

حوادث زیستی نانوفسیل‌های آهکی از *Triquetrorhabdulus carinatus* Zone تا *Helicosphaera ampliaperta* Zone در توالی الیگومیوسن یال جنوب غربی قاعدیس نواب

مرضیه لفظی^۱، علی اصغر ثیاب قدسی^{۲*}، سعیده سنماری^۳، امیر صلاحی^۴

۱- کارشناس ارشد چینه نگاری و دیرینه شناسی، گروه زمین شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران

۲- دانشیار گروه زمین شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران

۳- دانشیار گروه مهندسی معدن، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه بین‌المللی امام خمینی قزوین، قزوین، ایران

۴- دکتری زمین شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران

*پست الکترونیک: a.siabeghodsy@urmia.ac.ir

تاریخ پذیرش: ۹۸/۳/۲۸

تاریخ دریافت: ۹۶/۵/۶

چکیده

به منظور انجام مطالعه زیست چینه نگاری رسوبات سازند قم در یال جنوب غربی قاعدیس نواب، برشی با ضخامت ۳۴۶ متر انتخاب شد. سازند قم در این برش از سنگ آهک مارنی، مارن و سنگ آهک تشکیل شده است. به منظور تعیین و معرفی گونه‌های شاخص، تجمعات فسیلی همراه و زیست‌زون‌ها، نمونه‌هایی از این سازند برداشت و مورد مطالعه قرار گرفت که نتیجه به شناسایی ۲۹ گونه از نانوفسیل‌های آهکی منجر شد. در این مطالعه ۴ زیست‌زون در توالی سازند قم شامل *Triquetrorhabdulus carinatus* Zone، *Discoaster druggii* Zone، *Sphenolithus belemnos* Zone و *Helicosphaera ampliaperta* Zone بر اساس الگوی زیست پهنه بندی Martini (1971) ارائه شد که با زیست‌زون‌های CN1a-b، CN1c، CN2 و CN3 از زیست پهنه بندی Okada & Bukry (1980) همخوانی دارد. بر این اساس، سن توالی مورد مطالعه از الیگوسن پسین (اواخر شاتین) تا میوسن پیشین - میانی (بوردیگالین - لانگین) است.

واژه‌های کلیدی: زیست چینه نگاری؛ نانوفسیل‌های آهکی؛ سازند قم؛ الیگومیوسن.

مقدمه

طوری که توالی کامل آن در بسیاری از نواحی رسوب گذاری مشاهده نمی‌شود (آقانباتی، ۱۳۸۳). سازند قم در نواحی مختلف ایران مرکزی، پهنه سندج و سیرجان و ارومیه - دختر گسترش دارد (Amirshahkarami & Karavan, 2015). این سازند در ایران مرکزی، سنگ مخزن گاز می‌باشد و به همین علت از اهمیت اقتصادی فراوانی

سنگ آهک‌ها و مارن‌های سازند قم نشان از آخرین پیش‌روی دریا در ایران مرکزی دارند و غالباً با ناپوستگی‌هایی در بین سازندهای قاره‌ای قرمز زیرین و بالایی قرار گرفته‌اند. برش الگوی این سازند در نواحی اطراف قم مطالعه شده است (Bozorgnia, 1965). این سازند از نظر سنگ شناسی به سرعت تغییر رخساره داده به

روش مطالعه

در این مطالعه برداشت ۷۸ نمونه از قاعده تا رأس برش انجام گرفت. آماده سازی نمونه‌ها طبق روش اسمیر اسلاید انجام شد (Bown & Young, 1998). نمونه‌ها توسط میکروسکپ پلاریزان در نور معمولی (PPL) و در نور رنگی (XPL) مطالعه و از گونه‌های مختلف شناسایی شده عکس برداری شد. اسلایدهای تهیه شده جهت شناسایی دقیق جنس و گونه‌های نانوفسیلی بر اساس منابعی همچون Perch-Nielsen (1985) بررسی شدند. همچنین برای تعیین سن نسبی دقیق توالی، زیست پهنه‌بندی بر اساس الگوی معرفی شده توسط Martini (1971) انجام و با الگوی معرفی شده توسط Okada & Bukry (1980) مورد مقایسه قرار گرفت.

چینه شناسی

لایه‌هایی از مارن و سنگ آهک‌های کم عمق که از نظر رنگ و ویژگی‌های سنگ شناسی از سازند قرمز زیرین و بالایی متمایز هستند و در دو حوضه پیش کمان و پس کمان نهشته شده‌اند سازند قم نامیده می‌شود (آقانباتی، ۱۳۸۳). نهشته‌های سازند قم با سن الیگوسن تا میوسن یکی از واحدهای سنگ چینه‌ای در ایران مرکزی است که نشانه آخرین پیش‌روی دریا در ایران مرکزی است (رحیم زاده، ۱۳۷۳). حوضه پس کمان قم که رسوب گذاری سازند قم در آن انجام شده است، توسط یک سیستم کمان آتشفشانی فعال در ائوسن از هم جدا شده است. سازند قم در جنوب شهر قم به شش واحد سنگ شناسی a تا f تقسیم می‌شود (آقانباتی، ۱۳۸۳). ضخامت سازند قم در برش مورد مطالعه در این پژوهش ۳۴۶ متر است که از نظر سنگ شناسی از سنگ آهک مارنی، مارن و سنگ آهک تشکیل شده است. این برش به واحدهای a تا f تقسیم می‌شود. مرز بین برش برداشت شده

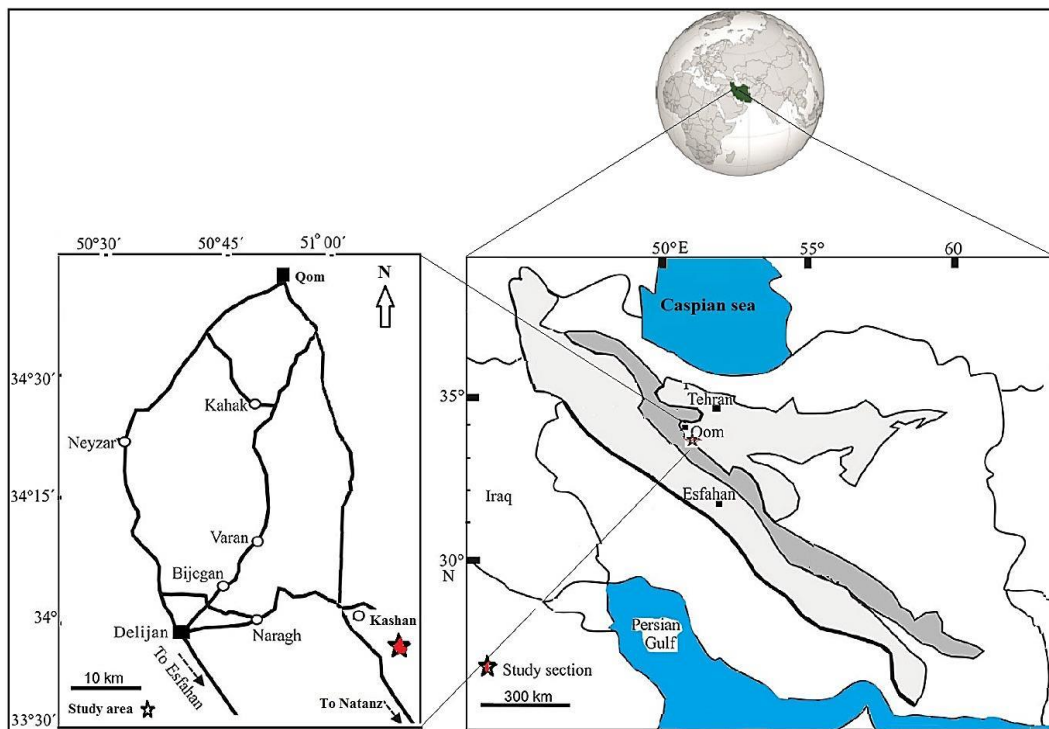
برخوردار است (رضایی، ۱۳۹۲). با توجه به گسترش وسیع سازند قم در ایران مرکزی، تعیین سن عضوهای تشکیل دهنده آن توسط گروه‌های فسیلی متعدد انجام شده است. اولین گزارش از سازند قم توسط Loftus (1855) و Tietze (1875) در ایران مرکزی و سپس توسط Von Abich (1878) در ناحیه دریاچه ارومیه ارائه شد. Stahl (1911) اولین بار مطالعات چینه شناسی و دیرینه شناسی را بر اساس ماکروفسیل‌ها بر روی این سازند انجام داده است. Furrer & Soder (1955) رسوبات دریایی الیگومیوسن سازند قم را اولین بار در نواحی اطراف قم تقسیم بندی نمودند. این سازند بعدها از دیدگاه دیرینه شناختی و زیست چینه نگاری توسط Rahaghi (1964)، Kalantari (1964)، Bozorgnia (1965)، Daneshian & Ramezani Dana (1980)، Khaksar & Maghfouri-Moghadam (2007)، هادوی و الماسی نیا (۱۳۸۷)، دانشیان و قنبری (۱۳۸۸)، خاکسار و بهرام‌منش تهرانی (۱۳۹۰)، Yazdi-Moghaddam (2011) و ... از نظر تعیین محیط دیرینه و رخساره‌های رسوبی توسط باغبانی (۱۳۷۵)، لاسمی و امین رسولی (۱۳۸۲)، Vaziri-Seyrafian & Torabi (2004) Moghaddam & Torabi (2005)، دانشیان و درخشانی (۱۳۸۷) و ... مورد مطالعه قرار گرفته است. در پژوهش حاضر نیز برشی از توالی این سازند در یال جنوب غربی تاقدیس نواب با هدف تعیین سن نسبی و انجام زیست پهنه بندی بر مبنای نانوفسیل‌های آهکی مورد مطالعه قرار گرفته است.

موقعیت جغرافیایی

برش مورد مطالعه در سمت چپ مسیر جنوبی جاده کاشان - نظنز و در موقعیت یال جنوب غربی تاقدیس نواب، جنوب ایستگاه گلشن آباد قرار دارد. منطقه مورد مطالعه بین طول‌های جغرافیایی $52^{\circ}00'$ تا $51^{\circ}30'$ و عرض‌های جغرافیایی $34^{\circ}00'$ تا $33^{\circ}30'$ جای دارد (شکل ۱).

رخنمون نداشته و به نظر می‌رسد که نبود این رخساره تخریبی، نتیجه عدم رسوب گذاری آن در این ناحیه باشد.

با سازند قرمز زیرین با یک ناپوستگی فرسایشی و مرز بالایی آن با یک ناپوستگی زیر کنگلومرای هم ارز سازند بختیاری قرار دارد. در واقع سازند قرمز بالایی در این ناحیه

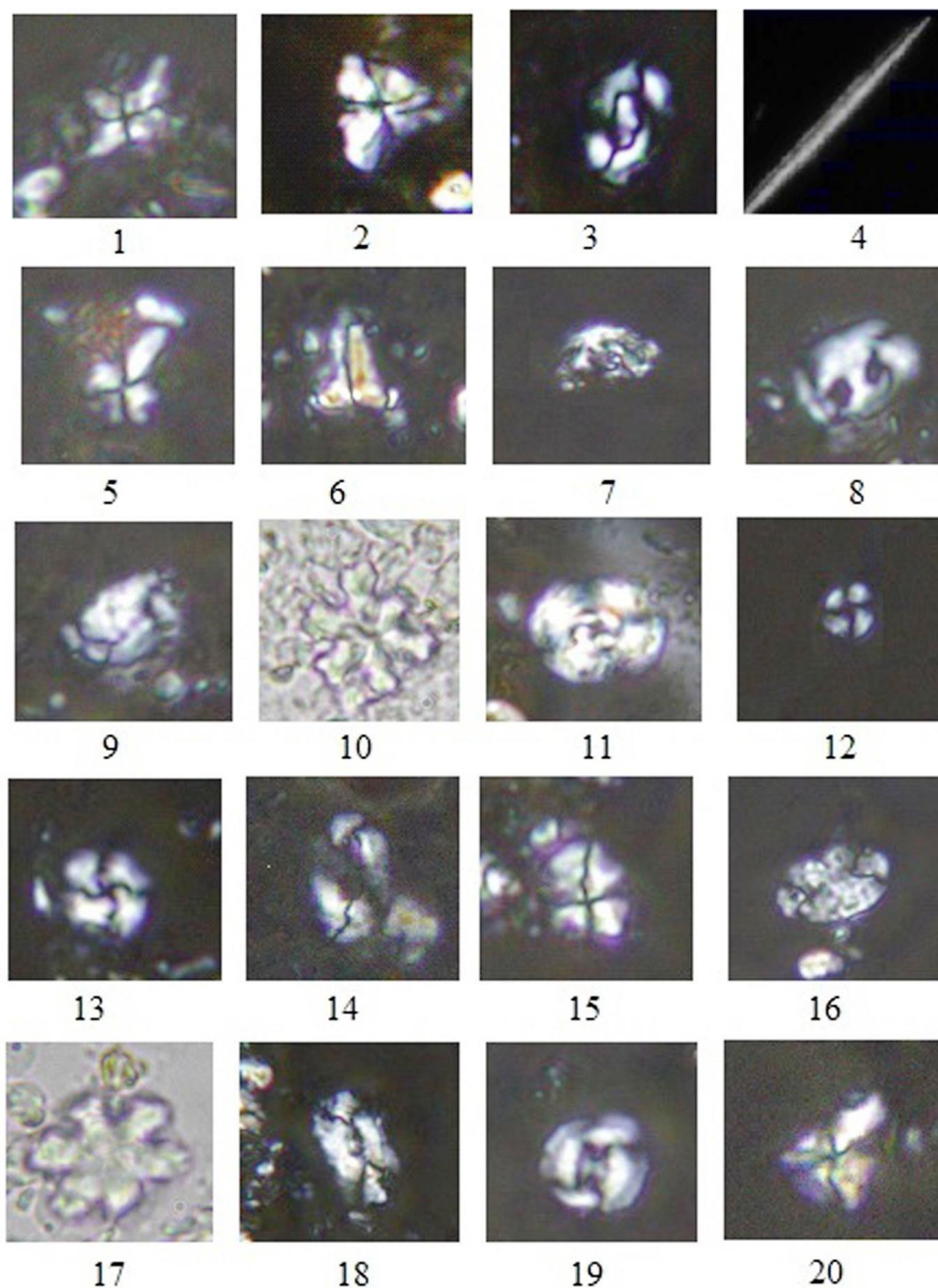


شکل ۱: نقشه ایران و موقعیت منطقه مورد مطالعه در جنوب شرق کاشان

بحث

سودمندی آنها به عنوان ابزاری دقیق در مطالعات چینه نگاری زیستی می‌افزاید (Martini, 1971؛ Okada & Bukry, 1980؛ Perch-Nielsen, 1985). اجتماع نانوفسیل‌های آهکی بیانگر دمای آب‌های سطحی اقیانوسی و میزان مواد غذایی در حوضه رسوبی است. از این رو بررسی این گروه فسیلی در نهشته‌های سازند قم از اهمیت زیادی برخوردار است. در مطالعه حاضر از حضور نانوفسیل‌های آهکی جهت مطالعات زیست چینه نگاری سازند قم استفاده شده است. در برش مورد مطالعه، حفظ شدگی گونه‌های مختلف نانوفسیل‌های آهکی خوب و مناسب بود و در این مطالعه ۲۹ گونه از این گروه فسیلی شناسایی گردید. بر اساس فسیل‌های شاخص شناسایی شده، آشکوب‌های متعلق به زمان‌های الیگوسن و میوسن از یکدیگر تفکیک شد. تصاویر برخی از مهمترین گونه‌ها در شکل ۲ آورده شده است.

نانوفسیل‌های آهکی از مهمترین شاخص‌های فسیلی جهت تعیین سن نسبی، زیست چینه نگاری، بررسی‌های دیرینه بوم‌شناسی و تطابق لایه‌های رسوبی دوره‌های مختلف زمین‌شناسی در مناطق مختلف جهان هستند. لذا در این زمینه تحقیقات فراوانی بر روی توصیف تاکسونومی و تحلیل عوامل کنترل‌کننده بوم‌شناسی بر اساس نانوفسیل‌های آهکی انجام شده است (برای مثال: Martini, 1971, 1975, 1976؛ Perch-Nielsen, 1973؛ Okada & Bukry, 1980؛ Bukry, 1985؛ Arafat, 1991؛ McGonigal & Okada, 2000؛ Abu-Shama, 2003؛ Marzouk & Soliman, 2004؛ Wei, 2007؛ Faris, et al., 2007؛ Faris, Hewaidy et al., 2014؛ et al., 2016). تنوع، فراوانی و پراکندگی وسیع این گروه فسیلی در نواحی جغرافیایی مختلف و بازه زمانی کوتاه به



شکل ۲: تصاویر منتخب از نانوفسیلهای آهکی شناسایی شده در این پژوهش

All figures (XPL-PPL) light micrographs $\times 2000$; the taxa considered in the present figure are referenced in Perch-Nielsen (1985). 1: *Sphenolithus capricornutus* Bukry & Percival 1971, XPL; 2: *Sphenolithus calyculus* Bukry, 1985, XPL; 3: *Helicosphaera euphratis* Haq, 1966, XPL; 4: *Triquetrorhabdulus carinatus* Martini, 1965, XPL; 5: *Sphenolithus delphix* Bukry 1973, XPL; 6: *Zygrhablithus bijugatus* (Deflandre in Deflandre & Fert, 1954) Deflandre, 1959, XPL; 7: *Helicosphaera granulata* (Bukry & Percival, 1971) Jafar & Martini, 1975, XPL; 8: *Helicosphaera recta* (Haq, 1966) Jafar & Martini, 1975, XPL; 9: *Helicosphaera obliqua* Bramlette & Wilcoxon, 1967, XPL; 10: *Discoaster deflandrei* Bramlette & Riedel, 1954 (PPL); 11: *Cyclicargolithus abisectus* (Müller, 1970) Wise, 1973, XPL; 12: *Pyrocyclus orangensis* (Bukry, 1971) Backman, 1980, XPL; 13: *Cyclicargolithus floridanus* (Roth & Hay in Hay *et al.*, 1967) Bukry, 1971, XPL; 14: *Helicosphaera ampliaperta* Bramlette & Wilcoxon, 1967, XPL; 15: *Sphenolithus dissimilis* Bukry & Percival, 1971, XPL; 16: *Pontosphaera multipora* (Kamptner, 1948 ex Deflandre in Deflandre & Fert, 1954) Roth, 1970, XPL; 17: *Discoaster druggii* Bramlette & Wilcoxon, 1967, PPL; 18: *Helicosphaera scissura* Müller, 1981, XPL; 19: *Reticulofenestra lockeri* Müller, 1970, XPL; 20: *Sphenolithus belemnus* Bramlette & Wilcoxon, 1967, XPL.

میوسن پیشین (آکیتانین) است. تجمعات فسیلی همراه در این زیست‌زون عبارتند از:

Braarudosphaera bigelowii, *Coccolithus miopelagicus*, *Coccolithus pelagicus*, *Cyclicargolithus abisectus*, *Cyclicargolithus floridanus*, *Discoaster deflandrei*, *Helicosphaera euphratis*, *Helicosphaera intermedia*, *Helicosphaera obliqua*, *Pontosphaera multipora*, *Pyrocyclus orangensis*, *Reticulofenestra bisecta*, *Reticulofenestra locker*, *Sphenolithus calyculus*, *Sphenolithus capricornutus*, *Sphenolithus compactus*, *Sphenolithus conicus*, *Sphenolithus delphix*, *Sphenolithus moriformis*, *Triquetrorhabdulus carinatus*, *Zygrhablithus bijugatus*.

***Discoaster druggii* Zone (CN1c)**

Discoaster druggii دومین زیست‌زون شناسایی شده Zone است. این زیست‌زون از اولین حضور گونه *Discoaster druggii* تا آخرین حضور گونه *Triquetrorhabdulus carinatus* (نمونه ۵۱ در ضخامت ۲۰۱/۶۸ متری) تعریف می‌شود. این زیست‌زون معادل با CN1c از زیست‌پهنه‌بندی Okada & Bukry (1980) است. در عرض‌های جغرافیایی بالا گونه‌های *Triquetrorhabdulus carinatus*, *Discoaster druggii* مشاهده نشده یا خیلی نادرند. ضخامت این زون ۱۸۷/۶۸ متر و سن آن بر اساس گونه‌های شاخص، میوسن پیشین است. تجمعات فسیلی همراه در این زیست‌زون عبارتند از:

Braarudosphaera bigelowii, *Coccolithus floridanus*, *Coccolithus pelagicus*, *Coccolithus miopelagicus*, *Discoaster druggii*, *Discoaster deflandrei*, *Helicosphaera ampliaptera*, *Helicosphaera granulate*, *Helicosphaera obliqua*, *Helicosphaera euphratis*, *Helicosphaera intermedia*, *Helicosphaera scissura*, *Pontosphaera multipora*, *Pyrocyclus orangensis*, *Sphenolithus conicus*, *Sphenolithus compactus*, *Sphenolithus dissimilis*, *Sphenolithus moriformis*, *Triquetrorhabdulus carinatus*.

زیست‌پهنه‌بندی با استفاده از گونه‌های شاخص و تجمعات فسیلی همراه انجام گرفت و در نهایت با الگوهای زیست‌پهنه‌بندی‌های استاندارد جهانی (برای مثال: Martini, 1971؛ Okada & Bukry, 1980) تطابق داده شد. مطابق زیست‌پهنه‌بندی ارائه شده، چهار زیست‌زون *Discoaster druggii*, *Triquetrorhabdulus carinatus* و *Sphenolithus belemnos* از زیست‌پهنه‌بندی Martini (1971) تعیین و مشخص شد. تعیین زیست‌زون‌های مذکور بر اساس اولین حضور (FO) و آخرین حضور (LO) گونه‌های شاخص صورت گرفت. در شرح زیست‌زون‌های معرفی شده حروف NP بیانگر نانوپلانکتون‌های پالئوژن (Nannoplankton Paleogene) و NN بیانگر نانوپلانکتون‌های نئوژن (Nannoplankton Neogene) از زیست‌پهنه‌بندی Martini (1971) و CN بیانگر کوکولیت‌های نئوژن (Coccoliths Neogene) از زیست‌پهنه‌بندی Okada & Bukry (1980) است. شرح زیست‌زون‌ها و بیان اشکوب‌های زمانی متعلق به آنها به صورت زیر است (شکل ۳):

***Triquetrorhabdulus carinatus* Zone (CN1a-b)**

اولین زیست‌زون مطالعه شده در این برش *Triquetrorhabdulus carinatus* Zone است. این زیست‌زون از آخرین حضور گونه *Helicosphaera recta* و *Sphenolithus ciperensis* تا اولین ظهور گونه *Discoaster druggii* (نمونه ۱۰ در ضخامت ۱۴ متری) مشخص می‌شود. این زیست‌زون معادل با زیرزون CN1a-b از زیست‌پهنه‌بندی Okada & Bukry (1980) است. ضخامت این زیست‌زون ۱۴ متر و سن آن بر اساس گونه‌های شاخص، اواخر الیگوسن پسین (شاتین) - اوایل

Formation	Member	Sub-System	Series	Sub-Series	Stratigraphy	Thickness	Sample No.	Stage	Zonation Martini, 1971		This study											
									Stage	Zone												
Qom Formation	a	Paleogene	Oligocene	Late	Middle	[Stratigraphic Columnar Pattern]	14	8	Aquitanian	NN1	NN1	<i>Helicosphaera recta</i>										
												<i>Sphenolithus ciperoensis</i>										
												<i>Zygnabithus bifugatus</i>										
												<i>Branasphaera bigdowi</i>										
												<i>Cycticarolithus abiscetus</i>										
												<i>Sphenolithus capricornutus</i>										
												<i>Sphenolithus delphix</i>										
												<i>Reticulofenestra lockeri</i>										
												<i>Sphenolithus contusus</i>										
												<i>Sphenolithus compactus</i>										
Qom Formation	b	Neogene	Miocene	Early	[Stratigraphic Columnar Pattern]	201.68	51	Burdigalian	NN2	NN2	<i>Helicosphaera ampliapertura</i> Zone											
											<i>LO T. carinatus</i>											
											<i>Sphenolithus belemnos</i> Zone											
											<i>LO S. belemnos</i>											
											<i>Helicosphaera ampliapertura</i> Zone											
											<i>To be continued</i>											
											Qom Formation	c1-c2	Neogene	Miocene	Early	[Stratigraphic Columnar Pattern]	283	69	Burdigalian	NN3	NN3	<i>Helicosphaera ampliapertura</i> Zone
																						<i>Helicosphaera ampliapertura</i> Zone
																						<i>Helicosphaera ampliapertura</i> Zone
																						<i>Helicosphaera ampliapertura</i> Zone
<i>Helicosphaera ampliapertura</i> Zone																						
<i>Helicosphaera ampliapertura</i> Zone																						
<i>Helicosphaera ampliapertura</i> Zone																						
<i>Helicosphaera ampliapertura</i> Zone																						
<i>Helicosphaera ampliapertura</i> Zone																						
<i>Helicosphaera ampliapertura</i> Zone																						
Qom Formation	c3-c4	Neogene	Miocene	Early	[Stratigraphic Columnar Pattern]	346	78	Langian	NN4	NN4	<i>Helicosphaera ampliapertura</i> Zone											
											<i>Helicosphaera ampliapertura</i> Zone											
											<i>Helicosphaera ampliapertura</i> Zone											
											<i>Helicosphaera ampliapertura</i> Zone											
											<i>Helicosphaera ampliapertura</i> Zone											
											<i>Helicosphaera ampliapertura</i> Zone											
											<i>Helicosphaera ampliapertura</i> Zone											
											<i>Helicosphaera ampliapertura</i> Zone											
											<i>Helicosphaera ampliapertura</i> Zone											
											<i>Helicosphaera ampliapertura</i> Zone											
Qom Formation	d	Neogene	Miocene	Early	[Stratigraphic Columnar Pattern]	346	78	Langian	NN4	NN4	<i>Helicosphaera ampliapertura</i> Zone											
											<i>Helicosphaera ampliapertura</i> Zone											
											<i>Helicosphaera ampliapertura</i> Zone											
											<i>Helicosphaera ampliapertura</i> Zone											
											<i>Helicosphaera ampliapertura</i> Zone											
											<i>Helicosphaera ampliapertura</i> Zone											
											<i>Helicosphaera ampliapertura</i> Zone											
											<i>Helicosphaera ampliapertura</i> Zone											
											<i>Helicosphaera ampliapertura</i> Zone											
											<i>Helicosphaera ampliapertura</i> Zone											
Qom Formation	e-f	Neogene	Miocene	Early	[Stratigraphic Columnar Pattern]	346	78	Langian	NN4	NN4	<i>Helicosphaera ampliapertura</i> Zone											
											<i>Helicosphaera ampliapertura</i> Zone											
											<i>Helicosphaera ampliapertura</i> Zone											
											<i>Helicosphaera ampliapertura</i> Zone											
											<i>Helicosphaera ampliapertura</i> Zone											
											<i>Helicosphaera ampliapertura</i> Zone											
											<i>Helicosphaera ampliapertura</i> Zone											
											<i>Helicosphaera ampliapertura</i> Zone											
											<i>Helicosphaera ampliapertura</i> Zone											
											<i>Helicosphaera ampliapertura</i> Zone											

Scale: NN1 3.5 m NN2-NN4 11.44 m

Legend: Marly Limestone, Unconformity, Evaporate, Maaf, Conglomerate

شکل ۳: چگونگی پراکنندگی گونه‌های شاخص و حوادث زیستی بر مبنای نانوفسیل‌های آهکی در برش مورد مطالعه

زیست پهنه‌بندی Okada & Bukry (1980) است. ضخامت این زیست‌زون ۶۳ متر است. مرز زیرین آن توسط آخرین حضور گونه *Sphenolithus belemnus* و بخش بالایی زیست‌زون توسط آخرین حضور گونه *Helicosphaera ampliaperta* در محدوده مطالعه شده تعیین گردید. سن این زیست‌زون میوسن پیشین - میانی (بوردیگالین / پایین‌ترین قسمت اشکوب لانگین) است. سایر تجمعات فسیلی همراه در این زیست‌زون شامل گونه‌های زیر است:

Braarudosphaera bigelowii, *Coccolithus floridanus*, *Coccolithus pelagicus*, *Discoaster deflandrei*, *Discoaster druggii*, *Helicosphaera ampliaperta*, *Helicosphaera euphratis*, *Helicosphaera intermedia*, *Helicosphaera obliqua*, *Helicosphaera scissura*, *Pontosphaera multipora*, *Sphenolithus compactus*, *Sphenolithus moriformis*.

در مطالعه حاضر بر اساس گونه‌های نانوفسیلی شاخص و نتایج به دست آمده از گزارشات و مقالات محققین مختلف می‌توان به نتایجی در مورد شرایط حاکم بر حوضه رسوبی مورد نظر دست یافت. عواملی که فعالیت‌های حیاتی سلول کوکولیتوفر را در یک حوضه رسوبی کنترل می‌کند متنوع بوده و شامل موارد متعددی نظیر درجه حرارت، نور و میزان مواد غذایی هستند (Martini 1975, 1976)؛ Perch- Nielsen, 1985؛ Marzouk & Soliman, 2004). با توجه به حضور گونه‌های شاخص که به آب و هوای گرم تعلق دارند، می‌توان به بررسی وضعیت آب و هوایی حوضه در زمان نهشته شدن رسوبات با تأکید بر نانوفسیل‌های آهکی پرداخت. حضور گونه‌هایی مانند *Discoaster Helicosphaera deflandrei*, *Discoaster druggii*, *Helicosphaera intermedia*, *Helicosphaera euphratis*, *Helicosphaera obliqua*, *Pontosphaera multipora*, *Helicosphaera obliqua*, *Sphenolithus calyculus*, *Sphenolithus belemnus*, *Sphenolithus capricornutus*, *Sphenolithus moriformis*, *Sphenolithus delphix*, *compactus*

Sphenolithus belemnus Zone (CN2)

سومین زیست‌زون مطالعه شده، از آخرین حضور گونه *Triquetrorhabdulus carinatus* تا آخرین حضور گونه *Sphenolithus belemnus* ادامه دارد. این زیست‌زون معادل با CN2 از زیست‌پهنه‌بندی Okada & Bukry (1980) است و در این زیست‌پهنه‌بندی اولین ظهور (نمونه ۵۲ در ضخامت ۲۰۲ متری) و آخرین حضور (نمونه ۶۹ در ضخامت ۲۸۳ متری) گونه *Sphenolithus belemnus* ملاک تشخیص زیست‌زون CN2 بوده است. ضخامت این زیست‌زون ۸۱/۳۲ متر و سن آن بر اساس گونه‌های شاخص، میوسن پیشین (بوردیگالین) است. در بخش انتهایی این زیست‌زون به دلیل وجود لایه‌های تبخیری ژیس و گچ، هیچ یک از گونه‌های نانوفسیلی مشاهده نشد. بعد از اتمام لایه‌های تبخیری در بخش انتهایی زیست‌زون آخرین حضور گونه *Sphenolithus belemnus* به همراه برخی از گونه‌ها ثبت شد. تجمعات نانوفسیل‌های آهکی شناسایی شده در این زیست‌زون شامل گونه‌های زیر است:

Braarudosphaera bigelowii, *Coccolithus floridanus*, *Coccolithus pelagicus*, *Coccolithus miopelagicus*, *Discoaster druggii*, *Discoaster deflandrei*, *Helicosphaera ampliaperta*, *Helicosphaera granulata*, *Helicosphaera obliqua*, *Helicosphaera euphratis*, *Helicosphaera intermedia*, *Helicosphaera scissura*, *Pontosphaera multipora*, *Sphenolithus belemnus*, *Sphenolithus conicus*, *Sphenolithus compactus*, *Sphenolithus moriformis*.

Helicosphaera ampliaperta Zone (CN3)

آخرین زیست‌زون شناسایی شده از برش سازند قم *Helicosphaera ampliaperta* Zone است. این زیست‌زون از آخرین حضور گونه *Sphenolithus belemnus* تا آخرین حضور گونه *Helicosphaera ampliaperta* (نمونه ۷۸ در ضخامت ۳۴۶ متری) تعیین می‌شود. زیست‌زون مذکور معادل با CN3 از

آخرین حضور گونه *Helicosphaera ampliaperta* بیانگر پایان نهشت بخش بالایی سازند قم با سن بوردیگالین - لانگین است. بنابراین سن نهشته‌های سازند قم از الیگوسن پسین تا میوسن میانی پیشنهاد می‌شود. بر مبنای شناسایی گونه‌های شاخص نانوفسیل‌های آهکی، زیست‌زون‌های شناسایی شده در این برش شامل زیست‌زون‌های *Discoaster druggii*، *Triquetrorhabdulus carinatus*، *Helicosphaera* و *Sphenolithus belemnus* است که با زیست‌زون‌های CN1a-b، CN1c، CN2 و CN3 از زیست‌پهنه‌بندی Okada & Bukry (1980) همخوانی دارد. با توجه به مطالعات صورت گرفته بر روی این گروه فسیلی، وجود تجمعات حاضر بیانگر آب و هوای گرم و قرار گرفتن برش موردنظر در عرض‌های جغرافیایی پایین با حاکمیت شرایط محیطی گرم بوده است.

moriformis dissimilis و *Sphenolithus* که از گونه‌های شاخص *Triquetrorhabdulus carinatus* عرض‌های جغرافیایی پایین و آب و هوای گرم می‌باشند (Bukry, 1973؛ Perch-Nielsen, 1985؛ Arafa, 1991؛ Marino & Flores, 2002؛ Marzouk & Soliman, 2004؛ Abu-Shama, 2007؛ Villa & Persico, 2006؛ Hewaidy et al., 2008؛ Bown et al., 2008؛ Villa et al., 2008؛ al., 2014) می‌تواند بیانگر وجود شرایط گرم در زمان ته‌نشینی حوضه در عرض‌های جغرافیایی پایین باشد.

نتیجه‌گیری

در این مطالعه ۲۹ گونه متعلق به ۱۱ جنس از گروه نانوفسیل‌های آهکی شناسایی شد. بر اساس این مطالعه، حادثه زیستی آخرین حضور گونه *Helicosphaera recta* تا حادثه زیستی اولین ظهور گونه *Discoaster druggii* بیانگر سن شاتین در شروع نهشته شدن سازند قم و همچنین

منابع

- آقانباتی، س.ع.، ۱۳۸۳. زمین‌شناسی ایران. سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، ۵۸۶ ص.
- باغبانی، د.، ۱۳۷۵. بررسی حوضه رسوبی قم و ارزیابی توان هیدروکربوری آن (ایران مرکزی). شرکت ملی نفت ایران، گزارش شماره ۱۸۳۸.
- خاکسار، ک.، بهرام منش تهرانی، م.، ۱۳۹۰. بررسی سنگ‌شناسی و فسیل‌شناسی سازند قم به منظور شناخت اقلیم دیرینه. دومین همایش علوم زمین آشتیان، دانشگاه آزاد اسلامی واحد آشتیان.
- دانشیان، ج. درخشانی، م.، ۱۳۸۷. پالئوآکولوژی فرامینفرای سازند قم در برش قصر بهرام، دامنه‌های شمال غربی سیاه کوه واقع در جنوب گرمسار. مجله پژوهشی علوم پایه دانشگاه اصفهان، ۲۵ (۳): ۲۸-۱۳.
- دانشیان، ج.، قنبری، م.، ۱۳۸۸. بیواستراتیگرافی نهشته‌های عضوهای a و b سازند قم بر مبنای فرامینفرای پلانکتونیک در ناحیه الگو، برش چینه‌شناسی کوه دوبرادر، جنوب شرق قم. فصلنامه زمین‌شناسی ایران، ۱۲: ۱۱-۳.
- رحیم زاده، ف.، ۱۳۷۳. زمین‌شناسی ایران: الیگوسن، میوسن و پلیوسن. سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، ۳۱۱ ص.
- رضایی، م. ر.، ۱۳۹۲. زمین‌شناسی نفت. انتشارات علوی، ۵۵۲ ص.

- لاسمی، ی.، امین رسولی، ه.، ۱۳۸۲. چینه نگاری سکانسی سازند قم در جنوب بخش مرکزی حوضه رسوبی ایران مرکزی. بیست و دومین گردهمایی علوم زمین، سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور، ۸ ص.
- هادوی، ف.، الماسی نیا، ب.، ۱۳۸۷. بیواستراتیگرافی سازند قم بر اساس نانوپلانکتون‌های آهکی در مقطع پاسنگان. هجدهمین گردهمایی علوم زمین، سازمان زمین شناسی کشور، ۷ ص.
- Abu-Shama, A.M., 2007. Biostratigraphy and distribution of calcareous nannofossils of the Miocene rocks from the onshore Mallaha-IX and Abu Roda-1 wells, Northwestern Sinai. *Egyptian Journal of Paleontology*, 7: 147–169.
- Amirshahkarami, M., & Karavan, M., 2015. Microfacies models and sequence stratigraphic architecture of the Oligocene-Miocene Qom Formation, south of Qom City, Iran. *Geoscience Frontiers*, 6: 593–604.
- Arafa, A.A., 1991. Nannoplankton and planktonic foraminiferal zonation of the lower Miocene sequence in Gebel Hadahid, south west Sinai, Egypt. *Egyptian Journal of Paleontology*, 35 (1–2): 275–284.
- Bown, P.R., & Young, J.R., 1998. Techniques. In: Bown, P.R., (ed.), *Calcareous Nannofossil Biostratigraphy* (British Micropalaeontological Society Publications Series). *Chapman and Kluwer Academic, London*, 16–28.
- Bown, P.R., Dunkley Jones, T., Lees, J.A., Pearson, P.N., Young, J.R., Randell, R., Coxall, H.K., Mizzi, J., Nicholas, C.J., Karega, A., Singano, J., & Wade, B.S., 2008. A Paleogene calcareous microfossil Konservat-Lagerstätte from the Kilwa Group of coastal Tanzania. *Geological Society of America Bulletin*, 120: 3–12.
- Bozorgnia, F., 1965. Qom Formation stratigraphy of the Central Basin of Iran and its intercontinental position. *Bulletin of the Iranian Petroleum Institute*, 24: 69–75.
- Bukry, D., 1973. Low-latitude coccolith biostratigraphic zonation. In: Edgar, N.T., Saunders, J.B., et al. (eds.), *Initial reports of the Deep sea Drilling project*, 15: 685–703.
- Daneshian, J., & Ramezani Dana, L., 2007. Early Miocene benthic foraminifera and biostratigraphy of the Qom Formation, Deh Namak, Central Iran. *Journal of Asian Earth Sciences*, 29: 844–858.
- Faris, M., El-Sheikh, H., & Shaker, F., 2016. Calcareous nannofossil biostratigraphy of the marine Oligocene and Miocene succession in some wells in Northern Egypt. *Arabian Journal of Geosciences*, 9: 480.
- Faris, M., Samir, A.M., & Shabaan, M., 2007. Calcareous nannofossil biostratigraphy of the subsurface Miocene sequence, Northeast Nile Delta, Egypt. 5th International Conference of Geology of Africa, (1): VII-1–VII-31.
- Furrer, M.A., & Soder, P.A., 1955. The Oligo- Miocene marine formation in the Qom region (central Iran). *National Iranian Oil Company*. Report No. 25.
- Hewaidy, A.A., Farouk, S., & Ayyad, H.M., 2014. Integrated biostratigraphy of the upper Oligocene–middle Miocene successions in west central Sinai, Egypt. *Journal of African Earth Science*, 100: 379–400.
- Kalantari, A., 1964. Paleontological studies on samples collected from the Kuh-e-Yazdan anticline. *National Iranian Oil Company*. Report No. 131.
- Khaksar, K., & Maghfouri-Moghadam, I., 2007. Paleontological study of the echinoderms in the Qom Formation (Central Iran). *Earth Sciences Research Journal*, 11 (1): 57–79.
- Loftus, W.K., 1855. On the geology of the Turko-Persian Frontier and of the districts adjoining, *Quart. Journal of Geological Society of London*, 11: 247–344.
- Marino, M., & Flores, J.A., 2002. Data Report: Calcareous nannofossil stratigraphy at sites 1088 and 1090 (ODP Leg 177, Southern Ocean). In: Gersonde, R., Hodell, D.A., & Blum, P., (eds.) *Proceedings of the Ocean Drilling Program, Scientific Results, College Station, TX (Ocean Drilling Program)*, 177: 1–14.
- Martini, E., 1971. Standard Tertiary and Quaternary Calcareous Nannoplankton Zonation. In: Farniacci, A., (ed.), *Proceedings of 2nd International Conference on Planktonic Microfossils*. Rome, Italy. Edizioni Tecnoscienza, 2: 739–785.
- Martini, E., 1975. Calcareous nannoplankton from the Karpatian in Austria (Middle Miocene). *Proceedings of 6th Congress of Mediterranean Neogene Stratigraphy*, 1: 125–128.
- Martini, E., 1976. Cretaceous to Recent calcareous nannoplankton from the Central Pacific Ocean (DSDP Leg 33). In: Schlanger, S.O., Jackson, E.D., et al., *Initial reports of the Deep sea Drilling project*, 33: 383–423.

- Marzouk, A.M., & Soliman, S.I.M., 2004. Calcareous nannofossil biostratigraphy of the Paleogene sediments on an onshore-offshore transect of Northern Sinai, Egypt. *Journal of African Earth Science*, 38: 155–168.
- McGonigal, K.L., & Wei, W., 2003. Miocene calcareous nannofossil biostratigraphy, ODP Leg 189, Tasmanian Seaway. In: Exon, N.F., Kennett, J.P., & Malone, M.J., (eds.), *Proceedings of the Ocean Drilling Program, Scientific Results*, 189: 1–39.
- Okada, H., 2000. Neogene and quaternary calcareous nannofossils from the Blake ridge, Sites 994, 995, and 9971. In: Paull, C.K., Matsumoto, R., Wallace, P.J., Dillon, W.P., (eds), *Proceedings of the Ocean Drilling Program, Scientific Results*, 164:331–341.
- Okada, H., & Bukry, D., 1980. Supplementary modification and introduction of code numbers to the low-latitude coccolith biostratigraphic zonation. *Marine Micropaleontology*, 5 (3): 321-325.
- Perch-Nielsen, K., 1985. Cenozoic Calcareous Nannofossils. In: Bolli, H.M., Saunders, J.B., & Perch-Nielsen, K., (eds.), *Plankton Stratigraphy*. Cambridge University Press, 427-554.
- Rahaghi, A., 1980. Tertiary faunal assemblage of Qum-Kashan, Sabzewar and Jahrum areas. *National Iranian Oil Company*, 8:1–64.
- Seyrafian, A., & Torabi, H., 2005. Petrofacies and sequence stratigraphy of the Qom Formation (Late Oligocene- Early Miocene?), north of Nain, Southern trend of the Central Iranian Basian. *Carbonates and Evaporites*, 20: 82- 90.
- Stahl, A.F., 1911. Zur geologie von persien. *Handbuch der Regionalen Geologie*, Band 5, Heft 8, Heidelberg, Germany, 24 (2): 275 – 279.
- Tietze, E., 1875. En ausflug nach deim Siahkuh (Schwarzerberg) in Persien. *Mitteilungen der Österreichischen Geographischen Gesellschaft*, 180: 257-267.
- Vaziri-Moghaddam, H., & Torabi, H., 2004. Biofacies and sequence stratigraphy of the Oligocene succession, Central basin, Iran. *Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie - Abhandlungen*, Stuttgart, 6: 321-344.
- Villa, G., & Persico, D., 2006. Late Oligocene climatic changes: Evidence from calcareous nannofossils at Kerguelen Plateau Site 748 (Southern Ocean). *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 231: 110-119
- Villa, G., Fioroni, C., Pea, L., Bohaty, S.M., & Persico, D., 2008. Middle Eocene-late Oligocene climate variability: Calcareous nannofossil response at Kerguelen plateau, Site748. *Marine Micropaleontology*, 69: 173-192.
- Von Abich, H., 1878. Geologische Forschungen in den kaukasischen Ländern: theil 1. Eine Bergkalkfauna aus der Araxesenge bei Djoulfa in Armenien. In *commission bei Alfred Hölder*, Wien, Germany, 126.
- Yazdi-Moghaddam, M., 2011. Early Oligocene larger foraminiferal biostratigraphy of the Qom Formation, South of Uromieh (NW Iran). *Turkish Journal of Earth Science*, 20: 847-856.

Bioevents of calcareous nannofossils from *Triquetrorhabdulus carinatus* Zone to *Helicosphaera ampliapertura* Zone in Oligo-Miocene succession of the Navab anticline southwest flank

Lafzi, M.¹, Siyab Ghodsi, A.A.^{2*}, Senemari, S.³, Salahi, A.⁴

1- M.Sc. Student, Department of Geology, Faculty of Science, Urumieh University, Urumieh, Iran

2- Associate Professor, Department of Geology, Faculty of Science, Urumieh University, Urumieh, Iran

3- Associate Professor, Department of Mining, Faculty of Engineering, Imam Khomeini International University (IKIU), Qazvin, Iran

4- Ph.D. in Geology, Department of Geology, Faculty of Science, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran

*Email: a.siabeghodsy@urmia.ac.ir

Introduction

One of the most extensive Tertiary succession in Central Iran is the marine strata of the Qom Formation, which was studied based on paleontology studies. The type section of the Qom Formation has been studied in the areas around Qom city (Bozorgnia, 1965). One of the most important achievements obtained from the formation is evaluating stage boundary (Oligocene-Miocene interval) and biostratigraphy of it. In this section the Qom Formation consists of 346 m thick which mainly consists of marl, marly limestone, and limestones.

Material and Methods

In this study, 78 samples from the Gurpi Formation interval have been studied. The samples were prepared following the standard smear slide method (Bown and Young 1998). All slides were examined under the polarized light microscope at $\times 1000$ magnification. The nomenclature of calcareous nannofossil follows the taxonomic schemes of Perch-Nielsen (1985), Martini (1971), and Okada & Bukry (1980).

Discussion

Calcareous nannofossils are among the most important fossil indicators for determining relative age, biostratigraphy studies, paleoecology studies, and correlation of sedimentary strata of various geological periods in different parts of the world (Hewardy *et al.* 2014; Faris *et al.* 2016). A succession of the Qom Formation in southwestern flank Navab anticline was selected to study biostratigraphy based on calcareous nannofossils. In this section, the Qom Formation with 346 m thickness mainly consists of marl and marly limestones. For introducing index species, calcareous nannofossil assemblages, and biozones, slides have been studied at the Qom Formation, which led to the recognition of 29 species of calcareous nannofossils. In this study, four biozones were detected in the formation. Bio zones including *Triquetrorhabdulus carinatus* Zone (CN1a-b), *Discoaster druggii* Zone (CN1c), *Sphenolithus belemnus* Zone (CN2), and *Helicosphaera ampliapertura* Zone (CN3) with late Oligocene (late Chattian) to early/middle Miocene (Burdigalian-Langian) in age. According to the first and last occurrence of index species, the following biozones are identified:

1. *Triquetrorhabdulus carinatus* Zone (CN1a-b)

This biozone is recorded from the LO *Helicosphaera recta* or *Sphenolithus ciproensis* to the FO of *Discoaster druggii*. The age of this zone is late Oligocene (Chattian) to early Miocene. The thickness of this zone has been measured at approximately 14 m. In this zone, some associated fossil assemblages are *Coccolithus miopelagicus*, *Discoaster deflandrei*, *Helicosphaera obliqua*, *Helicosphaera euphratis*, *Helicosphaera intermedia*, *Pontosphaera multipora*, *Pyrocyclus orangensis*, *Reticulofenestra bisecta*, *Reticulofenestra locker*, *Sphenolithus capricornutus*, *Sphenolithus calyculus*, *Sphenolithus delphix*, *Sphenolithus conicus*, *Sphenolithus compactus*.

2. *Discoaster druggii* Zone (CN1c)

The second zone is recorded from the FO of *Discoaster druggii* to the LO of *Triquetrorhabdulus carinatus*. The age of this zone is the early Miocene. The thickness of this zone is 187.68 m. Some fossil assemblages

in this zone include *Braarudosphaera bigelowii*, *Cyclicargolithus floridanus*, *Coccolithus pelagicus*, *Coccolithus miopelagicus*, *Discoaster druggii*, *Discoaster deflandrei*, *Helicosphaera ampliaperta*, *Helicosphaera granulata*, *Helicosphaera obliqua*, *Helicosphaera euphratis*, *Helicosphaera intermedia*, *Helicosphaera scissura*, *Pontosphaera multipora*, *Pyrocyclus orangensis*, *Sphenolithus conicus*, *Sphenolithus compactus*, *Sphenolithus dissimilis*, *Sphenolithus moriformis*, *Triquetrorhabdulus carinatus*.

3. *Sphenolithus belemnus* Zone (CN2)

This zone spans the interval from the LO of *Triquetrorhabdulus carinatus* to the last occurrence of *Sphenolithus belemnus*. The thickness of this zone is 81/32 m. The age of this zone is the early Miocene. Some fossil assemblages in this zone include *Braarudosphaera bigelowii*, *Cyclicargolithus floridanus*, *Coccolithus pelagicus*, *Coccolithus miopelagicus*, *Discoaster druggii*, *Discoaster deflandrei*, *Helicosphaera ampliaperta*, *Helicosphaera granulata*, *Helicosphaera obliqua*, *Helicosphaera euphratis*, *Helicosphaera intermedia*, *Helicosphaera scissura*, *Pontosphaera multipora*, *Sphenolithus belemnus*, *Sphenolithus conicus*, *Sphenolithus compactus*, *Sphenolithus moriformis*.

4. *Helicosphaera ampliaperta* Zone (CN3)

The last nannofossil unit recorded in this study is the CN3. This zone spans the interval from the LO of *Sphenolithus belemnus* to the LO of *Helicosphaera ampliaperta*. The thickness of this zone is 63 m. The age of this zone is early/middle Miocene (Burdigalian-Langian). Some fossil assemblages in this zone include: *Braarudosphaera bigelowii*, *Cyclicargolithus floridanus*, *Coccolithus pelagicus*, *Discoaster deflandrei*, *Discoaster druggii*, *Helicosphaera ampliaperta*, *Helicosphaera obliqua*, *Helicosphaera euphratis*, *Helicosphaera intermedia*, *Helicosphaera scissura*, *Pontosphaera multipora*, *Sphenolithus compactus*, *Sphenolithus moriformis*.

Consequently, according to the identified biozones, the age of the section is late Oligocene (Late Chattian) to early/middle Miocene (Burdigalian-Langian).

Keywords: Biostratigraphy; Calcareous nannofossils; Qom Formation; Oligo-Miocene.

References

- Bown, P.R., & Young, J.R., 1998. Techniques. In: Bown, P.R., (ed.), *Calcareous Nannofossil Biostratigraphy* (British Micropalaeontologica Society Publications Series). *Chapman and Kluwer Academic, London*, 16-28.
- Bozorgnia, F., 1965. Qom Formation stratigraphy of the Central Basin of Iran and its intercontinental position. *Bulletin of the Iranian Petroleum Institute*, 24: 69-75.
- Faris, M., El-Sheikh, H., & Shaker, F., 2016. Calcareous nannofossil biostratigraphy of the marine Oligocene and Miocene succession in some wells in Northern Egypt. *Arabian Journal of Geosciences*, 9: 480.
- Hewaidy, A.A., Farouk, S., & Ayyad, H.M., 2014. Integrated biostratigraphy of the upper Oligocene–middle Miocene successions in west central Sinai, Egypt. *Journal of African Earth Science*, 100: 379–400.
- Martini, E., 1971. Standard Tertiary and Quaternary Calcareous Nannoplankton Zonation. In: Farniacci, A., (ed.), *Proceedings of 2nd International Conference on Planktonic Microfossils*. Rome, Italy. Edizioni Tecnoscienza, 2: 739-785.
- Okada, H., & Bukry, D., 1980. Supplementary modification and introduction of code numbers to the low-latitude coccolith biostratigraphic zonation. *Marine Micropaleontology*, 5 (3): 321-325.
- Perch-Nielsen, K., 1985. Cenozoic Calcareous Nannofossils. In: Bolli, H.M., Saunders, J.B., & Perch-Nielsen, K., (eds.), *Plankton Stratigraphy*. *Cambridge University Press*, 427-554.