



<https://jssr.ui.ac.ir/?lang=en>

Journal of Stratigraphy and Sedimentology Researches
E-ISSN: 2423-8007
Vol. 38, Issue 2, No. 87, Summer 2022, pp 1-12
Received: 19.02.2022 Accepted: 29.05.2022

Research Paper

Global regression evidence in the Middle Miocene strata in the Zanjan area

Javad Rabbani 

Assistant Professor, Stratigraphy and Paleontology, Department of Geology, Faculty of Science, University of Zanjan, Zanjan, Iran
rabbani@znu.ac.ir

Afshin Zohdi

Assistant Professor, Sedimentology and Sedimentary rocks, Department of Geology, Faculty of Science, University of Zanjan, Zanjan, Iran
afshin.zohdi@znu.ac.ir

Abstract

The study of the effect of global regression on the Middle Miocene (upper parts of the Qom Formation and Lower parts of the Upper Red Formation) strata has been carried out on two stratigraphic sections in the Zanjan area, northwest Iran. Lithological and microfacies analysis shows that these carbonate strata gradually turn to clastic (sandstone and conglomerate) and, in some regions, turn to evaporate deposits. Microfacies studies also confirm this sedimentary facies changes. Thus, the pelagic wack/packstone microfacies gradually change to sandy bioclast pelagic wack/packstone and finally, at the top of the section changes to the continental sandstone. Facies and lithological changes confirm the shoreline regression that can be correlated with the eustatic sea-level curve. Evaporitic strata in some parts of this area show small restricted basins because of this event. The eustatic sea-level curve in the Langhian and Serravallian ages shows global sea-level fall that can be correlated with the global oxygen isotope changes and glaciation events at this time. Therefore, we can conclude that the Middle Miocene strata have been affected by this global regression in the Zanjan area.

Keywords: Regression, Miocene, Microfacies, Zanjan.

Introduction

The Qom Formation is cropped out in central, north and northwest Iran (Daneshian and Dana 2019). The Burdigalian (Daneshian and Saiedi Mehr 2005; Daneshian et al. 2009; Noroozpour 2020; Rabbani and Zohdi 2021) and the Aquitanian–Burdigalian (Daneshian et al. 2010) ages have been proposed for these successions from northwest of Iran. The extinction of *Borealis melo curdica* confirms the Burdigalian age in this formation (Rabbani et al. 2022). The Middle Miocene regression is one of the most important global sea-level fluctuations in the world (Haq et al. 1987; Thomas 2008). Some glaciation evidence in the South pole at this time can confirm this global regression (Lewis et al. 2014; Halberstadt et al. 2021). This study tries to find the effect of this global regression in the Zanjan area of northwest Iran.

Material & Methods

Two stratigraphic outcrop sections have been measured,

sampled and studied in detail in the southwest (Ghachoghay) and Northwest (Aghbolagh) of Zanjan. Thin section of 48 samples from the Aghbolagh section and 42 samples from the Ghachoghay section have been studied by polarized microscope at the Geology of Department, University of Zanjan. All microfacies have been identified using standard limestone classification (Dunham, 1962; Embry and Klovan, 1971) and correlated with standard microfacies (Flügel 2010) for the depositional environmental interpretations.

Discussion of Results & Conclusions

Based on the stratigraphic range of two index fossils (*Borealis melo curdica* and *Praeorbulina glomerosa*), we can propose the Burdigalian–Langhian (Middle Miocene) age for the upper parts of the Qom Formation strata that are composed of limestones and sandy limestones. Facies studies led to the identification of two microfacies and two facies as follows:

*Corresponding author

Rabbani, J., and Zohdi, A. (2022). Global regression evidence in the Middle Miocene strata in the Zanjan area. Journal of Stratigraphy and Sedimentology Researches, 38(2), 1-12.

2423-8007 / © 2022

This is an open access article under the CC BY-NC-ND 4.0 License (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).



<http://dx.doi.org/10.22108/jssr.2022.132732.1225>



<https://dorl.net/dor/20.1001.1.20087888.1401.38.2.1.6>

Pelagic wack/packstone: this microfacies can be seen in Q39 and Q40 (Aghbolagh), and S37, S38 and S39 (Ghamchoghay) samples. The high abundance of planktonic foraminifera fossils (*Globigerina praebulloides*) in wackestone texture is the most important feature in these microfacies. These microfacies can be correlated with SMF3 related to the toe of the slope and distal part of the carbonate platform.

Sandy bioclast pelagic wack/packstone: This facies is observed in the Q43, Q46, and Q47 samples of the Aghbolagh section, and S40, S41 and S42 samples of the Ghamchoghay section. Benthic foraminifera, bioclast and a low abundance of planktonic foraminifera and sand grains can be seen within the wack/packstone texture of these samples. This microfacies can be correlated with SMF4 related to the slope area of the carbonate platform. Other studies confirm carbonate shelf as a sedimentary environment for these strata (Rabbani et al. 2020; Rabbani and Zohdi 2021). The sand grains originated from terrestrial to the marine environment by submarine channels between bioclastic reefs.

Thus, we propose an open carbonate shelf as a sedimentary environment for the Qom Formation in this area. Some sedimentary structures such as asymmetrical ripple marks and cross-bedding in these strata can confirm unidirectional flow in the submarine channels in the slope area.

3 and 4- Clastic and evaporitic facies: The uppermost layers of the Qom Formation have been followed by the lowermost parts of the Upper Red Formation in this area that contains sandstones and conglomerates. An evaporative unit in the Ghamchoghay section can be considered the lower part of the Upper Red Formation. This unit also has been reported from the Andabad area in the south of the Aghbolagh section.

The result shows a very good correlation with the eustatic curve in the Middle Miocene age (Haq et al. 1987) that confirms the connection of the Neo-Tethys Ocean with open marine (Reuter et al. 2009). This regression can be correlated with the global ice house in the Middle Miocene that was reported from different parts of the continents on Earth (Passchier et al. 2013; Griener et al. 2015; Bassant et al. 2017; Raitzsch et al. 2021)



مقاله پژوهشی

مطالعه شواهد پسروری جهانی سطح آب دریا در رسوبات میوسن میانی منطقه زنجان

جواد ربانی^{ID*}، استادیار، چینه‌نگاری و دیرینه‌شناسی، گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران

rabbani@znu.ac.ir

افشین زهدی، استادیار، رسوب‌شناسی و سنگ‌های رسوبی، گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران

afshin.zohdi@znu.ac.ir

چکیده

مطالعه تأثیر پسروری جهانی آب دریا بر نهشته‌های میوسن میانی (بخش انتهایی سازند قم و ابتدای سازند قرمز بالایی)، در دو برش چینه‌شناسی محدوده زنجان صورت گرفت. بررسی‌های سنگ‌شناسی نشان می‌دهد توالی‌های سنگی در این محدوده سنی به تدریج از یک سیستم کربناته به تخریبی (ماسه‌سنگ و کنگلومرا) و در برخی نواحی به توالی‌های تبخیری تبدیل شده است که این موضوع در مطالعات ریزرخساره‌ها نیز مشاهده‌شدنی است؛ به‌طوری که در این محدوده سنی، رخساره‌های پلاژیک و کستون/پکستون به تدریج به بایوکلاست پلاژیک و کستون/پکستون با ذرات ماسه و در نهایت به ماسه‌سنگ قاره‌ای تبدیل می‌شود. در پی این موضوع در برخی از نقاط، حوضه‌های بسته‌ای تشکیل شد که وجود توالی‌های تبخیری شاهده‌ای بر این موضوع است. این تغییر در سنگ‌شناسی و رخساره‌ها بیانگر عقب‌نشینی خط ساحلی در این زمان است و با نمودار نوسانات جهانی سطح آب مطابقت دارد. نوسانات ایزوتوپ اکسیژن در مقیاس جهانی در این محدوده، بیانگر گسترش یخچال‌ها در مقیاس وسیع است که می‌تواند مهم‌ترین دلیل کاهش جهانی سطح آب دریا باشد. بر این اساس، توالی‌های میوسن میانی در محدوده زنجان، تحت تأثیر پسروری جهانی قرار گرفته است.

واژه‌های کلیدی: پسروری، میوسن، ریزرخساره، زنجان.

* نویسنده مسئول

ربانی، ج. و زهدی، ا. (۱۴۰۱). «مطالعه شواهد پسروری جهانی سطح آب دریا در رسوبات میوسن میانی منطقه زنجان». پژوهش‌های چینه‌نگاری و رسوب‌شناسی، ۳۸(۲): ۱-۱۲.



2423-8007 / © 2022

This is an open access article Under the CC BY-NC-ND/4.0/ License (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).



<http://dx.doi.org/10.22108/jssr.2022.132732.1225>



<https://dorl.net/dor/20.1001.1.20087888.1401.38.2.1.6>

مقدمه

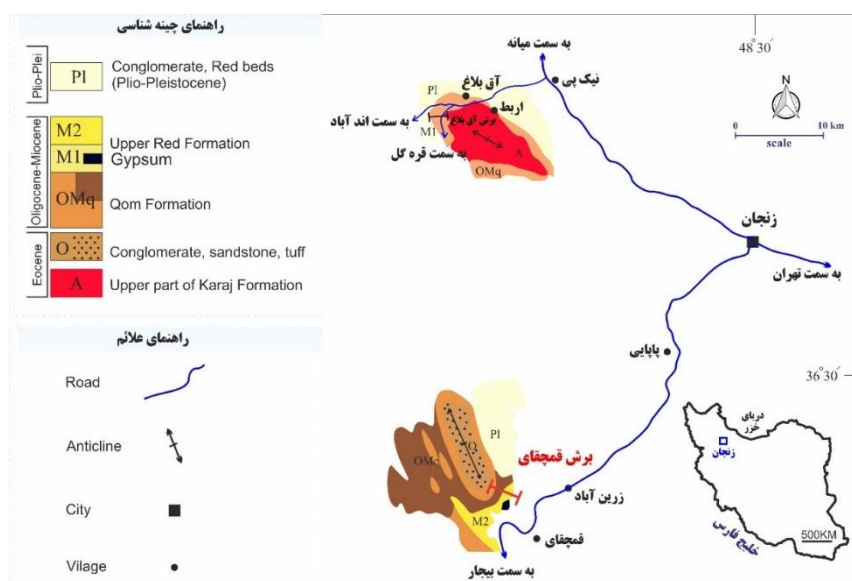
رخنمون وسیعی از سازند قم در ایران مرکزی به سمت شمال باختری ایران گسترده شده است (Daneshian and Dana 2019). مطالعات رسوب‌شناسی و چینه‌شناسی این سازند در شمال باختری ایران در محدوده زنجان توسط افراد مختلف صورت گرفته است؛ به طوری که در برخی از برش‌ها، سن بوردیگالین (Daneshian and Saiedi Mehr 2005; Daneshian et al. 2009;) دیگر از برش‌های چینه‌شناسی سن اکتیانین-بوردیگالین (Noroozpour 2020; Rabbani and Zohdi 2021) و در برخی دیگر از برش‌های چینه‌شناسی سن اکتیانین-بوردیگالین (Daneshian et al 2010) برای این سازند معرفی شده است. براساس مطالعات (Rabbani et al. 2022)، بر مبنای انقراض فسیل شاخص *Borelis melo curdica* در آخرین توالی‌های سازند قم، این توالی‌ها که در مجموع حدود ۱۳ متر ضخامت دارند، سن جوان‌تر از بوردیگالین (لانگین) را دارند و دارای سنگ‌شناسی سنگ آهک و سنگ آهک ماسه‌ای‌اند.

یکی از مهم‌ترین نوسانات سطح آب دریا در مقیاس جهانی، افت سطح آب در محدوده میوسن میانی است (Haq et al. 1987; Thomas 2008). شواهد یخچالی وسیع در زمان میوسن میانی از نواحی قطب جنوب (Lewis et al. 2014; Halberstadt et al. 2021)، شاهدهی بر سرد شدن کره زمین در مقیاس جهانی و تأیید افت سطح آب اقیانوس‌های آزاد در آن زمان است. با توجه به اهمیت جهانی این موضوع و اینکه آیا این افت جهانی سطح آب دریا در سازندهای موجود در ایران نیز اثرگذار بوده است یا خیر، این پژوهش در نظر دارد با بررسی انتهایی‌ترین توالی‌های سازند قم به سن لانگین در محدوده زنجان، تغییرات رخساره‌ای و در پی آن نوسانات سطح آب دریا را در این محدوده سنی ارزیابی کند. در این محدوده، سازندهای قرمز پایینی و کرج هسته تاقدیس را تشکیل داده و در ادامه سازند قم با مرز فرسایشی و به صورت ناپیوسته بر این توالی‌ها قرار گرفته است. همچنین، در محدوده زنجان عمدتاً بخش‌های بالایی سازند قم (عضوهای

e,f,g) رخنمون دارند و در انتها به تدریج به سازند قرمز بالایی تبدیل می‌شوند. عضو f از سازند قم، ارتفاعات منطقه را تشکیل می‌دهد و نهشته‌های سازند قرمز بالایی به صورت تپه‌ماهوری، فرسایش می‌یابد و فاقد رخنمون مناسب است.

موقعیت جغرافیایی و روش مطالعه

این مطالعه بر برش آق‌بلاغ (محدوده شمال غربی استان زنجان) و مقایسه آن با برش قمچقای (محدوده جنوب غربی زنجان) انجام شده است. برش آق‌بلاغ با مختصات جغرافیایی (طول: ۴۸ درجه، ۱ دقیقه و ۴۲ ثانیه شرقی، عرض: ۳۶ درجه، ۴۸ دقیقه و ۴۱ ثانیه شمالی) در محدوده ۴۳ کیلومتری جاده زنجان به سمت ماهنشان در ابتدای جاده منتهی به روستای قره‌گل واقع شده است (Rabbani et al. 2021). مطالعات چینه‌شناسی را بر این توالی‌ها در برش قمچقای (Rabbani et al. 2020) انجام داده‌اند که این برش در محدوده ۴۰ کیلومتری جنوب خاوری زنجان، در مسیر زنجان به سمت بیجار واقع است. برش قمچقای دارای طول جغرافیایی ۴۸ درجه، ۱۱ دقیقه و ۵۸ ثانیه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۶ درجه، ۲۳ دقیقه و ۳۸ ثانیه شمالی است (شکل ۱). تعداد ۴۷ نمونه از برش آق‌بلاغ و ۴۲ نمونه از برش قمچقای برداشت و مطالعه شده است. در این مطالعه نمونه‌های انتهایی در هر برش، دقیق بررسی شده است. تمام نمونه‌ها در هر دو برش در آزمایشگاه دیرینه‌شناسی دانشگاه زنجان قرار دارند. نمونه‌برداری هریک از برش‌ها به مدت یک روز به طول انجامید. مطالعه مقاطع نازک میکروسکوپی با استفاده از میکروسکوپ پلاریزان نور عبوری با لنز شیئی 4x و تفکیک و نام‌گذاری ریزرخساره‌ها بر مبنای طبقه‌بندی Dunham 1962 و Embry and Klovan 1971 صورت گرفت. به منظور تعیین مدل رسوبی و کمرندهای رخساره‌ای، داده‌های به دست آمده با زون‌های استاندارد Flugel 2010 مقایسه شد.



شکل ۱- راه دسترسی و نقشه زمین شناسی برش های مطالعه شده برگرفته از نقشه یکصد هزار زنجان (Haddadan 2004)

Fig 1- Road and Geological map of studied sections

نتایج و بحث

توالی های پایانی سازند قم در برش های بررسی شده، شامل سنگ آهک و سنگ آهک ماسه ای است. براساس انقراض فسیل شاخص سن بوردیگالین (*Borelis melo curdica*)، قبل از انتهای ترین لایه های سازند قم در برش های قمچقای و آق بلاغ و ظهور فسیل شاخص لانگین (*Praeorbulina*)

در بخش های بالایی سازند قم، سن میوسن میانی برای آخرین لایه های سازند قم در نظر گرفته می شود. این توالی ها به تدریج در برش آق بلاغ به توالی های تخریبی سازند قرمز بالایی (شکل ۲) و در برش قمچقای به یک واحد تبخیری در قاعده سازند قرمز بالایی تبدیل می شود (شکل های ۳ و ۴ و ۵).



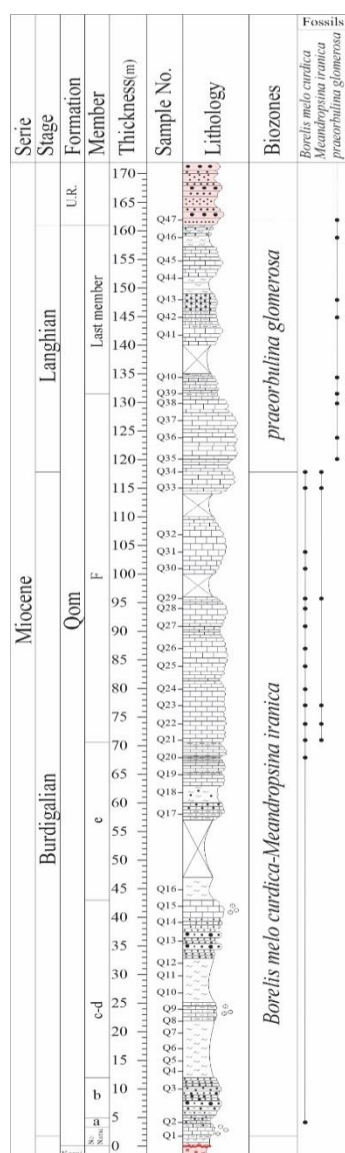
شکل ۲- نمایی از توالی های ابتدای سازند قرمز بالایی در برش آق بلاغ (الف- دید به سمت باختر) که شامل توالی های ماسه سنگی (ب) و کنگلومرای (ج) در این برش است.

Fig 2- Lower parts of Upper Red Formation in Aghbolagh section (A-to the west) That composed of sandstone (B) and conglomerates (C) in this section.



شکل ۳- نمای دور از انتهای ترین توالی‌های سازند قم در برش قمچقایی که به تدریج به بخش‌های تبخیری ابتدای سازند قرمز بالایی تبدیل می‌شوند. دید به سمت جنوب شرقی

Fig 3- Upper parts of Qom Formation in Ghamchoghay section that gradually turn to evaporitic strata in the bas of Upper Red Formation (to the Southeast)



شکل ۵- تعیین سن توالی‌های سازند قم براساس

گسترش فسیل‌های شاخص

Fig5- Biostratigraphy of Qom Formation



شکل ۴- نمای نزدیک از واحد تبخیری ابتدای سازند قرمز بالایی در برش قمچقایی

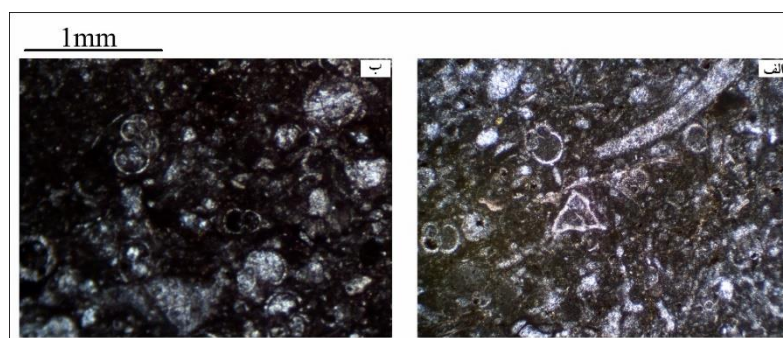
Fig 4- Evaporitic strata in the lower parts of Upper red Formation in Ghamchoghay section

روزنبران شناور که عمدتاً از گونه (*Globigerina praebulloides*) است، با فراوانی بالا در یک زمینه گلی دیده می‌شود (شکل ۶). فراوانی این فسیل‌ها در نمونه‌های مذکور تغییر می‌کند و به میزان دوربودن از ساحل و عمق حوضه مرتبط است. مقایسه ویژگی‌های این رخساره با رخساره‌های استاندارد فلوگل (Flügel 2010) نشان می‌دهد رخساره مذکور معادل کمربند رخساره‌ای شماره ۳ (SMF 3) و زون رخساره‌ای شماره ۳ مربوط به انتهای شیب قاره (FZ3: toe of slope) است و نواحی دور از ساحل در بخش‌های پایین‌دست، شیب قاره محیط رسوبی کربناته را نشان می‌دهد.

براساس مطالعات برش‌های نازک میکروسکوپی، آخرین توالی‌های سازند قم در هر دو برش مطالعه‌شده، دو ریزرخساره (براساس طبقه‌بندی 1962 Dunham و Embry and Klován 1971) و دو رخساره سنگی (رخساره ماسه‌سنگی و رخساره تبخیری) تفکیک شد که به ترتیب از قدیم به جدید به شرح زیرند:

ریزرخساره پلاژیک وکستون/پکستون (Pelagic wacke/packstone)

نمونه‌هایی که دربردارنده این ریزرخساره‌اند شامل شماره نموده‌های Q39, Q40 در برش آق‌بلاغ و S37, S38, S39 در برش قمچقای‌اند. در این نمونه‌ها، مجموعه‌ای از فسیل‌های



شکل ۶- ریزرخساره پلاژیک وکستون/پکستون در برش‌های مطالعه‌شده (الف- نمونه Q39؛ ب- نمونه S37)

Fig 6- Pelagic wacke/packstone microfacies in the studied sections (A- Sample Q39, B- Sample S37)

نمونه‌ها فراوانی ذرات ماسه بیشتر است و انرژی بالای محیط در زمان حادثه، توریدایت و محیط کانال، شیب قاره را نشان می‌دهد. این ریزرخساره را می‌توان معادل کمربند رخساره‌ای شماره ۴ (SMF 4) و زون رخساره‌ای شماره ۴ مربوط به شیب قاره (FZ4: slope) در نظر گرفت.

با توجه به اینکه در رخساره مذکور، ذرات ماسه و خرده‌فسیل‌های کفزی به‌صورت نابرجا در یک رخساره پلاژیک قرار گرفته است، می‌توان گفت جریان‌های آبی در کانال‌های زیردریایی انتهای شیب قاره باعث شده است تا ذرات تخریبی از خارج حوضه وارد بخش‌های عمیق و در محدوده رخساره پلاژیک نهشته شوند. براساس اینکه محیط رسوبی سازند قم در این نواحی عمدتاً یک محیط شلف کربناته گزارش شده است (Rabbani et al. 2020; Rabbani and

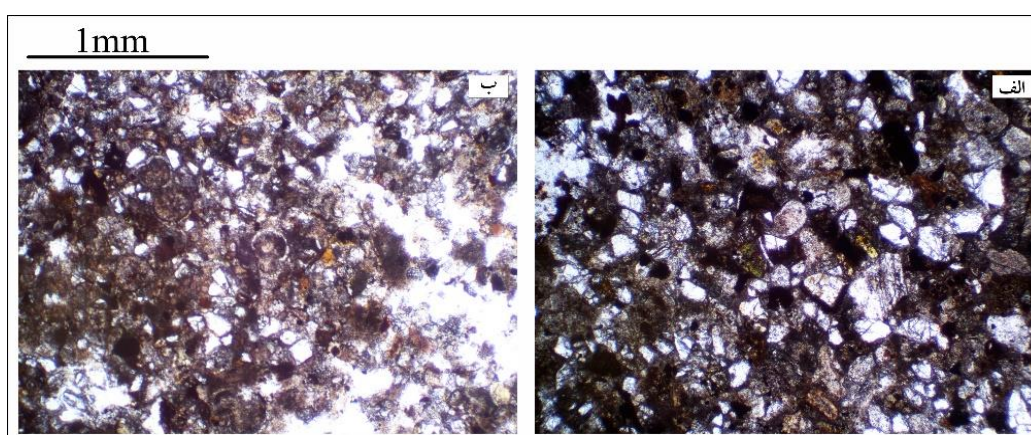
ریزرخساره بایوکلاست پلاژیک وکستون/پکستون حاوی ذرات ماسه (Sandy bioclast pelagic wacke/packstone) شماره نموده‌های Q43, Q46, Q47 در برش آق‌بلاغ و S40, S41, S42 در برش قمچقای، این ریزرخساره را دارند. در برخی از نمونه‌های این ریزرخساره، ذرات گلاکونیت به مقدار بسیار کم دیده می‌شود. در این ریزرخساره، مجموعه‌ای از فسیل‌های روزنبران شناگر و خرده‌های جلبکی و روزنبران کفزی با فراوانی متوسط در زمینه‌ای مملو از ذرات ماسه، به‌صورت کوارتز تک‌بلور دیده می‌شوند (شکل ۷). این بلورهای کوارتز، جورشدگی و گردشدگی ضعیف دارند.

فراوانی و اندازه ذرات ماسه و فسیل‌ها در نمونه‌ها با تغییرات اندکی همراه است که این موضوع نوسانات شرایط محیط رسوبی را نشان می‌دهد؛ به‌طوری که در برخی از

شیب قاره در ارتباط است. مطالعات صحرایی در برش قمچقای نشان می‌دهد در توالی‌های حاوی ریزرخساره مذکور، مجموعه‌ای از ساخت‌های رسوبی شامل طبقه‌بندی مورب، رپل مارک‌های نامتقارن و دانه‌بندی تدریجی دیده می‌شود که وجود کانال‌های زیردریایی با جریان یک طرفه را در این نواحی تأیید می‌کند (شکل ۸). ورود رسوبات تخریبی به حوضه، به دلیل فعالیت‌های تکتونیکی در منطقه یا افت جهانی سطح آب دریاست.

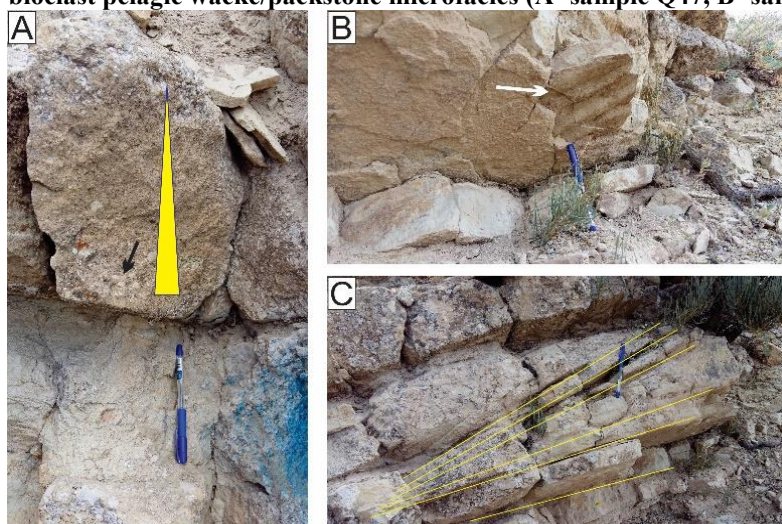
(Zohdi 2021) و در برش‌های مطالعه‌شده نیز در بخش‌های میانی، مجموعه‌ای از رخساره‌های مرجانی ریفی و ریزشی ریفی (ریف تالوس) به چشم می‌خورد، محیط شلف کربناته را برای این سازند تأیید می‌کند.

با در نظر گرفتن این موضوع می‌توان گفت محیط رسوب‌گذاری سازند قم در این منطقه، یک شلف کربناته باز است؛ به‌طوری که بخش‌های ساحلی به‌وسیله کانال‌های بین ریفی دارای جریان‌های زیردریایی یک طرفه، با نواحی انتهای



شکل ۷- ریزرخساره بایوکلست پلاژیک وکستون/پکستون حاوی ذرات ماسه فراوان (الف- شماره نمونه Q47؛ ب- شماره نمونه Q43)

Fig-7- Sandy bioclast pelagic wacke/packstone microfacies (A- sample Q47, B- sample Q43).



شکل ۸- ساخت‌های رسوبی در توالی‌های حاوی ریزرخساره بایوکلست پلاژیک وکستون/پکستون حاوی ذرات ماسه در برش قمچقای A- دانه‌بندی تدریجی؛ B- رپل مارک نامتقارن در سطح زیرین لایه؛ C- طبقه‌بندی مورب (Rabbani et al. 2020)

Fig 8- Sedimentary structures in the Sandy bioclast pelagic wacke/packstone microfacies in Ghamchoghay section A- graded bedding, B- asymmetrical ripple marks, C- cross bedding (Rabbani et al. 2020)

رخساره‌های ماسه‌سنگی قاره‌ای و تبخیری

این رخساره‌ها مربوط به توالی‌های ابتدایی سازند قرمز بالایی است که در برش آق‌بلاغ به صورت رخساره تبخیری ماسه‌سنگی و در ادامه کنگلومرایی مشاهده‌شدنی است (شکل ۲)؛ اما در برش قمچقای به صورت مجموعه‌ای از توالی‌های تبخیری در ابتدای سازند قرمز بالایی رخمون دارد (شکل‌های ۳ و ۴). تغییر رخساره‌ها از رخساره پلاژیک عمیق به رخساره تبخیری (ماسه‌سنگی) و تبخیری، بیانگر پسروری خط ساحلی است. این پدیده در برخی از نواحی حوضه‌های

تبخیری محصور به صورت پراکنده تشکیل شده و باعث ته‌نشست واحدهای تبخیری به صورت لنزی‌شکل در قاعده سازند قرمز بالایی در برخی از نواحی، مانند برش قمچقای (شکل ۴) و محدوده روستای اندآباد شده است. در برش اندآباد که با فاصله حدودی ۵ کیلومتری جنوب باختری برش آق‌بلاغ واقع است (شکل ۱)، این نهشته‌های تبخیری در قاعده سازند قرمز بالایی و بر نهشته‌های کربناته ضخیم لایه عضو f از سازند قم قرار گرفته‌اند و به صورت لنزی‌شکل، به وضوح قابل مشاهده‌اند (شکل ۹).



شکل ۹- نمای کلی از بخش لنزی‌شکل تبخیری در قاعده سازند قرمز بالایی در برش اندآباد

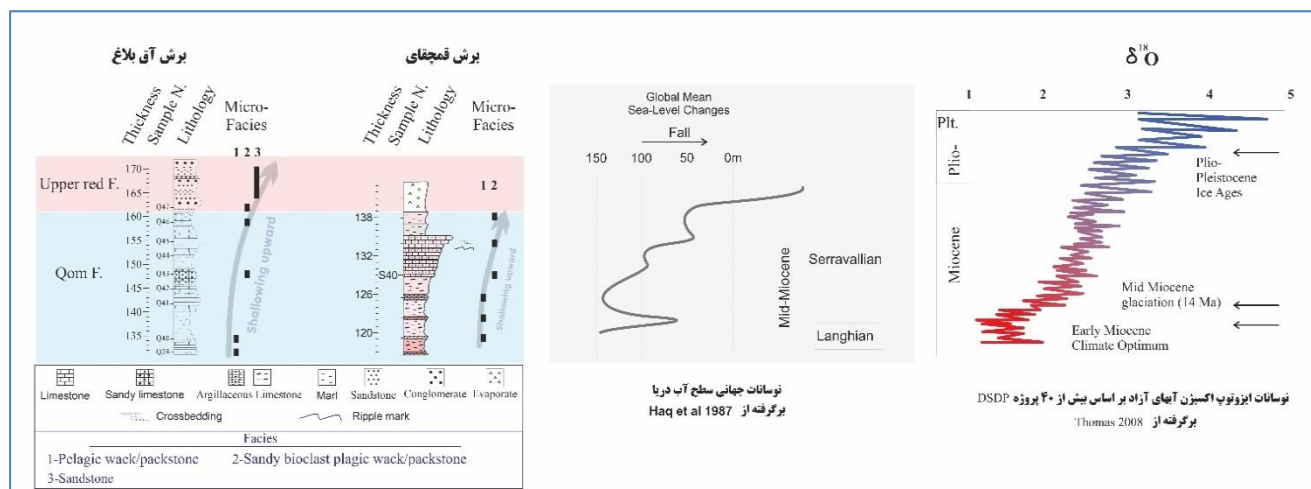
Fig 9- Lentic geometry in evaporitic strata in the lower parts of the Upper Red Formation in Andabad section

(Passchier et al. 2013; Griener et al. 2015; Bassant et al. 2021; Raitzsch et al. 2017).

با توجه به اینکه حوضه رسوبی میوسن در ایران با آب‌های آزاد در ارتباط است (Reuter et al. 2009)، از این رو این کاهش جهانی بر نهشته‌های لانگین ایران نیز اثرگذار بوده است؛ به طوری که نتایج این افت جهانی به صورت تغییر رخساره‌های عمیق به کم‌عمق و ته‌نشست توالی‌های تبخیری در این محدوده مشاهده‌شدنی است.

نتایج این پژوهش با نمودارهای نوسانات جهانی سطح آب دریا (Haq et al. 1987) و نوسانات جهانی ایزوتوپ اکسیژن در محدوده میوسن میانی تا بالایی (Lewis et al. 2014) قابل انطباق است؛ به طوری که افت سطح آب دریا از محدوده سنی لانگین آغاز شده و در همین محدوده زمانی، یخبندان گسترده‌ای در مقیاس جهانی نیز به ثبت رسیده است که می‌تواند دلیل اصلی کاهش جهانی سطح آب دریاها را آزاد باشد (شکل ۱۰).

این کاهش جهانی در نواحی دیگر نیز گزارش شده است

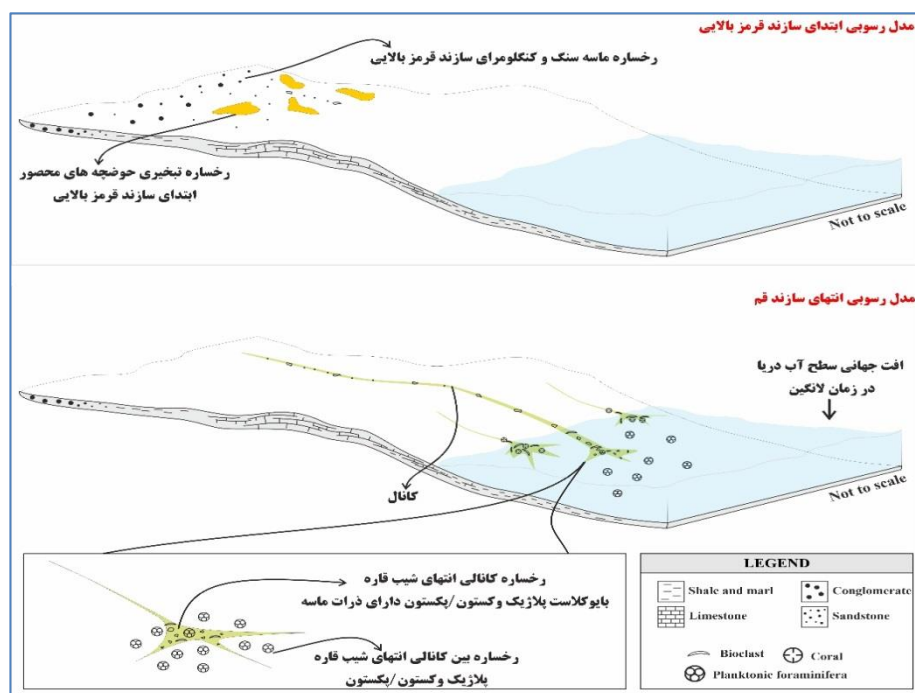


شکل ۱۰- تطابق نتایج حاصل از مطالعات رخساره‌ای و صحرایی در انتهای‌ترین بخش سازند قم در برش‌های مطالعه‌شده با نمودارهای نوسانات جهانی سطح آب دریا و نوسانات ایزوتوپ اکسیژن در مقیاس جهانی در محدوده میوسن میانی

Fig10- Correlation of field and microfacies studies in the upper parts of Qom Formation with eustatic and global oxygen isotope changes in the middle Miocene

ترکیبی (کربناته/تخریبی) تشکیل می‌شود و نهشته‌های پلاژیک نیز بخش‌های بین کانالی را در انتهای شیب قاره در بر می‌گیرد (شکل ۱۱).

درمجموع یک مدل رسوبی شلف کربناته، مرتبط با آب‌های آزاد برای توالی‌های سازند قم در ایران در نظر گرفته می‌شود؛ به‌طوری که با کاهش سطح آب دریا در لانگین، کانال‌های زیردریایی گسترش می‌یابد و در این کانال‌ها، رخساره‌های



شکل ۱۱- مدل رسوب‌گذاری نهشته‌های میوسن میانی در برش‌های مطالعه‌شده

Fig 11- sedimentary environment model of middle Miocene strata in the studied sections

نتیجه

با انجام آنالیزهای رخساره‌ای و مطالعات صحرایی بر نهشته‌های لانگین در دو برش آق‌بلاغ و قمچقای، دو ریزرخساره (پلاژیک و کستون/پکستون و بایوکلاست پلاژیک و کستون/پکستون حاوی ذرات ماسه) و دو رخساره سنگی (ماسه‌سنگ و تبخیری) شناسایی شد. براساس بررسی تغییرات رخساره‌ای در این محدوده زمانی مشخص شد در فاصله کوتاهی، رخساره‌های نواحی عمیق به توالی‌های تخریبی و تبخیری تبدیل شده است که بیانگر یک حادثه پسروری در سطح وسیع در این منطقه است. در اثر این افت سطح آب دریا، در برخی از نواحی مانند برش‌های قمچقای و اندآباد، مجموعه‌ای از حوضچه‌های تبخیری محصور تشکیل شده است که شواهد آنها را به صورت نهشته‌های تبخیری لنزی شکل در این دو برش می‌توانیم مشاهده کنیم. ورود نهشته‌های تخریبی به حوضه می‌تواند به دو دلیل (تکتونیک محلی یا پسروری جهانی) باشد. داده‌های به‌دست‌آمده با نمودار نوسانات جهانی سطح آب دریا و نمودار نوسانات جهانی ایزوتوپ اکسیژن ۱۸، تطابق خوبی را نشان می‌دهد. با علم به اینکه حوضه رسوبی میوسن ایران با دریاهای آزاد مرتبط بوده است، می‌توان گفت افت جهانی سطح آب دریا بر توالی‌های این محدوده سنی در ایران مرکزی اثر گذاشته است. این پسروری جهانی می‌تواند در پی افت سردشدگی جهانی و گسترش یخچال‌ها در مقیاس وسیع باشد.

References

- north Central Iran Zone. Paleontological Research. 23(1): 10-22.
- Daneshian J. and Saiedi Mehr A. 2005. Stratigraphical Distribution of the benthic foraminifera from the Qom Formation in Qoyundaghi Island, Urmieh Lake. 9th Symposium of Geological Society of Iran. Kharazmi University. P. 420-429.
- Daneshian J. Shahrabi M. and Akhlaghi M. 2010. Biostratigraphy & paleoenvironment of the Qom Formation in northeast of Mahnesan. Journal of Geoscience. 19(76): 45-50.
- Dunham R.J. 1962. Classification of carbonate rocks according to depositional textures. AAPG Special Volumes: 108-121.
- Embry A.F. Klován J.E. 1971. A late Devonian reef tract on northeastern Banks Island. N.W.T. – Bull. Canadian Petrol. Geol., 19: 730-781
- Flügel E. and Munnecke, A. 2010. Microfacies of carbonate rocks: analysis, interpretation and application. Springer. Berlin. 976p.
- Griener K. W. Warny S. Askin R. and Acton G. 2015. Early to Middle Miocene vegetation history of Antarctica supports eccentricity-paced warming intervals during the Antarctic icehouse phase. Global and Planetary Change. 127: 67-78.
- Haddadan M. 2004. Geological map of Zanjan. Geological survey and mineral exploration of Iran.
- Halberstadt A. R. W. Chorley H. Levy R. H. Naish T. DeConto R. M. Gasson E. and Kowalewski D. E. 2021. CO₂ and tectonic controls on Antarctic climate and ice-sheet evolution in the Mid-Miocene. Earth and Planetary Science Letters. 564, 116908.
- Haq B. U. Hardenbol J. A. N. and Vail P. R. 1987. Chronology of fluctuating sea levels since the Triassic. Science. 235(4793): 1156-1167.
- Lewis A. R. Marchant D. R. Ashworth A. C. Hemming S. R. and Machlus M. L. 2014. Major Middle Miocene global climate change: Evidence from east Antarctica and the Transantarctic Mountains. Geological Society of America Bulletin. 119(11-12): 1449-1461.
- Noroozpour H. 2020. Microbiostratigraphy and paleoecology of the Qom Formation in the Goylar section, southwest of Zanjan Province. Advance Applied Geology. 10(2): 224-234.
- Passchier S. Bohaty S. M. Jiménez-Espejo F. Pross J. Röhl U. van de Flierdt T. and Brinkhuis H. 2013. Early Eocene to Middle Miocene cooling and aridification of east Antarctica. Geochemistry, Geophysics, Geosystems. 14(5): 1399-1410.
- Rabbani J. Mirzaee Ataabadi M. Mirzaee H. Hasanpour M. and Mirahmadi A. 2021. Lithostratigraphy of the most complete section of Qom Formation in Zanjan area. 13th Symposium of
- Bassant P. Janson X. van Buchem F. Gurbuz K. and Eriş K. 2017. Mut Basin, Turkey: Miocene carbonate depositional styles and mixed systems in an icehouse setting. AAPG Bulletin. 101(4): 533-541.
- Daneshian J. Baghbani D. Imendost A. and Jalali M. 2009. Lithofacies analysis and sequence stratigraphy of the Qom Formation in southwest of Soltanyeh. 3th Symposium of Iranian Paleontological Society, Ferdowsi University of Mashhad. P. 96-100.
- Daneshian J. and Dana L. R. 2019. Benthic foraminiferal events of the Qom Formation in the

- Raitzsch M. Bijma J. Bickert T. Schulz M. Holbourn A. and Kučera M. 2021. Atmospheric carbon dioxide variations across the Middle Miocene climate transition. *Climate of the Past*. 17(2): 703-719.
- Reuter M. Piller W. E. Harzhauser M. Mandic O. Berning B. Rögl F. and Hamedani A. 2009. The Oligo-/Miocene Qom Formation (Iran): evidence for an Early Burdigalian restriction of the Tethyan Seaway and closure of its Iranian gateways. *International Journal of Earth Sciences*. 98(3): 627-650.
- Thomas E. 2008. Descent in to the Icehouse. *Geology*. 36(2): 191-192.
- Iranian Paleontological Society. University of Esfahan. P. 236-246.
- Rabbani J. Mirzaie Ataabadi M. and Shahsavari E. 2020. Microfacies, sedimentary environmental model and relative sea level change of marly strata of the Qom Formation in Zarrin-Abad section, south of Zanjan. *Journal of Stratigraphy and Sedimentology Researches*. 36(78): 115-134.
- Rabbani J. Mirzaie Ataabadi M. and Shahsavari E. 2022. Stratigraphy and paleontology of Miocene strata in the southwest of Zanjan. *Research in Earth Sciences*. (in press).
- Rabbani J. and Zohdi A. 2021. Micropaleontology and sedimentary environment of the Qom Formation in the northwest of Zanjan. *Sedimentary Facies*. 13(2): 173-189.