

زیست‌چینه‌نگاری سازند آب‌تلخ بر مبنای نانوفسیل‌های آهکی در حوضه کپه‌داغ خاوری، برش‌های چینه‌شناسی جلیل‌آباد (جنوب باختر کلات) و روستای آب‌تلخ (خاور مشهد)

فریبا فروغی^۱، انوشیروان لطفعلی‌کنی^۲، سیلویا کاردین^۳ و محمد وحیدی‌نیا^۴

^۱ دانشجوی دکترا، گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم‌زمین، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران

^۲ استادیار، گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم‌زمین، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران

^۳ دکترا، مرکز تحقیقات زیست‌تنوع و محیط‌دیرینه (UMR CNRS 7072)، دانشگاه پیر و ماری کوری، پاریس ۶، فرانسه

^۴ دانشیار، گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۰۱/۱۷ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۲/۰۵/۱۴

چکیده

حوضه رسوبی کپه‌داغ در شمال‌خاوری ایران، در ناحیه‌ای بین مرز ایران با ترکمنستان و افغانستان واقع شده و شامل توالی‌های دریایی ژوراسیک تا نوژن می‌باشد. سازند آب‌تلخ یکی از واحدهای سنگی کرتاسه بالایی حوضه رسوبی کپه‌داغ است که بیشترین ضخامت را در خاور این حوضه به خود اختصاص داده است. سازند آب‌تلخ از لحاظ نانوفسیل‌های آهکی، دارای فراوانی و غنای بسیار زیاد و دارای حفظ‌شدگی خوب تا متوسط بوده و حاوی جامعه فسیلی متعلق به قلمرو تئیس است. برای مطالعه نانوفسیل‌های این سازند، ۲۲۰ نمونه از برش جلیل‌آباد و ۴۶۷ نمونه از برش روستای آب‌تلخ از قدیم به جدید رسوبات رأس سازند آبدراز، سازند آب‌تلخ و قاعده سازند نیزار برداشت و برای مطالعات نانوفسیلی آماده‌سازی شده است. ضخامت سازند آب‌تلخ در برش جلیل‌آباد ۱۳۲۵/۸ متر و در برش روستای آب‌تلخ ۱۷۶۵ متر اندازه‌گیری شده است. در این مطالعات، ۱۱۶ گونه نانوفسیلی از ۴۳ جنس و ۱۵ خانواده شناسایی شده است. برای طبقه‌بندی زیست‌چینه‌نگاری برش‌های جلیل‌آباد و روستای آب‌تلخ از الگوی تصحیح شده (Sissingh (1977) توسط Perch-Nielsen (1985) و الگوی Burnett (1998) استفاده شده است. زیست‌زون‌های نانوفسیلی سازند آب‌تلخ در برش جلیل‌آباد، به ترتیب از قاعده تا رأس شامل CC19 و CC20، CC21، CC22، CC23a از الگوی تصحیح شده (Sissingh (1977) توسط Perch-Nielsen (1985) و زیرزون‌های UC15e^{TP}، UC15b^{TP}، UC14d^{TP} و UC15c^{TP}، UC15d^{TP}، UC15e^{TP} و زون UC16 از الگوی Burnett (1998) است. در برش روستای آب‌تلخ این سازند از زیست‌زون CC19 (UC14d^{TP}) شروع و تا زون CC23a (UC16) ادامه می‌یابد. بدین ترتیب سن بخش پسین کامپانین پیشین (Late Early Campanian) تا انتهای ترین بخش کامپانین پسین (latest Campanian) برای سازند آب‌تلخ در برش‌های جلیل‌آباد و روستای آب‌تلخ پیشنهاد می‌شود.

کلیدواژه‌ها: برش جلیل‌آباد، برش روستای آب‌تلخ، سازند آب‌تلخ، حوضه رسوبی کپه‌داغ، قلمرو تئیس، نانوفسیل‌های آهکی.

***نویسنده مسئول:** فریبا فروغی

E-mail: fariba.foroughi86@gmail.com

۱- پیش‌گفتار

حوضه رسوبی کپه‌داغ در شمال و شمال‌خاور ایران واقع شده است. در این حوضه توالی‌های نسبتاً کاملی از رسوبات مزوزویک و ترشیری وجود دارند. کامل‌ترین نهشته‌های کرتاسه ایران، در این حوضه با ضخامتی بالغ بر ۶۵۰۰ متر وجود دارد (افشارحرب، ۱۳۷۳). طوری که کرتاسه پایینی شامل سازندهای شورجه، تیرگان، سرچشمه، سنگانه و آیتامیر بوده و کرتاسه بالایی با سازندهای آبدراز، آب‌تلخ، نیزار و کلات ادامه می‌یابد. محققان بسیاری، مطالعات خود را در زمینه‌های مختلف معطوف به این حوضه نموده‌اند، از جمله افشارحرب (۱۳۷۳)؛ (Kalandari (1969)؛ (Seyed-Emami (1980)؛ (Afshar-Harb (1983 & 1962)؛ (Raisossadat & Moussavi-Harami (2000)؛ (Seyed-Emami & Aryai (1981)؛ (Hadavi & Khodadadi (2002)؛ (Hadavi & Notghi Moghadam (2010)؛ (Mahanipour et al. (2011) و (Vahidinia et al. (2011) مطالعات خود را بر روی زیست‌چینه‌نگاری و رسوب‌شناسی واحدهای کرتاسه (برایزین- مایستریشتین) این حوضه متمرکز نموده‌اند. تاکنون مطالعات زیست‌چینه‌ای اندکی بر اساس نانوفسیل‌های آهکی بر روی سازند آب‌تلخ انجام شده است. تحقیق حاضر به مطالعه نانوفسیل‌های آهکی این سازند، تبیین زیست‌زون‌های نانوفسیلی و مقایسه آنها با یکدیگر و تعیین سن نسبی سازند آب‌تلخ، در برش‌های چینه‌شناسی جلیل‌آباد و روستای آب‌تلخ، طی زمان تشکیل آن می‌پردازد.

۲- مطالعات پیشین بر اساس نانوپلانکتون‌های آهکی

سازند آب‌تلخ در حوضه کپه‌داغ خاوری و در بخش ایرانی آن از وسعت و

۳- موقعیت و زمین‌شناسی نواحی مورد مطالعه

حوضه رسوبی کپه‌داغ، به صورت حوضه‌ای باریک در ناحیه‌ای بین ترکمنستان، افغانستان و ایران واقع شده است (شکل ۱- الف). این حوضه در بخش شمالی حوضه تئیس (Berberian & King, 1981; Glennie, 2000)، قرار داشته و شامل توالی‌های رسوبات دریایی از ژوراسیک تا نوژن می‌باشد. سازند آب‌تلخ یکی از واحدهای کرتاسه بالایی کپه‌داغ است که در بخش خاوری این حوضه وسعت و گسترش زیادی دارد (Stocklin & Setudehnia, 1991). نام آن از روستای آب‌تلخ ۷۷ کیلومتری شمال خاور مشهد گرفته شده است (افشار حرب، ۱۳۷۳).

نواحی مورد مطالعه، شامل برش جلیل‌آباد در ۳ کیلومتری جاده کلات به دره گز و جنوب باختر شهرستان کلات، در شمال مشهد، واقع شده است و برش روستای آب‌تلخ در خاور مشهد، در ۱۴۵ کیلومتری مسیر جاده مشهد- سرخس، جاده روستای بزنگان و ۵ کیلومتر بعد از روستای کاریزک، در نزدیکی روستای متروکه آب‌تلخ قرار دارد (شکل ۱- ب).

سازند آب‌تلخ با لیتولوژی مارن‌های آهکی و گاه سیلتی خاکستری، سبز تا آبی بر روی آخرین واحد آهک گل سفیدی (Chalky Limestone) به رنگ سفید تا نخودی سازند آبدراز قرار گرفته و خود توسط سازند نیزار با لیتولوژی ماسه‌سنگ و مارن‌های سیلتی و آهک‌های خاکستری پوشیده می‌شود.

در برش‌های مورد مطالعه، سازند آب‌تلخ با مارن‌های سبز و آبی تا خاکستری بروی آخرین واحد آهک گل سفیدی نخودی رنگ سازند آبدراز قرار می‌گیرد (شکل‌های ۲- الف و ۳- الف). در برش‌های مورد مطالعه، مارن‌های سیلتی خاکستری تا سبز افق‌های انتهایی سازند آب‌تلخ، توسط ماسه‌سنگ‌های خاکستری تا زرد حاوی ساخت‌های جریانی و آثار فسیلی (Trace Fossil) سازند نیزار پوشیده می‌شود. در محل مرز این سازند و سازند نیزار در برش جلیل‌آباد، دو افق از سیلت‌های قرمز رنگ به ضخامت ۵ تا ۷ سانتی‌متر و به فاصله ۲ متر از یکدیگر وجود دارد و در برش روستای آب‌تلخ، تناوبی از ماسه‌سنگ، سیلت‌های خاکستری و لایه‌های سیلتی قرمز رنگ نازک لایه، قابل مشاهده است که تا کنون از این سازند گزارش نشده است (شکل‌های ۲- ب و ۳- ب).

برش‌های مورد مطالعه، سازند آب‌تلخ با مارن‌های سبز و آبی تا خاکستری بروی آخرین واحد آهک گل سفیدی نخودی رنگ سازند آبدراز قرار می‌گیرد (شکل‌های ۲- الف و ۳- الف). در برش‌های مورد مطالعه، مارن‌های سیلتی خاکستری تا سبز افق‌های انتهایی سازند آب‌تلخ، توسط ماسه‌سنگ‌های خاکستری تا زرد حاوی ساخت‌های جریانی و آثار فسیلی (Trace Fossil) سازند نیزار پوشیده می‌شود. در محل مرز این سازند و سازند نیزار در برش جلیل‌آباد، دو افق از سیلت‌های قرمز رنگ به ضخامت ۵ تا ۷ سانتی‌متر و به فاصله ۲ متر از یکدیگر وجود دارد و در برش روستای آب‌تلخ، تناوبی از ماسه‌سنگ، سیلت‌های خاکستری و لایه‌های سیلتی قرمز رنگ نازک لایه، قابل مشاهده است که تا کنون از این سازند گزارش نشده است (شکل‌های ۲- ب و ۳- ب).

۴- روش‌های آماده‌سازی و مطالعات زیست‌چینه‌نگاری

برای مطالعات زیست‌چینه‌نگاری، ۲۲۰ نمونه از برش جلیل‌آباد، سازندهای آبدراز (۶ نمونه)، سازند آب‌تلخ (۲۰۱ نمونه) و سازند نیزار (۱۳ نمونه) و ۴۶۷ نمونه از برش روستای آب‌تلخ، سازندهای آبدراز (۱۰ نمونه)، آب‌تلخ (۴۴۶ نمونه) و سازند نیزار (۱۱ نمونه) برداشت شده است. برای برداشت نمونه‌های تازه و غیرهوازده، نمونه برداری از عمق ۳۰ تا ۷۰ سانتی‌متری و با رعایت اصول عدم آلودگی انجام گرفته است. نمونه‌های جمع‌آوری شده به روش ته‌نشست ثقلی (Gravity Settling) که شرح آن در Bown (1998) آورده شده، آماده‌سازی و سپس توسط میکروسکوپ نوری Axioplan Imaging II Zeiss با بزرگنمایی X ۱۵۷۰ در دانشگاه UPMC، پاریس ۶ فرانسه، مطالعه و عکس برداری شده است. برای مطالعات زیست‌چینه‌نگاری، از هر اسلایدی که به روش ته‌نشست ثقلی تهیه شده، ۳ تا ۵ ردیف (Traverse) به صورت اتفاقی (Randomly) بررسی شده است. برای تعیین زیست‌زون‌های مربوطه از اولین و آخرین حضور گونه‌های شاخص نانوفسیلی استفاده شده است. برای طبقه‌بندی زیست‌چینه‌نگاری برش‌های مورد مطالعه، از الگوهای مندرج تصحیح شده (Sissingh, 1977) توسط Perch-Nielsen (1985) و نیز الگوی Burnett (1998) بهره‌گرفته شده است.

۵- حفظ‌شدگی، تنوع و فراوانی نانوفسیل‌های آهکی

برای تعیین میزان حفظ‌شدگی نانوفسیل‌های آهکی، از الگوی معرفی شده

۶- بحث

الگوهای زیست‌چینه‌نگاری نانوفسیل‌های آهکی زمان کامپانین (Campanian) در قلمرو تئیس (Tethyan realm) توسط Manivit (1971) و Thierstein (1971 & 1973) و Sissingh (1977) و تصحیح شده آن توسط Perch-Nielsen (1985) و Burnett (1998) ارائه شده است. برای تعیین زیست‌زون‌ها از اولین حضور (FO: First Occurance) و آخرین حضور (LO: Last Occurance) گونه‌های شاخص نانوفسیلی استفاده شده است. زیست‌زون‌های شناخته شده در برش چینه‌شناسی جلیل‌آباد و روستای آب‌تلخ از قاعده تا رأس به شرح ذیل است:

۶-۱. زیست‌زون CC19 *Calculites ovalis* Zone, (معادل با زیرزون UC14d^{TP})

زیست‌زون CC19 *Calculites ovalis* Zone توسط Sissingh (1977) معرفی شده است. محدوده این زیست‌زون از آخرین حضور (LO) گونه *Marthastrites furcatus* تا اولین حضور (FO) گونه *Ceratolithoides aculeus* مشخص می‌شود. زیرزون UC14d^{TP} نیز توسط Burnett (1998) معرفی شده است. این زیرزون از اولین حضور (FO) گونه *Ceratolithoides verbeekii* تا اولین حضور گونه *Miscenomarginatus pleniporus* (FO) شناخته می‌شود و معادل با بخشی از زیست‌زون CC19 است (Bown, 1998). در این زیست‌زون، اولین حضور (FOs) گونه‌های *Reinhardtites levis* و *Staurolithites mielnicensis* گزارش شده است. گونه *Staurolithites mielnicensis* که در قلمرو تئیس حضور داشته و اولین حضور (FO) آن بعد از اولین حضور (FO) گونه *Bukryaster hayi* می‌باشد، به همراه گونه‌های نانوفسیلی *Aspidolithus parvus parvus*، *Ceratolithoides verbeekii* در اولین توالی‌های قاعده برش جلیل‌آباد مشاهده شده است. بخشی از این زیست‌زون در رسوبات برش روستای آب‌تلخ در سازند آبدراز (۱۳/۲ متر) وجود دارد. در این مطالعات جنس *Aspidolithus* معادل *Brownsonia* (Bown, 1998) در نظر گرفته شده است.

بر اساس الگوی تصحیح شده (Sissingh, 1977) توسط Perch-Nielsen (1985) و الگوی (Burnett, 1998) بخشی از این زون در آخرین واحد آهک‌های گل سفیدی و مارن‌های رسوبات رأسی سازند آبدراز (۲۰/۲ متر) و قاعده رسوبات سازند آب‌تلخ (۵۴/۶ متر) به ضخامت ۷۴/۸ متر در برش جلیل‌آباد قرار دارد. در این زیست‌زون جامعه نانوفسیل‌های آهکی، همراه با غنای خوب بوده و دارای حفظ‌شدگی متوسط (M) هستند. با توجه به حضور این زون در این سری از رسوبات، سن انتهای کامپانین پیشین (late Early Campanian) برای آن پیشنهاد می‌شود.

از آنجایی که گونه *Marthastrites furcatus* در این بخش از رسوبات یافت نشده و گونه *Miscenomarginatus pleniporus* نیز در رسوبات کامپانین این حوضه تشخیص داده نشده است، بنابراین زیرزون UC15a^{TP} معادل با بخش بالایی زون CC19، در این حوضه غیرقابل شناسایی است.

۶-۲. زیست‌زون CC20 *Ceratolithoides aculeus* Zone, (معادل با زیرزون UC15b^{TP})

زیست‌زون CC20 *Ceratolithoides aculeus* Zone توسط

می‌دهند، اما در بخش‌های بالایی آن حفظ‌شدگی ضعیف (P) بوده و از فراوانی نانوفسیل‌ها کاسته می‌شود.

– محدوده زیرزون UC15d^{TP} که توسط Burnett (1998) معرفی شده، از اولین حضور (FO) گونه *Uniplanarius trifidus* شروع و تا اولین حضور (FO) گونه *Eiffellithus parallelus* ادامه می‌یابد. ضخامت این زیرزون، در برش جلیل‌آباد ۱۸۵ متر و در روستای آب‌تلخ ۵۷ متر تعیین شده است. فراوانی نانوفسیل‌های آهکی در این سری از رسوبات نیز زیاد بوده و حفظ‌شدگی متوسط (M) تا خوب (G) دارند. سن این زیرزون تقریباً بخش پیشین کامپانین پسین (early Late Campanian) می‌باشد.

– محدوده زیرزون UC15e^{TP} که توسط Burnett (1998) معرفی شده، از اولین حضور (FO) گونه *Eiffellithus parallelus* شروع و تا آخرین حضور (LO) گونه *Eiffellithus eximius* ادامه می‌یابد. ضخامت ۵۷۲/۴ متر از برش جلیل‌آباد و ۱۱۱۲ متر از برش روستای آب‌تلخ، به این زیرزون اختصاص دارد. در این زیرزون، اولین حضور (FOs) گونه‌های *Quadrum svabenickae* و *Monomarginatus* و آخرین حضور (LOs) گونه‌های *Rucinolithus magnus* و *Lithastrinus grillii* مشاهده شده است. قابلیت حفظ‌شدگی در بخش‌های بالایی این زیرزون، به شدت ضعیف (P) و فراوانی نانوفسیل‌ها در آن کم می‌باشد. سن این زیرزون، در این بخش از رسوبات سازند آب‌تلخ، تقریباً بخش پیشین کامپانین پسین (early Late Campanian) تا بخش پسین کامپانین پسین (late Late Campanian) می‌باشد.

قاعده زیست‌زون CC22 و قاعده زیرزون UC15d^{TP} با اولین حضور *Uniplanarius trifidus* (FO) شروع می‌شود و آخرین حضور (LO) گونه *Reinhardtites anthophorus* تقریباً معادل با آخرین حضور (LO) گونه *Eiffellithus eximius* است (Perch-Nielsen, 1985; Bown, 1998; Burnett, 1998)، لذا محدوده بالایی زیرزون UC15e^{TP} با محدوده بالایی زیست‌زون CC22 معادل می‌باشد و دو زیرزون UC15d^{TP} و UC15e^{TP} معادل زیست‌زون CC22 در نظر گرفته شده‌اند. جامعه نانوفسیلی این زیست‌زون کمابیش مشابه با زیست‌زون‌های قبلی است. سن این بخش از رسوبات سازند آب‌تلخ، تقریباً بخش پیشین کامپانین پسین (early Late Campanian) تا بخش پسین کامپانین پسین (late Late Campanian) می‌باشد.

۶-۵. بخشی از زیست‌زون *Tranolithus orionatus* Zone, CC23a (معادل با زیست‌زون UC16)

زیست‌زون *Tranolithus orionatus* (CC23a) توسط Sissingh (1977) معرفی شده است. محدوده این زیست‌زون از بیوزوناسیون تصحیح شده Sissingh (1977) توسط Perch-Nielsen (1985)، از آخرین حضور (LO) گونه *Reinhardtites anthophorus* در قاعده، تا آخرین حضور (LO) گونه *Tranolithus orionatus* در رأس است.

محدوده زون UC16 که توسط Burnett (1998) معرفی شده، با آخرین حضور (LO) گونه *E. eximius* شروع و تا آخرین حضور (LO) گونه *A. parvus constrictus* ادامه می‌یابد. این زیست‌زون معادل زون *Tranolithus orionatus* (CC23a) است (Burnett, 1998; Bown, 1998).

این زیست‌زون بعد از زون *Uniplanarius trifidus* Zone, CC22 معادل با زیرزون‌های UC15d^{TP} و UC15e^{TP} قرار گرفته و ضخامت ۱۷/۴ متر از رسوبات رأسی سازند آب‌تلخ در برش جلیل‌آباد و ۱۵۸ متر در برش روستای آب‌تلخ را شامل می‌شود. قابلیت حفظ‌شدگی در زیست‌زون UC16، به شدت ضعیف (P) و فراوانی نانوفسیل‌ها در آن کم بوده و لیتولوژی آن مارن‌های سیلیتی سبز تا آبی است. از آنجایی که گونه‌های *Tranolithus orionatus*، *Aspidolithus parvus constrictus*

(1969) Cepek and Hay و (1976) Martini معرفی شده است. محدوده این زیست‌زون از اولین حضور (FO) گونه *Ceratolithoides aculeus* تا اولین حضور (FO) گونه *Uniplanarius sissinghii* مشخص می‌شود. زیرزون UC15b^{TP} نیز که توسط Burnett (1998) معرفی شده، معادل با زون CC20 در نظر گرفته شده است. این زون بعد از زیست‌زون *Calculites ovalis* Zone, CC19 معادل با زیرزون UC14d^{TP} در برش جلیل‌آباد قرار گرفته است. قاعده سازند آب‌تلخ در برش روستای آب‌تلخ، با این زون آغاز می‌شود.

این زیست‌زون در برش جلیل‌آباد ۵۴/۴ متر و در برش روستای آب‌تلخ ۶۵ متر ضخامت دارد. اولین حضور (FOs) گونه‌های *Rucinolithus magnus*، *Ceratolithoides cf. arcuatus* و *Lithastrinus grillii* و *Uniplanarius gothicus* در این زیست‌زون می‌باشد. جامعه فسیلی همراه این زیست‌زون، مشابه زون قبلی است که با کمیت‌های متفاوتی در این سری از رسوبات حضور دارند. این زیست‌زون، همچنان از غنای خوب نانوفسیلی و حفظ‌شدگی متوسط (M) تا خوب (G) برخوردار است. سن این زیست‌زون تقریباً بخش پیشین کامپانین پسین (late Early Campanian) می‌باشد.

۶-۳. زیست‌زون *Uniplanarius sissinghii* Zone, CC21 (معادل با زیرزون UC15c^{TP})

زیست‌زون *Uniplanarius sissinghii* (CC21) توسط Sissingh (1977) معرفی شده است. محدوده آن شامل اولین حضور (FO) گونه *Uniplanarius sissinghii* تا اولین حضور (FO) گونه *Uniplanarius trifidus* می‌باشد. زیرزون UC15c^{TP} نیز که توسط Burnett (1998) معرفی شده، معادل با زون CC21 در نظر گرفته شده است.

این زیست‌زون بعد از زون *Ceratolithoides aculeus* Zone, CC20 معادل با زیرزون UC15b^{TP} قرار گرفته و در برش جلیل‌آباد ۴۴۲ متر و در برش روستای آب‌تلخ ۳۷۳ متر ضخامت دارد. اولین حضور (FO) گونه *Ceratolithoides arcuatus* در این زون گزارش شده است (Bown, 1998). در این زیست‌زون از سازند آب‌تلخ، گونه‌های حدواسط بین *Ceratolithoides aculeus* و *Ceratolithoides arcuatus* تشخیص داده شده است. جامعه فسیلی این سری از رسوبات، مشابه زیست‌زون‌های قبلی است که با کمیت‌های متفاوتی در این سری از رسوبات یافت می‌شوند. در این زیست‌زون، اولین حضور (FO) گونه *Reinhardtites levis* مشاهده شده است. گونه‌های حدواسط بین *Reinhardtites anthophorus* و *Reinhardtites levis* نیز در این زیست‌زون و زون‌های قبلی این برش‌ها حضور داشته‌اند. نانوفسیل‌های آهکی در این سری از رسوبات، از فراوانی بسیار خوبی برخوردار بوده و حفظ‌شدگی خوب (G) تا متوسطی (M) را از خود نشان می‌دهند. برای این زیست‌زون، سن بخش پیشین کامپانین پسین (early Late Campanian) پیشنهاد می‌شود.

۶-۴. زیست‌زون *Uniplanarius trifidus* Zone, CC22 (معادل با زیرزون‌های UC15d^{TP} و UC15e^{TP})

زیست‌زون *Uniplanarius trifidus* Zone (CC22) توسط Sissingh (1977) و Bukry and Bramlette (1970) معرفی شده است. محدوده این زیست‌زون از اولین حضور (FO) گونه *Uniplanarius trifidus* تا آخرین حضور (LO) گونه *Reinhardtites anthophorus* است. این زیست‌زون، بعد از زون *Uniplanarius sissinghii* Zone (CC21) معادل با زیرزون UC15c^{TP} قرار داشته و بیشترین ضخامت را در ستون چینه‌شناسی به خود اختصاص داده است. بر اساس بیوزوناسیون تصحیح شده Sissingh (1977) توسط Perch-Nielsen (1985) این زیست‌زون دارای ضخامت ۷۵۷/۴ متر در برش جلیل‌آباد و ضخامت ۱۱۶۹ متر در برش روستای آب‌تلخ می‌باشد. فراوانی نانوفسیل‌های آهکی در بخش‌های پایینی این سری از رسوبات زیاد بوده و حفظ‌شدگی متوسط (M) تا خوب (G) را از خود نشان

معلی نبوده و می‌تواند حاصل این رخداد باشد. همزمان با این رویداد جهانی، کم شدن تنوع و فراوانی نانوفسیل‌ها در زیست‌زون UC16 که همراه با تغییرات لیتولوژی است، در بخش‌های بالایی سازند آب‌تلخ در هر دو برش ملاحظه می‌شود.

در توالی جانبی از سمت برش جلیل‌آباد (شمال باختر) به طرف برش روستای آب‌تلخ (شمال خاور) افزایش ضخامت سازند آب‌تلخ مشاهده می‌شود. طوری که ضخامت سازند آب‌تلخ در برش روستای آب‌تلخ از ۱۳۲۵/۸ متر ضخامت، به ۱۷۶۵ متر می‌رسد. قاعده سازند آب‌تلخ در برش جلیل‌آباد، با زیست‌زون CC19 (UC14d^{TP}) و در برش روستای آب‌تلخ با زیست‌زون CC20 (UC15b^{TP}) آغاز می‌شود. ضخامت زیست‌زون CC20 (UC15b^{TP}) در هر دو برش، تفاوت قابل ملاحظه‌ای با هم ندارند. ضخامت زیست‌زون CC21 (UC15c^{TP}) در برش جلیل‌آباد (۴۴۲ متر) از ضخامت بیشتری نسبت به روستای آب‌تلخ (۳۷۳ متر) برخوردار است. زیست‌زون CC22 نیز در برش روستای آب‌تلخ (۱۱۶۹ متر)، دارای ضخامت بیشتری نسبت به برش جلیل‌آباد (۷۵۷/۴ متر) است. ضخامت زیرزون UC15d^{TP} به ترتیب در برش جلیل‌آباد ۱۸۵ متر و در روستای آب‌تلخ ۵۷ متر است. اما در زیرزون UC15e^{TP} ضخامت در برش روستای آب‌تلخ از ۱۱۱۲ متر به ۵۷۲/۴ متر می‌رسد که تفاوت قابل ملاحظه‌ای را نشان می‌دهد. زیست‌زون CC23a (UC16) نیز در برش روستای آب‌تلخ، از ضخامت بیشتری برخوردار است. فاصله افقی برش‌های جلیل‌آباد و روستای آب‌تلخ، تقریباً ۵۰ کیلومتر است. ازدیاد ضخامت سازند آب‌تلخ، احتمالاً ناشی از نرخ زیاد رسوب‌گذاری (رسوبات مارنی) (Hu et al., 2005)، افزایش فرونشست حوضه رسوبی (subsidence) (Forstick & Steel, 1993) و گسل‌های همزمان با رسوب‌گذاری (افشار حرب، ۱۳۷۳) است. تفاوت میزان ضخامت زیست‌زون‌ها نشانگر اختلاف در نرخ رسوب‌گذاری، در زمان‌های متفاوت است. در برش روستای آب‌تلخ، روند شیب لایه‌ها از قاعده NE45° به طرف رأس، NE55° و در برش جلیل‌آباد از قاعده NE45° به طرف رأس، NE85° تغییر می‌یابد. این مسئله می‌تواند حاکی از حرکات تکتونیکی بیشتر در بخش‌های خاور حوضه کپه‌داغ باشد (افشار حرب، ۱۳۷۳).

پراکندگی نانوفسیل‌های آهکی در حوضه کپه‌داغ که بخشی از حوضه تیتس می‌باشد، با الگوهای جهانی بیوستراتیگرافی سانتونین- کامپانین و مایستریشتین که توسط محققین مختلف ارائه شده‌است، همخوانی دارد. در شکل ۶ این الگوها در مقایسه با زیست‌زون‌های تشخیص داده شده در سازند آب‌تلخ، در برش‌های جلیل‌آباد و روستای آب‌تلخ، نمایش داده شده‌است. مشابه این الگوها از بخش‌های دیگر قلمرو تیتس گزارش شده‌است که حوضه کپه‌داغ، قابل ارزیابی با آنها است.

۷- نتیجه‌گیری

حوضه رسوبی کپه‌داغ که در بخش شمالی حوضه تیتس قرار داشته، از الگوهای زیست‌چینه‌نگاری نانوفسیلی این حوضه تبعیت می‌کند. مطالعه نانوفسیل‌های آهکی سازند آب‌تلخ در برش جلیل‌آباد، منجر به شناسایی زیست‌زون‌های CC19، CC20، CC21، CC22، CC23a و بخشی از زون CC23a از تقسیم بندی Sissingh (1977) تصحیح شده توسط Perch-Nielsen (1985) و زیرزون‌های UC14d^{TP}، UC15e^{TP}، UC15d^{TP}، UC15c^{TP}، UC15b^{TP} و زیست‌زون UC16 از تقسیم بندی Burnett (1998) از قاعده تا رأس آن شده‌است. سازند آب‌تلخ در برش روستای آب‌تلخ فاقد زیست‌زون CC19 (UC14d^{TP}) بوده و اولین واحدهای سازند آب‌تلخ در این برش با زیست‌زون CC20 (UC15b^{TP}) آغاز می‌شود. ضخامت این سازند در برش جلیل‌آباد ۱۳۲۵/۸ متر و روستای آب‌تلخ ۱۷۶۵ متر اندازه‌گیری شده‌است. نرخ رسوب‌گذاری در کامپانین پیشین در هر دو برش به دلیل مشخص نبودن قاعده رسوبات کامپانین پیشین در برش روستای آب‌تلخ (که احتمالاً در سازند آبدراز قرار دارد)، در هر دو برش تفاوت چندانی ندارد. اما ازدیاد نرخ رسوب‌گذاری با شروع

Reinhardtites levis و *Uniplanarius trifidus* در آخرین لایه‌های سازند آب‌تلخ نیز حضور دارند و قاعده سازند نیز از نانوفسیل‌های آهکی است، لذا برای این بخش از رسوبات سازند آب‌تلخ، انتهایی‌ترین بخش کامپانین پسین (Latest Campanian) پیشنهاد می‌شود.

زیست‌زون‌های شناسایی شده در برش‌های مورد مطالعه بر اساس الگوی بیوزوناسیون تصحیح شده Sissingh (1977) توسط Perch-Nielsen (1985) و الگوی (Burnett, 1998) و اولین حضور (FO) و آخرین حضور (LO) گونه‌های شاخص تطابق داده شده که در شکل ۵ نشان داده شده‌است.

در توالی عمودی سازند آب‌تلخ، از قاعده به طرف رأس از میزان مواد کربناته کاسته و بر میزان مواد تخریبی افزوده می‌شود. شواهد آن نیز تغییر لیتولوژی مارن‌ها و شیل‌های خاکستری تیره تا سبز به مارن‌های سیلی و سیلت‌های خاکستری تا سبز روشن، مشاهدات چشمی میکروسکوپی، مطالعات کلسی‌متری (فروغی، ۱۳۹۲) و کم شدن تنوع و فراوانی گونه‌ها از سمت قاعده به طرف رأس است. در ادامه افزایش مواد تخریبی، ماسه‌سنگ‌ها و سیلتستون‌های خاکستری همراه با آثار جریان‌ی و آثار فسیلی (Trace Fossil) در قاعده سازند نیزار مشاهده می‌شود.

سازند آب‌تلخ در برش جلیل‌آباد، با زیست‌زون CC19 (UC14d^{TP}) و در برش روستای آب‌تلخ با زیست‌زون CC20 (UC15b^{TP}) آغاز می‌گردد. ضخامت زیست‌زون CC20 (UC15b^{TP}) در برش روستای آب‌تلخ بیشتر از برش جلیل‌آباد است و تفاوت بارزی را از لحاظ محتوی نانوفسیلی نشان نمی‌دهند. زیست‌زون CC21 (UC15c^{TP}) در برش جلیل‌آباد ضخامت بیشتری دارد. این مسئله حاکی از نرخ رسوب‌گذاری بیشتر در زمان ابتدای کامپانین پسین در برش جلیل‌آباد نسبت به برش روستای آب‌تلخ است. این فرایند در زیرزون UC15d^{TP} نیز ادامه داشته‌است. در قسمت‌های بالایی زون CC22 و زیرزون UC15e^{TP} بر نرخ رسوب‌گذاری در برش روستای آب‌تلخ افزوده شده و این روند تا زون CC23a (UC16) و انتهای سازند آب‌تلخ ادامه می‌یابد. در سازند آب‌تلخ، نانوفسیل‌های آهکی از فراوانی و تنوع بسیار خوبی برخوردار هستند. در برش‌های مورد مطالعه، ۱۱۶ گونه نانوفسیلی از ۴۳ جنس و ۱۵ خانواده شناسایی شده‌است. تصاویر تعدادی از نانوفسیل‌های آهکی سازند آب‌تلخ در برش‌های یادشده در ۳ تابلو تنظیم شده‌است.

بر پایه مطالعات سنگ‌شناسی و زیست‌چینه‌نگاری نانوفسیل‌های آهکی، برش‌های مورد مطالعه و جامعه نانوفسیلی با غنای بسیار زیاد، نشانگر محیطی مناسب از لحاظ وفور مواد غذایی، آب و هوای گرم در زمان کامپانین در این حوضه، طی زمان رسوب‌گذاری این سازند است. در زمان کامپانین پیشین به دلیل شرایط مطلوب محیطی، نانوفسیل‌های آهکی، از فراوانی و تنوع بسیار خوبی برخوردار هستند. این شرایط در زیست‌زون‌های CC20، CC21 نیز به طور چشمگیری قابل مشاهده‌است. در بخش‌های بالایی زون CC22 و زیرزون UC15e^{TP} و زیست‌زون‌های CC23a (UC16) از تعداد و تنوع نانوفسیل‌های آهکی کاسته شده و حفظ‌شدگی ضعیفی (P) را از خود نشان می‌دهند. گونه‌هایی که مقاومت بیشتری در برابر این شرایط داشته باشند، نظیر *Watznaueria barnesae* و *Micula decussata* در جامعه فسیلی این رسوبات به طور چشمگیری وجود دارند. این موارد در تمامی عرض‌های جغرافیایی با همین کیفیت گزارش شده‌است که حاصل از تغییرات سطح ایزوستازی و سطح جهانی آب‌های کره زمین در این برهه زمانی است (Perch-Nielsen, 1985; Burnett, 1998; Bown, 1998) این موارد در هر دو برش قابل مشاهده‌است.

در تغییرات لیتولوژی جهانی حاصل از سیکل‌های انتهایی کامپانین و اوایل مایستریشتین، یک افت مشخص از سطح آب‌های اقیانوسی که گاه همراه با ناپیوستگی رسوبی در بعضی مناطق است، در این زمان وجود دارد (Boullila et al., 2011). لایه‌های قرمز رنگ انتهایی سازند آب‌تلخ در محل مرز این سازند با سازند نیزار نیز به صورت

به زیست‌زون‌های شناسایی شده برای سازند آب‌تلخ در برش‌های مورد مطالعه، سن نسیی بخش انتهایی کامپاین پیشین (late Early Campanian) تا انتهایی ترین بخش کامپاین پسین (Latest Campanian) پیشنهاد می‌گردد.

سپاسگزاری

نویسندگان مقاله بر خود فرض می‌دانند از مدیریت محترم گروه Paléobiodiversité et Paléoenvironnements سرکار خانم دکتر Silvia Crasquin در Université Pierre et Marie Curie, Paris 6 برای دراختیار گزاردن پاره‌ای تسهیلات سپاسگزاری نمایند. همچنین مراتب سپاسگزاری خود را از جناب آقای دکتر Slah Boulila عضو انجمن CNRS در گروه Geochemistry and Sedimentology آن دانشگاه و عضو گروه بین‌المللی تحقیقاتی چینه‌شناسی کرتاسه، برای کمک‌های فکری و تأیید رسوب‌شناسی سازند آب‌تلخ ابراز نمایند.

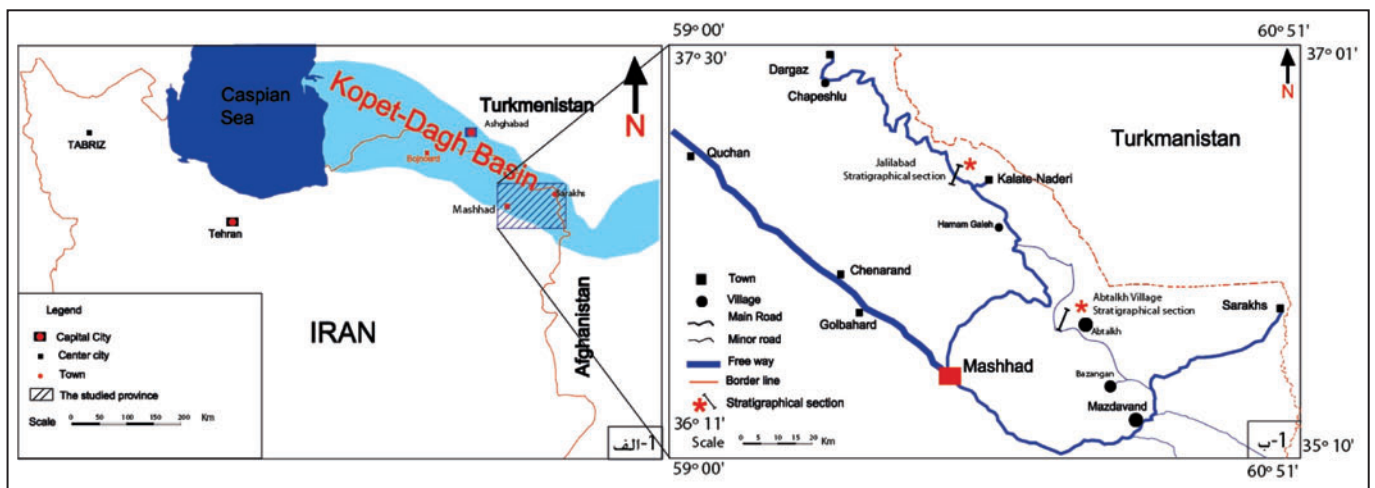
کامپاین پسین (UC15c^{TP}) CC21 در برش جلیل‌آباد، تشخیص داده شده است. این موضوع در زیرزون UC15d^{TP} نیز ادامه داشته است. در قسمت‌های بالایی زون CC22 و زیرزون UC15e^{TP} بر نرخ رسوب‌گذاری در برش روستای آب‌تلخ افزوده شده و این مسئله تا زون CC23a (UC16) و انتهای سازند آب‌تلخ ادامه می‌یابد. ازدیاد ضخامت این سازند، با نرخ بسیار زیاد رسوب‌گذاری (در رسوبات مارنی) (Hu et al., 2005) در طی زمان ته‌نشست آن، احتمال فرونشست حوضه (subsidence) و فعالیت گسله‌های همزمان با رسوب‌گذاری را در آن تقویت می‌نماید. در بخش‌های بالایی سازند آب‌تلخ که لیتولوژی از مارن به مارن‌های سیلتی تغییر می‌یابد، از تنوع و فراوانی نانوفسیل‌ها کاسته می‌شود که همتراز با حضور زیست‌زون UC16 در عرض‌های جغرافیایی پایین در کل دنیا (Bown, 1998) است. در محل مرز بین سازند آب‌تلخ به نيزار در هر دو برش مورد مطالعه، افق‌های قرمز رنگ نازکی از ماسه‌های منفصل وجود دارد که حاصل از کم‌عمق شدن حوضه کپه‌داغ و احتمالاً ناشی از تغییرات سطح آب‌های اقیانوسی جهانی در این زمان است. با استناد

Appendix: Taxonomic index

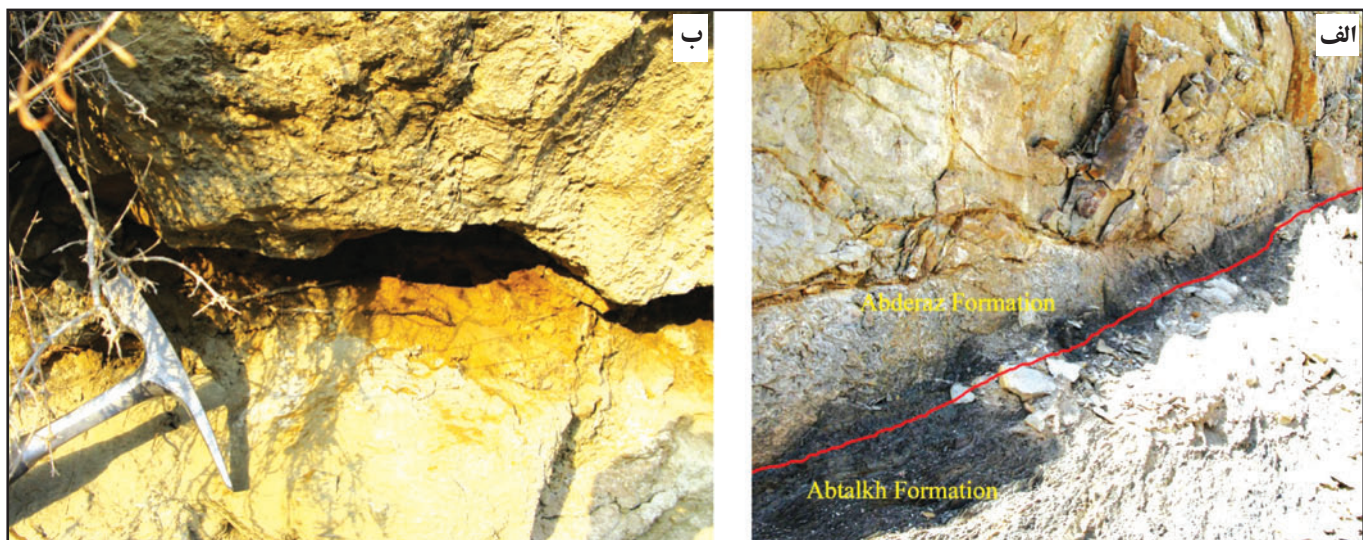
در زیر لیست گونه‌هایی که در متن، جداول و شکل‌ها موجود می‌باشد، آورده شده است. برای توصیف گونه‌ها از منابع (Perch-Nielsen (1985) ، Bown (1998) و Lees & Bown (2005) استفاده شده است. تنظیم تصاویر نانوپلانکتون‌های آهکی نیز بر اساس الگوی (Young & Bown (1997) است.

- Ahmuellerella octoradiata* (Górka, 1957) Reinhardt, 1966
Amphizygus brooksii Bukry, 1969
Arkhangelskiella cymbiformis Vekshina, 1959
Arkhangelskiella specillata Vekshina 1959
Aspidolithus parvus constrictus (Hattner, Wind, & Wise 1980) Perch-Nielsen 1984
Aspidolithus parvus parvus (Stradner 1963) Noel 1969
Broinsonia parca constricta Hattner et al., 1980
Broinsonia parca parca (Stradner, 1963) Bukry, 1969
Braarudosphaera bigelowii (Gran & Braarud, 1935) Deflandre, 1947
Bukryaster hayi (Bukry, 1969) Prins and Sissingh in Sissingh, 1977
Calculites obscurus (Deflandre, 1959) Prins & Sissingh in Sissingh, 1977
Ceratolithoides aculeus (Stradner, 1961) Prins and Sissingh in Sissingh, 1977
Ceratolithoides arcuatus Prins and Sissingh in Sissingh, 1977
Corollithion exiguum Stradner, 1961
Cribrosphaerella ehrenbergii (Arkhangelsky, 1912) Deflandre in Pivetteau, 1952
Cretarhabdus conicus Bramlette and Martini, 1964
Cyclogelosphaera rotaclypeata Bukry, 1969
Discorhabdus ignotus (Górka, 1957) Perch-Nielsen, 1968
Eiffellithus eximius (Stover, 1966) Perch-Nielsen, 1968
Eiffellithus parallelus Perch-Nielsen, 1973
Eiffellithus gorkae Reinhardt, 1965
Eiffellithus turriseiffelii (Deflandre in Deflandre & Fert, 1954) Reinhardt, 1965
Grantarhabdus coronadventis (Reinhardt, 1966) Grun in Grun and Allemann, 1975
Kapmtnerius magnificus Deflandre, 1959
Lithastrinus grillii Stradner, 1962

- Hexalithus hexalithus* Gradet, 1955 in Perch-Nielsen, 1984
Manivitella pemmaoidea (Deflandre, 1965) Thierstein, 1971, emend. Black, 1973
Micula cubiformis Forchheimer 1972
Micula decussata Vekshina, 1959
Microrhabdulus belgicus Haye and Towe, 1963
Monomarginatus quaternarius Wind and Wise in Wise and Wind, 1977
Placozygus fibuliformis (Reinhardt, 1964) Hoffmann, 1970
Prediscosphaera cretacea (Arkhangelsky, 1912) Gartner, 1968
Prediscosphaera arkhangelskyi (Reinhardt, 1965) Perch-Nielsen, 1984
Prediscosphaera grandis Perch- Nielsen, 1979a
Prediscosphaera stoveri (Perch-Nielsen, 1968) Shafik and Stradner, 1971
Prolatipatella multicarinata Gartner, 1968
Quadrum svabenickae Burnett, 1998b
Reinhardtites anthophorus (Deflandre, 1959) Perch-Nielsen, 1958
Reinhardtites levis Prins and Sissingh in Sissingh, 1977
Retecapsa schizobrachiata (Gartner, 1968) Grun in Grun and Allemann, 1975
Rucinolithus magnus Bukry, 1975
Staurolithites mielnicensis (Gorka, 1957) Perch-Nielsen, 1968 sensu Crux in Lord, 1982
Terapodorhabdus decorus (Deflandre in Deflandre and Fert, 1954) Wind and Wise in Wise and Wind, 1977
Tranolithus phacelosus Stover 1966; *Tranolithus orionatus* (Reinhardt, 1966a) Reinhardt, 1966b
Tranolithus orionatus (Reinhardt, 1966a) Reinhardt, 1966b
Uniplanarius gothicus (Deflandre, 1959) Hattner and Wise, 1980
Uniplanarius sissinghii Perch-Nielsen, 1986b



شکل ۱- الف) موقعیت جغرافیایی حوضه رسوبی کپه داغ و ب) راه‌های دسترسی به مناطق مورد مطالعه (اقتباس از Berberian & King, 1981 و Google map, 2013 و Afshar- Harb, 1962 & 1983 همراه با تغییرات).



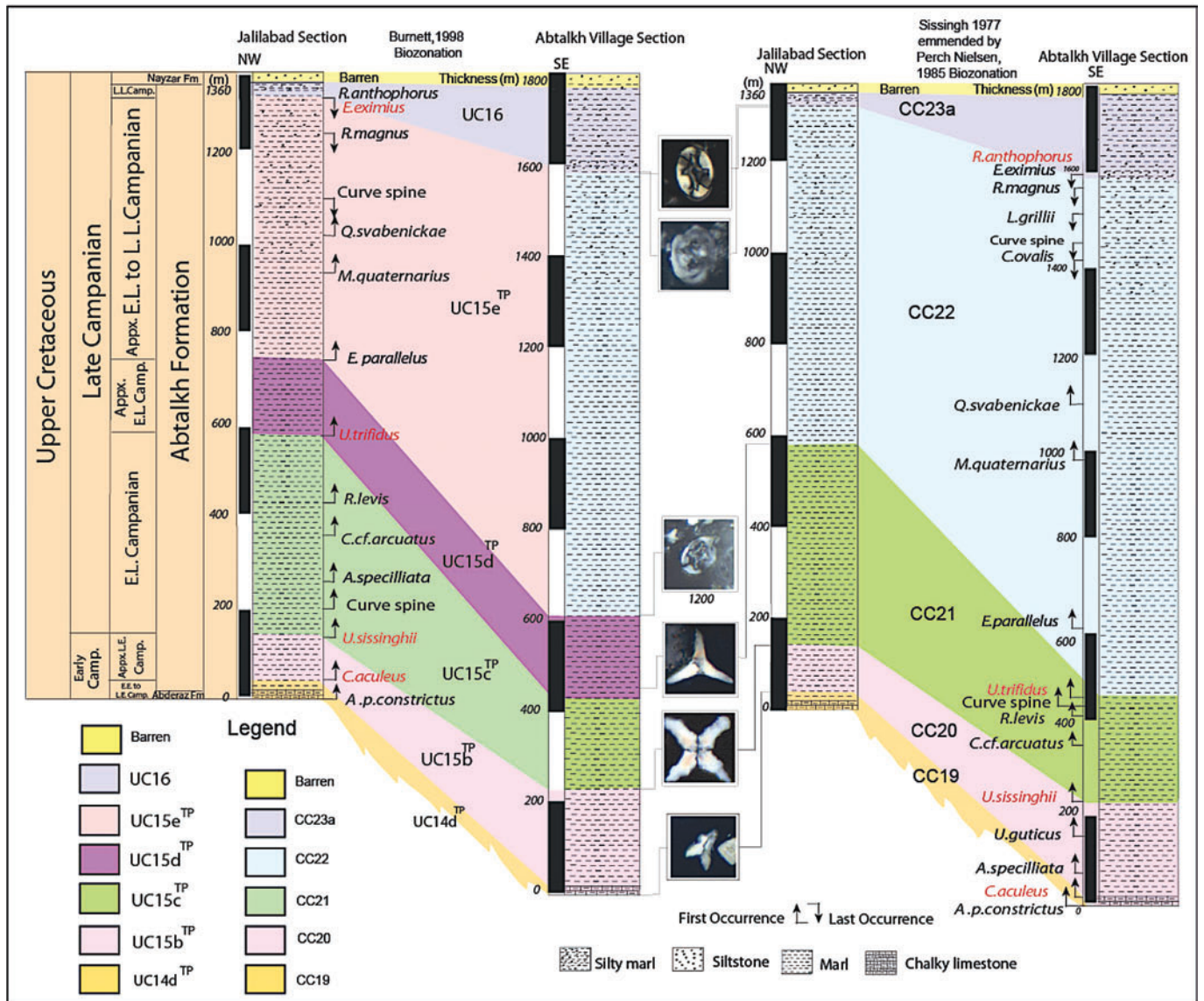
شکل ۲- الف) مرز بین سازندهای آبدراز و آب تلخ؛ ب) مرز بین سازندهای آب تلخ و نیزار، در برش چینه‌شناسی جلیل آباد.



شکل ۳- الف) مرز بین سازندهای آبدراز و آب تلخ؛ ب) سازندهای آب تلخ و نیزار در برش چینه‌شناسی روستای آب تلخ.

حفظ شدگی	Preservation	
G خوب	حفظ شدگی خوب؛ خوردگی، انحلال (Etching) یا رشد مجدد (overgrowth) مشاهده نمی‌شود، یا به مقدار کم قابل مشاهده است و گونه‌ها قابل شناسایی هستند.	
M متوسط	حفظ شدگی متوسط؛ در گونه‌ها شواهدی از خوردگی یا رشد مجدد مشاهده می‌شود، اما اغلب گونه‌ها قابل شناسایی هستند یا در سطوحی از خوردگی یا رشد مجدد قرار دارند.	
P ضعیف	حفظ شدگی ضعیف؛ گونه‌ها چندین بار انحلال یافته‌اند و تشخیص آنها به سختی و در حد جنس انجام می‌گیرد یا گونه‌ها در سطوحی از انحلال یا رشد مجدد قرار دارند.	

شکل ۴- تعیین میزان حفظ شدگی نانوفسیل‌های آهکی در برش‌های مورد مطالعه (اقتباس از Watkins, 2007، همراه با تغییرات).

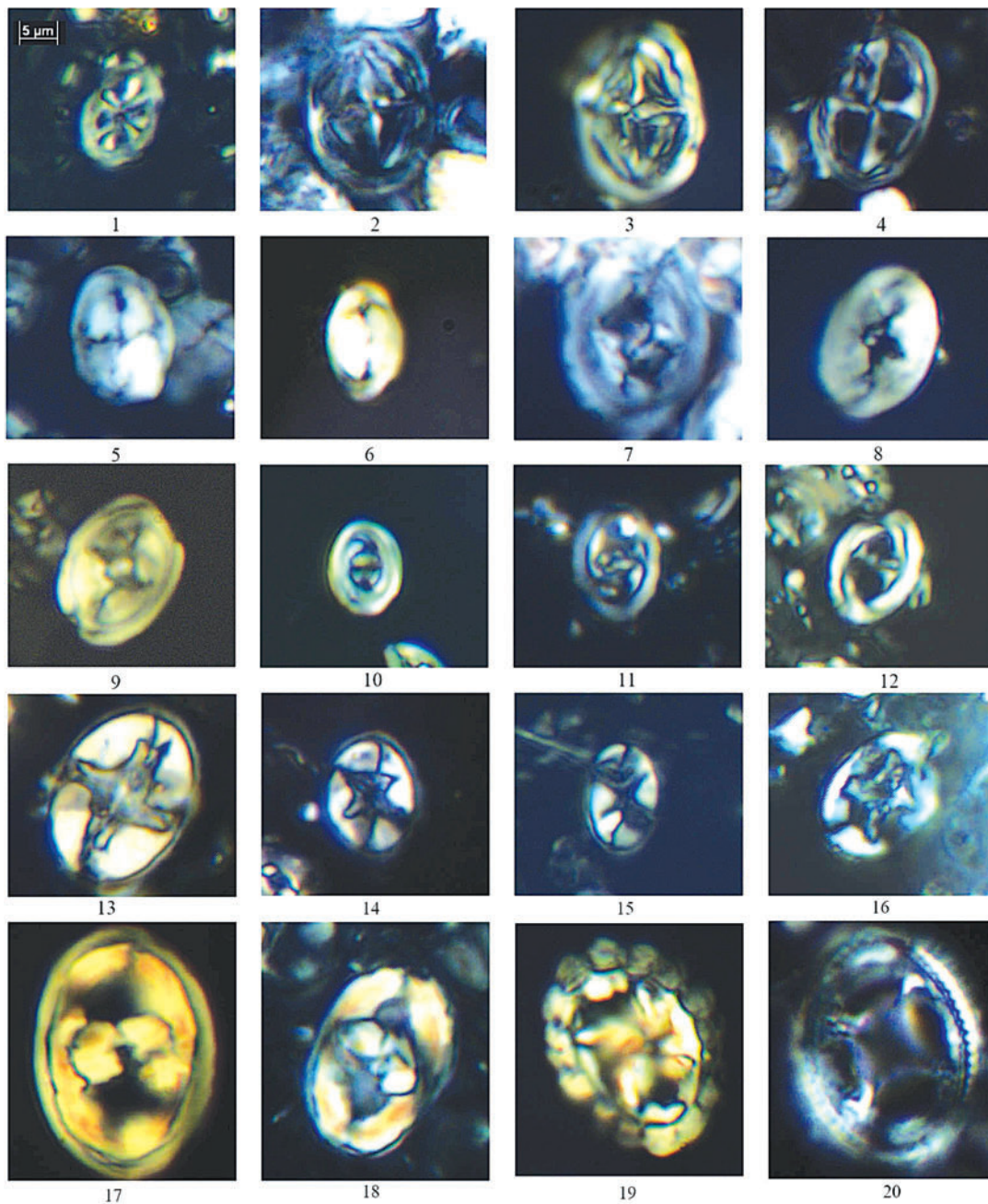


شکل ۵- زیست‌زون‌های شناسایی شده در برش‌های مورد مطالعه بر اساس الگوی بیوزوناسیون تصحیح شده (Sissingh (1977) توسط Perch-Nielsen (1985) و الگوی (Burnett (1998).

Age	Roth (1978)	Sissingh (1977)	Perch-Nielsen(1985)	Burnett (1998)	This Work				
					Abtalkh Village Sissingh 1977, Perch-Nielsen 1985	Burnett 1998	Jalilabad Sissingh 1977, Perch-Nielsen 1985	Burnett 1998	
Campanian	Early Maastrichtian	NC21	CC24	CC24	UC18				
	Upper Campanian	NC20	CC23	CC23	UC17	PP CC23a	PP UC16	PP CC23a	PP UC16
		NC19	CC22	CC22	UC15	CC22	UC15e	CC22	UC15e
	Lower Campanian	NC18	CC21	CC21	UC14	CC21	UC15c	CC21	UC15c
		NC17	CC20	CC20	UC13	CC20	UC15b	CC20	UC15b

شکل ۶- الگوهای جهانی بیوستراتیگرافی اشکوب‌های سانتونین- کامپانین و مایستریشتین نانوفسیل‌های آهکی در حوضه تیس عرض‌های متوسط تا پایین و مقایسه آن با زیست‌زون‌های موجود در سازند آب‌تلخ در برش‌های جلیل‌آباد و روستای آب‌تلخ (Roth, 1978).

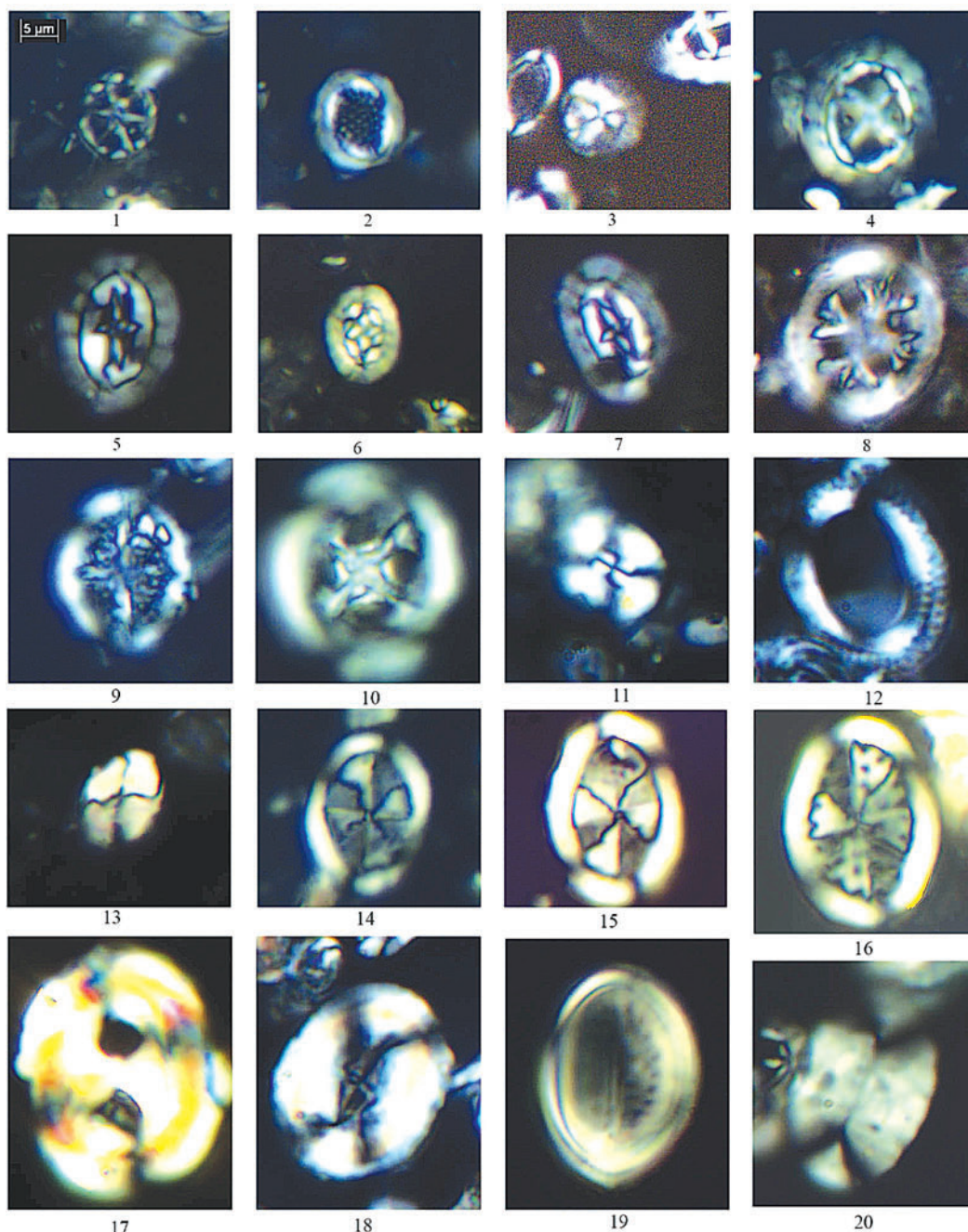
تابلو ۱



تصاویر میکروسکوپ نوری نانوپلاکتون‌های آهکی سازند آبتلخ در برش‌های جلیل‌آباد و روستای آبتلخ.

- (1) (20° rotated), *Ahmullerella octoradiata*, Sample No. FKB 130; (2) *Monomarginatus quaternarius*, Sample No. FKB 213; (3) (30° rotated), *Monomarginatus quaternarius*, Sample No. FJB 189; (4) (30° rotated), *Staurolithites mielnicensis*, Sample No. FKB 126; (5) *Tranolithus orionatus*, Sample No. FKB 143; (6) *Tranolithus orionatus*, Sample No. FJB 192; (7) *Reinhardtites anthophorus*, Sample No. FKB 100; (8) (30° rotated) *Reinhardtites levis*, Sample No. FKB 546; (9) (30° rotated) *Reinhardtites levis*, Sample No. FJB 192; (10) (30° rotated), *Zeugrhabdotus bicrescenticus*, Sample No., FKB 345; (11) *Zeugrhabdotus sigmoides*, Sample No. FKB 300; (12) (30° rotated), cf. *Zeugrhabdotus sigmoides*, Sample No. FJB 121; (13) (30° rotated), *Eiffellithus eximius*, Sample No. FKB 130; (14) *Eiffellithus turrisieffeli*, Sample No. FKB 130; (15) *Eiffellithus gorkae*, Sample No. FKB 148; (16) (30° rotated) *Eiffellithus parallelus*, Sample No. FKB 300; (17) *Zeugrhabdotus embergeri*, Sample No. FKB 456; (18) (20° rotated), *Zeugrhabdotus embergeri*, Sample No. FJB 173; (19) (10° rotated), *Prediscosphaera cf. P.intercisa*, Sample No. FJB 299; (20) (20° rotated), *Terapodorhabdus decorus* Sample No. FKB 186.

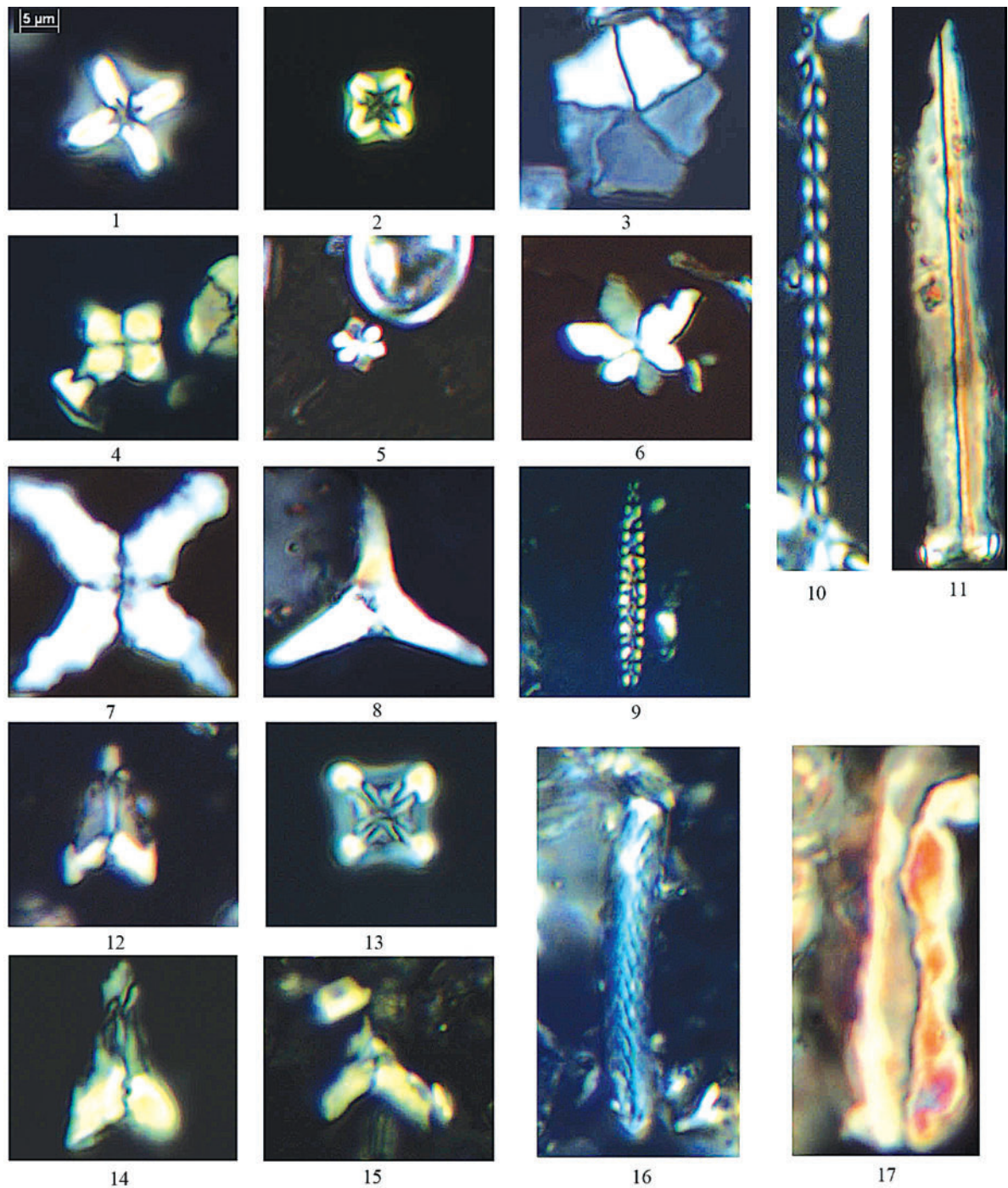
تابلو ۲



تصاویر میکروسکوپ نوری از نانوپلاتکتون‌های آهکی سازند آب تلخ در برش‌های جلیل آباد و روستای آب تلخ.

- (1) *Corollithion exiguum*, Sample No. FKB 148; (2) *Cribrosphaerella ehrenbergii*, Sample No. FKB 130; (3) *Discorhabdus* cf. *D. ignotus*, Sample No. FKB 130; (4) *Prediscosphaera cretacea*, Sample No. FKB 422; (5) *Prediscosphaera arkhangelskyi*, Sample No. FJB 161; (6) *Prediscosphaera stoveri*, Sample No. FKB 455; (7) (30° rotated), *Prediscosphaera arkhangelskyi*, Sample No. FKB 271; (8) (30° rotated), *Retecapsa schizobrachiata*, Sample No. FKB 186; (9) *Cretarhabdus conicus*, Sample No. FKB 209; (10) (30° rotated), *Grantarhabdus coronadventis*, Samples No. FKB 238; (11) *Watznaueria barnesae*, Samples No. FKB 130; (12) (30° rotated), *Manivitella pemmatoidea*, Sample No. FKB 213; (13) (30° rotated) *Calculithes obscurus*, Sample No. FKB 110; (14) *Arkhangelskiella cymbiformis*, Sample No. FKB 148; (15) *Arkhangelskiella cymbiformis*, Sample No. FJB 183; (16) (30° rotated), *Arkhangelskiella specillata*, No. FJB 189; (17) *Watznaueria biporta*, Sample No. FKB 299; (18) (30° rotated), *Aspidolithus parvus constrictus*, Sample No. FKB 126; (19) *Kapmtnerius magnificus*, Sample No. FKB 453; (20) (20° rotated), *Prolatipatella multicarinata*, Sample No. FKB 378.

تابلو ۳



تصاویر میکروسکوپ نوری از نانویلانکتون‌های آهکی سازند آب‌تلخ در برش‌های جلیل‌آباد و روستای آب‌تلخ.

- (1) (10° rotated), *Micula decussata*, Sample No. FKB 556; (2) *Micula cubiformis*, Sample No. FKB 531; (3) *Braarudosphaera bigelowii*, Sample No. FKB 130; (4) *Uniplanarius gothicus*, Sample No. FKB 148; (5) *Hexalithus hexalithus*, Sample No. FKB 186; (6) (20° rotated) *Rucinolithus magnus*, Sample No. FJB 164; (7) (45° rotated), *Uniplanarius sissinghii*, Sample No. FKB 133; (8) *Uniplanarius trifidus*, Sample No. FKB 556; (9) *Microrhabdulus belgicus*, Sample No. FKB 273; (10) *Microrhabdulus decoratus*, Sample No. FKB 140; (11) *Acuturris scouts*, Sample No. FKB 256; (12) *Ceratolithoides aculeus*, Sample No. FKB 130; (13) *Quadrum svabenickae*, Sample No. FKB 400; (14) *Ceratolithoides aculeus*, FJB 153; (15) *Ceratolithoides arcuatus*, FKB 271; (16) Curve spine, *Microrhabdulinus ambiguous*, Sample No. FKB 533; (17) *Lucianorhabdus cayeuxii*, Sample No. FKB 105.

کتابنگاری

- احمدی، م.، ۱۳۸۹- لیتوستراتیگرافی و بیوستراتیگرافی سازند آب تلخ بر مبنای فرامینیفرهای پلانکتونیک در برش پادها (شرق کپه‌داغ). رساله کارشناسی ارشد، دانشگاه فردوسی مشهد.
- افشار حرب، ع.، ۱۳۷۳- زمین‌شناسی ایران، زمین‌شناسی کپه‌داغ. سازمان زمین‌شناسی کشور. طرح تدوین زمین‌شناسی ایران، ۲۷۵ صفحه.
- جنتی، م.، ۱۳۷۹- بیوستراتیگرافی سازند آب تلخ، بر اساس نانوفسیل‌های آهکی در مقطع تپ (گردنه مزدوران). رساله کارشناسی ارشد، دانشگاه فردوسی مشهد.
- خدادادی، ل.، ۱۳۸۲- بیوستراتیگرافی و پالئواکولوژی بخش فوقانی سازند آب تلخ، بر اساس نانوفسیل‌های آهکی (جاده مشهد-کلات، برش حمام‌قلعه)، رساله کارشناسی ارشد، دانشگاه فردوسی مشهد.
- فروغی، ف.، ۱۳۹۲- بیوستراتیگرافی و لیتوستراتیگرافی سازند آب تلخ بر اساس نانوفسیل‌های آهکی در شرق حوضه کپه‌داغ. رساله دکتری، دانشگاه شهید بهشتی.
- نظقی مقدم، م.، ۱۳۸۲- بیوستراتیگرافی و پالئواکولوژی بخش فوقانی سازند آبدراز و بخش تحتانی آب تلخ بر اساس نانوفسیل‌های آهکی (جاده مشهد-کلات برش حمام قلعه). رساله کارشناسی ارشد، دانشگاه فردوسی مشهد.
- نیازی، م.، ۱۳۹۰- لیتوستراتیگرافی و بیوستراتیگرافی سازند آب تلخ بر مبنای فرامینیفرهای پلانکتونیک در برش قره سو (غرب کلات نادری). رساله کارشناسی ارشد، دانشگاه فردوسی مشهد.
- وحیدی‌نیا، م.، ۱۳۸۶- بررسی میکروبیوستراتیگرافی رسوبات سنونین در محدوده شرق کپه‌داغ. رساله دکتری، دانشگاه شهید بهشتی.
- هادوی، ف.، ۱۳۸۱- نانوفسیل‌های آهکی ایران: حوضه‌های کپه‌داغ، ایران مرکزی و مکران. انتشارات سازمان زمین‌شناسی کشور.

Reference

- Afshar-Harb, A., 1962- Geological quadrangle map of Dargaz. 1:250,000 scale (one sheet), Exploration and Production, NIOC, Tehran, Iran.
- Afshar-Harb, A., 1983- Geological quadrangle map of Sarakhs. 1:250,000 scale (one sheet), Exploration and Production, NIOC, Tehran, Iran.
- Berberian, M. & King, G. C. P., 1981- Toward a palaeogeography and tectonic evolution of Iran. Canadian Journal of Earth Sciences 18, pp. 210-265.
- Boulila, S., Galbrun, B., Miller, G. K., Pekar, S. F., Browning, J. V., Laskar, J. & Wright, J. D., 2011- On the origin of Cenozoic and Mesozoic "third-order" eustatic sequences. Earth-Science Reviews, 109, pp. 94-112.
- Bown, P. R., 1998- Calcareous Nannofossil Biostratigraphy. British Micropaleontology Society Publication Series. Chapman and Hall, London, pp.328.
- Bukry, D. & Bramlette, M. N., 1970- Coccolithus age determination Leg 3. Deep Sea Drilling Project. Initial Reports Deep Sea Drilling Project, 3, pp.589-611.
- Burnett, J. A., 1998- Upper Cretaceous. In: Bown, P. R. (Ed.), Calcareous Nannofossil Biostratigraphy. Chapman and Hall, Cambridge, pp. 132-199.
- Cepek, P. & Hay, W. W., 1969- Calcareous nannoplankton and biostratigraphic subdivision of the Upper Cretaceous. Transactions of the Gulf Coast Association of Geological Societies, 19, 323-336.
- Davodzadeh, M. & Schmidt, K., 1982- Zur Trias des Iran. Geology Rundschau, 71, pp. 21-39.
- Forstick, L. E. & Steel, R. J., 1993- Tectonic signatures in sedimentary basin fills: an overview. Sediment 20, pp 1-9.
- Glennie, K. W., 2000- Cretaceous tectonic evolution of Arabia eastern plate margin: a tale of two oceans, in Middle East models of Jurassic/Cretaceous carbonate systems. SPEM Special Publication, 69, pp.9-20.
- Hadavi, F. & Khodadadi, L., 2002- Calcareous nannoplankton Campanian-Maastrichtian of Iran. 9th International Nannoplankton Association (INA Conference), Abstract Volume, p.284.
- Hadavi, F. & Notghi Moghadam, M., 2010- Calcareous nannofossils from chalky limestone of upper Abderaz Formation and lower part of Abtalkh Formation in the Kopet-Dogh range NE Iran. Arab Journal Geoscience 10.1007/s12517-009-0106-5.
- Hu, X., Jansa, L., Wang, C., Sarti, M., Bak, K., Wagreich, M., Michalik, J. & Sotak, J., 2005- Upper Cretaceous oceanic red beds (CORBs) in the Tethys: occurrences, lithofacies, age and environments. Cretaceous Research, 26, pp.3-20.
- Kalantari, A., 1969- Foraminifera from the Middle Jurassic Cretaceous successions of Kopet-Dagh region (NE-Iran). Unpublished Ph.D. thesis, University of London, England.
- Lees, J. A. & Bown, P. R., 2005- Upper Cretaceous calcareous nannofossil biostratigraphy, ODP Leg 198 (Shatsky Rise, northwest Pacific Ocean). In Bralower, T.J., Premoli Silva, I., and Malone, M.J. (Eds.), Project ODP Science Results, 198, pp.1-60.
- Mahanipour, A., Mutterlose, J. L., Kani, A. & Adabi, M. H., 2011- Palaeoecology and biostratigraphy of early Cretaceous (Aptian) calcareous nannofossils and the δ^{13} Carbon isotope record from NE Iran. Cretaceous Research 32, pp. 331-356.

- Manivit, H., 1971- Nannofossiles calcaires du Cretace´ francais (Aptien– Maestrichtien). Essai de Biozonation appuyée sur les stratotypes, Thèse doctoral, Université de Paris, 187 pp.
- Martini, E., 1976- Cretaceous to Recent calcareous nannoplankton from the central Pacific Ocean (DSDP Leg 33). Initial Reports of the DSDP, 33, pp. 383-423.
- Perch-Nielsen, K., 1985- Calcareous Nannofossils from the Cretaceous between the North Sea and the Mediterranean. In: Wiedmann, J. (Ed.). Aspekte der Kreide Europas. IUGS Series A, No. 6, pp. 223–272.
- Raisossadat, N. & Moussavi-Harami, R., 2000- Lithostratigraphic and facies analyses of the Sarcheshmeh Formation (Lower Cretaceous) in the eastern Kopet-Dagh Basin, NE Iran. Cretaceous Research, 21, pp.507-516.
- Roth, P. H., 1978. Cretaceous nannoplankton biostratigraphy and oceanography of the northwestern Atlantic ocean. Initial Reports of DSDP, 44, 731-760.
- Seyed-Emami, K. & Aryai, A. A., 1981- Ammoniten aus dem unteren Cenoman von Nordostiran (Koppeh Dagh). Mitteilungen der Bayerischen Staatssammlung für Paläontologie und Historische Geologie, 21, pp. 23-39.
- Seyed-Emami, K., 1980- Parahoplitidae (Ammonoidea) ausdem Nordostund Zentraliran. Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie, Monatshefte, pp.719-737.
- Sissingh, W., 1977- Biostratigraphy of Cretaceous calcareous nannoplankton. Geology Mijnbouw., 56(1), 37-56.
- Sissingh, W., 1977- In: Perch-Nielsen, K., 1985, Mesozoic Calcareous Nannofossils; In Bolli, H.M., Saunders, J.B., and Perch-Nielsen, K. (eds.); Plankton stratigraphy, Cambridge Earth Science Series, Cambridge University Press, pp.329-426, 92.
- Stocklin, J. & Setudehnia, A., 1991-Treatise on the Geology of Iran. Geological survey of Iran, 18, 376p.
- Thierstein, H. R., 1971- Tentative Lower Cretaceous Calcareous Nannoplankton Zonation. Eclogae Geologicae Helveticaem, No. 64, pp. 459–488.
- Thierstein, H. R., 1973- Lower Cretaceous Calcareous Nannoplankton Biostratigraphy. Abhandlungen der Geologischen Bundesanstalt Wien, No. 29, pp. 1–52.
- Vahidinia, M. & Sadeghi, A., 2011- Lithostratigraphic and biostratigraphic studies of Nayzar Formation in Jalil-abad section (North-west of Mashhad, Iran). 64th Geological Conference in Turkey, Abstracts, p.251.
- Watkins, D. K., 2007- Quantitative analysis of the calcareous nannofossil assemblages from CIROS-1, Victoria Land Basin, Antarctica. J. Nannoplankton Res. 29 (2), pp.130-137.
- WWW.Google map 2013- Search in Mashhad, Kalate-Naderi roud map.
- Young, J. R. & Bown, P. R., 1997- Proposals for a revised classification system for calcareous nannoplankton. Journal of Nannoplankton Research, issue 19/1.

Biostratigraphy of Calcareous Nannofossils of Abtalkh Formation in the Eastern Kopet-Dagh Basin, Jalilabad (Southwest of Kalat) and Abtalkh Village (East of Mashhad) Stratigraphic Sections

F. Foroughi ^{1*}, A. Lotfali Kani ², S. Gardin ³ & M. Vahidinia ⁴

¹ Ph.D. Student, Department of Geology, Faculty of Earth Sciences, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran

² Assistant Professor, Department of Geology, Faculty of Earth Sciences, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran

³ Ph.D., Centre de recherche sur la Paléobiodiversité et les Paléoenvironnements, UMR CNRS 7072, Université Pierre et Marie Curie, Paris 06, France

⁴ Associate Professor, Department of Geology, Faculty of Science, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran

Received: 2013 April 06

Accepted: 2013 August 05

Abstract

The Kopet-Dagh basin is located in the northeast of Iran, in the triangle border of Iran, Turkmenistan and Afghanistan and consists of the marine Jurassic to Neogene strata. The Abtalkh Formation is one of the thickest lithostratigraphic upper Cretaceous units in the eastern Kopet-Dagh basin and is composed of light gray, green to bluish marl and silty marl. The Abtalkh Formation conformably overlies the Abderaz Formation, which contains marls and chalky limestones and is conformably overlain by the Nayzar Formation, which consists of sandstone, silty marl and limestone. The Abtalkh Formation contains very abundant, rich and good to moderately preserved calcareous nannofossil assemblages of Tethyan realm. The total 220 samples in the Jalilabad and 467 samples in the Abtalkh Village stratigraphic sections, representing the oldest and youngest strata of upper Abderaz, Abtalkh and base of Nayzar successions, were collected. The thickness of Abtalkh Formation in the Jalilabad stratigraphic section is 1325.8m and for the Abtalkh Village stratigraphic section is 1765m. One hundred sixteen nannoplanktonic species belonging to forty three genera and fifteen families were identified. The biostratigraphic study allowed the recognition of the calcareous nannofossil biozones of Sissingh (1977) emended by Perch-Nielsen (1985) and Burnett (1998). From bottom to top, part of CC19, CC20, CC21, CC22, part of CC23a biozones and UC14d^{TP}, UC15b^{TP}, UC15c^{TP}, UC15d^{TP} subzones and UC16 biozone were identified in the Jalilabad section. The Abtalkh Village section in the middle of eastern Kopet-Dagh basin is started with CC20 (UC15b^{TP}) biozone and continued to CC23a (UC16) biozone. Nearly more than 30 calcareous nannofossil species were reported for the first time in Iran. The results of this study indicated that the age of Abtalkh Formation spans from early to uppermost Late Campanian for these two sections in the Kopet-Dagh basin.

Keywords: Abtalkh Formation, Abtalkh Village Stratigraphic Section, Calcareous Nannofossil, Jalilabad Stratigraphic Section, Kopet-Dagh Basin, Tethyan Realm.

For Persian Version see pages 141 to 154

*Corresponding author: F. Foroughi, E-mail: fariba.foroughi86@gmail.com