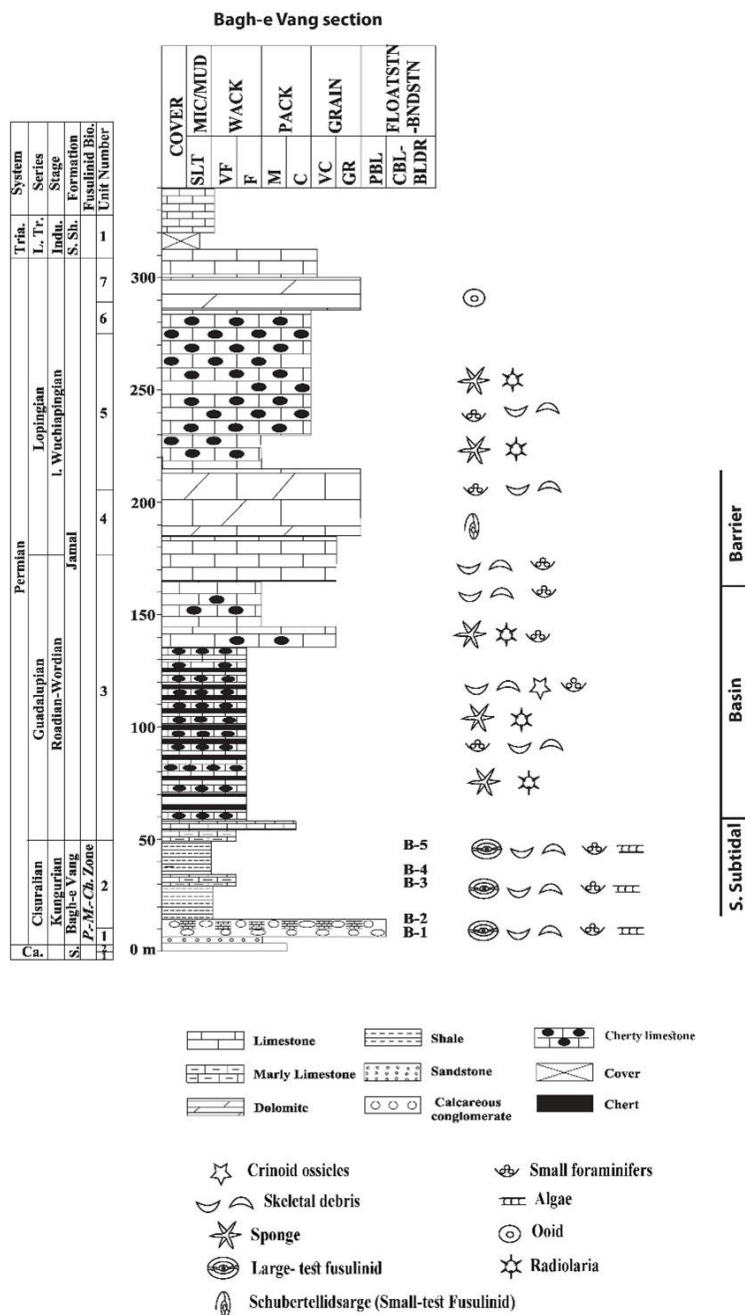
*M. claudiae*, *Misellina termieri saraburiensis*, *Chusenella* و *A. pamirensis*, *Armenina asiatica* و *chihsiaensis* امکان‌پذیر بوده و به کونگورین نسبت داده می‌شود. در بخش‌های میانی و بالایی سازند جمال در برش شتری حضور فوزولیندها با پوسته بزرگ بسیار اندک بوده و شامل گونه‌های معدودی نظیر *Neoschwagerina simplex*, *Yangchienia hydeni* و *Sumatrina annae* است که سن رودین تا وردین را نشان می‌دهند.

یکنواخت در سرتاسر برش شتری گسترش ندارند بطوریکه تنها دو افق فوزولینیدی در بخش زیرین این برش وجود دارد و فراوانی آن‌ها در بخش‌های میانی و بالایی برش شتری بسیار کم می‌باشد. مرجان‌ها کمیاب بوده ولی جلبک‌های آهکی در سرتاسر برش شتری فراوان هستند. تعیین سن سازند جمال بر اساس حضور فوزولیندها در بخش زیرین آن و با توجه به گونه‌های *Cancellina cutalensis*, *C. primigena* و *Neofusulinella*



شکل ۶. نمایش ستون چینه‌شناسی و توزیع آلوکم‌های در سرتاسر برش مطالعه شده کوه شتری. اختصارات:

S.= Shallow, Sh.= Shoal, S. S.= Shallow subtidal, T. F.= Tidal flat



شکل ۷. نمایش ستون چینه‌شناسی و توزیع آلوکوم‌های در سرتاسر برش مطالعه شده کوه باغ‌ونگ. اختصارات: S.= Shallow

(شکل‌های ۵ و ۷). بخش زیرین سازند جمال بر اساس حضور فرامینیفرهای کوچک به پرمین میانی (رودین تا کپیتانین) نسبت داده می‌شود. سن بخش زیرین سازند جمال به دقت قابل تعیین نمی‌باشد و علت آن نبود حضور فسیل‌های شاخص جهت تفکیک اشکوب‌های پرمین میانی است و لذا بدلیل اینکه بین سازند باغ‌ونگ به سن آرتینسکین تا کونگورین در زیر و بخش بالایی سازند جمال به سن و چیاپینگین در بالا قرار گرفته بطور کلی سن آن به پرمین میانی نسبت داده می‌شود. از جمله فرامینیفرهای

سازند جمال در برش باغ‌ونگ ۲۴۱ متر ضخامت دارد و در بخش زیرین شامل سنگ‌آهک‌های میکریتی متوسط لایه حاوی نودول‌های چرتی است که در بعضی افق‌ها چرت‌ها بصورت نواری می‌باشند. بخش زیرین سازند جمال دارای فرامینیفرهای کوچک، رادیولر و استراکد می‌باشد. در برش باغ‌ونگ سنگ‌آهک‌های کرم‌رنگ توده‌ای و ضخیم بخش میانی سازند جمال بر روی سنگ‌آهک‌های چرتی زیرین سازند جمال قرار می‌گیرند و نهایتاً سنگ‌آهک‌های الیتی و دولومیت بخش بالایی سازند جمال را تشکیل می‌دهند

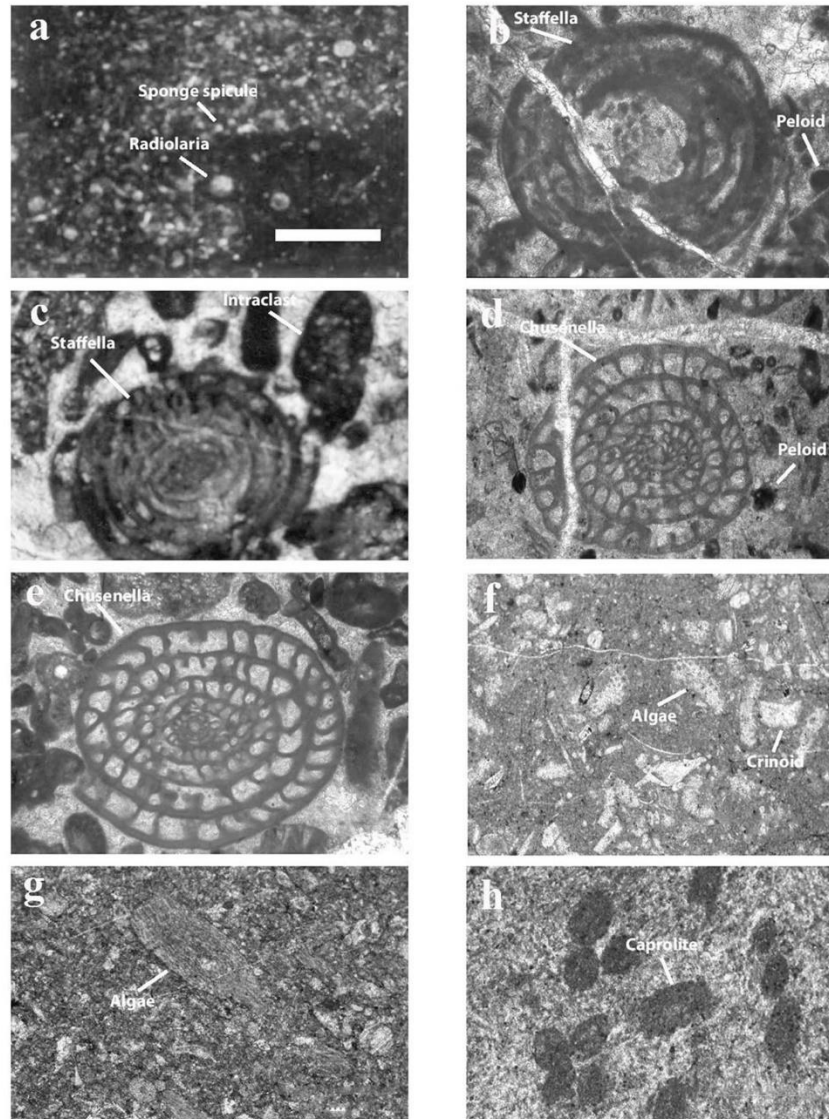


گسترش دارند که حضور استافلیدها با تنوع گونه‌ای کم حاکی از یک محیط ساب‌تایدال کم‌عمق می‌باشد (اونو، ۲۰۰۱؛ هوانگ و همکاران، ۲۰۱۶). از سایر دانه‌های اسکلتی موجود در این آهک‌ها می‌توان به کرینویید، استراکد و تعدادی قطعات پوسته براکیوپود و جلبک اشاره نمود. علاوه بر این، در آهک‌های سازند جمال سایر میکروفاسیس‌هایی نظیر ایید اینتراکلاستیک گرینستون و بایوکلاستیک پکستون/گرینستون به‌همراه فرامینیفرهای کوچک، قطعات اسکلتی براکیوپوده‌ها، ساقه کرینویید و معدودی جلبک‌های آهکی نیز وجود دارند که حاکی از تغییر محیط از ساب‌تایدال کم‌عمق به شول با انرژی بالا می‌باشد (عارفی‌فرد و ایساکسن، ۲۰۱۱) (شکل ۸). بخش زیرین سازند جمال در برش باغ‌ونگ به سن پرمین میانی که از آهک با نوارهای چرتی تشکیل شده، دارای میکروفاسیس غالب بایوکلاستیک و کستون/پکستون بوده و شامل فرامینیفرهای کوچک، رادیولاریا و سوزن اسفنج با گل فراوان می‌باشد. با توجه به عناصر اسکلتی موجود در بخش زیرین سازند جمال و قرارگیری آن‌ها بر روی سازند باغ‌ونگ به سن پرمین زیرین با ویژگی ساب‌تایدال کم‌عمق، بخش زیرین سازند جمال بیانگر یک محیط حوضه‌ای نسبتاً عمیق است (عارفی‌فرد و ایساکسن، ۲۰۱۱) (شکل ۸). در دره همبست، پرمین میانی شامل بخش‌های میانی و بالایی واحد یک و کل ضخامت واحدهای ۲ و ۳ سازند سورمق و زیرواحد 4a و بخش قاعده‌ای زیرواحد 4b سازند آباده می‌باشد. برش در نظر گرفته شده برای این مطالعه، واحد ۱ سازند سورمق را شامل نمی‌شود. بر اساس مطالعات قبلی (طراز و همکاران، ۱۹۸۱)، سنگ‌آهک‌های واحد یک سازند سورمق عمدتاً شامل بایوکلاستیک و کستون-پکستون، فوزولینید بایوکلاستیک پکستون و اینتراکلاستیک بایوکلاستیک پکستون می‌باشد که حاکی از رسوب‌گذاری در یک محیط ساب‌تایدال کم‌عمق و موقعیتی مناسب برای گسترش و رشد فوزولینیدها با پوسته بزرگ و همزیست جلبکی است (راس، ۱۹۹۲؛ وچارد، ۱۹۹۶؛ هالوک و همکاران، ۲۰۰۶). مطالعه میکروفاسیس‌های سنگ‌آهک‌های نازک‌لایه تا متوسط‌لایه واحد ۲ سازند سورمق تنها نشان‌دهنده حضور قطعات اسکلتی نظیر جلبک و فرامینیفرهای تک‌ردیفی بسیار ریز در بخش‌های زیرین و میانی آن و آثاری شبیه به کوپرولیت در بخش‌های بالایی این آهک‌ها می‌باشد.

پرمین میانی در بخش زیرین سازند جمال در برش باغ‌ونگ که در سایر برش‌های پرمین میانی در ایران بعنوان مثال در البرز گزارش شده، می‌توان به *Globivalvulina Climacammina vonderschmitti*، *G. postcarbonica*، *Geinitzina taurica sphaerica*، *Langella perforata*، *Langella conica*، *Pachyphloia sp.* و *Paleotextularia sumatrensis* اشاره نمود. بخش میانی سازند جمال بر اساس حضور فوزولینیدهای با پوسته کوچک نظیر *Reichelina Rauserella sp.* و *Schubertella sp. pulchra* فرامینیفرهای کوچک نظیر *Dagmartia Frondina* و *Colaniella parva*، *chanaghsingiensis permica* به وچیاپینگین آغازی نسبت داده می‌شود (عارفی‌فرد و همکاران، ۱۳۸۵؛ عارفی‌فرد، ۲۰۱۹). بالاترین بخش سازند جمال در برش باغ‌ونگ فاقد فسیل است و بر این اساس به نظر می‌رسد که سن وچیاپینگین آغازی را داشته باشد. ولو (۲۰۱۴) با بررسی کنودونت‌های سازند جمال در بخش زیرین آن، گونه *Mesogondolella siciliensis* و فرم‌های حدواسط بین *M. siciliensis* و *Pseudohindeodus ramovsi* شناسایی و سن این بخش از سازند جمال را به رودین تا وردین-کپیتانین نسبت داد.

### بررسی محیط رسوبی نهشته‌های پرمین میانی سازند جمال و سازندهای سورمق و آباده و تاثیر آن بر گسترش فوزولینیدها

ارزیابی توزیع فوزولینیدها با پوسته بزرگ در چینه‌های پرمین میانی سازند جمال در دو برش شتری و باغ‌ونگ نشان می‌دهد که این ارگانسیم‌ها در برش شتری توزیع بسیار محدودی داشته و در برش باغ‌ونگ در سنگ‌آهک‌های با میان لایه‌های چرتی بخش زیرین سازند جمال به سن پرمین میانی حضور ندارند. مطالعه سازند جمال در برش شتری حاکی از وجود فوزولینیدهای با پوسته بزرگ در فوزولینید بایوکلاستیک پکستون/گرینستون در بخش زیرین سازند جمال به سن پرمین زیرین در این برش است. در بخش‌های میانی و بالایی سازند جمال در برش شتری، فوزولینیدهای با پوسته بزرگ به شدت کاهش یافته و به جای آن‌ها فوزولینیدهای با پوسته کوچک از گروه استافلیدها و تعداد بسیار کمی از شوبرتلیدها بصورت استافلید بایوکلاستیک پکستون



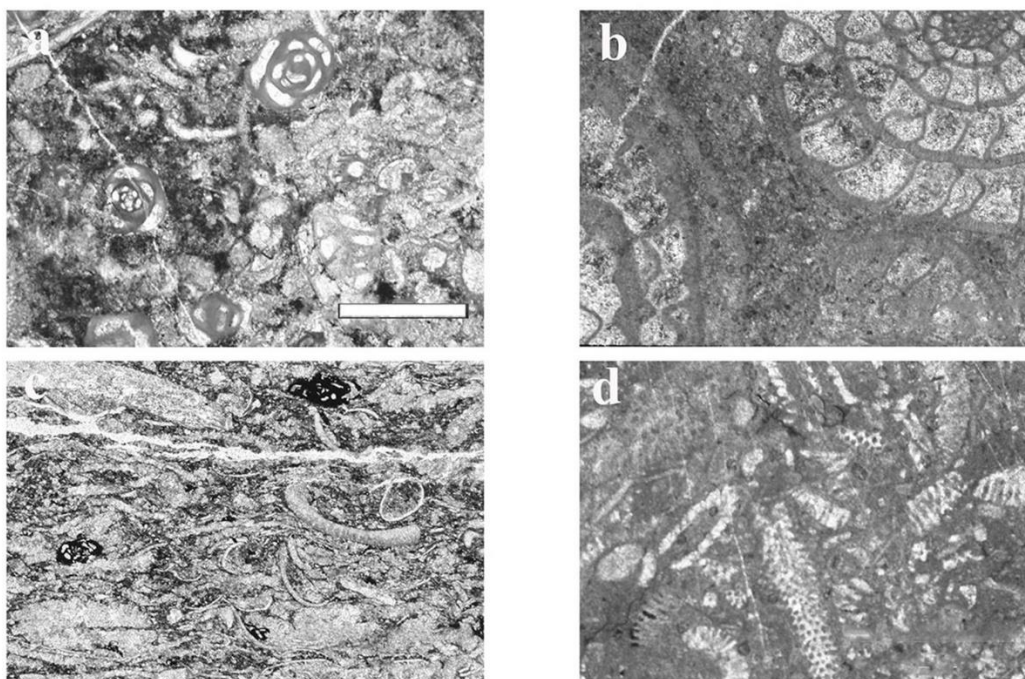
شکل ۸. عکس‌هایی از برش‌های نازک تعدادی از نمونه‌های برداشت شده از آهک‌های پرمین میانی سازند جمال در برش‌های باغ‌ونگ و شتری و همچنین واحد ۲ سازند سورمق در دره همبست، مقیاس برای تمام عکس‌ها یکسان و برابر با ۱ میلی‌متر است. (a) *Sponge spicule radiolaria wackestone-packstone*. نمونه شماره J-22. (b) *Bioclastic staffellid wackestone*. بخش میانی آهک‌های پرمین میانی، برش باغ‌ونگ؛ نمونه شماره B-18. (c) *Intraclastic staffellid packstone-grainstone*. بخش‌های زیرین آهک‌های پرمین میانی سازند جمال، برش شتری؛ نمونه شماره J-30. (d) *Peloidal biolastic wackestone*. بخش‌های بالایی پرمین میانی سازند جمال، برش شتری؛ نمونه شماره J-39. (e) *Bioclastic packstone-grainstone*. بخش‌های بالایی آهک‌های پرمین میانی سازند جمال، برش شتری؛ نمونه شماره J-40. (f) *Bioclastic algal wackestone*. بخش‌های قاعده‌ای واحد ۲ سازند سورمق، برش دره همبست؛ نمونه شماره Ab1-1. (g) *Algal wackestone*. بخش‌های میانی واحد ۲ سازند سورمق، برش دره همبست؛ نمونه شماره Ab1-22. (h) *Coprolite wackestone*. بخش‌های بالایی واحد ۲ سازند سورمق، برش دره همبست؛ نمونه شماره Ab1-38.

حیدری و همکاران، ۲۰۰۰) (شکل ۸). در آهک‌های واحد ۳ سازند سورمق میکروفاسیس باپوکلاستیک و کستون و پکستون با تعداد معدودی مادستون در سرتاسر این واحد دیده می‌شود با این تفاوت که در بخش زیرین فقط یک افق نازک از فسیل‌های فوزولینید (با پوسته بزرگ) میکروفسیل غالب بوده که همراه با تعداد معدودی ساقه

طراز و همکاران (۱۹۸۱) با مطالعه میان لایه‌های چرتی آهک‌های واحد ۲ سازند سورمق سوزن‌های اسفنج را در آن گزارش نمودند. وجود فرامینیفرهای تک‌ردیفی بسیار ریز، باندهای چرتی حاوی سوزن اسفنج، و گل میکریتی فراوان در واحد ۲ نشان‌دهنده یک محیط حوضه‌ای نسبتاً عمیق برای این واحد است (طراز و همکاران، ۱۹۸۱؛

فوزولینید با پوسته کوچک (شوبر تلیده‌ها) به‌مراه استراکدها، دوکفه‌ای‌ها و سوزن اسفنج قابل شناسایی هستند. در قسمت‌های راسی زیر واحد 4a دولومیت و آهک‌های استروماتولیتی مشاهده می‌شود. در بعضی افق‌های محدود آهکی زیر واحد 4a، فراوانی جلبک‌های آهکی بعنوان میکروفسیل غالب باعث ایجاد پکستون‌های جلبکی می‌شود که در بخش‌های قاعده‌ای زیر واحد 4b نیز قابل مشاهده بوده و با تعداد محدودی فرامینیفر کوچک (میلیولید) همراه می‌باشد. با توجه به مشخصات عناصر اسکلتی موجود در زیر واحد 4a و بخش‌های قاعده‌ای زیر واحد 4b یک محیط ساب‌تایدال کم‌عمق و با انرژی کمتر نسبت به واحد ۳ سازند سورمق برای آن پیشنهاد می‌شود (طراز و همکاران، ۱۹۸۱؛ حیدری و همکاران، ۲۰۰۰؛ شاهین‌فر و همکاران، ۱۳۹۸؛ عارفی‌فرد و پین، ۲۰۲۱). وجود سنگ‌آهک‌های استروماتولیتی به همراه دولومیت‌ها در بخش‌های راسی زیر واحد 4a یک تغییر به محیط اینترتایدال تا سوپراتایدال را نشان می‌دهد. (طراز و همکاران، ۱۹۸۱؛ عارفی‌فرد و پین، ۲۰۲۰) (شکل ۹).

کرینویید و براکیوپود می‌باشد ولی در آهک‌های بخش‌های میانی و بالایی واحد ۳ میکروفسیل‌های غالب شامل فوزولینیدهایی با پوسته کوچک (استافلیدها)، فرامینیفرهای کوچک (میلیولیدها) و تعداد محدودی از پالئوتکستولارید) و جلبک‌های قرمز و سبز بوده که همچنین همراه با استراکد، سوزن اسفنج و کرینویید با اندازه متوسط است. با توجه به محتویات فونایی و ترکیب میکروفاسیسی سنگ‌آهک‌های واحد ۳ سازند سورمق محیط رسوبی آن یک محیط ساب‌تایدال کم‌عمق پیشنهاد می‌شود که حاکی از کاهش عمق محیط نسبت به واحد ۲ سازند سورمق است (حیدری و همکاران، ۲۰۰۰، ۲۰۰۳؛ عارفی‌فرد و پین، ۲۰۲۰) (شکل ۹). در زیر واحد 4a میزان گل میکریتی افزایش یافته و میکروفاسیس بایوکلاستیک و کستون تا پکستون در واحدهای آهکی آن قابل تشخیص می‌باشد که در آن‌ها دانه‌های تشکیل‌دهنده سنگ قطعات اسکلتی است. در این آهک‌ها استافلیدها کمیاب بوده ولی فرامینیفرهای کوچک (میلیولیدها، پالئوتکستولاریدها، لاژنیدها و بی‌سریامینیدها) جلبک‌های آهکی (شامل جلبک‌های قرمز و تعدادی محدودی جلبک سبز)، تعدادی



شکل ۹. عکس‌هایی از برش‌نازک تعدادی از نمونه‌های برداشت شده از آهک‌های پرمین میانی سازندهای سورمق و آواده در برش دره همبست، مقیاس برای تمام عکس‌ها یکسان و برابر با ۱ میلی‌متر است. (a) Bioclastic foraminiferal packstone. نمونه شماره Ab1-81، بخش میانی آهک‌های پرمین میانی واحد ۳ سازند سورمق؛ (b) Fusulinid packstone. نمونه شماره Ab1-63، بخش‌های قاعده‌ای آهک‌های پرمین واحد ۳ سازند سورمق؛ (c) Bioclastic algal packstone. نمونه شماره Ab1-102، بخش‌های میانی آهک‌های پرمین میانی زیر واحد 4a سازند آواده؛ (d) Algal packstone. نمونه شماره Ab1-118، دارای جلبک قرمز *Gymnocodium bellerophontis*، بخش‌های قاعده‌ای آهک‌های پرمین میانی زیر واحد 4b سازند آواده.

### فوزولینیدهای بزرگ و شرایط زیست آن‌ها

فوزولینیدهای بزرگ با پوسته کریوتکایی، شبیه سایر فرامینیفراهای بنتیک عهدحاضر با پوسته بزرگ، دارای همزیست فتوسنتزکننده بوده‌اند و متعلق به شرایط آب‌های کم عمق و گرم می‌باشند (راس، ۱۹۸۲، ۱۹۹۵). بررسی تغییرات آب و هوایی در پرمین میانی، با توجه به داده‌های بدست آمده از میزان تغییرات ایزوتوپ اکسیژن در پوسته کنودونت‌ها، نشان‌دهنده تاثیر عمده آن بر روی فوزولینیدهای با پوسته بزرگ می‌باشد. زمانی که فونای آب‌های سرد و گرم با هم مقایسه می‌شوند فوزولینیدها هماهنگی زیادی را بین ویژگی‌های مرفولوژیکی و توزیع محیطی نشان می‌دهند. (اونو، ۲۰۰۳؛ دیویداف و عارفی فرد، ۲۰۰۷؛ ۲۰۱۳). درجه حرارت مهمترین فاکتور فیزیولوژیکی در توزیع جغرافیایی فرامینیفراهای بنتیک بزرگ دارای همزیست فتوسنتزکننده می‌باشد. تنوع فرامینیفراهای بنتیک بزرگ در آب‌هایی با درجه حرارت ۲۰ تا ۳۰ درجه سانتی‌گراد به بالاترین حد می‌رسد در حالی که آب‌هایی با درجه حرارت کمتر از ۲۰ درجه سانتی‌گراد و بیشتر از ۳۰ درجه سانتی‌گراد کمترین تنوع را دارند (هالوک، ۱۹۹۹؛ جونز، ۱۹۹۹؛ بیوینگتون-پنی و ریسی، ۲۰۰۴). پایین‌ترین حد درجه حرارت قابل تحمل توسط فرامینیفراهای بنتیک بزرگ، که احتمالاً توسط آستانه تحمل گرمایی همزیست جلبکی آن‌ها تعیین می‌شود، در حدود ۱۴ درجه سانتی‌گراد است (هاتینگر، ۱۹۹۷؛ هوهنگر، ۲۰۰۴). مطالعات انجام شده توسط فیوجیتا و همکاران (۲۰۱۴) در ارتباط با نحوه واکنش‌های فیزیولوژیکی فرامینیفراهای بنتیک بزرگ به درجه حرارت‌های کمتر از ۱۴ درجه سانتی‌گراد نشان می‌دهد که در این شرایط تولید اکسیژن و انجام فرایندهای شیمیایی در سطح سلولی و همچنین تولید انرژی متوقف می‌شود. از طرف دیگر، اوج انجام فرایندهای شیمیایی در سطح سلولی و تولید انرژی در ۳۰ درجه سانتی‌گراد اتفاق می‌افتد. در درجه حرارت‌های بالاتر از ۳۰ درجه سانتی‌گراد فتوسنتز برای همزیست‌های جلبکی فرامینیفراهای بزرگ متوقف شده و نرخ تولید اکسیژن کاهش یافته و به صفر نزدیک می‌شود و همچنین فرایندهای شیمیایی در سطح سلولی و تولید انرژی نیز کاهش می‌یابد. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که تغییرات آب و هوایی شدید یک دلیل بالقوه برای انقراض فوزولینیدها با پوسته بزرگ بوده‌اند.

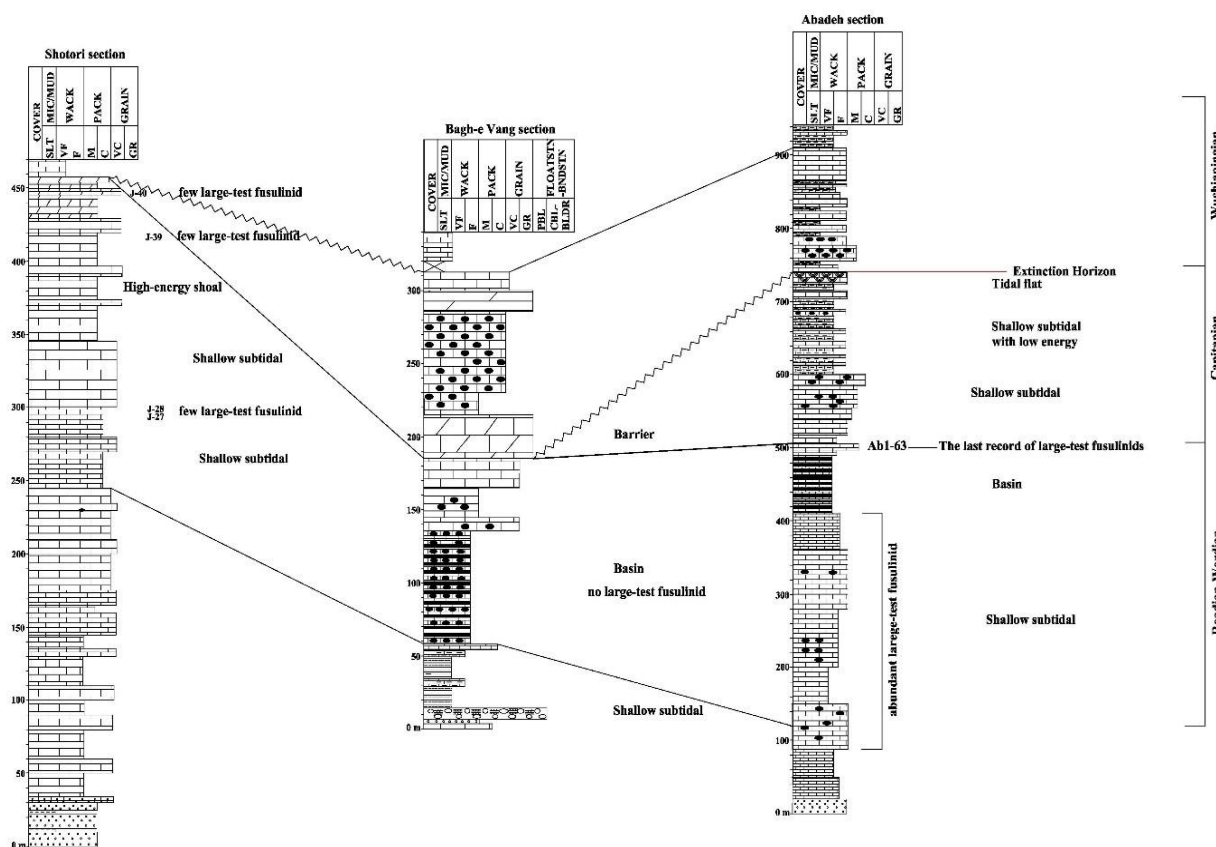
در کربنات‌های پرمین میانی سازند جمال در کوه شتری، وجود افق‌های بسیار نازک و محدود از فوزولینیدهای با پوسته بزرگ در بخش‌های قاعده‌ای این برش حاکی از ایجاد شرایط مناسب برای زیست این ارگانسیم‌ها بصورت کوتاه مدت می‌باشد. فوزولینیدها در بخش اعظم کربنات‌های پرمین میانی برش جمال یا وجود ندارند و یا بسیار معدود می‌باشند. مطالعه دمای آب‌های قدیمه سازند جمال در برش شتری دمایی حدود ۳۶ درجه سانتی‌گراد را نشان می‌دهد (عارفی‌فرد و همکاران، ۲۰۰۶) که حاکی از شرایط بسیار گرم بوده که برای زیست فوزولینیدهای با پوسته بزرگ و همزیست جلبکی نامطلوب می‌باشد.

نهشته‌های رسوبی پرمین میانی سازند جمال در برش باغ‌ونگ شباهت زیادی به رسوبات پرمین میانی واحد ۲ سازند سورمق دارد که متشکل از آهک‌های میکریتی با میان لایه‌های چرتی می‌باشد (شکل ۱۰). تشکیل این چرت‌ها در ارتباط با حادثه چرتی پرمین میانی است که در جنوب چین (کیو و وانگ، ۲۰۱۱؛ شی و همکاران، ۲۰۱۶؛ یو و همکاران، ۲۰۲۰)، بخش‌های غربی امریکای شمالی (مورچی و جونز، ۱۹۹۲)، ژاپن (ایشی‌گا، ۱۹۸۶، ۱۹۹۰)، تایلند (واتاناساک و همکاران، ۲۰۲۰) و حوضه اسوردراپ در نواحی بسیار سرد در کانادا (آرکتیک کانادا) (گیت و همکاران، ۲۰۰۴) گزارش شده است. وجود چرت‌ها با بقایای رادیولر و سوزن اسفنج فراوان در آهک‌های پرمین میانی بعنوان یکی از دوره‌های با بهره‌وری زیستی بالا در طول فانروزوئیک معرفی می‌شود (لارج و همکاران، ۲۰۱۵). اغلب چرت‌های پرمین میانی در مناطق ذکر شده منشأ زیستی داشته و دلیل اصلی آن وجود جریان‌های بالارونده اقیانوسی فعال در نظر گرفته شده که موجب تحریک بهره‌وری اقیانوسی و تسهیل شرایط برای گسترش و فراوانی رادیولرها و اسفنج‌ها سیلیسی و نهشته شدن آن‌ها در رسوبات دریایی شده است. متأسفانه علیرغم مطالعات تاکسونومیک که روی سوزن اسفنج‌ها و رادیولرهای پرمین میانی در سایر نقاط دنیا صورت گرفته (ایشی‌گا، ۱۹۸۶، ۱۹۹۰؛ مورچی و جونز، ۱۹۹۲؛ نستل و نستل، ۲۰۱۰؛ ونگانان و کاریدرویت، ۲۰۰۷؛ سویوشی و همکاران، ۲۰۱۳؛ شی و همکاران، ۲۰۱۶) تاکنون مطالعاتی در این زمینه بر روی چرت‌های پرمین میانی ایران و منشأ آن‌ها صورت نگرفته است. ولی به نظر می‌آید با توجه به همزمانی این چرت‌ها با حادثه چرتی پرمین میانی در سایر نقاط دنیا و



مواد غذایی کنترل می‌شود. بالا بودن مقادیر ایزوتوپ کربن حاکی از آب و هوای خنک بوده و زمانی که درجه حرارت سطح آب دریا خنک می‌شود چرخه اقیانوسی سرعت گرفته و مواد مغذی از آب‌های عمیق به سطح اقیانوس انتقال می‌یابند و این فرآیند باعث بهره‌وری زیستی بالا و شکوفایی و رشد بیشتر پلانکتون‌ها می‌شود. مطالعه درجه حرارت آب‌های قدیمه در نهشته‌های پرمین میانی سازند جمال در برش باغ‌ونگ دمای ۱۸ درجه سانتی‌گراد را نشان می‌دهد که معرف آب‌های خنک می‌باشد.

حضور سوزن اسفنج و رادیولر در چرت‌ها و آهک‌های چرتی پرمین میانی در برش‌های باغ‌ونگ و همبست احتمالاً منشأ آن‌ها زیستی باشد. لذا اظهار نظر قطعی در مورد آن‌ها نیاز به مطالعات بعدی دارد. بررسی تغییرات ایزوتوپ کربن در کربنات‌های پرمین میانی در دو برش باغ‌ونگ و واحد ۲ سازند سورمق در دره همبست نشان‌دهنده مقادیر بالای مثبت ایزوتوپ کربن بین ۳/۵ تا ۴/۵ می‌باشد (حیدری و همکاران، ۲۰۰۰؛ عارفی‌فرد، ۲۰۱۹) که حاکی از بهره‌وری زیستی بالای اقیانوس بوده و توسط قابلیت دسترسی به



شکل ۱۰. نمایش تطابق واحدهای پرمین میانی به لحاظ نبود فوزولینیدهای بزرگ دارای همزیست جلبکی در سه برش مطالعه شده و محیط‌های رسوب‌گذاری آن‌ها. در هر سه برش آخرین افق ظهور فوزولینیدهای با پوسته بزرگ قبل از انقراض انتهای پرمین میانی اتفاق افتاده است.

می‌کنند. بعد از نهشته شدن آهک‌های با میان لایه‌های چرتی در پرمین میانی سازند جمال در واحد ۲ سازند سورمق، برای یک مدت زمان بسیار کوتاه شرایط برای زیست فوزولینیدهای با پوسته بزرگ در افقی بسیار نازک در قاعده واحد ۳ سازند سورمق فراهم می‌گردد.

وجود آب‌های خنک و عمیق با مواد غذایی بالا و شرایط یوتروفیکشن<sup>۱</sup> در پرمین میانی سازند جمال در برش باغ‌ونگ و واحد ۲ سازند سورمق از عوامل بازدارنده حضور فوزولینیدها با پوسته بزرگ بوده زیرا فرامینیفرهای با پوسته بزرگ و همزیست جلبکی امروزه در محیط‌های الیگوتروفیک و شرایط آب‌های گرم و کم‌عمق زندگی

<sup>1</sup> Eutrophication

## زمان انقراض فوزولینیدها با همزیست جلبکی در برش‌های مورد مطالعه

در دو برش سازند جمال در کوه‌های شتری و باغ‌ونگ نهشته‌های پرمین میانی سنی جوان‌تر از وردین را نشان نمی‌دهند و فوزولینیدهای با پوسته بزرگ به سن کپیتانین در این رسوبات گزارش نشده است. در نهشته‌های پرمین میانی سازند سورمق و زیرواحد 4a و بخش قاعده‌ای زیرواحد 4b سازند آباده نیز آخرین افق دارای فوزولینیدهای با پوسته بزرگ، سن وردین پسین را نشان می‌دهد و تعیین سن رسوبات بعدی در توالی پرمین میانی این برش بر اساس فرامینیفراهای کوچک و فوزولینیدهای با پوسته کوچک امکان‌پذیر است. فوزولینیدهای با پوسته بزرگ، به همراه مرجان‌ها و دوکفه‌ای‌های بزرگ دارای همزیست‌های فتوسنتزکننده بوده‌اند که مهمترین ارگانسیم‌هایی هستند که در اثر انقراض انتهای کپیتانین از بین رفتند (ایزوساکی و همکاران، ۲۰۰۷ a,b). اگرچه در دو برش شتری و باغ‌ونگ نهشته‌های کپیتانین گزارش نشده‌اند ولی حتی در برش دره همبست علی‌رغم حضور نهشته‌های کپیتانین ولی فوزولینیدهای با پوسته بزرگ سنی جوان‌تر از وردین بالا را نشان نمی‌دهند. بنابراین امکان انقراض فوزولینیدهای با پوسته بزرگ قبل از انقراض انتهای گوادالوپین مطرح می‌شود. مطالعه اخیر توسط پرازرز و همکاران (۲۰۱۶) بر روی تعدادی از فرامینیفراهای با پوسته بزرگ عهدحاضر نشان می‌دهد که عدم تغییر در شرایط زیستی تاثیر زیادی بر روی بقای فرامینیفراهای با پوسته بزرگ دارد. فوزولینیدها هم در کربنات‌های دریایی کم‌عمق و هم در نهشته‌های مخلوط کربناته-آواری گزارش شده‌اند که نشان می‌دهد گرچه این ارگانسیم‌ها موقعیت‌های الیگوتروفیک در اقیانوس‌های کم‌عمق گرمسیری تا نیمه‌گرمسیری را برای زندگی ترجیح می‌داده‌اند ولی بطور کامل به چنین محیط‌هایی محدود نمی‌شده‌اند. در نتیجه، گرچه این احتمال وجود دارد که در بررسی برش‌های چینه‌شناسی منحصر بفرد در اثر تغییرات محلی شاهد غیبت و یا انقراض آشکار فوزولینیدهای با پوسته بزرگ قبل از انتهای پرمین میانی باشیم ولی تغییرات جهانی در آب و هوا و میزان ورودی مواد غذایی به اقیانوسها می‌تواند نقش اصلی را در انقراض جهانی و ناحیه‌ای فوزولینیدهای با پوسته بزرگ بازی کرده باشد. داده‌های موجود در ارتباط با تعیین دمای دیرینه در زمان پرمین میانی حاکی از این

است که درجه حرارت آب سطحی اقیانوس‌ها در مرز گوادالوپین-لوپینگین فراتر از تحمل فوزولینیدهای با پوسته بزرگ بوده است (چن و همکاران، ۲۰۱۳). گرم شدن جهانی و درجه حرارت بالای ۳۰ درجه سانتی‌گراد در نتیجه آزاد شدن دی‌اکسیدکربن ناشی از فعالیت ولکانیسم امیشان در انتهای کپیتانین به عنوان عامل اصلی انقراض انتهای پرمین میانی در نظر گرفته می‌شود.

### نتیجه‌گیری

نهشته‌های پرمین میانی در خاور و در باختر ایران مرکزی در سه برش شناخته شده شتری و باغ‌ونگ واقع در بلوک طبس و برش دره همبست در ناحیه آباده در زون سندج-سیرجان به لحاظ چگونگی تاثیر محیط‌های رسوب‌گذاری آن‌ها بر روی توزیع فوزولینیدهای با پوسته بزرگ مورد مطالعه قرار گرفتند. در برش شتری، در بخش زیرین آهک‌های پرمین میانی (رودین تا وردین) یک محیط ساب‌تایدال کم‌عمق با حضور استافلیدهای فراوان با تنوع کم وجود دارد که در بعضی قسمت‌ها با حضور آهک‌های حاوی ائید و اینتراکلاست تغییر محیط به شول با انرژی بالا را نشان می‌دهد. حضور فوزولینیدهای با پوسته بزرگ در برش شتری بسیار اندک بوده و احتمالاً دلیل آن دمای زیاد آب‌های قدیمه بیش از ۳۶ درجه سانتی‌گراد بوده که برای زیست و ادامه حیات فوزولینیدهای با پوسته بزرگ مناسب نبوده است. در برش باغ‌ونگ آهک با میان لایه‌های نوارهای چرتی رسوب‌گذاری در یک محیط حوضه‌ای و نسبتاً عمیق را نشان می‌دهند که مغایر با حضور و رشد فوزولینیدهای با پوسته بزرگ است. در برش دره همبست آهک‌های واحد یک سازند سورمق (رودین تا وردین) در یک محیط ساب‌تایدال کم‌عمق نهشته شده‌اند و دارای فوزولینید با پوسته بزرگ فراوان هستند. در واحد ۲ سازند سورمق (وردین) آهک‌های با میان لایه‌هایی از نوارهای چرتی نهشته شده‌اند که می‌تواند معادل آهک‌های پرمین میانی سازند جمال در برش باغ‌ونگ باشد و بدون فوزولینیدها با پوسته بزرگ است. وجود چرت‌های فراوان در واحد ۲ سازند سورمق و پرمین میانی سازند جمال در برش باغ‌ونگ در ارتباط با حادثه چرتی پرمین میانی در جنوب چین و امریکای شمالی است. این چرت‌ها نشانه شرایط یوتروفیکشن و سطح بالای مواد غذایی بوده و شرایط نامساعدی برای حیات فوزولینیدهای با پوسته

- First report of Upper Pennsylvanian ammonoids and Lower Permian conodonts from Bagh-e-Vang area (Central Iran). *Permophiles*, 62: 25-27.
- Baghbani, D (1993) The Permian sequence in the Abadeh region, central Iran. *Contributions to Eurasian Geology, Occasional Publications, Earth Sciences Research Institute, University of South Carolina*. 9B: 7-22.
- Beauchamp, B., and Baud, A (2002) Growth and demise of Permian biogenic chert along northwest Pangea: Evidence for end-Permian collapse of thermohaline circulation. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 184: 37-63.
- Beavington-Penney, S. J., Racey, A (2004) Ecology of extant nummulitids and other larger benthic foraminifera: applications in palaeoenvironmental analysis. *Earth-Science Reviews*, 67 (3-4): 219-265.
- Bond, D. P. G., Hilton, J. Wignall, P. B., Ali, J. R., Stevens, L. G., Sun, Y-D. Lai, X-L (2010a) The Middle Permian (Capitanian) mass extinction on land and in the oceans. *Earth-Science Reviews*, 102: 100-116.
- Bond, D. P. G., Wignall, P. B., Wang, W., Izon, G., Jiang, H-S., Lai, X-L., Sun, Y-D., Newton, R. J., Shao, L-Y., Vedrine, S., Cope, H (2010b) The mid-Capitanian (Middle Permian) mass extinction and carbon isotope record of South China. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 292: 282-294.
- Chen, B., Joachimski, M. M., Shen, S-Z., Lambert, L. L., Lai, X. L., Wang, X. D., Chen, J. Yuan, D. X (2013) Permian ice volume and palaeoclimate history: Oxygen isotope proxies revisited. *Gondwana Research*, 24: 77-89.
- Davydov, V. I., and Arefifard, S (2007) Permian fusulinid fauna of Gondwanan affinity from Kalmard Region, East-Central Iran and its significance for the tectonics and paleogeography. *Paleontologia Electronica*, 10: 1-40.
- Davydov, V. I., and Arefifard, S (2013) Middle Permian (Guadalupian) fusulinid taxonomy and biostratigraphy of the mid-latitude Dalan Basin, Zagros, Iran and their applications in paleoclimate dynamics and paleogeography. *Georabia*, 18: 17-62.
- Flügel, E (2010) *Microfacies of Carbonate Rocks: Analysis, Interpretation and Application*: Berlin, Heidelberg, New York, Springer-Verlag, 984p.
- Fujita, K., Okai, T., Hosono, T (2014) Oxygen metabolic responses of three species of large benthic foraminifers with algal symbionts to temperature stress. *PLoS ONE*, 9 (3): 1-8.
- Gates, L. M., James, N. P., Beauchamp, B (2004) A glass ramp: Shallow-water Permian spiculitic chert sedimentation, Sverdrup Basin, Arctic Canada. *Sedimentary Geology*, 168: 125-147.
- بزرگ و همزیست جلبکی آن‌ها فراهم نموده است که موقعیت‌های الیگوتروفیک کم عمق را برای زیست ترجیح می‌داده‌اند. آخرین افق ظهور فوزولینیدهای با پوسته بزرگ در برش دره همبست در بخش قاعده‌ای واحد ۳ سازند سورمق (وردین بالایی) است. با توجه به انقراض محلی فوزولینیدهای با پوسته بزرگ در سه برش مورد مطالعه که قبل از بحران زیستی انتهای گوادالوپین صورت گرفته می‌توان نتیجه گرفت که تغییرات آب و هوایی و افزایش میزان مواد غذایی در انقراض این ارگانیس‌ها نقش عمده‌ای داشته است.
- ### منابع
- عارفی‌فرد، س، آدابی، م، ح، خسروتهرانی، خ، شمیرانی، ا، آقائاتی، ع، دیویداف، و (۱۳۸۵) بیوستراتیگرافی سازندهای خان و جمال در مناطق کلمرد، شتری و شیرگشت (ایران مرکزی) بر مبنای فرامینیفرا (فوزولینید). *زمین‌شناسی ایران*، سال دوم، شماره ۴، ص ۳-۳۱.
- شاهین‌فر، س، یوسفی‌یگانه، ب، عارفی‌فرد، س (۱۳۹۸) بررسی ریزرخساره‌ها، تفسیر شرایط ته‌نشینی و تعیین مدل رسوبی نهشته‌های اواخر پرمین میانی و مرز گوادالوپین-لوپینگین در ناحیه آباده ایران، باختر پالئوتتیس. *رسوب‌شناسی کاربردی*، دوره ۷، شماره ۱۳، ص ۱۴۸-۱۳۱.
- یاسبلاغی شراهی، ص، یوسفی‌یگانه، ب، عارفی‌فرد، س، فرهپور، م. م (۱۳۹۹) واکاوی فرایندهای دیاژنزی سنگ‌آهک‌های کربناته سازند باغ‌ونگ در شمال طبس (خاور ایران مرکزی). *رسوب‌شناسی کاربردی*، دوره ۸، شماره ۱۵، ص ۲۲-۱.
- Alavi, M (1991) *Tectonic Map of the Middle East*. Tehran: Geological Survey of Iran.
- Angiolini, L., Gaetani, M., Muttoni, G., Stephenson, M. H., Zanchi, A (2007) Tethyan oceanic currents and climate gradients 300 my ago. *Geology*, 35: 1071-1074.
- Arefifard, S., and Isaacson, P. E (2011) Permian Sequence stratigraphy in east-central Iran: Microplate records of Peri-Tethyan and Peri-Gondwanan events. *Stratigraphy*, 8(1): 61-83.
- Arefifard, S (2019) Guadalupian cool versus warm water deposits in central Iran: a record of the Capitanian Kamura event. *Geological Magazine*, 156 (3): 430-446.
- Arefifard, S., and Payne, J. L (2020) End-Guadalupian extinction of larger fusulinids in central Iran and implications for the global biotic crisis. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 550: 109743.
- Balini, M., Mandrioli, R., Nicora, A., Angiolini, L., Vuolo, I., Sohrabi, Z., Bahramanesh, M (2016)

- Change in Europe. The Evolution of Neogene Terrestrial Systems in Europe 1, Cambridge University Press, UK, 274-308.
- Jones, A. C., Blum, J. E., Pawlik, J. R. (2005) Testing for defensive synergy in Caribbean sponges: Bad taste or glass spicules?. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 322: 67-81.
- Jost, A. B., Mundil, R., He, B., Brown, S. T., Altiner, D., Sun, Y-D., DePaolo, D. J., Payne, J. L. (2014) Constraining the cause of the end-Guadalupian extinction with coupled records of carbon and calcium isotopes. *Earth and Planetary Science Letters*, 396: 201-212.
- Kobayashi, F., and Ishii, K-I (2003) Permian fusulinacean of the Surmaq Formation in the Abadeh region, central Iran. *Rivista Italiano di Paleontologia Stratigrafia*, 109: 307-337.
- Korte, C., Jasper, T., Kozur, H. W., Veizer, J. (2005)  $\delta^{18}\text{O}_{\text{carb}}$  and  $\delta^{13}\text{C}_{\text{carb}}$  of Permian brachiopods: a record of seawater evolution and continental glaciation. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 224: 333-351.
- Large, R. R., Halpin, J. A., Lounejeva, E., Danyushevsky, L. V., Malsennikov, V. V., Gregory, D., Sack, P. J., Haines, P. W., Long, J. A., Makoundi, C., Stepamov, S. (2015) Cycles of nutrient trace elements in the Phanerozoic Ocean. *Gondwana Research*, 28: 1282-93.
- Leven, E. Ja., and Vaziri Moghaddam, H. (2004) Carboniferous–Permian stratigraphy and fusulinids of eastern Iran. The Permian in the Bagh-e Vang section (Shirgesht area). *Rivista Italiano di Paleontologia Stratigrafia*, 110: 441-65.
- Murchey, B. L., and Jones, D. L. (1992) A mid-Permian chert event: Widespread deposition of biogenic siliceous sediments in coastal, island arc and oceanic basins. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 96: 161-174.
- Nestell, G. P., and Nestell, M. K. (2010) Late Capitanian (latest Guadalupian, Middle Permian) radiolarians from the Apache Mountains, West Texas. *Micropaleontology*, 56(1-2): 7-68.
- Payne, J. L., and Clapham, M. E. (2012) End-Permian mass extinction in the oceans: an ancient analog for the twenty-first century? *Annual Review of Earth Planetary Science*, 40: 89-111.
- Prazeres, M., Uthicke, S., Pandolfi, J. M. (2015) Ocean acidification induces biochemical and morphological changes in the calcification process of large benthic foraminifera. *Proceeding of the Royal Society B- Biological Science*, 282: 1-11.
- Qiu, Z., and Wang, Q. (2011) Geochemical evidence for submarine hydrothermal origin of the Hottinger, L. (1997) Shallow benthic foraminiferal assemblages as signals for depth of their deposition and their limitations. *Bulletin de la Societe Geologique de France*, 168: 491-505.
- Hohenegger, J. (2004) Depth coenoclines and environmental considerations of Western Pacific larger foraminifera. *Journal of Foraminiferal Research*, 34: 9-33.
- Hallock, P. (1999) Symbiont-bearing foraminifera. In: Sen Gupta, B K (Ed.), *Modern Foraminifera*. Kluwer Academic, Dordrecht, 123-139.
- Hallock, P., Williams, D. E., Fisher, E. M., Toler, S. K. (2006) Bleaching in foraminifera with algal symbionts: implications for reef monitoring and risk assessment. *Anuário do Instituto de Geociências*, 29: 108-128.
- He, B., Xu, Y. G., Guan, J. P., Zhong, Y. T. (2010) Paleokarst on the top of the Maokou Formation: further evidence for domal crustal uplift prior to the Emeishan flood volcanism. *Lithos*, 119: 1-9.
- Heydari, E., Hassanzadeh, J., Wade, W. J. (2000) Geochemistry of central Tethyan Upper Permian and Lower Triassic strata, Abadeh region, Iran. *Sedimentary Geology*, 137: 85-99.
- Heydari, E., Hassanzadeh, J., Wade, W. J., Ghazi, A. M. (2003) Permian-Triassic boundary interval in the Abadeh section of Iran with implications for mass extinction: Part 1-Sedimentology. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 193: 405-423.
- Huang, H., Shi, Y. K., Jin, X. C. (2016) Permian (Guadalupian) fusulinids of Bawei Section in Baoshan Block, western Yunnan, China: Biostratigraphy, facies distribution and paleogeographic discussion. *Palaeoworld*, 26(1): 95-114.
- Ishiga, H. (1986) Late Carboniferous and Permian radiolarian biostratigraphy of Southwest Japan. *J. Geosci. Osaka City University*, 29: 89-100.
- Ishiga, H. (1990) Paleozoic radiolarians. In: K. Ichikawa, S. Mizutani, I. Hara, S. Hada and A. Yao (Editors), *Pre-Cretaceous Terranes of Japan*, IGCP Project, 224, 285-295.
- Isozaki, Y., Kawahata, H., Minoshima, K. (2007a) The Capitanian (Permian) Kamura Cooling Event: the beginning of the Paleozoic–Mesozoic transition. *Palaeoworld*, 16: 16-30.
- Isozaki, Y., Kawahata, H., Ota, A. (2007b) A unique carbon isotope record across the Guadalupian–Lopingian (Middle–Upper Permian) boundary in mid-oceanic paleoatoll carbonates: the high-productivity “Kamura event” and its collapse in Panthalassa. *Global Planetary Change*, 55: 21-38.
- Jones, R. W. (1999) Marine invertebrate (chiefly foraminiferal) evidence for the palaeogeography of the Oligocene-Miocene of western Eurasia, and consequences for terrestrial vertebrate migration. In: Agusti, J., Andrews, P., Rook, L. (Eds.), *Hominoid Evolution and Climatic*



- Vachard, D (1996) Quelques echos du Paleozoique. *Geochronique*, 58: 1-16.
- Vattanasak, H., Chonglakmani, C., Feng, Q., Morley, C. K (2020) Chert geochemistry, depositional setting, stratigraphic and structural significance for the Permian Nong Pong Formation, Khao Khwang Fold and Thrust Belt, Saraburi, Thailand. *Journal of Asian Earth Sciences*, 191: 104234.
- Voulo, I (2014) Conodont Biostratigraphy from Carboniferous and Permian Successions of Pamir, Central Iran and Tunisia. Ph.D. Thesis, Milan, 319p.
- Wonganan, N., and Caridroit, M (2007) Middle to Upper Permian radiolarian faunas from chert blocks in Pai area, northwestern Thailand. *Eclogae Geologicae Helvetiae*, 99: 133-139
- Wu, W., Liu, W., Mou, C., Liu, H., Qiao, Y., Pan, J., Ning, S., Zhang, X., Yao, J., Liu, J (2020) Organic-rich siliceous rocks in the upper Permian Dalong Formation (NW middle Yangtze): Provenance, paleoclimate and paleoenvironment. *Marine and Petroleum Geology*, 123: 104728.
- Yang, J., Cawood, P. A., Dua, Y., Condon, D. I., Yana, J., Liud, J., Huang, Y., Yuane, D (2018) Early Wuchiapingian cooling linked to Emeishan basaltic weathering? *Earth and Planetary Science Letters*, 492: 102-111.
- Yasbolaghi Sharahi, S., Yousefi Yeganeh, B., Arefifard, S., Vachard, D., Farahpour, M. M (2021) Biostratigraphy, taxonomy and paleobiogeography of the upper Cisuralian (upper Yakhtashian-Bolorian) foraminifers from east-central Iran, with clarification of the taxonomy of the fusulinid genera *Cuniculinella* and *Cuniculina* pre-occupied. *Journal of Paleontology*, 95 (81): 1-30.
- Middle-Upper Permian chert in Laibin of Guangxi, *Science China Earth Sciences*, 54: 1011-1023.
- Ross, C. A (1982) Paleobiology of fusulinaceans. In: *Proceedings- North American Paleontological Convention*, 3: 441-445.
- Ross, C. A (1992) Paleobiogeography of fusulinacean foraminifera: Studies in Benthic foraminifera, Sendai, 1990. Tokai University Press, Tokyo, 23-31.
- Ross, C. A (1995) Permian fusulinaceans. In: Scholle, P A, Peryt, T M, Ulmer-Scholle, D S (Eds.), *Permian of Northern Pangea. Paleogeography, Paleoclimate, Stratigraphy 1* Springer-Verlag, New York, Berlin, 167-185
- Shahinfar, S., Yousefi Yeganeh, B., Arefifard, S., Vachard, D., Payne, J. L (2020) Refined foraminiferal biostratigraphy of upper Wordian, Capitanian and Wuchiapingian strata in Hambast Valley, Abadeh region (Iran), and paleobiogeographic implications. *Geological Journal*, 55: 6255-6279.
- Shi, L., Feng, Q., Shen, J., Ito, T., Chen, Z-Q (2016) Proliferation of shallow-water radiolarians coinciding with enhanced oceanic productivity in reducing conditions during the Middle Permian, South China: evidence from the Gufeng Formation of western Hubei Province. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 444: 1-14.
- Stanley, S. M., and Yang, X. N (1994) A double mass extinction at the end of the Paleozoic Era. *Science*, 266: 1340-1344.
- Taraz, H., Golshani, F., Nakazawa, K., Shimizu, D., Bando, Y., Ishii, K-I., Maurata, M., Okimura, Y., Sakagami, S., Nakamura, K., Tokuoka, T (1981) The Permian and the Lower Triassic systems in Abadeh region, central Iran. In: *Memoirs of the Faculty of Science, Kyoto University, Series of Geology and Mineralogy*, 47: 62-133.
- Tsuyoshi, I., Zhang, L., Feng, Q., Atsushi, M (2013) Guadalupian (Middle Permian) Radiolarian and Sponge Spicule Faunas from the Bancheng Formation of the Qinzhou Allochthon, South China. *Journal of Earth Science*, 24(2): 145-156.
- Tucker, M. E., and Wright, V. P (1990) *Carbonate Sedimentology*. Blackwell, Oxford, 482p.
- Ueno, K (2001) Jinzhangia, a new staffellid fusulinoidea from the Middle Permian Daozi Formation of the Baoshan Block, West Yunnan, China. *Journal of Foraminiferal Research*, 31: 233-243.
- Ueno, K (2003) The Permian fusulinoidean faunas of the Sibumasu and Baoshan Blocks: their implications for the paleogeographic and paleoclimatologic reconstruction of the Cimmerian Continent. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 193: 1-24.