

# جلبک‌های آهکی نهشته‌های پرمین البرز مرکزی: رهیافت محیطی و چینه‌نگاری سکانشی

حسین مصدق<sup>۱</sup> و محمد لنکرانی<sup>۲\*</sup>

<sup>۱</sup> دانشکده علوم زمین، دانشگاه دامغان، دامغان، ایران

<sup>۲</sup> دانشکده زمین‌شناسی، پردیس علوم، دانشگاه تهران، تهران، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۸۷/۱۰/۰۷ تاریخ پذیرش: ۱۳۸۷/۱۲/۱۴

## چکیده

رخساره‌های کربناتی پرمین در البرز مرکزی، دارای جلبک‌های آهکی فراوانی هستند. بررسی این رخساره‌ها منجر به شناسایی گونه‌های مختلفی از سیانوباکتری‌ها، جلبک‌های سبز داسی کلاداسه و ژیمنو کودیاسه و جلبک‌های فیلیوید شده است. در این نهشته‌ها، جلبک‌های فیلیوید در رخساره‌های آهکی مرتبط با پشته‌های کربناتی شناسایی شده‌اند. سیانوباکتری‌ها کم و بیش به صورت قشرساز در رخساره‌های کشنیدی تا لاگونی رمپ درونی گسترش داشته و جلبک‌های سبز داسی کلاداسه و ژیمنو کودیاسه به طور عمده در رخساره‌های کم‌ژرفای رمپ درونی یافت شده‌اند. جلبک‌های ژیمنو کودیاسه نسبت به داسی کلاداسه‌ها تا ژرفای بیشتری گسترش داشته‌اند. حضور سیانوباکتری‌ها در توالی‌های رسوبی منطبق بر مرز سکانشی نوع اول بوده است. جلبک‌های فیلیوید در رخساره‌های مرتبط با سطح پیشروی سکانش حضور داشته و بیشترین فراوانی جلبک‌های سبز داسی کلاداسه و ژیمنو کودیاسه در پیرامون بیشترین سطح غرقایی و سیستم تراکت تراز بالا ثبت شده است. فراوانی جلبک‌های سبز آهکی از قاعده به رأس پاراسکانش‌های کربناتی افزایش نشان می‌دهد. فراوان شدن جلبک‌های سبز آهکی ارتباط نزدیکی با گرم‌شدگی اقلیمی و گذر از شرایط سردخانه‌ای به گلخانه‌ای در پرمین البرز نشان می‌دهد.

**کلیدواژه‌ها:** پرمین، البرز مرکزی، جلبک‌های آهکی، شرایط محیطی، چینه‌نگاری سکانشی.

\* نویسنده مسئول: محمد لنکرانی

E-mail: mlankarani@khayam.ut.ac.ir

## ۱- مقدمه

رخساره‌های گسترده‌ای از سنگ‌های پرمین در پهنه البرز وجود دارد. یکی از این برونزدها، که دارای ستبرای قابل توجهی است، برش گدوک البرز مرکزی (۱۰ کیلومتری خاور فیروزکوه) است که در مختصات جغرافیایی "۵۳' ۰۵" ۵۲° طول خاوری و "۲۵' ۴۹" ۳۵° عرض شمالی واقع است (شکل ۱). توالی رسوبی پرمین در این ناحیه به ستبرای ۳۵۰ متر در شمال جاده آسفالت فیروزکوه- قائم‌شهر قابل دسترسی است (شکل ۲). این توالی از دو سازند دورود (پرمین زیرین) و روته (پرمین میانی) تشکیل یافته و سازند نسن در آن، همچون دیگر نقاط دامنه جنوبی البرز، به چشم نمی‌خورد. سازند دورود در این برش، یک سازند مختلط آواری- کربناتی (Mixed Siliciclastic-Carbonate) و کل سازند روته کربناتی است (Lankarani et al., 2009). این مجموعه با ناپیوستگی فرسایشی بر روی آهک‌های کربنیفر زیرین (سازند مبارک) قرار گرفته و با واسطه ناپیوستگی دیگری که با افق‌های لاتریت- بوکسیتی مشخص می‌شود، توسط طبقات آهکی و دولومیتی تریاس زیرین (سازند الیکا) پوشانده می‌شود.

جلبک‌های آهکی (Calcareous algae) که از سازنده‌های مهم سنگ‌های کربناتی در طول تاریخ زمین‌شناسی به شمار می‌روند، در نهشته‌های پرمین البرز از فراوانی و تنوع قابل توجهی برخوردارند. در برش مورد بررسی، این جلبک‌ها در سازند دورود کمیاب بوده و تنها در رخساره‌های مختلط آواری- کربناتی بخش‌های بالایی آن حضور دارند. در حالی که این جلبک‌ها در سازند روته از اجزای زیستی اصلی رخساره‌های آهکی بوده و فراوانی و تنوع خوبی نشان می‌دهند.

جلبک‌های آهکی پالئوزوییک البرز توسط دیرین‌شناسانی چون Bozorgnia (1973) و Mehrnush & Partoazar (1977) بررسی و معرفی شده‌اند. این بررسی‌ها به طور عمده دربرگیرنده مطالعات سیستماتیک جلبک‌ها، تشخیص انواع گونه‌ای و تعیین سن آنها بوده و کمتر از دیدگاه تحلیل محیطی و ارتباط رخساره‌ای مورد توجه قرار گرفته است. در پژوهش حاضر، افزون‌بر شناسایی انواع جلبک‌های آهکی، ارتباط رخساره‌ای این جلبک‌ها و نحوه پراکندگی آنها در نیمرخ سکوی کربناتی مورد بررسی قرار گرفته و از این سازنده‌های زیستی در تحلیل شرایط

محیطی دیرینه و تفسیر نوسانات نسبی سطح آب دریای پرمین البرز استفاده شده است. لازم به یادآوری است که تحلیل رخساره‌های رسوبی بررسی شده، در مقاله Lankarani et al. (2009) و تفسیر سکانش‌های رسوبی و سیستم تراکت‌ها، در مقاله لنکرانی و امینی (۱۳۸۷) به طور مفصل بیان شده و در این جا تنها به بیان ارتباط میان جلبک‌های آهکی، زیرمحیط‌های رسوبی و سیستم تراکت‌های مختلف پرداخته شده است.

## ۲- روش‌های بررسی

برای انجام این پژوهش، پس از بررسی‌های کلی، توالی رسوبی برش گدوک به دلیل تنوع سنگ‌شناختی، مشخص بودن واحدهای زیرین و بالایی، سهولت دسترسی، عدم تغییرشکل ساختاری و ستبرای قابل ملاحظه به عنوان نمایانگر نهشته‌های پرمین البرز مرکزی انتخاب شد. پس از پیمایش‌های صحرایی و اندازه‌گیری ستون چینه‌ای، ۱۰۰ نمونه سنگی جهت یافته بر مبنای تغییرات سنگ‌شناختی انتخاب و مورد بررسی قرار گرفت. مقاطع نازک تهیه شده از این نمونه‌ها توسط محلول آلزاین سرخ و فروسیانید پتاسیم بر اساس روش Dickson (1966) رنگ‌آمیزی شدند. از جدول‌های مقایسه‌ای Bacelle & Bosellini (1965) در تعیین درصد فراوانی اجزای تشکیل دهنده رخساره‌ها استفاده شده و شاخص اندازه اجزاء (Clasticity index) بر مبنای روش Carozzi (1989) تعیین شده است. مرجع و مبنای تشخیص گونه‌های جلبکی، Riding & Guo (1991) و Mehrnush & Partoazar (1977) و Bozorgnia (1973) بوده است. به منظور تعیین و نمایش میزان فراوانی جلبک‌های آهکی در رخساره‌ها از روش برآورد نیمه کمی (Semi-quantitative) Gallagher (1998) استفاده شده است. شناسایی رخساره‌های کربناتی در برش بررسی شده، بر پایه مشاهدات صحرایی و بررسی‌های آزمایشگاهی و به روش Flugel (2004) صورت پذیرفته و در نهایت با دسته‌بندی جلبک‌های آهکی، ارتباط آنها با رخساره‌های موجود مورد بررسی قرار گرفته است. به منظور تشخیص و تفکیک سکانش‌ها و سیستم تراکت‌های مختلف و رسم منحنی تغییرات نسبی سطح آب دریای پرمین در البرز مرکزی از مدل سکانش

رسوبی ارائه شده توسط (Hunt & Tucker 1992) استفاده شده است.

### ۳- انواع جلبکی و ارتباط رخساره‌های

بر اساس بررسی‌های میکروسکوپی در برش گدوگ، گونه‌های فسیلی از سیانوباکتری‌ها (Cyanobacteria)، جلبک‌های سبز داسی کلاداسه (Dasycladacean) و ژیمنو کودیاسه (Gymnocodiacean) و جلبک‌های فیلوئید (Phylloid algae) شناسایی شده است. سیانوباکتری‌ها، که پیش‌تر با نام جلبک‌های سبز - آبی شناخته می‌شدند، در این آهک‌ها به طور عمده در رخساره‌های پیرامون کشندی (Peritidal) رمپ داخلی به چشم می‌خورند. Tubiphytes و مهم‌ترین سیانوباکتری‌های شناخته شده در این مجموعه به شمار می‌روند. Tubiphytes دارای ساختمانی لخته‌ای شکل و قشرساز به رنگ تیره متشکل از یک سری باندهای غیر یکنواخت با یک سیستم کانال مرکزی است. این جنس که از کرینفر تا کرتاسه گسترش داشته، در پرمین فراوان بوده است (Riding & Guo, 1991). گونه *Tubiphytes obscurus* شاخص پرمین میانی (Guadalupean) در این توالی شناخته شده است (لنکرانی و مصدق، ۱۳۸۷) (شکل ۳). *Girvanella* جنس دیگری از سیانوباکتری‌ها است که از پرمین به طور گسترده‌ای گزارش شده است (Riding & Guo, 1991). این سیانوباکتری در رخساره‌های گدوگ بیشتر به صورت قشرساز (Encruster) در پیرامون اجزای اسکلتی چون دوکفه‌ای و روزن‌بر دیده شده و در مواردی بر اثر دیاژنز به میکرایت تجزیه یافته است. گونه *Girvanella wetheredi* در این توالی تشخیص داده شده است (شکل ۳). جلبک‌های سبز داسی کلاداسه جلبک‌هایی ایستاده و درخت مانند و به نسبت ستر دیواره با دیواره‌های حفره‌دار بوده‌اند (Bucur & Sarasan, 2005). این جلبک‌ها که از کرینفر تا پلوسن در دوره‌هایی با تناوب ۲۰ تا ۵۰ میلیون ساله فراوان شده‌اند، بیشترین تنوع را در پرمین، کرتاسه زیرین و پالئوسن نشان می‌دهند (Aguirre & Riding, 2005). در دوران پالئوزیک، بیشترین تنوع این دسته جلبک‌ها از گوادالوپین گزارش شده است (Riding & Guo, 1991). داسی کلاداسه‌ها، جلبک‌های سبز دریایی کف‌زی بوده‌اند که بخش خارجی تالوس آنها عموماً به شدت کلسیتی شده و به همین علت نسبت به دیگر جلبک‌های سبز نگاهت رسوبی بهتری از خود در تاریخ زمین‌شناسی به جا گذاشته‌اند. داسی کلاداسه‌ها کم و بیش در تمامی ادوار زمین‌شناسی در لاگون‌های پشت ریفی و خلیج‌های کم‌ژرفا می‌زیسته و در اساس به رخساره‌های آب‌های شفاف و گرم محدود بوده‌اند (Wray, 1977; Elliot, 1991). گونه‌های *Mizzia* sp., *Macroporella apachena*, *Vermiporella niponica*, *Vermiporella* sp. از آهک‌های سازند روته در این برش شناسایی شده‌اند (شکل‌های ۳ و ۴). جلبک‌های ژیمنو کودیاسه که در منابع مرجع جدید جزو جلبک‌های سبز رده‌بندی می‌شوند (Bucur, 1994)، دارای اسکلتی افراشته، استوانه‌ای و کیسه‌ای شکل با بخش درونی رشته‌ای و دیواره‌ای نازک و حفره‌دار بوده‌اند (Riding & Guo, 1991). ژیمنو کودیاسه‌ها ترکیبی آراگونیتی داشته و اسکلت آنها تحت تأثیر دیاژنز، کلسیتی شده و یا با رسوب پر شده است (Flügel, 2004). این گروه از دونین میانی تا اواخر تریسیری می‌زیسته و در پرمین از بیشترین فراوانی برخوردار بوده‌اند. آنها در تشکیل رخساره‌های وکستون - پکستونی زیست‌آواری در رمپ‌های کربناتی پرمین میانی - بالایی حوضه تیس نقش اساسی ایفا کرده‌اند (Flügel, 2004). ژیمنو کودیاسه‌ها، به همراه داسی کلاداسه‌ها، رخساره‌های غیرریفی آب‌های دریایی را تشکیل می‌دادند (Riding & Guo, 1991). گونه‌های *Permocalcalus* sp. و *Gymnocodium* sp. این جلبک‌ها در آهک‌های سازند روته تشخیص داده شده‌اند (شکل ۳).

جلبک‌های فیلوئید (Phylloid algae) به طور عمده از کرینفر بالایی - پرمین گزارش شده‌اند. فیلوئید یک اصطلاح ریخت‌شناختی (به معنای برگ مانند) است و از

این نظر هم جلبک‌های سبز و هم جلبک‌های سرخ را شامل می‌شود. ساختمان داخلی جلبک‌های فیلوئید بیشتر بر اثر دیاژنز از میان می‌رود. در پرمین زیرین (Cisuralian)، فیلوئیدها در تشکیل ریف‌ها نقش اساسی داشته‌اند اما فراوانی این جلبک‌ها از پرمین میانی (گوادالوپین) رو به افول نهاده است (Riding & Guo, 1991). جلبک‌های فیلوئید در رخساره‌های آهکی بخش میانی سازند روته شناسایی شده‌اند (شکل ۴).

بررسی‌های صورت گرفته بر روی نهشته‌های کربناتی یادشده نشان داده که جلبک‌های سبز داسی کلاداسه و ژیمنو کودیاسه به طور عمده در رخساره‌های لاگونی و پشت ریفی رمپ درونی گسترش داشته‌اند (Lankarani et al., 2009)؛ در حالی که سیانوباکتری‌ها بیشتر به صورت قشرساز در رخساره‌های کشندی تا لاگونی کم‌ژرفای رمپ درونی به چشم می‌خورند. جلبک‌های داسی کلاداسه بزرگ در زیر محیط‌های پر انرژی همچون پشته‌های کربناتی زیست‌آواری (Bioclastic carbonate shoal) فراوان بوده‌اند. جلبک‌های سبز ژیمنو کودیاسه در این توالی کربناتی همراه با رخساره‌های کم‌ژرفا دیده می‌شوند ولی نسبت به داسی کلاداسه‌ها تا ژرفای بیشتری گسترش نشان می‌دهند (شکل ۵). این جلبک‌های آهکی، بویژه در اواخر گوادالوپین، در زیر محیط‌های دارای انرژی کم تا متوسط رمپ درونی به عنوان یک تولید کننده مهم رسوب عمل کرده‌اند. جلبک‌های فیلوئید در این مجموعه به طور عمده در رخساره‌های آهکی مرتبط با پشته‌های کربناتی (Carbonate shoal) فراوان بوده‌اند (شکل ۵).

### ۴- جلبک‌ها و سکانس‌های رسوبی

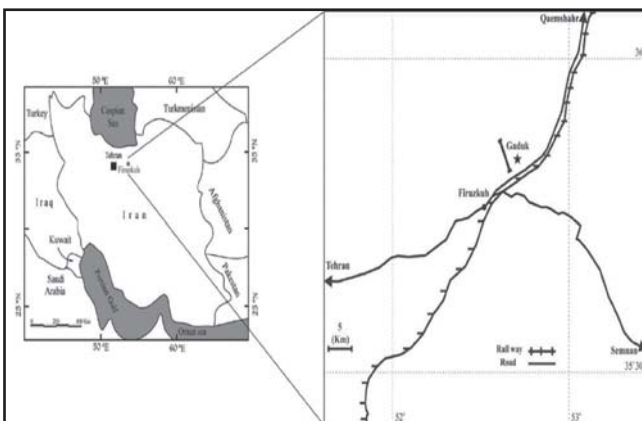
چینه‌نگاری سکانسی (Sequence stratigraphy) علمی است که توالی‌های رسوبی را بر مبنای سکانس‌های سازنده آنها مورد تجزیه و تحلیل قرار داده و تأثیر تغییرات نسبی سطح آب دریا را در پیدایش رخساره‌ها و محیط‌های رسوبی مختلف بررسی می‌کند. یک سکانس رسوبی (Depositional sequence) به توالی نسبتاً پیوسته‌ای از طبقات که با هم ارتباط زایشی داشته و در قاعده و رأس با ناپیوستگی‌ها یا پیوستگی‌های هم‌ارز آنها محدود شده‌اند، گفته می‌شود (Mitchum, 1977). هر سکانس از اجزای کوچک‌تری به نام سیستم‌تراکت (Systems tract) تشکیل می‌شود که هر سیستم‌تراکت معرف وضعیت مشخصی از سطح نسبی آب دریاست. تشخیص سطوح اصلی سکانسی (Stratal surface) برای تفکیک سکانس‌ها و سیستم‌تراکت‌های مختلف ضروری است. این سطوح شامل مرز سکانسی (SB)، سطح افت آب دریا (firs)، سطح پیشروی (ts) و بیشترین سطح غرقابی (mfs) هستند. از آن جا که مرز سکانسی و بیشترین سطح غرقابی کلیدی‌ترین سطوح سکانسی به شمار می‌آیند (Galloway, 1989)، در این بررسی نیز تأکید اصلی بر شناسایی این سطوح بوده است. با عنایت به این که تغییرات در محتوای فسیلی طبقات رسوبی متأثر از تغییرات سطح آب دریا و جابه‌جایی محیط‌های رسوبی است (Embry, 2002)، بدین منظور افزون‌بر توجه به ویژگی‌های رسوب‌شناختی واحدهای سنگی، محتوای فسیلی آنها نیز به عنوان معیار در تفکیک سیستم‌تراکت‌ها مورد توجه قرار گرفته است. از آن جا که جلبک‌های آهکی در نهشته‌های کربناتی پرمین از فراوانی و تنوع بالایی برخوردارند و از سوی دیگر، این سازنده‌های زیستی از مهم‌ترین شاخصه‌های ژرفاسنجی در رخساره‌های کربناتی به شمار می‌روند (Aguirre & Riding, 2005)، در این بررسی نحوه پراکندگی و فراوانی آنها در تشخیص سکانس‌ها و سیستم‌تراکت‌ها مورد استفاده قرار گرفته است.

بررسی‌های سکانسی در برش مورد بررسی نشان می‌دهد که در رخساره‌های مرتبط با افت سطح آب دریا هیچ‌گونه جلبک سبزی دیده نمی‌شود. فراوانی و تنوع جنس‌های جلبک‌های سبز آهکی (داسی کلاداسه و ژیمنو کودیاسه) در هنگام پایین بودن نسبی سطح آب دریا نیز ناچیز بوده و در مقابل، بیشترین فراوانی و تنوع این

البرز مرکزی به شمار می‌روند. بررسی انواع جلبکی، میزان فراوانی و نحوه پراکندگی آنها در رخساره‌های کربناتی این برش، وجود ارتباط میان این جلبک‌ها و رخساره‌های وابسته به بخش‌های مختلف سکوی کربناتی را اثبات می‌کند. بررسی‌های آزمایشگاهی صورت گرفته در این توالی رسوبی به شناسایی گونه‌های مختلفی از سیانوباکتری‌ها، جلبک‌های سبز داسی‌کلاداسه و ژیمنوکودیاسه و جلبک‌های فیلوئید انجامیده است. گونه‌های *Girvanella wetheredi* و *Tubiphytes obscurus* از سیانوباکتری‌ها شناسایی شدند که بیشتر به صورت قشرساز در رخساره‌های کشتی تا لاگونی رمپ داخلی به چشم می‌خورند. همچنین گونه‌های *Mizzia sp.*, *Macroporella apachena*, *Vermiporella niponica*, *Vermiporella sp.* از جلبک‌های سبز داسی‌کلاداسه تشخیص داده شدند که به طور عمده با رخساره‌های وابسته به بخش‌های کم‌ژرفا و لاگونی رمپ درونی همراه بوده‌اند. از جلبک‌های سبز ژیمنوکودیاسه، گونه‌های *Permocalcalus sp.* و *Gymnocodium sp.* در این توالی رسوبی شناسایی شده‌اند. این جلبک‌ها نیز همراه با رخساره‌های کم‌ژرفا دیده می‌شوند اما نسبت به داسی‌کلاداسه‌ها، تا ژرفای بیشتری گسترش نشان می‌دهند. جلبک‌های فیلوئید به طور عمده در رخساره‌های آهکی مرتبط با پشته‌های کربناتی (Carbonate shoal) فراوان بوده‌اند. بررسی‌های چینه‌نگاری سکاسنی و بررسی ارتباط میان جلبک‌های آهکی و فراوانی آنها با سطوح کلیدی سکاسنی و سیستم‌تراکت‌های تشکیل دهنده سکاسن‌های رسوبی مشخص ساخت که سیانوباکتری‌ها به طور عمده در موقعیت مرز سکاسنی نوع اول گسترش داشته‌اند. جلبک‌های فیلوئید در رخساره‌های مرتبط با سطح پیشروی حضور داشته و بیشترین فراوانی جلبک‌های سبز داسی‌کلاداسه و ژیمنوکودیاسه بر ادوار بالا بودن نسبی سطح آب دریا منطبق بوده است. فراوانی جلبک‌های سبز آهکی در رخساره‌های گسترش یافته در سیستم‌تراکت تراز بالا همواره نسبت به سیستم‌تراکت پیشرونده بیشتر بوده است. مقایسه درصد جلبک‌های سبز آهکی در رخساره‌های بخش‌های قاعده‌ای پاراسکاسن‌ها با بخش‌های رأسی نشان داده که این مقدار از کمتر از ۳۰٪ در قاعده پاراسکاسن‌ها به بیش از ۳۰٪ در بخش‌های بالایی می‌رسد. این نوشتار با نشان دادن اهمیت جلبک‌های آهکی در تحلیل شرایط محیطی دیرینه و تفسیر نوسان‌های نسبی سطح آب دریا، استفاده از آنها را در بررسی‌های مشابه به پژوهشگران علوم‌زمین توصیه می‌کند.

### سپاسگزاری

نویسندگان مقاله از رهنمودهای سازنده داوران محترم که موجب ارتقای کیفیت متن حاضر شده است، نهایت امتنان را دارند.



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی برش گدوک در البرز مرکزی و راه‌های دسترسی به آن

جلبک‌ها بر ادوار بالا بودن نسبی سطح آب دریا منطبق بوده است. سیانوباکتری‌ها به طور عمده در همراهی با رخساره‌های کشتی یافته در مرز سکاسنی نوع اول دیده می‌شوند. جلبک‌های فیلوئید، همچون سیانوباکتری‌ها، در توالی رسوبی حضور محدود داشته و تنها در رخساره‌های پشته کربناتی توسعه یافته در سطح پیشروی (ts) به چشم می‌خورند. این جلبک‌ها، به سبب نرخ رشد و بازیابی سریع، می‌توانند به عنوان ابزار مفیدی برای تشخیص سطوح غرقابی (Flooding surface) در سکاسن (همچون سطح پیشروی و بیشترین سطح غرقابی) مورد استفاده قرار گیرند.

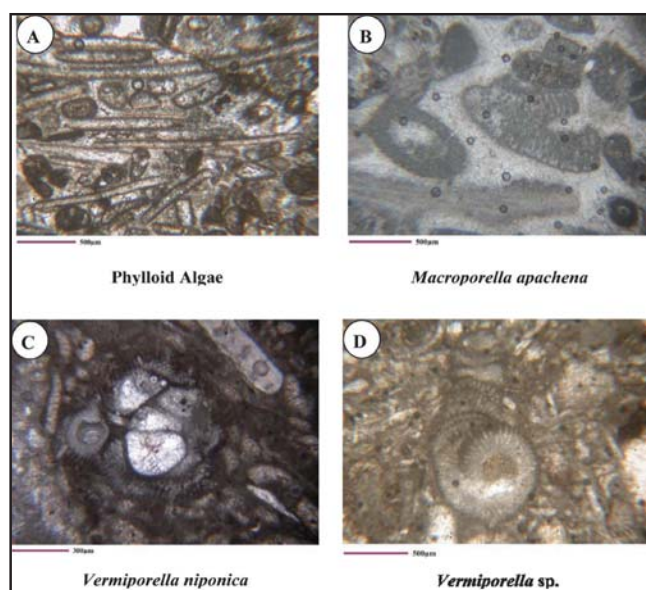
فراوانی جلبک‌های سبز آهکی و تنوع جنس‌ها و گونه‌های آنها با تغییرات سطح آب دریا و دمای دیرین ارتباط تنگاتنگی دارد (Aguirre & Riding, 2005) (شکل ۶). علت این ارتباط آن است که زیست‌بوم این موجودات، محیط‌های دریایی گرم و کم‌ژرفا بوده است و از این رو، در دوران‌های گلخانه‌ای (Green-house) که این محیط‌ها بیشترین گسترش را دارند، فراوانی و تنوع این زیست‌مندان نیز افزایش نشان می‌دهد. از سوی دیگر، در دوره‌های گلخانه‌ای، به دلیل ذوب یخ‌های قطبی، سطح جهانی آب دریاها بالا آمده و دریاهای سکویی در سطح فلات‌های قاره‌ای (Continental shelf) به پیشینه گسترش خود می‌رسد. بنابراین توسعه محیط‌های سکویی شرایط مساعدی را برای شکوفایی این زیست‌مندان فراهم می‌کرده است. رخداد یخچال‌زایی (Glaciation) گسترده در سطح ابرقاره گندوانا در اواخر کربنیفر (Ross & Ross, 1987) منجر به توسعه شرایط سردخانه‌ای (Ice-house) و افت جهانی سطح آب دریاها شد. این رخداد به صورت گسترش ناپیوستگی عمده مرز کربنیفر-پرمین در البرز ثبت شده است. با شروع دوره گلخانه‌ای و ذوب یخچال‌های گندوانا (Deglaciation) در پرمین زیرین، سطح آب دریاها در البرز، هم‌پای دیگر نقاط جهان، شروع به بالا آمدن کرد و یک رمپ کربناتی گرمسیری در این ناحیه توسعه یافت. این شرایط به نفع جلبک‌های آهکی تمام شده و فراوانی و تنوع آنها در این برهه به پیشینه خود رسید. پژوهش حاضر روشن ساخته که بیشترین فراوانی جلبک‌های سبز آهکی در واحدهای رسوبی البرز مرکزی در گوادالوپین بالایی (Upper Guadalupian) بوده است (شکل ۷). این زمان با بیشترین بالاآمدگی سطح آب دریاها در پرمین انطباق کامل نشان می‌دهد (Ross & Ross, 1987). آفانباتی (۱۳۸۳) نیز بیشترین گسترش دریای پرمین را در زمان رسوبگذاری سازند روته (پرمین میانی) می‌داند. بررسی‌های سکاسنی مشخص ساخته که فراوانی جلبک‌های سبز آهکی در رخساره‌های گسترش یافته در سیستم‌تراکت پیشرونده (TST) همواره کمتر از ۳۰٪ بوده است. علت این امر به احتمال سطح انرژی بالای محیط و رخداد غرقاب‌های پی در پی در این مرحله بوده که در عمل مانع از انباشت بالای جلبک‌های سبز در محیط می‌شده است. رخساره‌های سیستم‌تراکت تراز بالای آب دریا (HST) به طور عمده دارای مقادیر بالایی (بیش از ۳۰٪) از این جلبک‌ها بوده‌اند. علت این امر آن است که در این مرحله، برابری نسبی میزان تأمین رسوب (Sediment supply) با میزان فضای رسوبگذاری (Accommodation space) موجب ایجاد توازن در حوضه و گسترش محیط‌های آرام و کم‌ژرفا می‌شود که این شرایط برای نمو جلبک‌های آهکی به طور کامل مساعد است. همچنین از قاعده به رأس پاراسکاسن‌های کم‌ژرفا شونده (Shallowing upward) بخش بالایی توالی گدوک، فراوانی این اجزاء در رخساره‌ها افزایش می‌یابد. به طوری که این مقدار در بخش‌های قاعده‌ای (واجد رخساره‌های رمپ میانی) کمتر از ۳۰٪ و در بخش‌های بالایی پاراسکاسن‌ها (واجد رخساره‌های رمپ درونی) عموماً بیش از ۳۰٪ بوده است (شکل ۷).

### ۵- نتیجه‌گیری

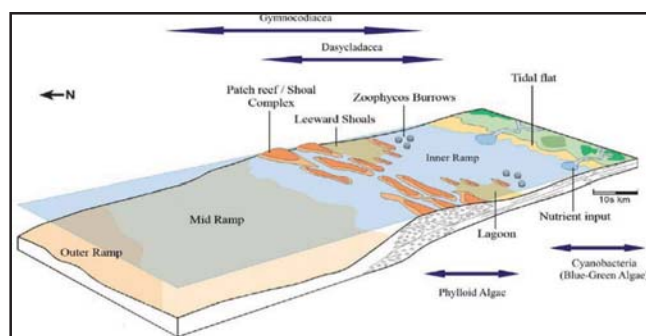
جلبک‌های آهکی از مهم‌ترین سازنده‌های زیستی نهشته‌های پرمین برش گدوک در



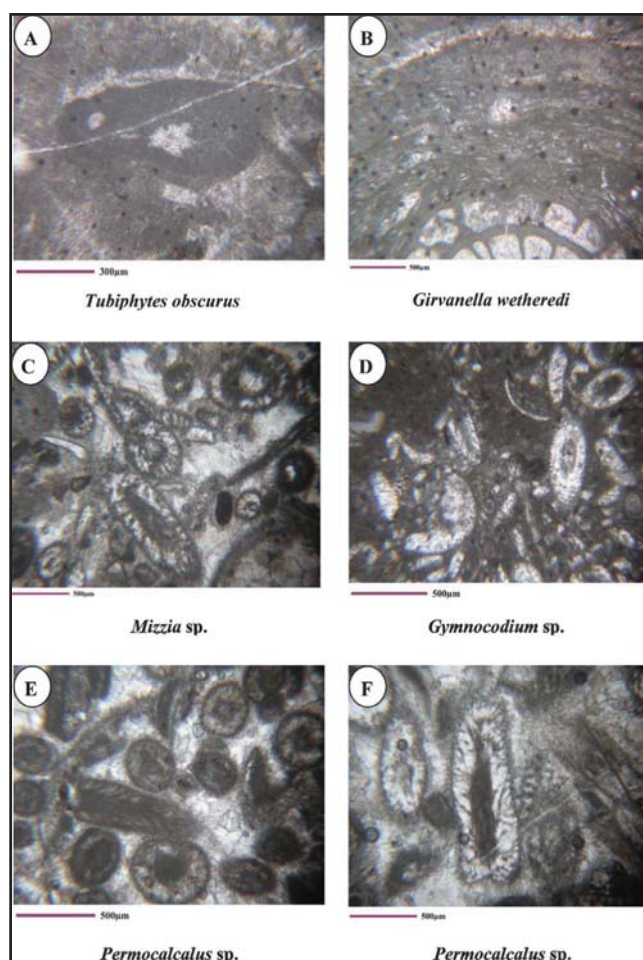
شکل ۲- برونزد نهشته‌های پالتوزویک بالایی و مزوزویک زیرین در شمال خاوری فیروزکوه، البرز مرکزی. مرز میان سازندها با خط چین مشخص شده است.



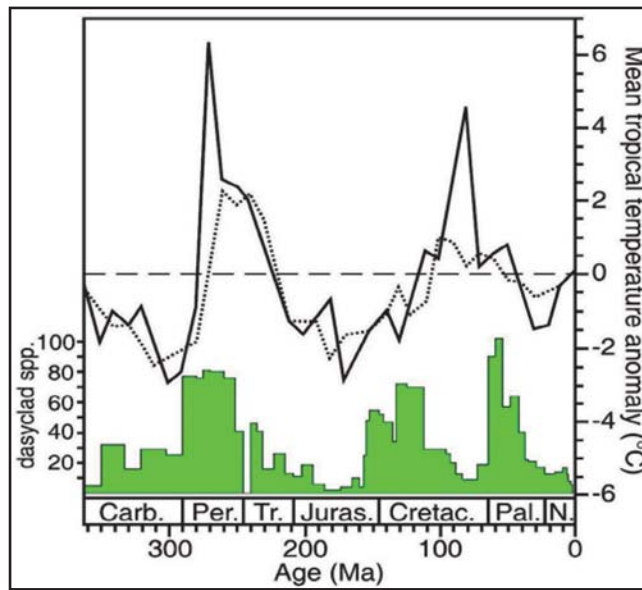
شکل ۴- جلبک‌های آهکی پرمین در برش گدوک البرز مرکزی



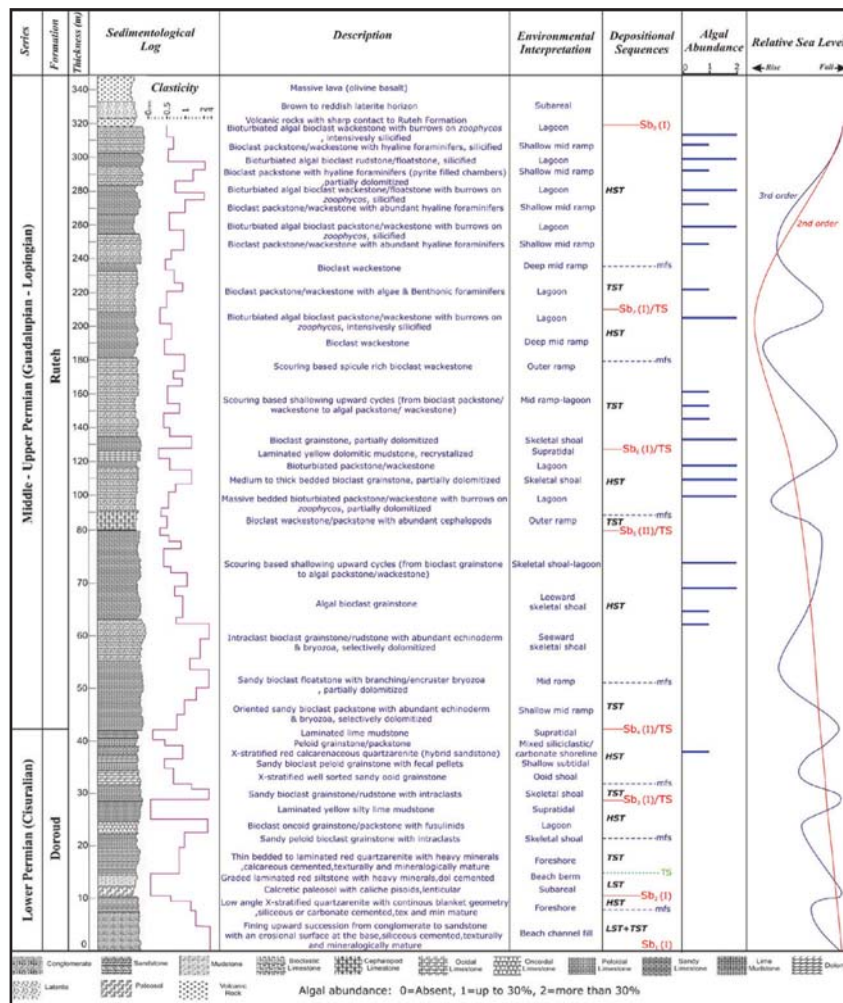
شکل ۵- پراکنندگی جلبک‌های آهکی در نیمرخ رمپ کربناتی هم‌شیب، پرمین البرز مرکزی



شکل ۳- جلبک‌های آهکی پرمین در برش گدوک البرز مرکزی



شکل ۶- تنوع گونه‌های جلبک‌های سبز آهکی در ارتباط با دمای دیرین (از Aguirre & Riding, 2005)



شکل ۷- نمودار رسوب‌شناختی برش مورد بررسی، رخساره‌های تشکیل دهنده، شرایط محیطی رخساره‌ها و منحنی تغییرات نسبی سطح آب دریای پرمین در البرز مرکزی

## کتابنگاری

- آقاباتی، س.ع.، ۱۳۸۳- زمین‌شناسی ایران، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، ۵۸۳ صفحه.
- لنکرانی، م.، امینی، ع.، ۱۳۸۷- چینه‌نگاری سکانسی نهشته‌های پرمین (ابرسکانس آبروکای میانی) در ناحیه گدوگ، البرز مرکزی، فصلنامه زمین‌شناسی ایران، سال دوم، شماره هشتم، صفحه ۴۵-۲۹.
- لنکرانی، م.، مصدق، ح.، ۱۳۸۷- جلبک‌های آهکی نهشته‌های پرمین البرز مرکزی: طبقه‌بندی و ارتباط رخساره‌ای، مجموعه مقالات دومین همایش انجمن دیرینه‌شناسی ایران، صفحه ۱۰۵-۱۰۸.

## References

- Aguirre, J. & Riding, R., 2005- Dasycladalean Algal Biodiversity Compared with Global Variations in Temperature and Sea Level over the Past 350 Myr, *PALAIOS*, 20: 581-588.
- Bacelle, L. & Bosellini, A., 1965- Diagrammi per la stima visiva della composizione percentuale nelle rocce sedimentarie, *Sci.Geol.Paleont*, 1: 59-62.
- Bozorgnia, F., 1973- Paleozoic Foraminiferal Biostratigraphy of Central and East Alborz Mountains (Iran), N.I.O.C Pub, No.4, 183 p.
- Bucur, I. I. & Sasaran, E., 2005- Relationship between algae and environment: an early Cretaceous case study, *Transcau Mountains, Romania, Facies*, 51: 274-286.
- Bucur, I. I., 1994- Lower Cretaceous Halimedaceae and Gymnocodiaceae from southern Carpathians and Apuseni Mountains (Romania) and the systematic position of the Gymnocodiaceae, *Beiträge zur Paläontologie*, 19: 13-37.
- Carozzi, A.V., 1989- Carbonate rock depositional model: a microfacies approach, Prentice Hall, 604 p.
- Dickson, J. A. D., 1966- Carbonate identification and genesis as revealed by staining, *J. Sed.Petrol*, 36: 491-505.
- Elliott, G. F., 1991- Dasycladacean algae of the Palaeozoic and Mesozoic, In: Riding R. (ed.) *Calcareous algae and stromatolites*, Springer, pp125-130.
- Embry, A., 2002- Transgressive-Regressive (T-R) Sequence Stratigraphy, *Gulf Coast Association of Geological Societies Transactions*, 52: 151-172.
- Flügel, E., 2004- *Microfacies of Carbonate rocks*, Springer-Verlag, 976 p.
- Gallagher, S. J., 1998- Controls on the distribution of calcareous Foraminifera in the Lower Carboniferous of Ireland, *Marine Micropaleontology*, 34: 187-211.
- Galloway, W. E., 1989- Genetic Stratigraphic Sequences in basin analysis (I), architecture and genesis of flooding-surface bounded depositional units, *AAPG Bulletin*, 73: 125-142.
- Hunt, D. & Tucker, M. E., 1992- Stranded parasequences and the forced regressive wedge systems tract: deposition during base-level fall, *Sed.Geol.*, 81: 1-9.
- Lankarani, M., Amini, A. & Mosadegh, H., 2009- Facies Analysis and Depositional Environment of the Permian Siliciclastic-Carbonate Transition, Central Alborz, Iran. *Journal of Damghan University of Basic Sciences*, 2: 25-36.
- Mehrnush, M. & Partoazar, H., 1977- Selected microfauna of Iran, G.S.I. Rep No.33, 397p.
- Mitchum, R. M., 1977- Glossary of terms used in seismic stratigraphy, In: Payton C.Z. (ed.): *Seismic stratigraphy - applications to hydrocarbon exploration*, AAPG Bull, 26: 205-212.
- Riding, R. & Guo, L., 1991- Permian marine calcareous algae. In: Riding R. (ed.) *Calcareous algae and stromatolites*. Springer. pp452-480.
- Ross, C. A. & Ross, J. R. P., 1987- Late Paleozoic sea level and depositional sequences. *Cushman Foundation for Foraminifera Research, Spec.pub.*24: 137-149.
- Wray, J. L., 1977- *Calcareous Algae*, Elsevier Scientific Publishing Company, 185 p.

**Keywords:** Seismic Tomography, Tomogram, Dam, Seepage, Seismic, Inversion, Lugeon, Seepage Potential

For Persian Version see pages 71 to 78

\*Corresponding author: Y. Sharghi; E-mail: YSharghi@sut.ac.ir

## Calcareous Algae of the Permian Deposits in Central Alborz: An Environmental and Sequence Stratigraphic Approach

H. Mosadegh<sup>1</sup> & M. Lankarani<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup> Faculty of Geoscience, Damghan University, Damghan, Iran

<sup>2</sup> Faculty of Geology, University College of Science, University of Tehran, Tehran, Iran

Received: 2008 December 27

Accepted: 2009 March 04

### Abstract

The carbonate facies of Permian in Gaduk area (Central Alborz) are dominated by calcareous algae. Study of the facies resulted in recognition of several species of Cyanobacteria, Dasycladacean and Gymnociodacean green algae and also Phylloid algae. In the studied succession, Phylloid algae are identified in carbonate shoal facies. Cyanobacteria mostly occurred in tidal to lagoonal facies, as encrusters. Dasycladacean and Gymnociodacean green algae mostly occurred in inner ramp facies. Gymnociodaceans were found in deeper parts in comparison to Dasycladaceans. Occurrence of Cyanobacteria in depositional sequences coincides with type-one sequence boundaries. Phylloid algae are identified in the facies related to transgressive surfaces and maximum abundance of Dasycladaceans and Gymnociodaceans was found around maximum flooding surfaces and in highstand systems tracts. Abundance of the calcareous algae shows an increasing trend from the base to the top of carbonate parasequences. Proliferation of the calcareous algae was found in close relationship to climate warming and ice-house to green-house transition in Permian of Alborz.

**Keywords:** Permian, Central Alborz, Calcareous Algae, Environmental Condition, Sequence Stratigraphy

For Persian Version see pages 79 to 84

\* Corresponding author: M. Lankarani ; E\_mail: mlankarani@khayam.ut.ac.ir

## Various stages of Sulfide Mineralization in Sargaz Volcanogenic Massive Sulfide Deposit, Northwest Jiroft, Southern Sanandaj-Sirjan

Z. Badrzadeh<sup>1\*</sup>, M. Sabzehei<sup>2</sup>, E. Rastad<sup>1</sup>, M. H. Emami<sup>2</sup>, D. Gimeno<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Department of Geology, Faculty of Basic Sciences, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran.

<sup>2</sup>Geological Survey of Iran, Tehran, Iran.

<sup>3</sup>University of Barcelona, Barcelona, Spain.

Received: 2008 April 22

Accepted: 2009 April 06

### Abstract

The Sargaz massive sulfide deposit is situated near Jiroft (south-east Kerman), in the southern Sanandaj-Sirjan Zone. The host rocks are Upper Triassic to lower Jurassic(?) pillow basalt. The occurrence of mineralization in basaltic to basaltic andesite, the existence of Jaspilite and Fe-Mn horizons in distal part of the deposit, the occurrence of a stringer zone discordantly under massive ore, the presence of pyrite as the main sulfide mineral, brecciated textures and mineralogical zonation in the massive ore, all suggest that the Sargaz deposit can be classified as a volcanogenic massive sulfide deposit. The mineralogy is reasonably simple, with pyrite being the main sulfide mineral, with lesser chalcopyrite and sphalerite. On the basis of different generation of minerals, shape, size, their mutual geometry, relative timing of crosscutting structures and replacement features, brecciated textures and mineralogical zonation indicate that the growth history of the Sargaz deposit was complex due to syn and post depositional processes. Based on mineralogical, textural and paragenetic relationships, four principal stages of mineralization are recognized. Stage I mainly consist of fine grained pyrite (As rich), and locally sphalerite, quartz and barite. Framboidal pyrite, colloform