

روزن‌داران آرکاندیسکوئیده و اهمیت آن‌ها در چینه‌نگاری زیستی و زمانی نهشته‌های کربونیفر زیرین، مطالعه موردی در البرز شمالی

کیوان زندکریمی، دانشجوی دکتری، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران*
بهرام نجفیان، استادیار، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران
حسین مصدق، دانشیار، دانشکده علوم زمین، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران

چکیده

توالی نسبتاً کاملی از رسوبات ویزئن - سرپوخوین در البرز شمالی رخنمون دارد؛ جایی که دو برش ناصرآباد و دزده‌بن به‌منظور پژوهش‌های چینه‌شناسی انتخاب شدند. روزن‌داران آرکاندیسکوئیده از بهترین میکروفسیل‌ها برای مطالعات چینه‌نگاری ویزئن تا سرپوخوین هستند و به دلیل اهمیت آنها در این مطالعه بررسی شدند. در ویزئن پیشین (MFZ9)، اجداد آرکاندیسکوئیده یعنی جنس *Lapparentidiscus* ظاهر می‌شود که با ظهور متنوع و فراوان آرکاندیسکیدی ابتدایی شامل جنس‌های *Amarchaediscus*، *Glomodiscus*، *Uralodiscus* و *Planoarchaediscus* در MFZ10 ادامه می‌یابد. در انتهای ویزئن پیشین، نخستین ظهور *Uralodiscus rotundus* زون MFZ11 را مشخص می‌کند. در ویزئن میانی (MFZ12)، جنس‌های *Nodosarchaediscus* و *Paraarchaediscus* با لیومن مقعر - زاویه‌دار ظاهر می‌شوند. هیچ‌گونه روزن‌دار شاخص قاعده ویزئن پسین تاکنون از البرز مرکزی معرفی نشده است. به نظر می‌رسد نبود رسوبات تحتانی ویزئن بالایی در این منطقه به دلیل اثر فاز تکتونیکی البرزین بوده که در این منطقه رخ داده است. بخش میانی ویزئن پسین (MFZ14) با اوج فراوانی *Archaediscus* با لیومن زاویه‌دار، انواع آرکاندیسکوئیده با لیومن مسدود و نیمه‌مسدود و نیز ظهور جنس‌های *Neoarchaediscus* و *Kasachstanodiscus* مشخص می‌شود. همچنین نخستین ظهور جنس‌های *Archaediscus* و *Paraarchaediscus* با لیومن زاویه‌دار - باریک و حضور گونه *Neoarchaediscus akchimensis* ویزئن کاملاً پسین (lower MFZ15) را برای این منطقه تعیین می‌کند. رسوبات سرپوخوین زیرین (upper MFZ15) این منطقه با ظهور انواع جدید *Kasachstanodiscus* و *Archaediscus* و نیز کاهش شدید فراوانی *Paraarchaediscus*، *Nodosarchaediscus* و *Archaediscus* با لیومن زاویه‌دار مطابقت دارد و سرپوخوین بالایی (MFZ16) با نخستین حضور جنس *Brenckleina* و گونه *Brenckleina rugosa* مشخص می‌شود.

واژه‌های کلیدی: آرکاندیسکوئیده، چینه‌نگاری زیستی، چینه‌نگاری زمانی، ویزئن، سرپوخوین

مقدمه

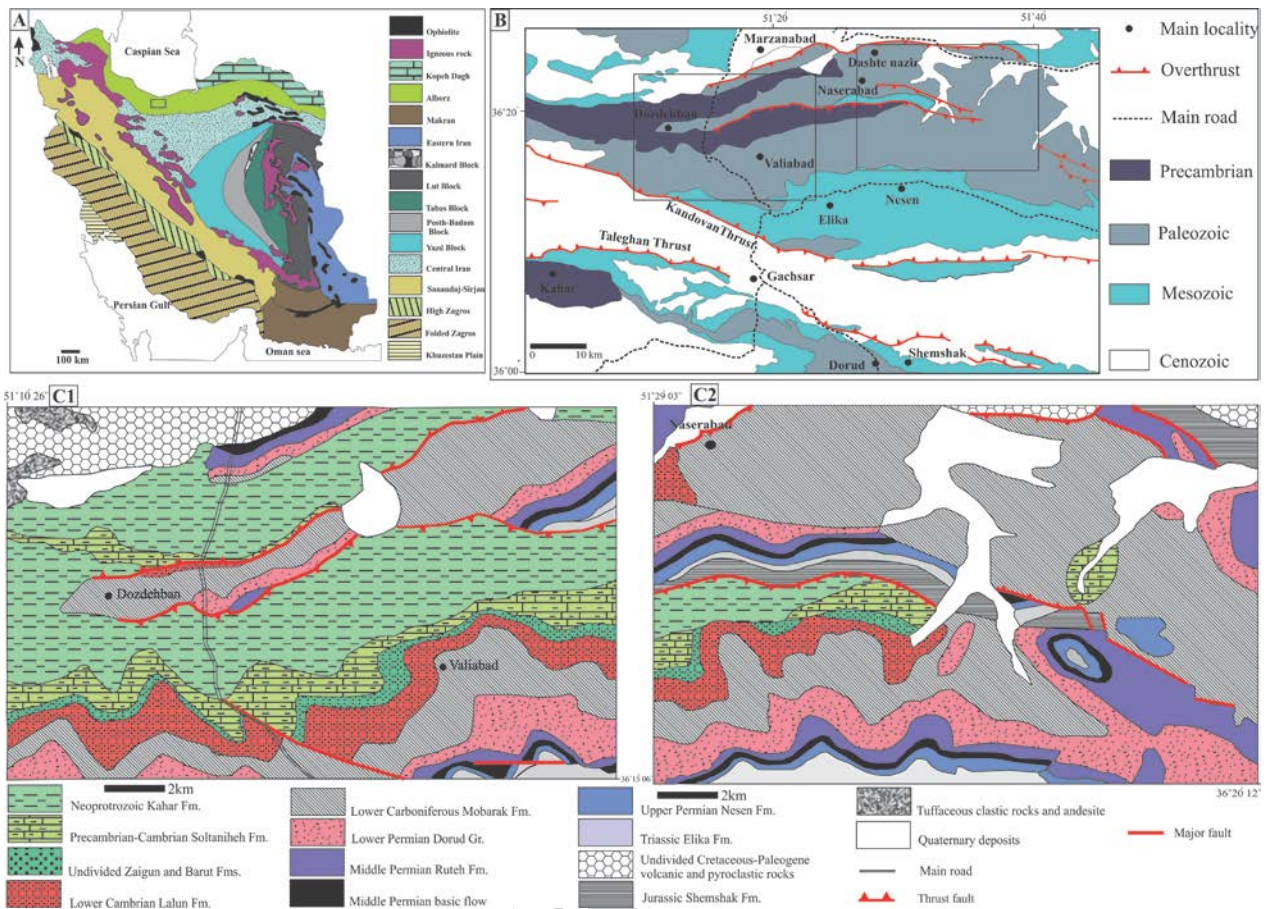
تلفظ درست این روستا را مردم بومی منطقه مذکور در حقیقت «دُزده‌بن» می‌دانند. مطالعات انجام‌شده در منطقه مطالعه‌شده بیشتر بر تکنیک (e.g. Yassaghi and Naeimi 2011)، چینه‌شناسی و فسیل‌شناسی (Hamdi et al. 1989, 1995; Brasier et al. 1990; Hamdi 1995; Gaetani et al. 2009; Angiolini et al. 2010; Zandkarimi et al. 2014b) متمرکز شده است. با وجود روند تکاملی نسبتاً کامل روزن‌دارن در سنگ‌های کربونیفر زیرین این منطقه، مطالعات نادری بر استفاده از این گروه فسیلی برای چینه‌نگاری زمانی و زیستی انجام شده است. اهداف این مطالعه، معرفی آرکاندیسکوئیدای منطقه مطالعه‌شده و کاربرد روند تکاملی آنها در چینه‌نگاری زمانی و زیستی طبقات دربردارنده آنها است.

روش مطالعه

به‌منظور انجام این پژوهش، بیش از 450 نمونه سنگی در بازه‌های حدود یک تا سه متری، باتوجه‌به نوع رخساره سنگی، از رسوبات کربونیفر زیرین در دو برش ناصرآباد و دزده‌بن، برداشت و مقاطع نازک از آنها تهیه شد. مقاطع نازک تهیه‌شده با میکروسکوپ پلاریزان Olympus BX51 مطالعه و عکس‌برداری شدند. برای طبقه‌بندی و زوناسیون آرکاندیسکوئیدا بیشتر از مقاله‌های پیرلت و کونیل (Pirlet and Conil 1974) و برنکل و همکاران (Brenckle et al. 1987) به همراه توضیحات تکمیلی ارائه‌شده در مقالات Zaninetti and Altiner (1979), Brenckle et al. (1987), Vachard (1988), Cózar and Rodriguez (1999), Cózar (2000), Gibshman (2003), Poty et al. (2006), Somerville (2008), Cózar et al. (2008, 2011), Hance et al. (2011) and Zandkarimi et al. (2014a) استفاده شده است.

پژوهشگران مختلفی از جمله بزرگ‌نیا (Bozorgnia 1973)، پیرلت و کونیل (Pirlet and Conil 1974)، زانیتی و آلتینر (Zaninetti and Altiner 1979)، برنکل و همکاران (Brenckle et al. 1987)، وچارد (Vachard 1988, 1996)، هانس و همکاران (Hance et al. 2011) و زندکریمی و همکاران (Zandkarimi et al. 2014a, 2017) از روزن‌دارن آرکاندیسکوئیده به‌عنوان ابزاری برای چینه‌نگاری زیستی و زمانی استفاده کردند. فراوانی کم کونودونت‌ها در رسوبات کربونیفر زیرین برخی مناطق ایران به‌ویژه البرز (خرمی، 1392، Habibi et al. 2007) به‌علت شرایط کم‌عمق محیط رسوبی و نیز هزینه بالای آماده‌سازی آنها به اهمیت استفاده از آرکاندیسکوئید تأکید می‌کند.

رسوبات کربونیفر البرز مرکزی، دو سازند مبارک و دزده‌بند را شامل هستند. آسرتو (Assereto 1963)، سازند مبارک را در حوالی روستای مبارک‌آباد واقع در البرز مرکزی معرفی کرد. بزرگ‌نیا با انجام مطالعات جامع روی این سازند، تغییر سن آن را در البرز نشان داد؛ به‌صورتی‌که در مناطق جنوبی البرز شرقی مانند دامغان، سن راس این سازند تا تورنژن پسین و در مناطق البرز شمالی مانند برش دزده‌بن و ولی‌آباد تا ویزن میان‌متغیر است (Bozorgnia 1973). آسرتو (Assereto 1963)، سازند دورود در برش جاجرود را نیز معرفی کرده است که شامل چهار عضو بود. ایشان سن پرمین را براساس بازویان به عضو یک این سازند نسبت داد. مطالعات بعدی (Ahmadzadeh Heravi 1971; Bozorgnia 1973)، سن پرمین را رد کردند و سن ویزن پسین تا سرپوخوین پیشین را به این سازند نسبت دادند. بزرگ‌نیا به‌دلیل حضور اختلاف زمانی بزرگ مقیاس بین عضو یک و دو سازند دورود، عضو یک را در حد سازند ارتقا داد و عنوان «دُزده‌بند» را به‌علت رخنمون کامل‌تر این ترادف در اطراف روستای دزده‌بن برای این سازند انتخاب کرد. این نکته درخور توجه است که



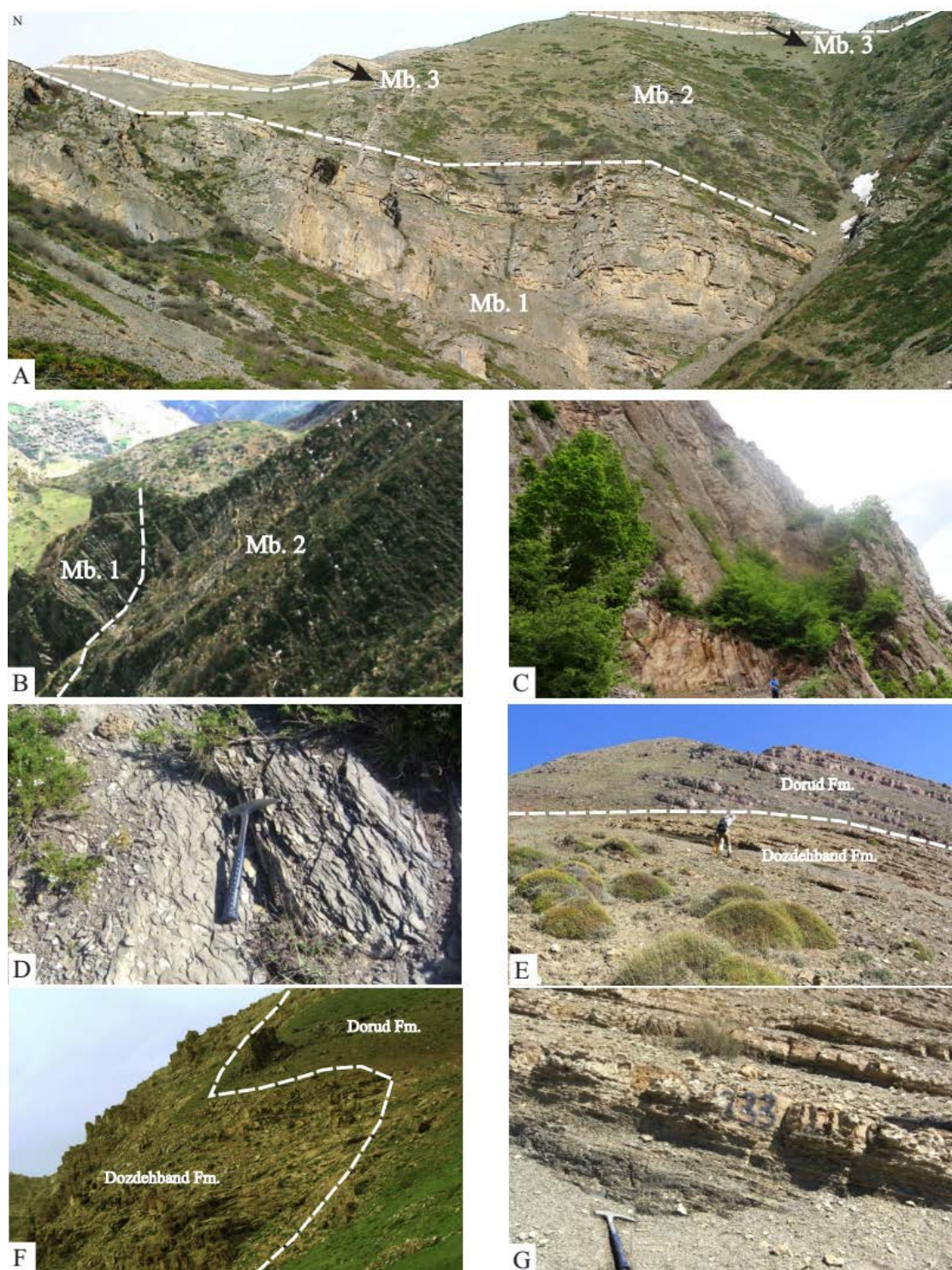
شکل 1- A: نقشه زون‌بندی ساختاری ایران (برگرفته از Stöcklin and Nabavi (1973); Berberian and King (1981); Nogol-e-Sadat (1993)); B: نقشه زمین‌شناسی البرز شمالی، C1: نقشه زمین‌شناسی برش دزده‌بن، C2: نقشه زمین‌شناسی برش ناصرآباد (برگرفته از (Vahdati (1999).

عضو 1: این عضو از سنگ‌آهک بیوکلاست‌دار ضخیم تا بسیار ضخیم لایه با رنگ خاکستری تیره با چند میان‌لایه سنگ‌آهک آئیدی در قسمت فائده‌ای تشکیل شده است. سنگ‌آهک‌های قسمت پائینی حاوی جلبک‌های داسی‌کلاسه و بیوکلاست فراوان هستند که محیط با انرژی بالا و کم‌عمق را نشان می‌دهند. بیوکلاست‌ها شامل اینترکلاست فراوان، بریوزوئرها، روزن‌داران و قطعات جلبکی هستند. در قسمت انتهایی این زون‌سنگی، واحدهای آهک مارنی دیده می‌شود. این عضو، زون‌های MFZ8، MFZ9 و قسمت پائینی را دربرمی‌گیرد که در بخش بعدی معرفی خواهند شد.

برش دزده‌بن با عرض جغرافیایی " $36^{\circ} 18' 59''$ و طول جغرافیایی " $51^{\circ} 14' 02''$ در 15 کیلومتری جنوب مرزن‌آباد و در شمال روستای دزده‌بن و برش ناصرآباد با عرض جغرافیایی " $36^{\circ} 23' 46''$ و طول جغرافیایی " $51^{\circ} 28' 47''$ در 16 کیلومتری شرق مرزن‌آباد قرار دارد (شکل 1).

چینه‌شناسی نهشته‌های کربونیفر زیرین در برش‌های دزده‌بن و ناصرآباد

توالی کربونیفر زیرین مطالعه‌شده از دو سازند مبارک و دزده‌بند تشکیل شده است. سازند مبارک با ضخامت 399/5 متر در برش دزده‌بن و 325 متر در برش ناصرآباد به سه عضو زیر تقسیم می‌شود:



شکل 2- تصاویر صحرایی سازندهای مبارک و دزده‌بند در برش‌های ناصرآباد و دزده‌بن. A: سازند مبارک در برش ناصرآباد، B: عضوهای یک و دو سازند مبارک در برش دزده‌بن، C: عضو سه سازند مبارک در برش دزده‌بن، D: شیل‌های سیاه رنگ عضو سه سازند مبارک در برش ناصرآباد، E: سازند دزده‌بند در برش دزده‌بن، F: بخش بالایی سازند دزده‌بند در برش ناصرآباد، G: توالی شیل مارنی و سنگ‌آهک‌های نازک‌لایه زرد نخودی در سازند دزده‌بند.

این عضو در نظر گرفته می‌شود. این سازند به صورت هم‌شیب روی سازند مبارک قرار دارد و خود نیز با ناپیوستگی فرسایشی توسط سازند دورود پوشیده می‌شود (شکل‌های 2 و 6). ریزرخساره‌های موجود در کربنات‌های این سازندها به طور عمده گریستون ایتراکلاست‌دار، گریستون - پکستون آئیددار، گریستون بیوکلاست‌دار، گل‌سنگ آهکی، وکستون ماسه‌دار، گریستون آئیدی (ساختار متحدمرکز)، گریستون بیوکلاستی پوشش‌دار، گریستون - پکستون آئیدی (با ساختار شعاعی و متدالمرکز) را شامل هستند. این ریزرخساره‌ها معادل FZ6-FZ7 زون‌های رخساره‌ای فلوگل (Flügel 2004) هستند و به محیط شول‌های ماسه‌ای تا بخش سمت خشکی شول¹ تعلق دارد.

بحث

تاکسونومی آرکاندیسکوئیدا

کاشمن (Cushman 1928)، نخستین فردی بود که آرکاندیسکوئیدا را بررسی کرد و آنها را به‌عنوان جنسی از خانواده نومولیتیده طبقه‌بندی کرد؛ باوجوداین، چرنیشوا (Chernysheva 1948) نشان داد این روزن‌داران به نومولیتیده تعلق ندارند و آنها را در خانواده آرکاندیسکیده طبقه‌بندی کرد و سه جنس *Archaediscus*، *Hemigordius* و *Permodiscus* را معرفی کرد. میکلوخومکلی (Miklukho-Maklay 1953, 1958)، چندین جنس را براساس الگوی پیچش، شکل محوری و انسداد لیومن² معرفی کرد. او در سال 1957 (Miklukho-) انسداد لیومن² معرفی کرد. او در سال 1957 (Maklay) آرکاندیسکوئیدا را در دو زیرخانواده شامل آرکاندیسکینه (*Archaediscinae*) برای جنس‌هایی که لیومن باز دارند و زیرخانواده آستروآرکاندیسکینه (*Asteroarchaediscinae*) برای جنس‌هایی با لیومن نیمه‌مسدود یا کاملاً مسدود معرفی کرد. پیرلت و کونیل (Pirlet and Conil 1974)، طبقه‌بندی دیگری را بیشتر براساس نوع پیچش و شکل لیومن پیشنهاد کردند. برنکل و همکاران (Brenckle et al. 1987)، این روزن‌داران را

باتوجه به زون‌های ذکرشده این قسمت، سن تورنزیان انتهایی (Tournaisian latest) تا قسمت میانی ویزئن پیشین (middle early Viséan) برای این عضو در نظر گرفته می‌شود. گفتنی است بخش پایینی این عضو در برش ناصراًباد به دلیل گسله‌بودن برداشت نشد.

عضو 2: شامل سنگ‌آهک ماسه و بیوکلاست‌دار نازک تا متوسط لایه با فسیل روزن‌داران، جلبک‌های داسی‌کلاسه، مرجان‌های فراوان، کرینوئید و نیز سوزن رادیولر است. این عضو، قسمت بالایی زون MFZ10 و بیشتر بخش‌های زون MFZ11 را دربرمی‌گیرد. جلبک‌های این عضو بیشتر شامل *Windsoporella? sp.* و *Koninckopora cf. inflata* هستند. باتوجه به زون‌های ذکرشده، سن قسمت میانی ویزئن پیشین (middle early Viséan) تا قسمت انتهایی ویزئن پیشین (late early Viséan) برای این عضو در نظر گرفته شده است (شکل‌های 2 و 5).

عضو 3: این عضو بیشتر سنگ‌آهک بیوکلاستی و آئیدی متوسط تا ضخیم لایه را شامل است که در قسمت قائده آن لایه‌های شیلی و بالاتر از آن لایه‌های ماسه‌سنگی دیده می‌شود. این زون‌سنگی، قسمت بالائی زون MFZ11 و MFZ12 را دربرمی‌گیرد. باتوجه به زون‌های ذکرشده، برای این عضو سن انتهایی ویزئن پیشین (late early Viséan) تا انتهایی ویزئن میانی (late middle Viséan) در نظر گرفته می‌شود (شکل‌های 2 و 5).

سازند دزده‌بند نیز (با ضخامت 116 متر در برش دزده‌بن و 127 متر در برش ناصراًباد) از ماسه‌سنگ نازک تا متوسط لایه با رنگ صورتی متمایل به خاکستری، میان‌لایه‌های سیلتسون، شیل مارنی و نیز سنگ‌آهک آئیدی، بیوکلاستی و مارنی با رنگ زرد نخودی (شکل 2) تشکیل شده است. این سازند از نظر زیستی بسیار غنی است؛ به‌صورتی‌که شامل روزن‌داران، بازوپایان، بریوزز و مرجان است و زون‌های MFZ14-MFZ16 را دربرمی‌گیرد. سن قسمت میانی ویزئن پسین (middle late Viséan) تا سرپوخوین پسین براساس زون‌های ذکرشده برای

¹ Landward direction of the Sand Shoal

² Lumen

تکاملی در این مقاله شناسایی شده که در تابلوهای 1-4 نمونه‌هایی از آنها ارائه شده است.

پوسته¹ دارای پرشدگی نافی (Umbilical plug):

در این مرحله، دیواره‌ای با جنس سودوفیروز، ناحیه نافی روزن‌دار را می‌پوشاند. این حالت در انواع آرکاندیسکوئیدای ابتدایی از جمله جنس‌های *Ammarchaediscus* و *Planoarchaediscus* است که پلاگ نافی فقط قسمت‌های ابتدایی را می‌پوشاند؛ اما در *Viseidiscus* تقریباً تمام حجرات به جز حجره آخر را می‌پوشاند. نمونه‌های درخور توجهی از این مرحله در برش‌های مورد مطالعه دیده شده که از نظر فراوانی در برش دزده‌بن بیشتر است (شکل‌های 3-4، تابلو 1). نخستین ظهور گونه‌های دارای این ویژگی با زون MFZ10 مطابقت دارد.

پوسته با دیواره میکروگرانولار نوک تیز (Ogival-buttresses):

لایه میکروگرانولار در جوانب پوسته به صورت ضخیم‌شده و نوک تیز هستند که جنس‌های *Glomodiscus*، *Planoarchaediscus* و *Uralodiscus* را شامل می‌شود (شکل‌های 3 و 4 تابلو 1). نماینده‌های این مرحله تکاملی از بخش‌های میانی زون MFZ10 ظاهر شده است و در زون MFZ11 به بیشترین فراوانی می‌رسد. این مرحله نیز به خوبی در نمونه‌های مورد مطالعه دیده شده و از نظر تنوع و فراوانی در برش ناصرآباد بیشتر بوده است و گونه‌های مختلفی از جمله *Glomodiscus sp.*، *U. elongatus*، *Uralodiscus rotundus* و *Glomodiscus oblongus* مشاهده شدند.

پوسته پوشیده (Involutus):

در این مرحله برای نخستین بار تمام پیچش‌ها به‌طور کامل با لایه سودوفیروز پوشیده می‌شوند. ضخیم‌شدگی لایه میکروگرانولار تا حد زیادی از بین می‌رود که

باتوجه به تغییر در ساختار دیواره و حضورداشتن یا نداشتن انسداد در لیومن طبقه‌بندی کرد. وچارد (Vachard 1988)، طبقه‌بندی پیرلت و کونیل را بازبینی و چندین جنس و زیرجنس را معرفی و خصوصیات متمایزکننده جنس‌ها را ساده‌تر کرد. کوزار و رودریگز (Cózar and Rodriguez 1999) نیز عامل مهمی را در طبقه‌بندی این میکروفسیل‌ها اضافه کردند که تغییر ضخامت لایه میکروگرانولار نسبت به لایه سودوفیروز است. در طبقه‌بندی که اکنون بیشتر پژوهشگران استفاده می‌کنند، روخوانده آرکاندیسکوئیدا (Archaeoidea) به سه خانواده آمارکاندیسکیده (Ammarchaediscidae)، آرکاندیسکیده (Archaeodiscidae) و ائوسیگمولیده (Eosigmolidae) تقسیم شده است (Vachard in Vachard et al., 2004). برخی مؤلفان در سال‌های اخیر جزئیات بیشتری به این طبقه‌بندی اضافه کردند (Hance et al., 2011; Vachard 2016) که از اهداف این مقاله خارج است.

مراحل تکاملی

این مراحل تکاملی را پیرلت و کونیل (Pirlet and Conil 1974) معرفی کردند و بعد وچارد (Vachard 1988) تصحیح و بازبینی کرد. شناسایی این مراحل تکاملی تأثیر به‌سزایی در تعیین سن مجموعه روزن‌داران و مسیر تکاملی و فیلوژنیک دارد. (Somerville 2008). در این زمینه پژوهشگران مختلفی از این ویژگی در چینه‌نگاری زیستی و زمانی استفاده کرده‌اند (Kraimer and Vachard 2002; Cózar 2004; Somerville and Cózar 2005; Okuyucu and Vachard 2006; Cózar et al. 2008; Okuyucu et al. 2013; Zandkarimi et al. 2014a, 2017).

چندین مرحله تکاملی، بیشتر براساس شکل لیومن، در رابطه با پیچش هستند (شکل‌های 3 و 4) که در ادامه معرفی می‌شوند. گفتنی است پیرلت و کونیل (Pirlet and Conil 1974)، واژه‌هایی معرفی کردند که بیشتر از زبان لاتین گرفته شده است؛ بنابراین، معادل‌های فارسی آنها با تغییر اندک و همراه با عنوان اصلی لاتین آورده شده است. تمامی مراحل

¹ Test










مختلفی در این مقاله شناسایی شده (تابلو 2) که بزرگ‌نیا (Bozorgia 1973) نیز از ویزن میانی (V2b) برش‌های ولی‌آباد و چابکسر را معرفی کرده است.

لیومن حدواسط مقعر - زوایه‌دار (Concavo-angulatus):
 امتداد قاعده لیومن در لایه سودوفیروز در پیچش‌های داخلی به صورت مقعر و در پیچش‌های خارجی به صورت زاویه‌دار است. این مرحله شامل جنس‌های مختلفی از جمله *Pirletidiscus*، *Archaeodiscus* و *Neoarchaeodiscus* است که تمامی این جنس‌ها در برش‌های مطالعه‌شده شناسایی شده‌اند (شکل‌های 3 و 4 و تابلو 2). نمونه‌های دارای این ویژگی در زون MFZ12 ظاهر می‌شوند و در برش‌های مطالعه‌شده فراوانی پایینی دارند.

جنس *Conilidiscus* و *Paraarchaeodiscus* با تست پوشیده آن را مشخص می‌کند. به سمت بالا محدب بودن قاعده لیومن از دیگر ویژگی‌های درخور توجه این مرحله است (شکل‌های 3، 4، تابلو 1). نماینده‌های این مرحله به‌طور کلی نادر هستند و برای نخستین بار در برش‌های مطالعه‌شده جنس *Conilidiscus* مشاهده شدند. همچنین بزرگ‌نیا (*Bozorgia* 1973)، جنس *Paraarchaeodiscus* با تست پوشیده را از MFZ11 (معادل MFZ11) برش آبتاک گزارش کرده است.

لیومن مقعر (Concavus):

به سمت بالا مقعر بودن قاعده لیومن، مهم‌ترین ویژگی این مرحله است. لایه میکروگرانولار، توسعه خوبی دارد که *Paraarchaeodiscus* و *Nodosarchaeodiscus* را شامل هستند (شکل‌های 3، 4). از نماینده‌های این مرحله، گونه‌های

| | Main lumen character | Evolutionary stage | Related genus |
|-----------------------|---|--------------------|---------------------------|
| Tenuous lumen |  | <i>Tenuous</i> | <i>Browneidiscus</i> |
| Inverted w occlusion |  | <i>Angulatus</i> | <i>Neoarchaeodiscus</i> |
| Inverted v occlusion |  | | |
| Partly occluded lumen |  | <i>Concavus</i> | <i>Nodosarchaeodiscus</i> |
| Angular lumen |  | <i>Angulatus</i> | <i>Archaeodiscus</i> |
| Concave up lumen |  | <i>Concavus</i> | <i>Paraarchaeodiscus</i> |
| Convex up lumen |  | <i>Involutus</i> | <i>Conilidiscus</i> |
| Ogival lumen |  | <i>Ogival</i> | <i>Uralodiscus</i> |
| Umbilical plug |  | <i>Plug</i> | <i>Ammarchaeodiscus</i> |

شکل 3- ویژگی‌های اصلی لیومن و پوسته با مرحله تکاملی آنها در روزن‌داران آرکاندیسکوئیدا همراه برخی از نمونه‌های شناسایی شده در مقاله کنونی (برگرفته از Pirllet and Conil 1974, Conil et al. 1980, Brenckle et al. 1987, Vachard 1988 با مطالب گفته‌شده در مقاله کنونی).

پوسته با پیچش شبه‌میلیولید (*Pseudo-miliolid*): حجره لوله‌ای شکل در یک مسیر بیضوی در اطراف حجره جنینی رشد کرده است و محور پیچش در طول رشد تغییر می‌کند که در نهایت پیچش مشابه به میلیولیدها ایجاد می‌شود (شکل 4 و تابلو 4). نماینده‌های این نوع پیچش شامل *Eosigmolina* و *Brenckleina* است. نخستین ظهور این ویژگی در طی MFZ16، یعنی سرپوخوین پسین دیده شده است که در برش‌های مطالعه‌شده فقط گونه‌هایی از جنس *Brenckleina* شناسایی شدند. گفتنی است گونه *Eosigmolina* قبلاً از باشکیرین ایران مرکزی گزارش شده است (Leven et al., 2006).

کاهش ضخامت دیواره و ظهور انسداد (Occlusion)

در طی ویزن تا سرپوخوین، تغییرات چشمگیری در ضخامت دیواره دیده می‌شود؛ به‌صورتی که نماینده‌های خانواده *Ammarchaetidae* از جمله *Glomodiscus* دیواره میکروگرانولار بسیار ضخیم دارد که ضخامت این لایه متعاقباً در جنس‌های *Conilidiscus* و *Paraarchaetidae* کاهش یافته است و سپس در *Archaeodiscus* با لیومن زاویه‌دار کاهش بیشتری نشان می‌دهد تا در نهایت در مرحله لیومن باریک (*Tenuis*) از بین می‌رود (به تابلوهای 1-4 بنگرید). انسداد نیز در برش محوری، شناسایی و به‌صورت نیمه‌مسدود و مسدود مشخص می‌شود. در انواع نیمه‌مسدود مانند جنس *Nodosarchaetidae*، قاعده لیومن، مسدود و بخش بالایی آن باز است (شکل 3 و تابلو 2). با ظهور *Neoarchaetidae* ابتدایی، انواع کاملاً مسدود ظاهر شده است که به دو صورت V وارونه ظاهر می‌شوند (شکل 3 و تابلو 3). انواع تکامل‌یافته‌تر انسداد به شکل w وارونه هستند که شامل جنس‌های *Nodosarchaetidae* تکامل‌یافته، *Planospirodiscus*، *Asteroarchaetidae* و *Brenckleina* هستند (شکل‌های 3، 4 و تابلو 4). در برش‌های مطالعه‌شده نیز این ویژگی‌ها دیده شده‌اند که روند تکاملی آنها در تابلوهای 1-4 مشاهده می‌شوند.

لیومن زاویه‌دار (*Angulatus*): امتداد لیومن در لایه سودوفیروز، زاویه درخور توجهی (در حدود 160 درجه) نسبت به قاعده لیومن نشان می‌دهد. از دیگر ویژگی‌های این مرحله، تغییر پیچش به‌صورت نیمه‌انولوت تا انولوت است. جنس‌هایی که در این مرحله حضور دارند *Archaeodiscus*، *Planospirodiscus* و *Kasachstanodiscus*، *Tubispirodiscus* را شامل هستند (شکل‌های 3 و 4 و تابلو 3). این مرحله عمدتاً برای نخستین‌بار در زون MFZ13 ظاهر می‌شود؛ اما بیشترین فراوانی را در قاعده زون MFZ14 دارد که در این پژوهش با حضور گونه‌های مختلفی از جنس‌های *Archaeodiscus* و *Kasachstanodiscus* مشخص می‌شود (به تابلو 3 بنگرید). در حقیقت در برش‌های مطالعه‌شده، بیشترین فراوانی این مرحله دیده شد که نشان‌دهنده زون MFZ14 است.

لیومن حدواسط زاویه‌دار - باریک (*Angulatus-tenuis*):

مرحله حدواسط که در آن پیچش‌های داخلی، لیومن زاویه‌دار و حجرات خارجی، لیومن در مرحله باریک (*Tenuis*) دارند. جنس‌هایی که این مرحله را نشان می‌دهد شامل *Tubispirodiscus*، *Kasachstanodiscus* و *Betpakodiscus* هستند (شکل‌های 3 و 4 و تابلوهای 3-4). این ویژگی در طی بخش میانی زون MFZ14 ظاهر می‌شود و در مجموعه مطالعه‌شده چندین نمونه دیده شد که در تابلوهای شماره 3-4 ارائه شده‌اند.

لیومن باریک (*Tenuis*): در این مرحله، ضخامت دیواره

به‌صورت چشمگیری کاهش می‌یابد و باریک‌تر می‌شود؛ به‌صورتی که لایه میکروگرانولار تا حد زیادی حذف شده است و لایه سودوفیروز به شدت تحلیل می‌رود. قاعده لیومن متغیر بوده و از مسطح در *Browneidiscus* تا به‌سمت بالا محدب در *Archaeodiscus* متغیر است (شکل 3). هیچ‌کدام از نماینده‌های این مرحله تکاملی تاکنون از البرز دیده نشده است.

مطالعه‌شده، این زون‌ها شناسایی می‌شوند که در ادامه، آرکاندیسکوئیدای شاخص در قالب زون‌ها ارائه می‌شوند:

MFZ9: این زون با نخستین حضور گونه *Lapparentidiscus bakanensis* و دیگر گونه‌های جنس *Lapparentidiscus* مشخص می‌شود (تابلو 1). به نظر می‌رسد این جنس، اجداد احتمالی آرکاندیسکوئیدا باشند (Hance et al. 2011). ضخامت این زون حدود 72 متر است و فقط در برش دزده‌ین شناسایی شد؛ زیرا بخش پایینی سازند مبارک در برش ناصرآباد گسله است. گونه *Lapparentidiscus bakanensis* قبلاً از بخش بالایی زون MFZ9 گزارش شده است (Zandkarimi et al. 2014a).

MFZ10: این زون در ابتدا با نخستین حضور جنس‌های *Planoarchaediscus* و *Ammarchaediscus* تعیین شده است و در برش‌های مطالعه‌شده با نخستین حضور آرکاندیسکوئیدای ابتدایی مانند *Ammarchaediscus* spp. و *Ammarchaediscus passing to Viseidiscus* sp. نمونه‌هایی از *viseinid indet.* مشخص می‌شود (تابلو 1). از نظر مراحل تکاملی معرفی‌شده، این زون در ابتدا پوسته با پرشدگی نافی دارد و سپس در بخش بالایی زون لایه میکروگرانولار به‌صورت ضخیم و نوک تیز می‌شود. در قسمت بالای این زون، روزن‌داران *Uralodiscus* sp.، *Glomodiscus?*، *Planoarchaediscus? eospirillinoides*، و *Paraarchaediscus?* spp. ظاهر می‌شوند. نکته درخور اهمیت در نمونه‌های البرز شمالی، حضور گونه‌های حدواسط فروان است که تکامل تدریجی را در این موجودات نشان می‌دهد. برای مثال *Ammarchaediscus passing to Viseidiscus* که پرشدگی نافی تمایل دارد بخش جوانب را بپوشاند (تابلو 1). همچنین در بخش بالایی طبقات مذکور برخی نمونه‌های حدواسط بین *Ammarchaediscus* و *Glomodiscus* دیده می‌شوند که در آنها تغییر تدریجی از پیچش پلانئاسپیرال را به گلومواسپیرال نشان می‌دهند (تابلو 1).

کاربردپذیری آرکاندیسکوئیده در چینه‌نگاری زیستی و زمانی:

آرکاندیسکوئیدا احتمالاً بهترین میکروفسیل برای طبقه‌بندی زمانی و زیستی در طی ویزئن - سرپوخوین هستند (Hance et al. 2011) که مؤلفان بسیاری در نقاط مختلف دنیا از آن استفاده کرده‌اند (Rausser-Chernousova 1948a, b; Grozdilova 1953; Conil and Lys 1964; Bozorgnia 1973; Pirlet and Conil 1974; Vachard 1988, 2016; Cózar et al. 2005, 2008, 2011; Somerville 2008; Brenckle et al. 2011; Zandkarimi et al. 2014a, 2017; Vachard et al. 2016).

به نظر می‌رسد اجداد آرکاندیسکوئیده، یعنی جنس *Lapparentidiscus* دو نسل را به وجود می‌آورد. اول: نسلی با پیچش پلانئاسپیرال که شامل جنس‌های *Ammarchaediscus-Viseidiscus-Uralodiscus* هستند که متعاقباً جنس *Planoarchaediscus* از *Ammarchaediscus* مشتق می‌شود. دوم: *Uralodiscus* به جنس *Glomodiscus* با پیچش گلومواسپیرال تبدیل شده است و این جنس احتمالاً اجداد تمام جنس‌های آرکاندیسکوئیدا با لیومن مقعر تا باریک است (Hance et al. 2011).

آرکاندیسکوئیدای البرز شمالی، توزیع زمانی نسبتاً کاملی را در طی ویزئن تا سرپوخوین نشان می‌دهد که تعیین زون‌های معرفی‌شده و واحدهای چینه‌نگاری زمانی را ممکن می‌کند (شکل‌های 5، 6، تابلوهای 1-4).

ویژئن پیشین

در ناحیه الگو اشکوب ویزئن (بلژیک)، قاعده آن براساس نخستین حضور *Eoparastaffella simplex* تعیین شده است (Devuyst et al. 2006). دیوست و هانس (in Poty et al. 2006) این اشکوب را به چندین زیست‌زون با عناوین MFZ9-MFZ14 تقسیم کرده‌اند که از ویزئن پیشین شامل MFZ9-MFZ11 است (گفتنی است MFZ مخفف عبارت Mississippiian Foraminiferal Zones است). در برش‌های

| Viséan | | | | Serpukhovian | | | International stage | | | | |
|-----------------------------------|-------|--------|-----------------------|--------------|--------------|-----------------------|---------------------|------------|-----------------------|-------------------|--|
| Molmianian | | Livian | | Warnantian | | | Tarusian | Steshevian | Protvian | Belgian substage | |
| Radaevkian | | Tulian | | Aleksian | Mikhailovian | Venevian | Tarusian | Steshevian | Protvian | Russian platform | |
| Cf4a2 | Cf4β | Cf4γ-δ | Cf5 | Cf6a-β | Cf6γ | Cf6δ | | Cf7 | | Conil et al. 1991 | |
| MFZ9 | MFZ10 | MFZ11 | MFZ12 | MFZ13 | MFZ14 | MFZ15 | MFZ16 | | | Poty et al. 2006 | |
| Archaediscoid evolutionary stages | | | | | | | | | | | |
| planispiral | | | not planispiral | | | stellate | | | | | |
| [Illustrations 1-4] | | | [Illustrations 5-11] | | | [Illustrations 12-14] | | | [Illustrations 15-17] | | |
| [Illustrations 18-21] | | | [Illustrations 22-23] | | | | | | | | |

شکل 4- پراکنش آرکاندیسکوئیدا در طی اشکوب‌های ویزئن - سرپوخوین و مقایسه با زون‌بندی ارائه‌شده در حوزه نامور و دینانت و زیراشکوب‌های پلانفرم روسیه و بلژیک. نمونه‌های شماره گذاری شده به ترتیب شامل: 1, 2, *Lapparentidiscus*; 3, 4, *Ammarchaediscus*; 5, *Planoarchaediscus*; 6, *Uralodiscus*; 7, *Glomodiscus*; 8, *Uralodiscus rotundus*; 9, *Conilidiscus*; 10, *Paraarchaediscus at concavus stage*; 11, *Nodosarchaediscus*; 12, *Paraarchaediscus at concavus stage*; 13, *Archaediscus at concavo-angulatus stage*; 14, *Archaediscus at angulatus stage*; 15, *Permodiscus?*; 16, *Neoarchaediscus*; 17, *Tubispirodiscus* 18, *Kasachstanodiscus*; 19, *Planospirodiscus*; 20, *Asteroarchaediscus*; 21, *Browneidiscus*; 22, *Eosigmolilina*; 23, *Brenckleina*. خط منقطع نشان‌دهنده نخستین ظهور هر تاکسون است (با تغییر از (Zandkarimi et al. 2014a و Brenckle et al. 2011, Vachard (1988), Pirlet and Conil (1974).

rotundus را از V1b (معادل MFZ11) برش ولی‌آباد گزارش کرده و گونه *Uralodiscus ex gr. rotundus* نیز از همین برش گزارش شده است (Zandkarimi et al. 2014a) (جدول 1). بزرگ‌نیا، گونه مذکور را با عنوان *Archaeodiscus rotundus* (Permodiscus) نام‌گذاری کرده است (Bozorgnia 1973; Pl. XI, Figs. 9, 12)؛ اما با توجه به تغییرات تاکسونومی چندین دهه اخیر، این گونه اکنون با عنوان *Uralodiscus rotundus* طبقه‌بندی می‌شود.

ویژن میانی

MFZ12: ویژن میانی، زون MFZ12 را در برمی‌گیرد که معادل Cf5 از زون‌بندی کونیل و همکاران (Conil et al. 1991) است. در این زون بعد از نخستین ظهور گونه *Pojarkovella nibelis* که شاخص MFZ12 معرفی شد، جنس *Nodosarchaediscus* برای نخستین بار در برش ناصرآباد ظاهر می‌شود؛ درحالی‌که همین جنس در برش دزده‌بن بالاتر از قاعده MFZ12 دیده شد. همچنین جنس *Paraarchaediscus* در مرحله حدواسط پوشیده - زاویه‌دار در زون مذکور برش ناصرآباد دیده شد. جنس *Uralodiscus* در این زون از بین رفته است؛ درحالی‌که جنس‌های *Glomodiscus* و *Planoarchaediscus* در ویژن پسین این منطقه دیده می‌شوند (تابلو 2). ضخامت این زون در برش دزده‌بن 89 متر و در برش ناصرآباد 94 متر است. بزرگ‌نیا (Bozorgnia 1973)، گونه‌های *Nodosarchaediscus demaneti* و *N. cornua* را قبلاً از V2b برش ولی‌آباد گزارش کرده است که به‌خوبی حضور جنس مذکور در ویژن میانی را نشان می‌دهد (جدول 1).

ضخامت این زون در برش دزده‌بن حدود 69 متر و در برش ناصرآباد حدود 78 متر است. این زون همچنین مطابق با قاعده زیراشکوب آروندین (Arundian) و بخش پایینی تا میانی زون Cf4β از زون‌بندی کونیل و همکاران (Conil et al. 1980) است (شکل 4). در برش ولی‌آباد البرز شمالی (Zandkarimi et al. 2014a) این زون بیشتر با ظهور *Ammarchaediscus spp.* تعیین شده است (جدول 1).

MFZ11: این زون با نخستین ظهور گونه *Uralodiscus rotundus* در بلژیک تعیین شده است که در البرز، مجموعه فراوان از انواع *Uralodiscus rotundus* و *U. elongatus* را شامل می‌شود. همچنین انواع حدواسط بین جنس‌های *Uralodiscus* و *Conilidiscus* در این زون دیده شده است که لایه میکروگرانولار، ضخامت بسیار کمتری نسبت به جنس *Uralodiscus* دارد و به تدریج با از دست دادن ضخیم‌شدگی لایه میکروگرانولار به مرحله لیومن مقعر تبدیل می‌شوند (شکل‌های 3، 4، تابلو 2). ضخامت این زون در برش دزده‌بن 142 متر و در برش ناصرآباد 134 متر است.

نخستین حضور گونه *Uralodiscus rotundus* به‌عنوان شروع MFZ11 (Poty et al. 2006) و زیراشکوب Bobrikian در پلاتفرم روسیه (Lipina and Reitlinger 1970) در نظر گرفته شده است. گفتنی است جنس‌های *Conilidiscus* و *Paraarchaediscus* در مرحله پوشیده نیز از MFZ11 (Poty et al. 2006) و زیراشکوب آروندین برتیش ایسلز (Jones and Somerville 1996) گزارش شده است. همچنین حضور جنس *Conilidiscus*، قاعده زون را در ترکیه مشخص می‌کند (Okuyucu et al. 2013). در بخش بالای این زون، بیشتر آرکاندیسکوئیدای ابتدایی از بین رفته است یا بسیار نادر هستند. بزرگ‌نیا (Bozorgnia 1973)، گونه *Uralodiscus*

Archive of SID

شکل 5- ستون سنگ‌شناسی سازند مبارک در برش‌های ناصرآباد (A) و دزده‌بین (B) همراه پراکنش روزن‌داران آرکاندیسکوئیده.

ویژئن پسین

ویژئن پسین زون‌های MFZ13 تا بخش پایینی MFZ15 را دربرمی‌گیرد. در ابتدا MFZ13 براساس نخستین ظهور جنس *Neoarchaediscus* نام‌گذاری شده است؛ باوجوداین، یافته‌های جدید (e.g. Cózar and Somerville 2006; Somerville 2008, Vachard 2016) نشان می‌دهد در حقیقت یک ایراد تاکسونومی در تعریف این زون وجود دارد و آن مفهوم متفاوت مؤلفان این زون (Devuyt and Hance in Poty et al. 2006) از *Neoarchaediscus* است که با جنس *Nodosarchaediscus* اشتباه در نظر گرفته شده است. در حقیقت این دو جنس، تفاوت اساسی در شیوه انسداد لیومن دارند؛ به‌صورتی که جنس *Nodosarchaediscus* لیومن نیمه‌مسدود و جنس *Neoarchaediscus* لیومن کاملاً مسدود دارد. همچنین به‌تازگی درباره‌ی زون MFZ15 زون‌بندی مذکور ایراداتی ارائه شده و در نوشته‌های اخیر استفاده نشده است (e.g. Cózar et al. 2013, 2015; Vachard 2016)؛ بنابراین در این نوشتار همراه ذکر زون‌های مذکور از طبقه‌بندی ارائه‌شده در پلاتفرم روسیه نیز بهره گرفته می‌شود (Kulagina et al. 2008).

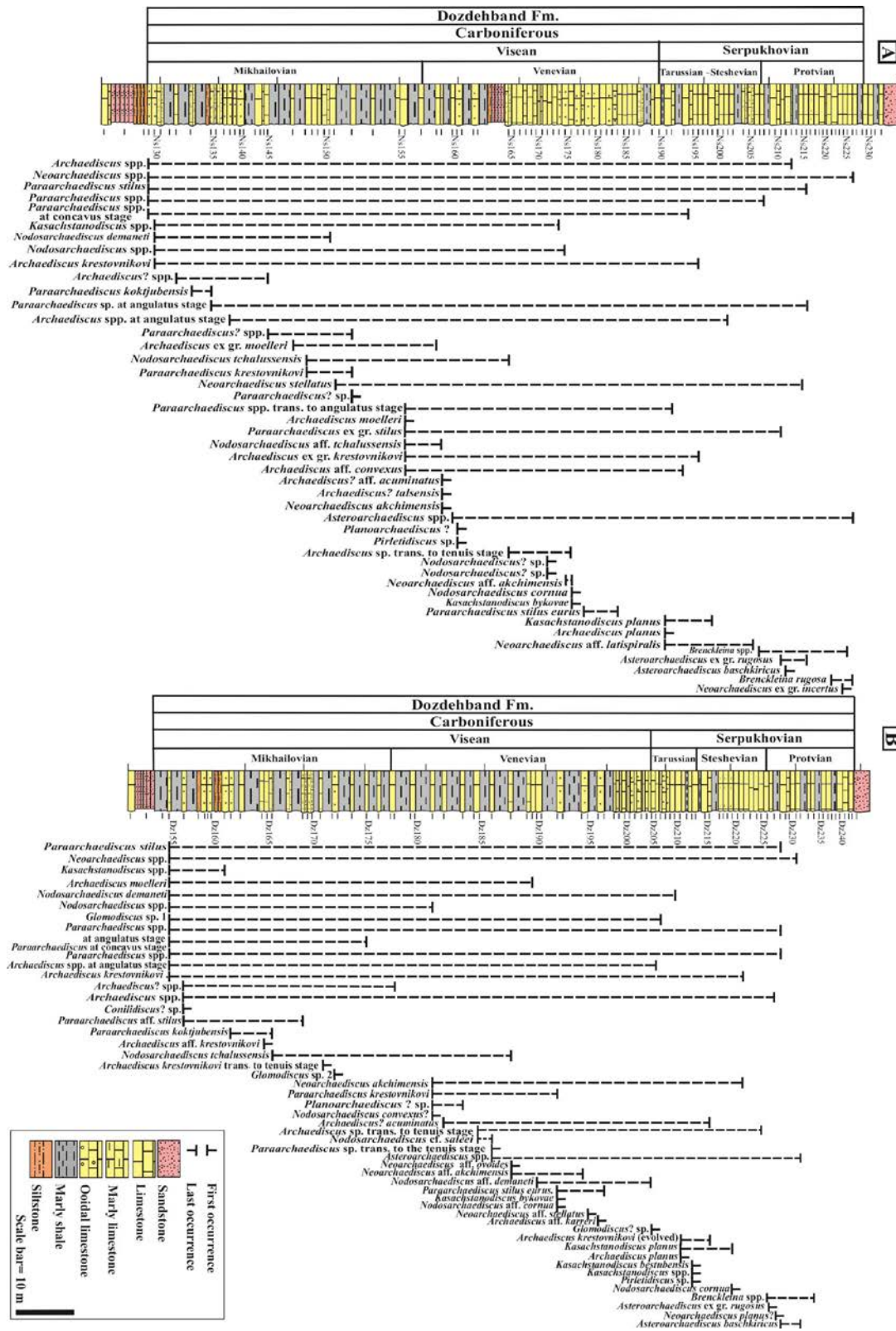
تاکنون هیچ‌گونه روزن‌دار شاخص قاعده ویژئن پسین (MFZ13) از جمله *Vissariotaxis*، *Eostaffella proikensis* و *Archaediscus gigas* در البرز دیده نشده است (e.g. Bozorgnia 1973; Mosaddegh 2000; Brenckle et al. 2011, 2012, 2015; Falahatgar et al. 2011). در حقیقت بخش پایینی MFZ13 در زندکریمی و همکاران (Zandkarimi et al. 2014a)، فاقد روزن‌دار شاخص این زون بوده است و به نظر می‌رسد به MFZ12 تعلق داشته باشد (جدول 1). نبود نهشته‌های قاعده ویژئن بالایی احتمالاً به دلیل فاز تکتونیکی البرزین است که آقاناتی (1383) آن را پیشنهاد کرده است. در تمام نقاط البرز مرکزی یک ناپیوستگی بین رسوبات ویژئن میانی و بالایی وجود دارد که در مناطق البرز شرقی، این ناپیوستگی طولانی‌مدت‌تر بوده است و از ویژئن پیشین تا باشکیرین به طول می‌انجامد. در این زمینه، وجود ماسه‌سنگ‌های آهن‌دار در سازند دزده‌بند در برش‌های مطالعه‌شده نشان‌دهنده این فاز تکتونیکی است.

MFZ14 این زون (معادل زیراشکوب میخالیوین

پلاتفرم روسیه و زیراشکوب بریگانتین اروپای غربی) با نخستین حضور جنس‌های *Neoarchaediscus* و *Kasachstanodiscus* و بیشترین فراوانی جنس‌های *Nodosarchaediscus* و نیز *Archaediscus/Paraarchaediscus* با لیومن در مرحله زاویه‌دار مطابقت دارد. در طی این زمان، برای نخستین‌بار نسبت آرکاندیسکوئیدای با لیومن مسدود و نیمه‌مسدود مانند *Neoarchaediscus* و *Nodosarchaediscus* در مقایسه با انواع لیومن باز بیشتر شده است (Somerville 2008) و همچنین *Archaediscus* با لیومن زاویه‌دار بیشترین فراوانی را دارد (Cózar et al. 2008). بزرگ‌نیا (Bozorgnia 1973, pl. XXIII) گونه‌های فراوانی را از جنس *Archaediscus* در مرحله زاویه‌دار مانند *A. plivinus*، *A. convexus*، *A. moelleri* از MFZ14 برش‌های ولی‌آباد و چابکسر گزارش کرده است که در طبقه‌بندی سابق بلژیک با V3a-V3b مطابقت دارد (جدول 1). همچنین از گونه‌های شاخص این زون، *attenatus* از *Tubispirodiscus* از برش ولی‌آباد گزارش شده است (Zandkarimi et al., 2014a) که در برش‌های مطالعه‌شده در این مقاله مشاهده نشد (جدول 1).

Lower MFZ15 بخش پایینی زون MFZ15 یا ویژئن

کاملاً پسین (معادل زیراشکوب ونوین پلاتفرم روسیه و بریگانتین پسین اروپای غربی) در برش‌های مطالعه‌شده حاوی جنس *Archaediscus* در مرحله انتقالی از زاویه‌دار به باریک، *Neoarchaediscus akchimensis* و *Asteroarchaediscus* است. کوزار و همکاران (Cózar et al. 2008)، حضور *Archaediscus* در مرحله انتقالی از لیومن زاویه‌دار به باریک را به ویژئن کاملاً پسین نسبت داده است. همچنین جنس *Asteroarchaediscus* برای نخستین‌بار در طی ویژئن کاملاً پسین ظاهر می‌شود (Conil et al. 1991). در بخش انتهایی طبقات ویژئن برش‌های مطالعه‌شده، گونه‌های *Nodosarchaediscus aff. Kasachstanodiscus bykovaе*، *Neoarchaediscus aff. stellatus* و *cornua* نیز دیده می‌شوند (جدول 1، تابلو 3).



شکل 6- ستون سنگ‌شناسی سازند دزده‌بند در برش‌های ناصر آباد (A) و دزده‌بن (B) همراه پراکنش روزن‌داران آرکانیدسکوئیده.

| International stage | Belgian substage | Russian platform | Conil et al. 1991 | Poty et al. 2006 | archaedisoid foraminifers of northern Alborz | | |
|---------------------|------------------|------------------|-------------------|--|---|--|---|
| | | | | | Bozorgia 1973 | Zandkarimi et al. 2014a | This study |
| Serpukhovian | Protvian | Protvian | C17 | MEZ16 | | | <i>Brenckleina rugosa</i> , <i>Brenckleina</i> spp. |
| | Steshevian | Steshevian | | MEZ15 | <i>Neosarchaedisoid incertus</i> , <i>N. gregorii</i> , <i>N. postrugosus</i> , <i>Asteroarchaedisoid rugosus</i> , <i>A. buschkiricus</i> | | <i>Kasachstanodiscus planus</i> , <i>Archaedisoid planus</i> , <i>Kasachstanodiscus bestubensis</i> , <i>Neosarchaedisoid</i> spp., <i>Asteroarchaedisoid</i> spp. |
| | Tarusian | Tarusian | | | <i>Nodosarchaedisoid reditus</i> , <i>Kasachstanodiscus planus</i> , <i>K. rostratus</i> | | <i>Archaedisoid at angulatus-tenuis</i> stage, <i>Neosarchaedisoid Asteroarchaedisoid</i> spp., <i>Kasachstanodiscus bykovae</i> , <i>akchimensis</i> , <i>Neosarchaedisoid aff. stellatus</i> |
| Viséan | Warnantian | Venevian | Cf6δ | ? | | | |
| | | Mikhailovian | Cf6γ | MEZ14 | <i>Nodosarchaedisoid pirlėti</i> , <i>N. permodisoides</i> , <i>Archaedisoid planus</i> , <i>A. mutans</i> , <i>Neosarchaedisoid conili</i> , <i>N. stellatus</i> , <i>N. latspiralis</i> | <i>Archaedisoid acuminatus</i> , <i>A. moelleri</i> , <i>A. krestovnikovi</i> , <i>Tubispirodiscus attenuatus</i> | acme of <i>Nodosarchaedisoid</i> and <i>Archaedisoid at angulatus</i> stage, <i>Kasachstanodiscus</i> spp., <i>A. moelleri</i> , <i>A. karreri</i> , <i>A. stillus</i> , <i>Neosarchaedisoid</i> spp., <i>N. stellatus</i> , <i>A. krestavnikovi</i> |
| | | Aleksian | Cf6α-β | MEZ13 | | | |
| | Livian | Tulian | Cf5 | MEZ12 | <i>Nodosarchaedisoid demanet</i> , <i>N. tchalusensis</i> , <i>N. cornua</i> , <i>N. spp.</i> , <i>Paraarchaedisoid krestavnikovi</i> at <i>concavo-angulatus</i> stage, <i>Paraarchaedisoid convexus</i> | <i>Pirletidiscus</i> pp., <i>Permodiscus</i> spp., | <i>Nodosarchaedisoid</i> spp., <i>Paraarchaedisoid</i> spp. at <i>concavo-angulatus</i> stage, <i>P. aff. stage</i> , <i>koktjubensis</i> , |
| | | Bobrikovian | | | | | |
| | Molnincian | Radaevkian | Cf4γ-δ | MEZ11 | <i>Uralodiscus rotundus</i> , <i>U. sp. 1</i> , <i>U. lenitortus</i> , <i>U. abnakensis</i> , <i>Glomodiscus preconconvexus</i> , <i>Planoarchaedisoid rigens</i> , <i>p. mixtus</i> | <i>Uralodiscus rotundus</i> , <i>U. abnakensis</i> , <i>Glomodiscus preconconvexus</i> , <i>Glomodiscus</i> spp, <i>Planoarchaedisoid</i> spp., | <i>Uralodiscus rotundus</i> , <i>U. abnakensis</i> , <i>U. elongatus</i> , <i>Conilidiscus</i> spp., <i>Paraarchaedisoid at involutus</i> stage, <i>P. spp. at concavus</i> stage |
| Cf4β | | | MEZ10 | <i>Uralodiscus</i> sp.1, <i>Paraarchaedisoid rigens</i> | <i>Ammarchaedisoid</i> spp., <i>A. cf. eospirillinoideis</i> | <i>Ammarchaedisoid</i> spp., <i>Ammarchaedisoid</i> passing to <i>Viseidiscus</i> , <i>viseinid</i> indet., <i>Uralodiscus</i> sp., <i>Glomodiscus?</i> sp., <i>Paraarchaedisoid?</i> spp., <i>Planoarchaedisoid?</i> <i>eospirillinoideis</i> | |
| Cf4α2 | | | MEZ9 | | <i>Lapparentidiscus bokanensis</i> | <i>Lapparentidiscus bokanensis</i> , <i>Lapparentidiscus</i> spp. | |

جدول 1- آرکاندیسکوئیدای شاخص البرز شمالی و تطابق آنها با زوناسیون حوزه‌های نامور و دینانت و زیراشکوب‌های پلاتفرم روسیه و اروپای غربی. خطوط هاشور مورب نشان‌دهنده عدم ثبت آرکاندیسکوئیده و خطوط هاشور عمودی نشان‌دهنده عدم رسوب‌گذاری است.

سرپوخوین پیشین:

شبه‌میلیولید (شکل 4، تابلو 4) دارد؛ درحالی‌که *Asteroarchaediscus* پیچش از نوع نوسانی (Oscillating) دارد و دورپیچش آخری بدون انسداد است (Brenckle et al. 1987).

نتیجه

روند تکاملی نسبتاً کاملی در آرکاندیسکوئیدای ویزئن تا سرپوخوین در طبقات سازند مبارک و دزده‌بند دیده می‌شود که چینه‌نگاری زیستی و زمانی این سازندها را ممکن می‌کنند. در طی روند تکاملی میکروفسیل‌های مذکور مراحل مختلفی دیده می‌شود که در طی آنها لیومن (حجره لوله‌ای شکل) تغییرات چشمگیری را با گذشت زمان نشان می‌دهد. این تغییرات بیشتر به صورت تغییر ضخامت در دیواره میکروگرانولار و سودوفیروز و انسداد تدریجی لیومن است. در بخش ابتدایی ویزئن پیشین، نیای آرکاندیسکوئیدا یعنی *Lapparentidiscus* در زون MFZ9 ظاهر می‌شود که با ظهور انواع آرکاندیسکوئیدای ابتدایی در طبقات بالاتر دنبال می‌شود و زون MFZ10 را مشخص می‌کند. در MFZ11 (انتهای ویزئن پیشین)، گونه شاخص *Uralodiscus rotundus* و گونه‌های مختلفی از جنس *Uralodiscus* ظاهر می‌شوند و زون MFZ12 (ویزئن میانی) حاوی *Nodosarchaediscus* و *Archaediscus* در مرحله حدواسط مقعر به زاویه‌دار هستند. آرکاندیسکوئیدای بخش میانی ویزئن پسین (MFZ14) بیشتر حاوی انواع مسدود و نیمه‌مسدود است و نیز حداکثر فراوانی جنس *Archaediscus* در مرحله زاویه‌دار است. در این زمان همچنین جنس‌های شاخص *Neoarchaediscus* و *Kasachstanodiscus* برای نخستین بار ظاهر می‌شوند. در طی ویزئن کاملاً پسین (lower MFZ15)، جنس‌های *Archaediscus* و *Paraarchaediscus* در مرحله حدواسط زاویه‌دار به باریک و نیز گونه *Neoarchaediscus akchimensis* ظاهر می‌شوند. سرپوخوین پیشین (upper MFZ15) برش‌های مطالعه‌شده با انواع بزرگ‌اندازه جنس‌های

Upper MFZ15: مرز ویزئن - سرپوخوین که با بخش بالایی زون MFZ15 مطابقت دارد، با نخستین ظهور جنس *Archaediscus* با لیومن باریک و کم تلاقی می‌کند. با وجود این، نمونه مذکور تاکنون از کربونیفر زیرین ایران گزارش نشده است. آرکاندیسکوئیدای سرپوخوین پیشین در برش‌های مطالعه‌شده بیشتر محلی بوده است و گونه‌های *Archaediscus planus*، *Kasachstanodiscus planus* و *Kasachstanodiscus bestubensis* را شامل می‌شود (تابلو 3). این زون در منطقه مطالعه‌شده بیشتر با کاهش شدید در فراوانی *Paraarchaediscus*، *Nodosarchaediscus* و *Archaediscus* در مرحله زاویه‌دار مشخص می‌شود (شکل 6). جنس *Glomodiscus* نیز در این زون از بین می‌رود و *Neoarchaediscus* و *Asteroarchaediscus* در این بخش نیز حضور دارند. بزرگ‌نیا (Bozorgnia 1973)، گونه‌های مختلفی از جنس‌های *Neoarchaediscus* و *Asteroarchaediscus* از نامورین پیشین (سرپوخوین پیشین کنونی) سازند دزده‌بند در برش دزده‌بن گزارش کرده است (جدول 1).

سرپوخوین پسین:

MFZ16: سرپوخوین پسین با زون MFZ16 مطابقت دارد و در برش‌های مطالعه‌شده با نخستین حضور گونه‌های مختلف از جنس *Brenckleina* مشخص می‌شود (تابلو 4). این جنس از سرپوخوین پسین نقاط مختلف از جمله بریتیش ایسلز (Cózar et al. 2008)، پلاتفرم روسیه (Gibshman 2003) و نیز حوزه نامور و دینانت (Poty et al. 2006) گزارش شده است. همچنین گونه *Brenckleina rugosa* که در این بخش مشاهده شده، قبلاً از پروتوین پسین مسکو (Kulagina et al. 2008) و سرپوخوین پسین مراکش (Cózar et al., 2011) (2008) و سرپوخوین پسین مراکش (Cózar et al., 2011) شناسایی شده است. گفتنی است در ظاهر، تشابه زیادی بین جنس *Asteroarchaediscus* و *Brenckleina* وجود دارد؛ با وجود این، جنس *Brenckleina* پیچش از نوع

- Y.I. Potievskaya P.D. Rostovtseva, L.F. and Shevchenko G.D. 1967. Mikrofaunisticheskie markiruyushchie gorizonty kamennougolnykh i permskikh otlozhenii Dneprovsko-Donetskoi vpadiny [Microfaunal marker-horizons from the Carboniferous and Permian deposits of the Dniepr-Donets Depression]. Akademiya Nauk Ukrainskoi SSR, Instituta Geologicheskii Nauk, Trudy, Izdatelstvo "Naukova Dumka", 224 p. (in Russian).
- Brenckle P.L and Grelecki J.C. 1993. Type archaediscean foraminifers (Carboniferous) from the former Soviet Union and Great Britain, with a description of computer modeling of archaediscean coiling. Cushman Foundation for Foraminiferal Research Special Publication, 30: 1–58.
- Brenckle P.L. Gaetani M. Angiolini, L. and Bahrammanesh, M. 2009. Refinements in chronostratigraphy, and paleogeography of the Mississippian (Lower Carboniferous) Mobarak Formation, Alborz Mountains, Iran. *GeoArabia*, 14(3): 43–78.
- Brenckle P.L. Ramsbottom, W.H. and Marchant T.R. 1987. Taxonomy and classification of Carboniferous archaediscean foraminifers. *Courier Forschungsinstitut Senckenberg*, 98: 11–24.
- Chernysheva N.E. 1948. On *Archaediscus* and related forms from the Early Carboniferous of the USSR 19. *Akademiya Nauk SSSR, Trudy Instituta Geologicheskikh Nauk* 62, geologicheskaya seriya, 150–158 (in Russian).
- Conil R. and Lys M. 1964. Matériaux pour l'étude micropaléontologique du Diantien de la Belgique et de la France (Avesnois). Pt. 1, Algues et foraminifères ; Pt. 2, Foraminifères (suite). *Mémoires Institut Géologie Université Louvain*, 23: 1–372.
- Conil R. Longerstaey, P.J. and Ramsbottom W.H.C. 1980. Matériaux pour l'étude micropaléontologique du Diantien de Grande-Bretagne. *Mémoires Institut Géologique Université Louvain*, 30: 1–187.
- Cózar P. 2000. *Archaediscidae y Lasiodiscidae (Foraminiferida) del Mississippiano (Carbonífero) del área del Guadiato (suroeste de España)*. *Revista española de micropaleontología*, 32(2): 193–212.
- Cózar P. and Rodriguez S. 1999. Nueva clasificación de la familia *Archaediscidae* (foraminíferos), *Temas Geológico-Mineros ITGE*, 26: 212–218.
- Archaediscus* و *Kasachstanodiscus* با کاهش شدیدی در جمعیت *Nodosarchaediscus* *Paraarchaediscus* و *Archaediscus* با لیومن مقعر مشخص می‌شود. سرپوخوین پسین (MFZ16) نیز با نخستین ظهور جنس *Brenckleina* و گونه *Brenckleina rugosa* مشخص می‌شود. هیچ‌گونه روزن‌دار شاخص بخش تحتانی ویزئن پسین در البرز مرکزی دیده نشده است؛ بنابراین به نظر می‌رسد نبود رسوبات بخش تحتانی ویزئن پیشین در منطقه البرز شمالی احتمالاً به دلیل فاز تکتونیک البرزین باشد.

منابع

- Aghanabati A. 2004. *Geology of Iran*. Geological Survey of Iran 440 p. (in Persian).
- Alavi M. 1991. Sedimentary and structural characteristics of the Paleo-Tethys remnants in northeastern Iran. *Geological Society of America Bulletin*, 103: 983–992.
- Allen M. Jackson J. and Walker R. 2004. Late Cenozoic reorganization of the Arabia-Eurasia collision and the comparison of short-term and long-term deformation rates. *Tectonics* 23(2).
- Angiolini L. Checconi A. Gaetani, M. and Rettori R. 2010. The latest Permian mass extinction in the Alborz Mountains (north Iran). *Geological Journal*, 45(23): 216–229.
- Bozorgnia F. 1973. Paleozoic foraminiferal biostratigraphy of central and east Alborz Mountains, Iran. National Iranian Oil Company, Geological Laboratories Publication, Tehran, 4: 184 p.
- Brassier M.D. Magaritz M. Corfield R. Huilin L. Xiche W. Lin O. Zhiwen J. Hamdi B. Tinggui, H. and Fraser A.G. 1990. The carbon-and oxygen-isotope record of the Precambrian–Cambrian boundary interval in China and Iran and their correlation. *Geological Magazine*, 127(3): 319–332.
- Brazhnikova N.E. 1964. On the study of *Eosigmoilina* from the Lower Carboniferous of the Greater Donets Basin, in *Material on the Upper Paleozoic Fauna of the Donets Basin*: *Akademiya Nauk Ukrainskoi SSR, Trudy Instituta Geologicheskikh Nauk, Seriya Stratigrafii i Paleontologii*, 48: 3–15 (in Russian).
- Brazhnikova N.E. Vakarchuk, G.I. Vdovenko M.V. Vinnichenko L.V. Karpova, M.A. Kolomiets

- Grozdilova L.P. 1953. Iskopaemye foraminiferi SSSR: Arkhedistsidy (Fossil foraminifers in SSSR: Archaediscidae). Trudy VNIGRI, 74: 67–123 (in Russian).
- Grozdilova L.P. and Lebedeva N.S. 1954. Foraminifery nizhnego karbona i bashkirskogo yarusa srednego Karbona Kolvo-Visherskogo Kraya [Foraminifers of the Early Carboniferous and Bashkirian stage of the Middle Carboniferous of the Kolvo-Visher Basin]. Trudy VNIGRI 81, Mikrofauna SSSR, 7: 4–203 (in Russian).
- Habibi T. Corradini, C. and Yazdi M. 2008. Conodont biostratigraphy of the Upper Devonian–Lower Carboniferous Shahmirzad section, central Alborz, Iran. *Geobios*, 41: 763–777.
- Hamdi B. Brasier, M.D. and Zhiwen J. 1989. Earliest skeletal fossils from Precambrian–Cambrian boundary strata, Elburz Mountains, Iran. *Geological Magazine*, 126(3): 283–289.
- Hamdi B. Rozanov, A.Y. and Zhuravle A.Y. 1995. Latest Middle Cambrian metazoan reef from northern Iran. *Geological Magazine*, 132(4): 367–373.
- Hance L. Hou, H.F. and Vachard D. 2011. Upper Famennian to Viséan foraminifers and some carbonate micropaleontology from South China, Hunan, Guangxi and Guizhou. Geological Science Press, Beijing, 359 p.
- Jones G.L. and Somerville, I.D. 1996. Irish Dinantian biostratigraphy: practical applications. Geological Society, London, Special Publications, 107(1): 371–385.
- Khorrani M. 2013. Conodont stratigraphy of Mississippian rocks of Dashte Nazir section, northern Alborz. Ms.C. thesis, Shahid Beheshti University, 316 p. (in Persian) (unpublished).
- Krainer K. and Vachard D. 2002. Late Serpukhovian (Namurian A) microfacies and carbonate microfossils from the Carboniferous of Nötsch (Austria). *Facies*, 46(1): 1–26.
- Krestovnikov V.N. and Theodorovich G.I. 1936. A new species of the genus *Archaediscus* from the Carboniferous of the South Urals. *Byulleten Moskovskogo Obshchestva Ispytatelei Prirody, Otdelenie Geologii*, 44: 86–90 (in Russian).
- Kulagina E.I. Gibshman, N.B. and Pazukhin V.N. 2003. Foraminiferal zonal standard for the Lower Carboniferous of Russia and its correlation with the conodont zonation. *Rivista Italiana di Paleontologia e Stratigrafia*, 109(2): 173–185.
- Kulagina E.I. Gibshman, N.B. and Ni kolaeva S.V. 2008. Foraminifer-based correlation of the Cózar P. and Somerville I.D. 2006. Significance of the Bradyinidae and Parajanischewskina n. gen. for biostratigraphic correlations in the late Viséan (Mississippian) in western Palaeotethyan basins. *Journal of Foraminiferal Research*, 36: 262–272.
- Cózar P. Medina-Varea P. Somerville I.D. Vachard D. Rodríguez, S. and Said I. 2014. Foraminifers and conodonts from the late Viséan to early Bashkirian succession in the Saharan Tindouf Basin (southern Morocco): biostratigraphic refinements and implications for correlations in the western Palaeotethys. *Geological Journal*, 49: 271–302.
- Cózar P. Said I. Somerville I.D. Vachard D. Medina-Varea P. Rodríguez, S. and Berkhlí M. 2011. Potential foraminiferal markers for the Viséan–Serpukhovian and Serpukhovian–Bashkirian boundaries—a case-study from Central Morocco. *Journal of Paleontology*, 85:1105–1127.
- Cózar P. Somerville, I.D. and Burgess I. 2008. New foraminifers in the Viséan/Serpukhovian boundary interval of the Lower Limestone Formation, Midland Valley, Scotland. *Journal of Paleontology*, 82: 906–923.
- Cushman J.A. 1928. Foraminifera: Their classification and economic use, Cushman Laboratory, Foraminiferal Research, Special Publication, 1, 401 p.
- Falahatgar M. Mossadegh, H. and Shirazi M.P. 2012. Foraminiferal biostratigraphy of the Mobarak Formation (Lower Carboniferous) in Kiyasar area, SE Sari, northern Iran. *Acta Geologica Sinica (English edition)*, 86(6): 1413–1425.
- Falahatgar M. Vachard, D. and Sakha, L.A. 2015. The Tournaisian (Early Carboniferous) of the Kahanag section (central Alborz; northern Iran); biostratigraphy with calcareous algae and foraminifers; palaeobiogeographic implications. *Revue de Micropaléontologie*, 58(3): 217–237.
- Gaetani M. Angiolini L. Ueno K. Nicora A. Stephenson M.H. Sciunnach D. Rettori R. Price, G.D. and Sabouri, J. 2009. Pennsylvanian–Early Triassic stratigraphy in the Alborz Mountains (Iran). Geological Society, London, Special Publications, 312: 79–128.
- Gibshman N.B. 2003. Foraminifers from the Serpukhovian Stage Stratotype, the Zabor'e Quarry (Moscow Region). *Stratigraphy and Geological Correlation*, 11: 39–63.

- Okuyucu C. and Vachard D. 2006. Late Viséan foraminifera and algae from the Cataloturan Nappe, Aladag Mountains, eastern Taurides, southern Turkey. *Geobios*, 39(4): 535–554.
- Okuyucu C. Vachard, D. and Göncüoğlu M.C. 2013. Refinements in biostratigraphy of the foraminiferal zone MFZ11 (middle Viséan, Mississippian) in the Cebeciköy Limestone (Istanbul Terrane, NW Turkey). *Bulletin of Geosciences*, 88 : 621–645.
- Perret M.F. 1993. Recherches micropaléontologiques et biostratigraphiques (conodontes-foraminifères) dans le Carbonifère pyrénéen. *Strata, serie 2 Mémoires*, 21: 1–597.
- Pirlet H. and Conil R. 1974. L'évolution des Archæidiscidae viséens. *Bulletin de la Société belge de Géologie*, 82 : 241–299. (pre-print; printed 1977).
- Poty E. Devuyt, F.-X. and Hance L. 2006. Upper Devonian and Mississippian foraminiferal and rugose coral zonations of Belgium and northern France: a tool for Eurasian correlations. *Geological Magazine*, 143: 829–857.
- Pronina T.V. 1963. Foraminifers of the Carboniferous Berezovsky suite from the eastern slope of the South Urals. In *Papers on Problems of Stratigraphy*, No. 7, Stratigraphy and Fauna of the Paleozoic of the Urals, Akademiya Nauk SSSR, Ural'skii Filial, Trudy Instituta Geologii, 65: 119–176 (in Russian).
- Rauser-Chernousova D.M. 1948a. Nekotorye novyye vidy foraminifer iz nizhnokamennougol'nykh otlozheniy Podmoskovnogo basseyna [Some new species of foraminifera of the Early Carboniferous deposits of the Submoscovite basin]. *Akademiya Nauk SSSR, Trudy Instituta Geologicheskikh Nauk* 62, *Geologicheskaya Seriya*, 19: 227–238 (in Russian).
- Rauser-Chernousova D.M. 1948b. Materialy k faune foraminifer kamennougolnykh otlozheniy Tsentralnogo Kazakhstana [Materials for foraminiferal fauna from the Carboniferous deposits from central Kazakhstan]. *Akademiya Nauk SSSR, Trudy Instituta Geologicheskikh Nauk* 66, *Geologicheskaya Seriya*, 21: 1–66 (in Russian).
- Somerville I. D. 2008. Biostratigraphic zonation and correlation of Mississippian rocks in Western Europe: some case studies in the late Viséan/Serpukhovian. *Geological Journal*, 43: 209–240.
- Somerville I. D. and Cózar P. 2005. Late Asbian to Brigantian (Mississippian) foraminifera Chesterian Stage in the Mississippian type region, USA, with the Serpukhovian Stage of Russia. *Newsletter on Carboniferous Stratigraphy*, 26: 14–18.
- Laloux M. 1988. Foraminifères du Viséen supérieur et du Namurien du bassin franco-belge. *Bulletin de la Société belge de Géologie*, 96(3): 205–220.
- Leven E.J. Davydov, V.I. and Gorgij M.N. 2006. Pennsylvanian stratigraphy and fusulinids of central and eastern Iran. *Palaeontologia Electronica*, 9(1): 1-36.
- Lipina O. A. and Reitlinger E. A. 1970. Stratigraphie zonale et paléozoogéographie du Carbonifère inférieur d'après les foraminifères. In: *Compte Rendu VI Congrès International de Stratigraphie et Géologie du Carbonifère*, Sheffield, 3: 1101–1112.
- Lys M. Stampfli, G. and J enny J. 1978. Biostratigraphie du Carbonifère et du Permien de l'Elbourz oriental (Iran du NE). *Notes du Laboratoire de Paléontologie, Université de Genève*, 2: 63–99.
- Marfenkova M.M. 1978. Foraminifery i stratografiya nizhnego i srednego vize Yuzhnogo Kazakhstana (Foraminifers and stratigraphy of the lower and middle Viséan of southern Kazakhstan), 78–99 p. In: *Dubatulov V.N. and Yuferev O.V. (Eds.) Biostratografiya i paleobiogeografiya devona i karbona aziatskoi chasti SSSR (Devonian and Carboniferous biostratigraphy of the asiatic part of the USSR)*. Akademiya Nauk SSSR, Sibirskoe Otdelenie, Trudy Instituta Geologii i Geofiziki, 386 p. (in Russian).
- Miklukho-Maklay A.D. 1953. On the systematics of the family Archæidiscidae. *Ezhegodnik Vsesoyuznogo Paleontologicheskogo Obshchestva (1948-1953)*, 14: 127–131 (in Russian).
- Miklukho-Maklay A.D. 1957. New data on systematics and phylogeny of archæidiscids. *Vestnik Leningradskogo Universiteta*, 24, *seriya geologii geografii*, 4: 34-46 (in Russian).
- Miklukho-Maklay A.D. 1958. A new foraminiferal family, Tuberitinidae M.Maclay fam. nov. *Voprosy Mikropaleontologii*, 2: 130–135 (in Russian).
- Mossadegh H. 2000. Microfossils, Microfacies, Sedimentary Environment and Sequence Stratigraphy of the Mobarak Formation in Central Alborz, PhD thesis, Kharazmi University, Iran, 415 p. (in Persian) (unpublished).

- Zhuang Autonomous region, South China). *Revue de Paléobiologie*, 22: 753–759.
- Yassaghi A. and Naeimi, A. 2011. Structural analysis of the Gachsar sub-zone in central Alborz range; constrain for inversion tectonics followed by the range transverse faulting. *International Journal of Earth Sciences*, 100(6): 1237–1249.
- Zandkarimi K. Najafian B. Bahrammanesh, M. and Vachard D. 2014b. Permian Foraminiferal Biozonation in the Alborz Mountains at Valiabad Section (Iran). *Permophiles* 60: 10–16.
- Zandkarimi K. Najafian B. Vachard, D. Bahrammanesh, M. and Vaziri S. H. 2014a. Latest Tournaisian–late Viséan foraminiferal biozonation (MFZ8–MFZ14) of the Valiabad area, northwestern Alborz (Iran): geological implications. *Geological Journal*, 51: 125–142.
- Zandkarimi K. Vachard D. Cózar P. Najafian B. Hamdi, B. and Mosaddegh H. 2017. New data on the Late Viséan–Late Serpukhovian foraminifers of northern Alborz, Iran (biostratigraphic implications). *Revue de Micropaléontologie* (in press), DOI [https://doi.org/10.1016/j.revmic.2016.11.003].
- Zaninetti L. and Altiner D. 1979. La famille des *Archaeodiscidae* (Foraminifères): analyse taxonomique et propositions pour une nouvelle subdivision. *Archives des Sciences*, Genève, 32:163–175
- from south-east Ireland: comparison with Northern England assemblages. *Journal of Micropaleontology*, 24: 131–144.
- Stöcklin J. 1974. Northern Iran: Alborz Mountains. Geological Society, London, Special Publications, 4(1): 213–234.
- Stöcklin J. and Nabavi. M. H. 1973. Tectonic Map of Iran. Geological Survey of Iran.
- Vachard D. 1980. Téthys et Gondwana au Paléozoïque supérieur - Les données afghanes-biostratigraphie, micropaléontologie, paléogéographie. Documents Travaux IGAL Institut, Géologique Albert de Lapparent, 2: 1–463.
- Vachard D. 1988. Pour une classification raisonnée et raisonnable des *Archaeodiscidae* (Foraminifera, Carbonifère inférieur-moyen). *Revue de Paléobiologie* 2, Benthos, 86 : 103-123.
- Vachard D. 1996. Iran, 491–521. In: Martinez Diaz C. Granados, L.F. Wagner, R.H. and Winkler Prins C.F. (Eds.). *The Carboniferous of the World. III: the former USSR, Mongolia, Middle Eastern Platform, Afghanistan and Iran*. International Union of Geological Science (IUGS) Publication 33.
- Vachard D. 2016. Macroevolution and Biostratigraphy of Paleozoic Foraminifers. *Stratigraphy and Timescales*, 1: 257-323.
- Vachard D. Laveine, J.P. Zhang S. Huang H. Zhan M. Liu, L. and Lemoigne Y. 2004. A rich assemblage with *Eoparastaffella* (foraminifera) from the lower Viséan Cf4 (Mississippian) of Tianshui area (Guangxi