

# سنگ‌شناسی و زیست‌چینه‌نگاری نهشته‌های معادل لایه‌های فرام-دیاتومه بر اساس نانوفسیل‌های آهکی در دشت گرگان: اشاره‌ای بر تکامل و جغرافیای دیرینه حوضه خزر جنوبی

محمود شرفی<sup>(۱\*)</sup>، نسیم موسوی<sup>(۲)</sup>، مهران مرادپور<sup>(۳)</sup>، بیژن بیرانوند<sup>(۴)</sup>، نارام بایت گل<sup>(۵)</sup> و فرید طاعتی<sup>(۶)</sup>

۱. استادیار، گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه هرمزگان
۲. دکتری دیرینه‌شناسی، پژوهشگاه صنعت نفت، گروه زمین‌شناسی نفت
۳. عضو هیات علمی، پژوهشگاه صنعت نفت، گروه زمین‌شناسی نفت
۴. استادیار، پژوهشگاه صنعت نفت، گروه زمین‌شناسی نفت
۵. استادیار، دانشکده علوم زمین، دانشگاه تحصیلات تکمیلی علوم پایه زنجان
۶. دکتری چینه‌شناسی، شرکت نفت خزر

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۱/۱۵

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۴/۱۵

## چکیده

رسوبات پالئوسن-میوسن در ناحیه مرکزی دشت گرگان برای ارزیابی سنگ‌شناسی و زیست‌چینه‌نگاری و بازسازی جغرافیای دیرینه حوضه خزر جنوبی مورد مطالعه قرار گرفت. بر اساس الگوی توزیع نانوفسیل‌های آهکی نهشته‌های معادل لایه‌های فرام دارای سن پالئوسن بالایی-اوسن و رسوبات بخش بالایی سری میکوپ و دیاتومه به سن میوسن میانی-بالایی شناسایی شده است. مطالعه نانوفسیل‌های آهکی در ناحیه مورد مطالعه وجود یک ناپیوستگی اصلی در بین نهشته‌های پالئوسن-اوسن در زیر و نهشته‌های میوسن میانی-بالایی در بالا را مشخص کرده است و همزمان با واقعه برخوردی صفحات آفریقا-عربی و اوراسیا و بالآمدگی رشته کوه‌های حاشیه حوضه خزر شامل کپه داغ و البرز است. توزیع نانوفسیل‌های آهکی نشان‌دهنده وجود ارتباط بین حوضه خزر با دریای مدیترانه در ابتدای میوسن میانی و نبود ارتباط بین این حوضه‌ها در میوسن میانی و بالایی است. خطوط لرزه‌ای تفسیر شده افزایش ضخامت رسوبات و فضای رسوب‌گذاری از شرق به غرب را نشان می‌دهد. وجود فضای رسوب‌گذاری بیشتر از شرق به غرب سبب شده است تا با بالآمدگی رشته کوه‌های کپه داغ و البرز شرقی ابتدا ناحیه شرقی از آب خارج شود و سپس با ادامه روند بالآمدگی بخش‌های مرکزی و شرقی این ناحیه نیز از آب خارج شوند. این تفسیر با توجه به نبود رسوبات پالئوسن-اوسن و وجود رسوبات کرتاسه در زیر ناپیوستگی در بخش شرقی دشت گرگان و وجود رسوبات پالئوسن-اوسن در زیر ناپیوستگی در ناحیه مورد مطالعه تایید می‌شود.

واژه‌های کلیدی: پاراتیس، جغرافیای دیرینه، حوضه خزر جنوبی، دیاتومه، نانوفسیل.

## مقدمه

پیدایش و تکامل خود پیچیدگی‌های منحصر به فردی را نشان می‌دهد. این حوضه با توجه به محصور بودن بین مجموعه رشته کوه‌های پیرامونی از جمله البرز، کپه داغ و قفقاز در

حوضه خزر که از جمله حوضه‌های بااهمیت به لحاظ وجود منابع هیدروکربنی تایید شده است و در تاریخچه

\* نویسنده مرتبط: m.sharafi@hormozgan.ac.ir

شد (Vincent et al., 2005). حوضه پاراتتیس در بخش شرقی متشکل از سه حوضه دریای سیاه، دریای خزر و دریای آزال می‌باشد (Popov et al., 2004). تشکیل حوضه خزر به توسعه دریای کاسپین اولیه و در نتیجه وقایع ریفتی و توسعه حوضه‌های پشت قوسی در ترف قفقاز بزرگ در زمان ژوراسیک تا ائوسن نسبت داده شده است (Brunet et al., 2003). در زمان پالئوسن تا ائوسن صفحه ایران در بخش جنوبی اقیانوس نتوتتیس قرار داشته است. به دنبال توسعه یک رژیم فشارشی بر حوضه خزر جنوبی که از زمان ائوسن-بالایی-الیگوسن زیرین و با شدت بیشتر از میوسن زیرین در این ناحیه حاکم می‌باشد مجموعه رشته کوه‌های آلبی شامل کپه داغ، البرز، قفقاز بزرگ و تالش با سرعت زیاد رشد کرده و موجب تشکیل و سپس جدایش زیرحوضه‌های پاراتتیس از حوضه مدیترانه شده است (Brunet et al., 2003). بدین ترتیب بازه‌های زمانی که با قطع ارتباط حوضه خزر (و به طور کلی حوضه پاراتتیس شرقی) با دریای مدیترانه و آب‌های آزاد همراه بوده است، با تهنشینی رسوبات غنی از مواد آلی مانند سری‌های دیاتومه و میکوپ (الیگوسن-میوسن) مشخص می‌شود (Popov et al., 2004). تهنشینی این رسوبات غنی از مواد آلی و همچنین تهنشینی رسوبات دلتایی-دریاچه‌ای با تخلخل و تراوایی بالا منجر به تشکیل سیستم‌های نفتی متعدد مانند سیستم هیدروکربنی الیگوسن-پلیوسن متشکل از توالی‌های میکوپ-دیاتوم-سری‌های تولیدی در این حوضه شده است (Abdullayev et al., 2010). در نهایت و همزمان به تهنشینی سازند آپشرون منطبق با فاز آخرین فاز فشردگی عربی دریای خزر به شکل کنونی ایجاد می‌شود (Popov et al., 2004). برش مورد مطالعه در دشت گرگان در عرض‌های جغرافیایی ۵۱°۵۳' - ۵۶°۰۴' شرقی و ۲۴°۳۶' - ۳۶°۰۵' شمالی و بین دریای خزر در غرب، دامنه شمالی البرز در جنوب و جنوب شرقی و کمربند چین خورده کپه‌داغ در سمت شرق و حوضه ترکمنستان در شمال واقع شده است (شکل ۱). برش زیرسطحی مورد مطالعه دربرگیرنده رسوبات معادل لایه‌های فرام تا دیاتومه است و دارای ضخامت ۴۳۰ متر می‌باشد. مرز زیرین این رسوبات مشخص نیست (حفاری

بازه‌های زمانی متعدد حاوی رسوبات غنی از مواد آلی و پیریت است و به‌عنوان سنگ منشا (مانند لایه‌های فرام و میکوپ) شناخته شده‌اند (Popov et al., 2004). تهنشینی این رسوبات غنی از مواد آلی به‌طور معمول با افزایش نرخ کوهزایی و قطع ارتباط با دریاهای آزاد و ایزوله شدن حوضه خزر همزمان می‌باشد (Abdullayev et al., 2010). علاوه بر این بیشتر رسوبات سیلیسی-آواری که در بخش‌های کم‌عمق حوضه خزر تهنشینی شده‌اند دارای خصوصیات مخزنی اثبات شده‌اند به‌طوری‌که اکتشاف و استخراج نفت از این حوضه از قرن گذشته در کشور آذربایجان شروع شده است و تاکنون نیز ادامه دارد (Abdullayev et al., 2010). به‌دلیل اهمیت بالای این حوضه تاکنون مطالعات متعددی بر روی رسوب‌شناسی، دیرینه‌شناسی، ارزیابی ویژگی‌های رسوبات به لحاظ سنگ منشا و خصوصیات مخزنی و به‌طور کلی تاریخچه زمین‌شناسی حوضه خزر در کشورهای همجوار مانند آذربایجان و ترکمنستان صورت می‌گیرد (Abdullayev et al., 2010; Popov et al., 2004). با وجود اهمیت بسیار زیاد و وجود توالی‌های سنگ منشا و سنگ مخزن متعدد اثبات شده در حوضه خزر و وجود چاه‌های اکتشافی در فاصله بسیار نزدیک به ایران (در کشورهای همجوار)، اما در ایران حتی مطالعات اولیه زمین‌شناسی نیز در این حوضه به‌صورت پراکنده وجود دارد (شرقی و همکاران، ۱۳۹۸، ۱۴۰۰ الف و ب). از اینرو در این مطالعه برای اولین بار به ارزیابی ویژگی‌های سنگ‌شناسی و تعیین سن نسبی و شرایط جغرافیای دیرینه بخش جنوب شرقی حوضه خزر جنوبی در زمان تهنشینی رسوبات معادل لایه‌های فرام تا دیاتومه پرداخته شده است. اطلاعات و نتایج به‌دست‌آمده در این تحقیق چارچوب رسوب‌شناسی و دیرینه‌شناسی اولیه‌ای برای ارزیابی ویژگی‌های حوضه خزر جنوبی در اختیار زمین‌شناسان قرار خواهد داد.

## زمین‌شناسی و موقعیت جغرافیایی گستره

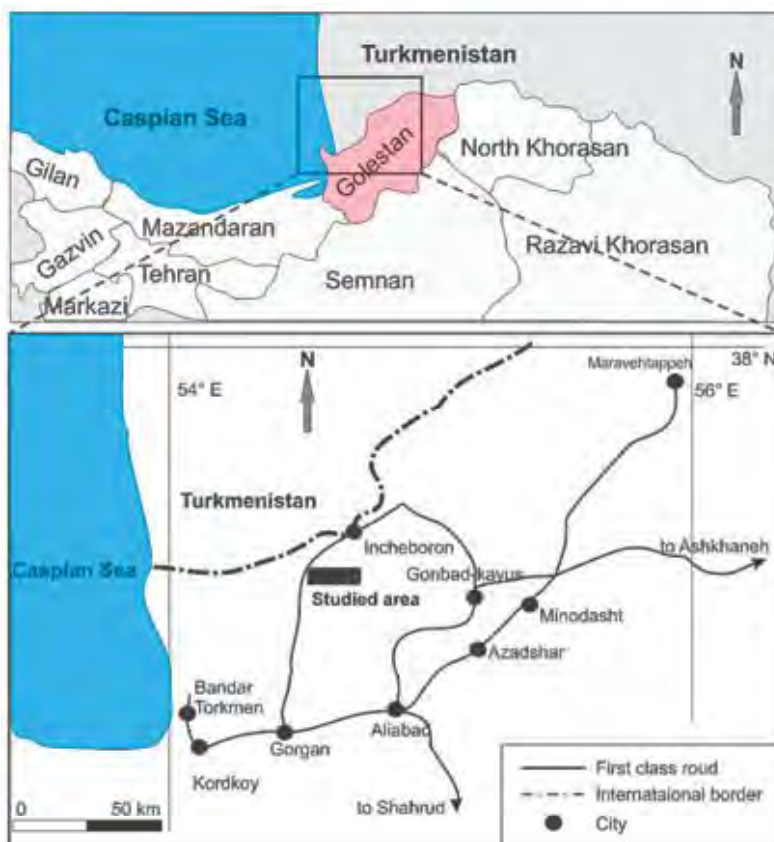
اقیانوس نتوتتیس در پایان تاریخچه تکامل خود و در اثر همگرایی بین صفحات هند و اوراسیا در ائوسن بالایی-الیگوسن، به دو حوضه مدیترانه و دریای پاراتتیس تقسیم

نوری<sup>۲</sup> و بزرگنمایی ۱۰۰۰ برابر در آزمایشگاه چینه‌شناسی پژوهشگاه صنعت نفت مورد مطالعه قرار گرفت. حفظ‌شدگی نانوفسیل‌ها در توالی مورد مطالعه ضعیف تا خیلی ضعیف می‌باشد. نانوفسیل‌های آهکی از نظر فراوانی به سه رده کمیاب (یک گونه در بیشتر از ۵۰ میدان دید)، اندک (یک گونه در دو تا ۵۰ میدان دید) و معمول (یک تا ۱۰ گونه در هر میدان دید)، تقسیم می‌شوند. به دلیل تعداد بالای گونه‌های حمل شده نابرجا و به‌منظور مشاهده گونه‌های ظریف برجا، هر اسلاید حداقل به مدت ۳۰ دقیقه مطالعه شد (Bown, 2016). در نمونه‌های آواری تعداد بالای نمونه‌های نانو فسیلی (با توجه به احتمال بالای وجود نمونه‌های حمل شده) در نمونه، به‌طور قطع، سن لایه را مشخص نمی‌کند. نمونه‌های فسیلی حمل شده در بخش‌های پایینی توالی که شیلی و کربناته است نیز مانعی برای مشاهده نمونه‌های برجا است که ظریف و شکننده هستند. در این حالت باید

نشده) و مرز بالایی که از نوع فرسایشی است و با یک افق کنگلومرایی مشخص می‌شود و به نهشته‌های معادل چلکن ختم می‌شود.

## روش مطالعه

این مطالعه بر روی یک برش زیرسطحی به ضخامت ۴۳۰ متر در ناحیه مرکزی دشت گرگان متمرکز است (شکل‌های ۱ و ۲). مطالعه رسوب‌شناسی توالی مورد مطالعه بر روی خرده‌های حفاری و با استفاده از شستشوی نمونه‌ها و به‌کارگیری یک سری شش عددی الک و با روش مطالعه پتروگرافی استاندارد صورت می‌گیرد. تعداد ۱۲۰ نمونه از رخساره‌های مارنی، آهکی، مادستون و ماسه‌سنگ برای مطالعات بیوستراتیگرافی نانوفسیل‌های آهکی، به روش اسمیر<sup>۱</sup> (Bown, 1998; Young, 1998; Trenkwalder et al., 2008) آماده‌سازی شده و اسلایدها با میکروسکوپ



شکل ۱. نقشه راه‌های دسترسی برش مورد مطالعه در دشت گرگان

1. Smear Slide technique
2. Nikon LV100 Pol

بر اساس زون گستره تاکسون<sup>۱</sup>، زون گستره تلاقی<sup>۲</sup>، زون زیرین<sup>۳</sup>، زون بالایی<sup>۴</sup> و زون گستره ناتمام<sup>۵</sup> تعریف شده است (Raffi et al., 2016). در محیط‌های آواری و سیستم‌های رسوبی نیمه باز معمولاً از گروه‌های فسیلی دیگر مانند روزن‌داران پلانکتون، پالینومورف و استراکود استفاده می‌شود. در مورد حوضه خزر استفاده از استراکود متداول تر می‌باشد (برای مثال Boomer et al., 1986; Yasini, 2005, 1996). مطالعه گروه فسیلی استراکود نیز در این حوضه با مشکلاتی همراه است (Schorniko, 2011). توالی مورد مطالعه که دربرگیرنده نهشته‌های پالئوسن تا معادل سازند مایکوپ است دارای فسیل‌های بازنهشته شده کرتاسه با فراوانی بالا است، به طوری که در برخی گروه‌های فسیلی مانند روزن‌داران پلانکتون و استراکود، فقط اجزا فسیلی بازنهشته شده شناسایی شده است. در همین ارتباط مطالعات نانوفسیل‌های آهکی در رسوبات آواری و سنگ‌های کربناته حاوی قطعات بازنهشته شده در برخی نقاط دنیا برای تعیین سن استفاده شده است (برای مثال Mikes et al., 2008; Trenkwalder et al., 2008) و در مطالعه حاضر نیز در حوضه خزر جنوبی انجام شده است. در این رسوبات تعیین سن براساس بازه سنی هر یک از گونه‌های نانوفسیلی به‌تنهایی صورت می‌گیرد. نانوفسیل‌های آهکی کرتاسه با فراوانی معمول<sup>۶</sup> شامل گونه‌های بلند بازه مانند *Watznaueria barnesia* و گونه‌های مشخص‌کننده بازه زمانی کوتاه مدت مانند *Owenia hillii* (آلبین پسین)، *Microrhabdulud securatus* (سنومانین- ماستریشتین) و *Ceratolithoides aculeus* (کامپانین- ماستریشتین) هستند. تعیین سن نسبی توالی مورد مطالعه بر اساس بازه سنی جوان‌ترین گونه‌های نانوفسیلی صورت می‌گیرد و زون‌های نانوفسیلی نیز بر همین اساس و نه بر پایه بیوزون‌های استاندارد، تعیین می‌شود (برای مثال شرفی و همکاران، ۱۴۰۰ الف و ب؛ Mikes et al., 2008).

1. Taxon range zone
2. Concurrent range zone
3. Base zone
4. Top zone
5. Partial range zone
6. Common

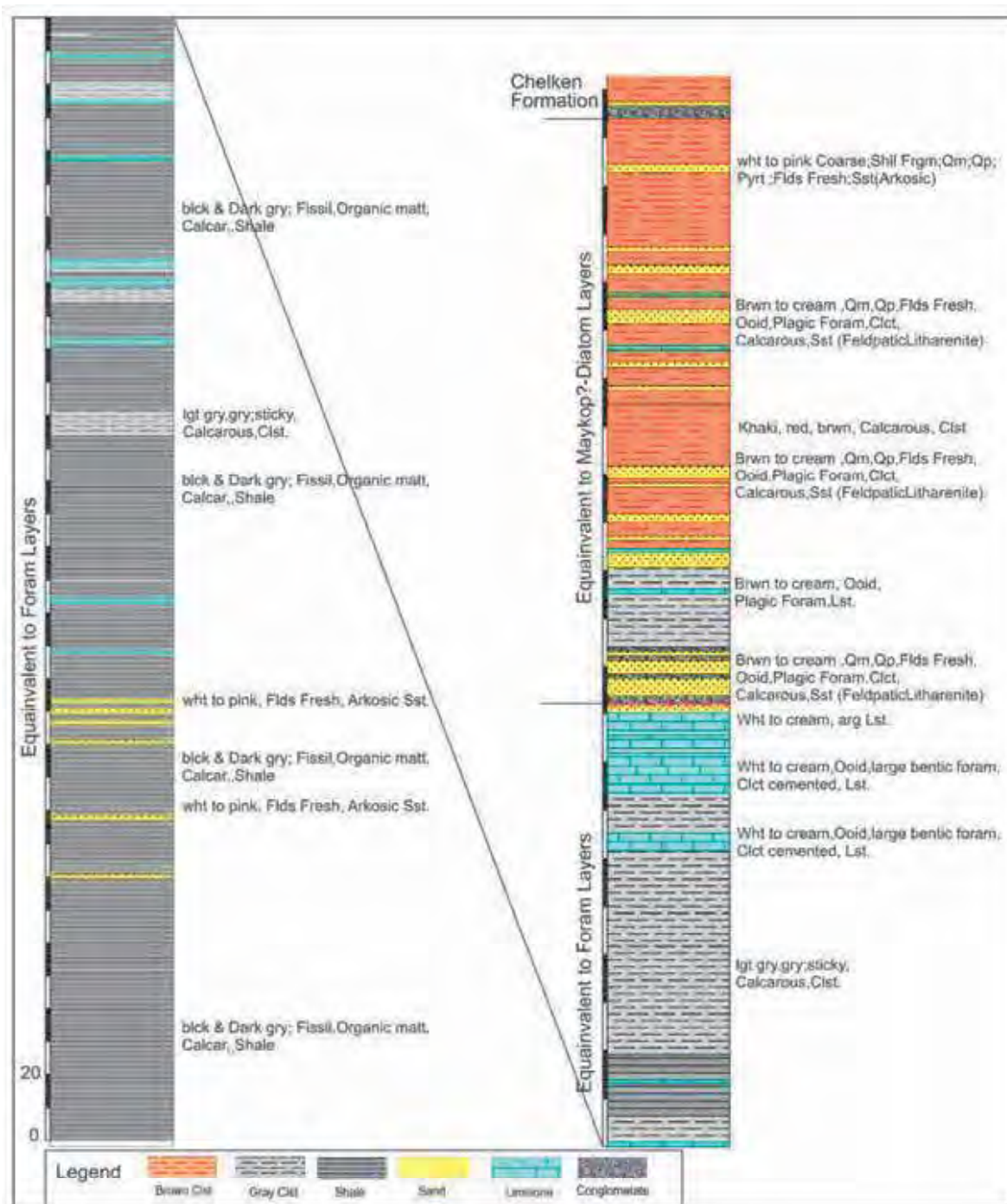
هر اسلاید حداقل به مدت نیم ساعت در زیر میکروسکوپ مطالعه شود تا در شرایط سنگ‌شناسی که حفظ‌شدگی کم است (با فراوانی بسیار پایین دیده می‌شوند) نمونه‌های ظریف که جدیدتر و نشان‌دهنده سن واقعی لایه رسوبی هستند، شناسایی شوند. برای مطالعات تاکسونومی، بر اساس الگوهای ارائه شده توسط Perch- (1971)، Martini (1971)، Nielsen (1985)، Bown (1998)، Raffi et al. (2003) و Young et al. (2017) عمل شده است.

## سنگ‌شناسی

رسوبات معادل لایه‌های فرام در ناحیه مورد مطالعه به ضخامت ۴۲۵ متر متشکل از شیل‌های آهکی تیره رنگ حاوی مواد آلی با میان لایه‌های بسیار نازک لایه ماسه‌سنگ آرکوزی سفید تا خاکستری و سنگ‌آهک ناز لایه است (شکل ۲). در بخش بالایی این مجموعه سنگ‌آهک‌های متوسط لایه سفید تا کرم رنگ حاوی روزن‌داران بنتیک و انئید ظاهر می‌شود. مجموعه معادل میکوپ-دیاتومه در برش مورد مطالعه ۱۳۲ متر ضخامت داشته و با لایه‌های کنگلومرا و ماسه‌سنگ با ترکیب لیت‌آرنایت فلدسپات دار شروع می‌شود (شکل ۲). این مجموعه در ادامه به ترتیب از پایین به بالا متشکل از شیل لایه/رس سنگ، تناوب ماسه‌سنگ با ترکیب لیت‌آرنایت تا آرکوز و شیل/مادستون ارغوانی/قهوه‌ای است و به طرف بالا بر ضخامت رخساره‌های مادستون افزوده می‌شود (شکل ۲). به صورت پراکنده لایه‌های آهکی نازک لایه سفید تا کرم رنگ حاوی پوسته‌های اسکلتی نیز مشاهده می‌شود. مرز زیرین و بالایی این مجموعه با رسوبات معادل لایه‌های فرام و معادل سازند چلکن با رخساره کنگلومرایی مشخص می‌شود و از نوع فرسایشی است.

## ریزدیرینه شناسی

نانوفسیل‌های آهکی، یکی از قدرتمندترین ابزار بیوستراتیگرافی و تعیین سن لایه‌های رسوبی کربناته دریایی به‌خصوص در اقیانوس‌های باز به حساب می‌آیند (Agnini et al., 2017؛ سنماری و فروغی، ۱۳۹۸؛ سنماری، ۱۴۰۰؛ نطقی مقدم و همکاران، ۱۴۰۱). بیوزوناسیون استاندارد در رسوبات کربناته سنوزویک



شکل ۲. ستون چینه سنگی برش مورد مطالعه در ناحیه دشت گرگان

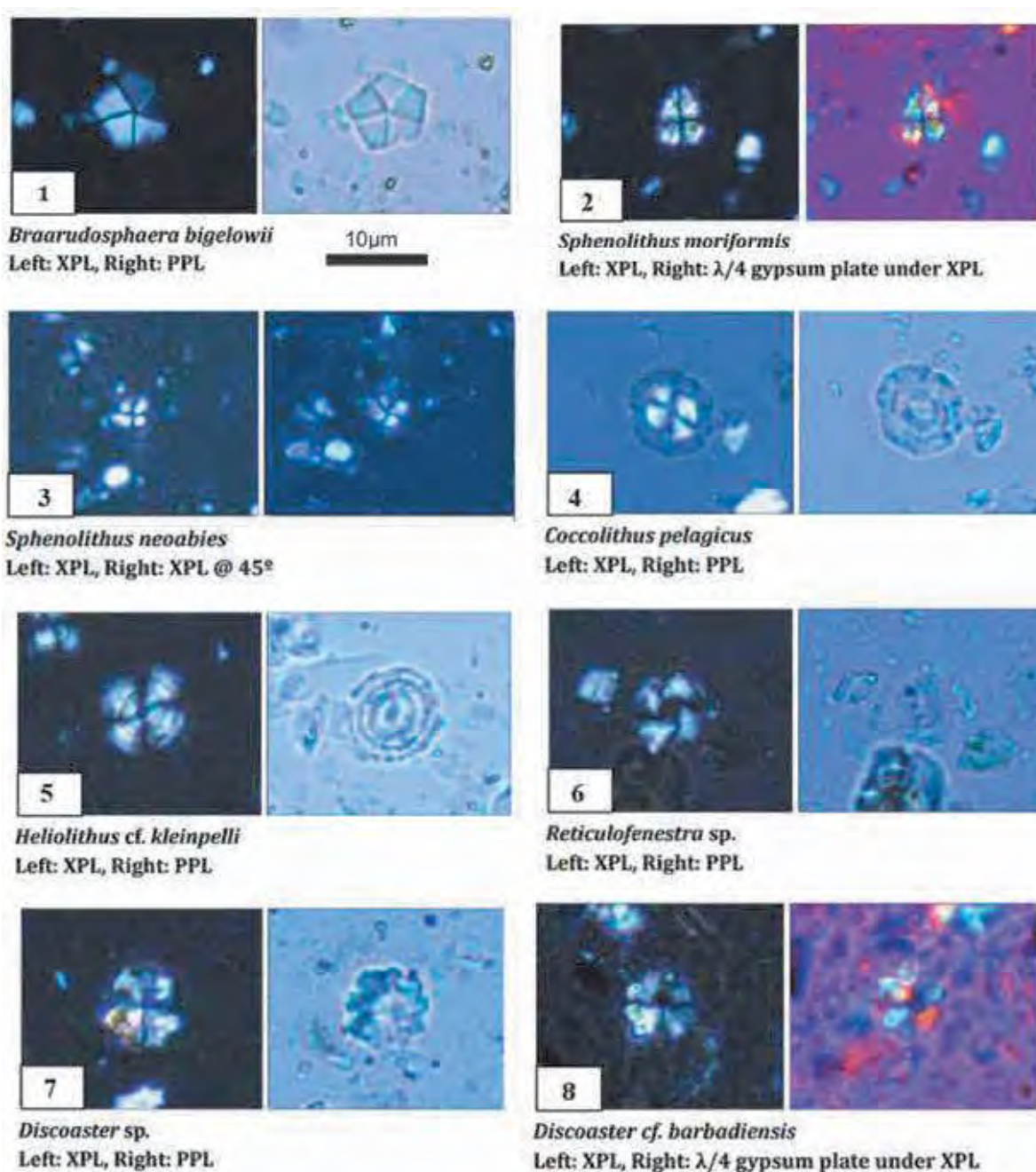
از آنجایی که در این توالی شواهد زون‌های نانوفسیلی پیش از زون NP6 مشاهده نشده، این توالی معادل زون‌های NP6?–NP8 با سن پالئوسن بالایی (Thanetian) می‌توان در نظر گرفت. در بخش بالایی این توالی گونه‌های همراه *Reticulofenestrata* sp. و *Coccolithus pelagicus* مشاهده شده است (شکل‌های ۳ و ۴).

رسوبات معادل لایه‌های فرام: در بین فراوانی بالا و متوسط گونه‌های کرتاسه، گونه‌های *Prinsius* sp.، *Braarudosphaera* و *Heliolithus* cf. *kleinpellii* دیده می‌شود. در ضخامت حدود ۲۳۳ متری آخرین حضور گونه *Heliolithus* cf. *kleinpellii* دیده شده و مرز بالایی زون نانوفسیلی NP8 را تشکیل می‌دهد.

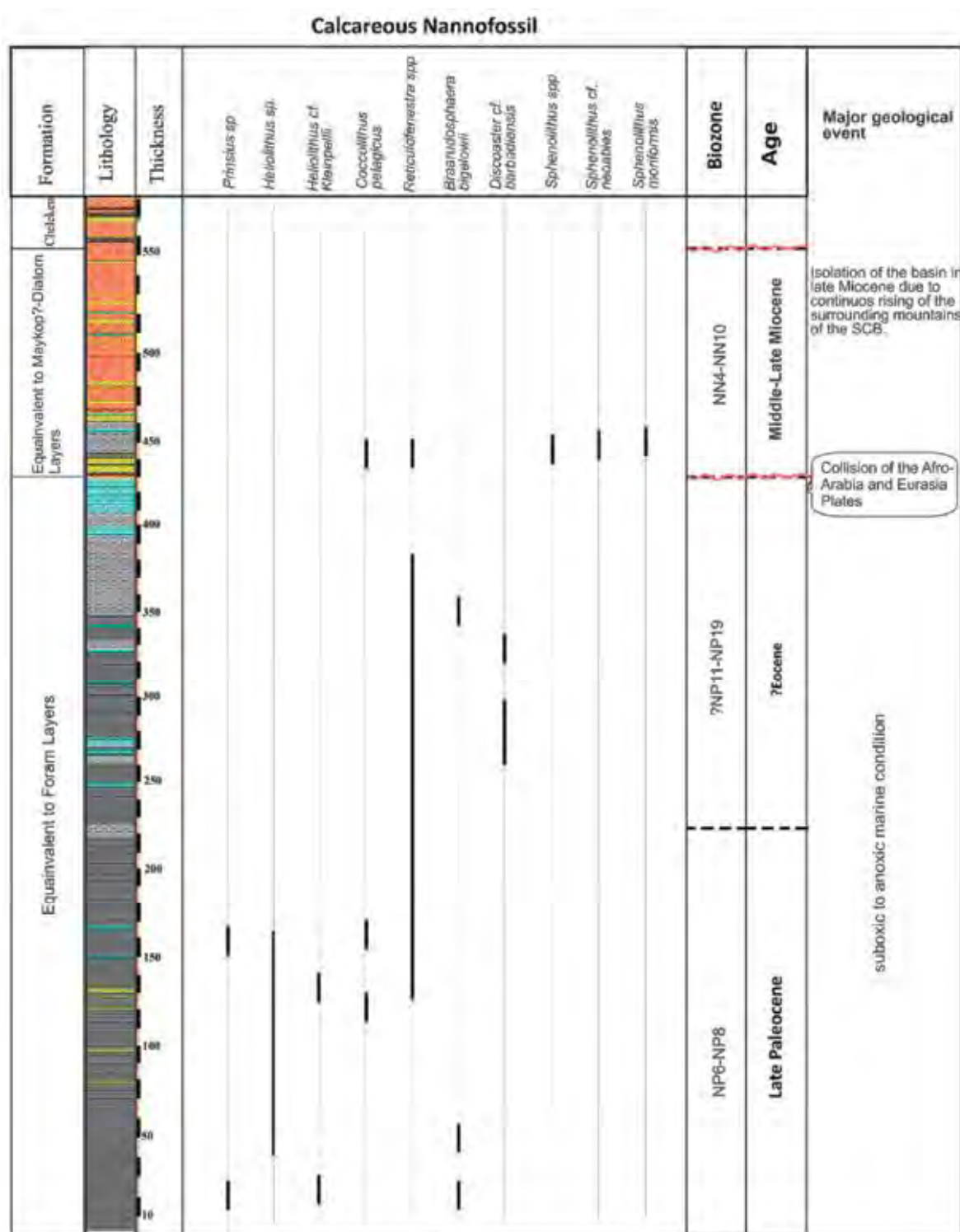


نظر گرفته شده است (شکل‌های ۳ و ۴). نبود زون‌های زیستی بین این توالی رسوبی و توالی زیرین لزوماً به معنی نبود رسوب‌گذاری نبوده و ممکن است به دلیل حفظ‌شدگی پایین/نبود حفظ‌شدگی نانوفسیل‌ها شناسایی نشده باشند. بنابراین برای حصول نتایج قطعی‌تر نیاز است برش‌های غربی‌تر که از حوضه منشأ رسوبات فاصله بیشتری دارند مورد مطالعه قرار بگیرند.

از ضخامت حدود ۲۶۰ متری در کنار گونه‌های *Discoaster* sp. و *Reticulofenestrata* sp. تنها گونه نانوفسیلی کوتاه بازه، *Discoaster* cf. *barbadiensis* است که از نظر سنی، در گستره زون‌های NP11 تا NP19 دیده می‌شوند. از آنجائی که گونه شاخص دیگری برای تعیین زون نانوفسیلی در این توالی دیده نشده است، سن آن را با احتیاط معادل بخشی از ائوسن (ائوسن بالایی) در



شکل ۳. نانوفسیل‌های منتخب شناسایی شده در توالی مورد مطالعه



شکل ۴. گستره چارت نانوفسیل‌های توالی مورد مطالعه دربرگیرنده رسوبات معادل لایه‌های فرام تا دیاتومه به همراه وقایع تکتونیکی اصلی

رسوبات معادل سازند مایکوپ-دیاتومه: در این توالی گونه‌های نانوفسیلی شامل *Coccolithus pelagicus*، *Sphenolithus spp.* و همچنین *Reticulofenestra spp.* با فراوانی معمول مشاهده شده‌اند. از این جنس اخیر، گونه *Sphenolithus neoabies* که بیشترین فراوانی خود را در زون‌های نانوفسیلی NN4 تا NN10 نشان می‌دهد (Bergen et al., 2017) به همراه گونه *Sphenolithus moriformis* ثبت شده است (شکل‌های ۳ و ۴). در این بخش نیز، تنها

(Popov et al., 2004). بازسازی جغرافیای دیرینه در این حوضه نیازمند وجود اطلاعات رسوب‌شناسی و دیرینه‌شناسی دقیق و جامع از بخش‌های مختلف آن است، به طوری که این اطلاعات برای مطالعات تاریخچه رسوبی-تکتونیکی و ارزیابی‌های صنعتی مانند اکتشاف هیدروکربن مورد استفاده قرار می‌گیرند.

در حوضه خزر جنوبی به دلیل شرایط خاص اکولوژیکی حوضه پاراتتیس شامل حوضه خزر از جمله ورود مقادیر بالای رسوبات آواری به‌ویژه در بخش‌های حاشیه‌ای مانند دشت گرگان و یا حوضه مغان (در غرب خزر جنوبی)، ارتباط آبی کوتاه مدت و بیشتر از طریق تنگه‌ها/باریکه‌های آبی مانند تنگه‌های فرات و تورغای و قفقاز میانی و دوره‌های با شوری بالا و یا شرایط لب‌شور (شرفی و همکاران، ۱۳۹۸، ۱۴۰۰ الف، ب؛ Popov et al., 2004؛ van Baak et al., 2017)، مطالعات زیست‌چینه‌نگاری با چالش‌های جدی همراه می‌باشد (Schornikov et al., 2011). در حوضه خزر جنوبی به‌ویژه در بخش ایران، این چالش جدی‌تر است به طوری که به تصور نبود جواب دهی استفاده از نانوفسیل‌های آهکی نئوژن در تعیین سن لایه‌ها، مطالعات بسیار پراکنده‌ای بر روی این گروه فسیلی نانوفسیل‌ها (و به‌طور کلی مطالعات زیست‌چینه‌نگاری) صورت گرفت (مانند شرفی و همکاران، ۱۴۰۰ الف و ب). اما نتایج این مطالعه نشان می‌دهد هرچند که الگوی توزیع و فراوانی نانوفسیل‌های آهکی در توالی مورد مطالعه (پالتوسن تا سری دیاتومه) به مانند سیستم‌های آب‌های آزاد نیست، اما به‌خوبی می‌تواند به‌عنوان ابزاری برای تعیین سن توالی‌های رسوبی نئوژن حوضه خزر جنوبی و بازسازی جغرافیای دیرینه این حوضه مورد استفاده قرار گیرد. بررسی توزیع نانوفسیل‌ها در توالی مورد مطالعه و با در نظر گرفتن محیط زیست دریایی برای نانوپلانکتون‌های آهکی (Bown, 1998)، به نظر می‌رسد که در بازه زمانی پالتوسن بالایی تا ائوسن و هم‌زمان با تهنشینی رسوبات معادل لایه‌های فرام<sup>۱</sup> شرایط دریایی باز بر حوضه خزر جنوبی حاکم هستند. این نتایج با نقشه‌های جغرافیایی دیرینه ناحیه مورد

با استناد به بازه زیستی گونه‌های موجود، به نظر می‌رسد رسوبات معادل بخش بالایی سازند مایکوپ تا دیاتومه دارای سن میوسن میانی-بالایی هستند. نبود زون‌های زیستی بین این توالی رسوبی و توالی زیرین مربوط به ناپیوستگی اصلی ایجاد شده در طی وقایع برخوردی صفحات آفریقا-عربی و اوراسیا است و منجر به بالا آمدگی پیوسته مجموعه رشته کوه‌های محصورکننده حاشیه دریای خزر شده است (Vincent et al., 2005؛ Brunet et al., 2003) (به بخش جغرافیای دیرینه مراجعه شود).

## بحث

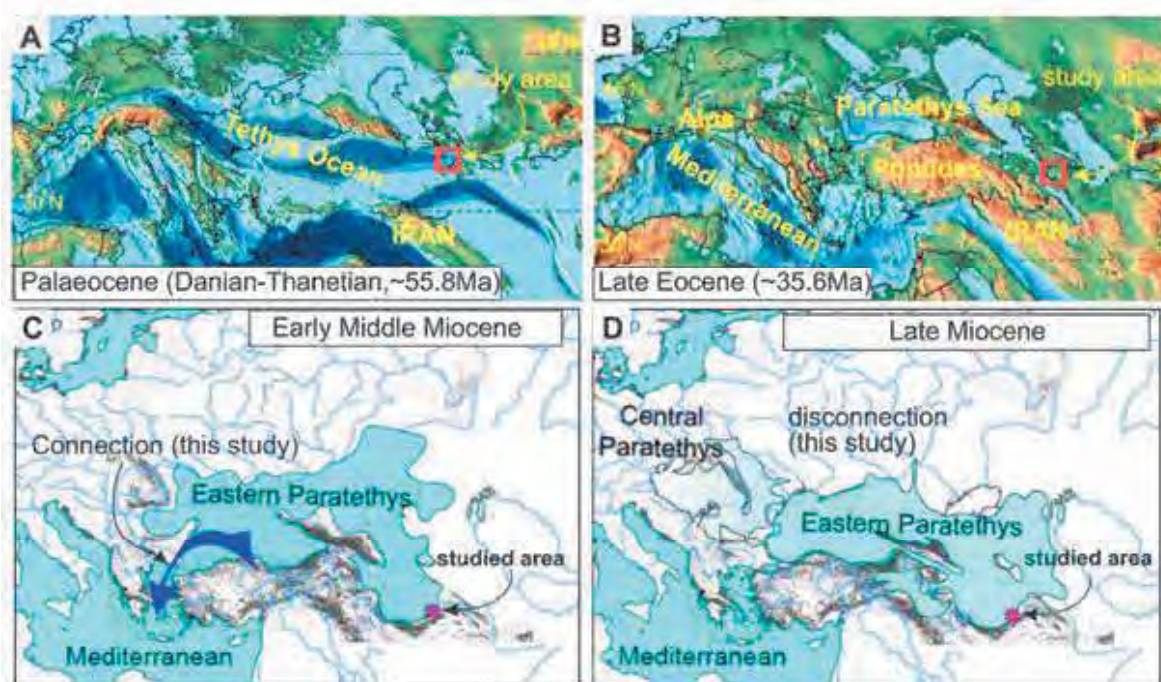
اشاره‌ای بر تکامل و جغرافیای دیرینه حوضه خزر جنوبی حوضه خزر به همراه دریای سیاه که به‌عنوان بخشی از حوضه پاراتتیس باقیمانده‌های حوضه نئوتتیس هستند، از زمان پیدایش این حوضه در زمان ائوسن-الیگوسن و در تاریخچه تکامل خود دوره‌های مختلف و متناوب از محصور شدن و ارتباط با حوضه مدیترانه و آب‌های آزاد (حتی در بازه‌های زمانی کوتاه) را تجربه کرده‌اند (مانند شرفی و همکاران، ۱۴۰۰ الف و ب؛ Krijgsman et al., 2010؛ Vincent et al., 2010؛ Abdullayev and Leroy, 2016؛ Krijgsman et al., 2020). به‌طور کلی وضعیت جغرافیای دیرینه حوضه خزر و ارتباط و یا نبود آن با آب‌های آزاد تحت کنترل عوامل ناحیه‌ای مانند تغییرات جهانی سطح آب دریا مانند بحران مسینین و بالا آمدگی مجموعه رشته کوه‌های اطراف آن شامل مانند البرز در جنوب و قفقاز در جنوب و جنوب غرب و کپه داغ در شرق در اثر حرکت همگرای صفحات آفریقا-عربی و اوراسیا می‌باشد. در این ارتباط، بازه‌های زمانی مانند انتهای میوسن و پلیوسن که دوره‌های محصور شدن حوضه خزر است با کاهش شدید گردش آب در این حوضه و تهنشینی رسوبات غنی از مواد آلی و مستعد سنگ منشا همراه شده است (Hinds et al., 2004؛ Abdullayev et al., 2010؛ Vincent et al., 2010). در دوره‌های افزایش ارتباط با آب‌های آزاد که هم‌زمان با بالا آمدن جهانی سطح آب دریا بوده است یک حوضه نیمه‌دریایی در این بخش از حوضه پاراتتیس شکل گرفت

1. Late Paleocene  
2. Foram Layers



اصلی را در مرز ائوسن-الیگوسن در نظر می‌گیرند، هم‌خوانی دارد (Brunet et al., 2003; Vincent et al., 2005). بدین ترتیب می‌توان بیان داشت که با شروع بالآمدگی رشته کوه‌های کپه داغ و البرز در حاشیه شرقی خزر، در بخش شرقی دشت گرگان رسوب‌گذاری در کرتاسه بالایی متوقف شده درحالی‌که در بخش مرکزی (برش مورد مطالعه) و غربی دشت گرگان رسوب‌گذاری تا ائوسن بالایی ادامه داشته است. این تفسیر با بررسی خطوط لرزه‌ای در راستای غربی-شرقی در دشت گرگان مورد تاکید قرار می‌گیرد به طوری که از شرق به غرب ناحیه دشت گرگان یک افزایش مشخص در ضخامت رسوبات بالای ناپیوستگی اصلی ائوسن-الیگوسن مشاهده می‌شود و نشان‌دهنده وجود فضای رسوب‌گذاری بیشتر در این ناحیه در راستای شرقی-غربی است (شکل ۶). در انتهای میوسن زیرین و همزمان با تفشینی رسوبات معادل بخش انتهایی سازند میکوپ ظهور نانوفسیل‌های آهکی مانند *Coccolithus Plagicus* و *Sphenolithus moriformis* در توالی مورد مطالعه بیانگر ایجاد ارتباط بین حوضه خزر با دریای سیاه و به‌طور کلی آب‌های آزاد است و

مطالعه در این بازه زمانی که به‌عنوان بخشی از لبه جنوبی حوضه نئوتتیس می‌باشد، هم‌خوانی دارد (شکل ۵A, B). در انتهای ائوسن-ابتدای الیگوسن و یا مرز ائوسن-الیگوسن که همزمان با فاز بالآمدگی رشته کوه‌های احاطه‌کننده حوضه خزر جنوبی مانند رشته کوه‌های البرز است (Vincnet et al., 2005)، احتمالاً ارتباط این حوضه با حوضه‌های اطراف قطع و یا حداقل به شدت محدود شده است. این تفسیر با توجه به نبود حضور نانوفسیل‌های آهکی در توالی مورد مطالعه در این بازه زمانی پیشنهاد می‌شود (شکل ۴). در مطالعه صورت گرفته توسط Soltani et al. (2020) در برش‌های زیرسطحی قزل تپه ۱ و ۲ در شرق ناحیه مورد مطالعه، یک ناپیوستگی اصلی جداکننده رسوبات کرتاسه (سازند آیتامیر) در زیر و سازند چلکن (پلیوسن) در بالا مشخص شده است، درحالی‌که داده‌های زیست‌چینه‌نگاری در این مطالعه نشان‌دهنده وجود رسوبات پالئوسن تا ائوسن و یک ناپیوستگی اصلی در بالای این رسوبات است که در بردارنده الیگوسن تا میوسن زیرین است (شکل ۴). این تفسیر با سایر نتایج به‌دست‌آمده در ناحیه خزر که ناپیوستگی



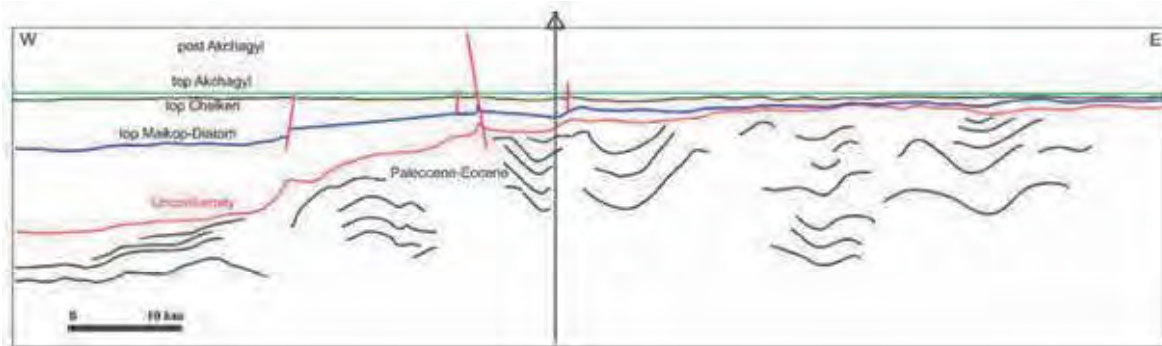
شکل ۵. نقشه جغرافیای دیرینه حوضه‌های پاراتتیس و مدیترانه که نشان‌دهنده قرارگیری حوضه مورد مطالعه در بخش جنوبی اقیانوس تتیس در بازه زمانی پالئوسن-ائوسن، خروج از آب ناحیه مورد مطالعه در ائوسن بالایی، وجود ارتباط بین شرق پاراتتیس (شامل حوضه خزر و دریای سیاه) با حوضه مدیترانه در زمان ابتدای میوسن میانی و قطع ارتباط در بازه زمانی میوسن میانی-بالایی است (نقشه اولیه اقتباس از Popov et al., 2004; Yanina, 2012; Scotese, 2016)

(مانند Popov et al., 2004؛ van Baak et al., 2017). در این زمان حوضه پاراتتیس به دو حوضه جدا از هم شامل حوضه خزر و دریای سیاه تقسیم می‌شود و مسیر ارتباطی این دو حوضه که در شمال کوه‌های قفقاز قرار داشته است، در اثر بالآمدگی قفقاز قطع می‌شود (Popov et al., 2006) (شکل ۵).

ذکر این نکته ضروری است که نبود نانوفسیل‌های آهکی در این بخش از توالی رسوبی ممکن است به دلیل سنگ‌شناسی رسوبات مورد مطالعه می‌باشد و بیشتر از نوع شیل ارغوانی تا قهوه‌ای و میان لایه‌های ماسه‌سنگی است. در همین ارتباط شاید ورود مقادیر قابل توجه رسوبات آواری در این بخش از حوضه خزر جنوبی احتمال حفظ شدن نانوفسیل‌ها را به شدت کاهش داده است. بنابراین برای تفسیر دقیق‌تر شرایط پالئوکلوزی در این بازه زمانی (الیگوسن بالایی-میوسن) مطالعات تکمیلی با بررسی برش‌های چینه‌شناسی موجود در بخش‌های عمیق‌تر حوضه خزر جنوبی که کمتر متاثر از ورود رسوبات سیلیسی-آواری باشند، مورد نیاز است.

مجموعاً بخش شرقی حوضه پاراتتیس را تشکیل می‌دهد (شکل‌های ۴ و ۵). قابل ذکر است که اسلایدهای نانوفسیلی مطالعه شده از نمونه‌های خرده حفاری تهیه شده‌اند و گونه‌های نام برده شده، گونه‌هایی ظریف و کوچک (حدود شش میکرون) هستند و در صورتی در زیر میکروسکپ نوری ظاهر می‌شوند که به میزان کافی و با فراوانی بالا در رسوبات موجود باشند. بنابراین به نظر می‌رسد جریان‌های دریایی در زمان ارتباط حوضه خزر با دریاهای سیاه و مدیترانه چشمگیر هستند و می‌توان بیان داشت، این ارتباط از طریق چند راه ارتباطی ایجاد شده است (مانند تنگه ارس و قفقاز میانی).

در بازه زمانی میوسن میانی و بالایی و هم‌زمان با ته‌نشینی رسوبات معادل با سری دیاتومه شاید ارتباط دریایی قطع و یا بسیار محدود شده است به طوری که نانوفسیل‌های آهکی در این بخش از توالی مورد مطالعه شناسایی نشده‌اند (شکل ۴). محدود شدن شدید حوضه خزر و قطع ارتباط حوضه مدیترانه با قلمروهای پاراتتیس حداقل برای بازه زمانی میوسن بالایی و هم‌زمان با ته‌نشینی سری دیاتومه توسط سایر مولفین نیز اشاره شده است



شکل ۶. تصویر شماتیک خط لرزه‌ای تفسیر شده ناحیه مورد مطالعه در راستای شرقی-غربی، نشان‌دهنده وجود نهشته‌های پالئوسن-اؤوسن در زیر ناپیوستگی اصلی ناحیه‌ای و افزایش ضخامت مشخص و افزایش فضای رسوب‌گذاری از شرق به غرب ناحیه دشت گرگان در بخش جنوب شرقی حوضه خزر است (خط لرزه‌ای نسبت به راس سازند آقچاگیل هموار شده است)

## نتیجه‌گیری

ارغوانی تا قهوه‌ای رنگ تشکیل شده است. بر مبنای مطالعه نانوفسیل‌های آهکی، سن پالئوسن بالایی-اؤوسن برای رسوبات معادل لایه‌های فرام و میوسن میانی-بالایی برای رسوبات معادل سری‌های میکوپ-دیاتومه در توالی مورد مطالعه مشخص شده است. بررسی الگوی توزیع نانوفسیل‌های آهکی در توالی مورد مطالعه نشان‌دهنده وجود یک ناپیوستگی اصلی در بین رسوبات اؤوسن در پایین

توالی رسوبات پالئوسن-میوسن در ناحیه مرکزی دشت گرگان از نهشته‌های معادل لایه‌های فرام با ترکیب شیل‌های آهکی تیره رنگ حاوی مواد آلی با میان لایه‌های نازک ماسه‌سنگ و سنگ‌آهک، و معادل لایه‌های میکوپ-دیاتومه متشکل از مادستون/رس سنگ، ماسه‌سنگ لیت آرنایت فلدسپات دار تا آرکوز و کنگلومرا و مادستون

- شرفی، م.، موسوی، ن.، مرادپور، م.، بیرانوند، ب.، بایت گل، ا. و مهاجر سلطانی، ح.، ۱۴۰۰. ب. سنگ‌شناسی و زیست‌چینه‌نگاری سازندهای آچاگیل و آپشرون بر اساس نانوپلانکتون‌های آهکی در دشت گرگان: کاربرد در بازسازی جغرافیای دیرینه حوضه خزر جنوبی. دو فصلنامه رسوب‌شناسی کاربردی، ۱۸، ۹۷-۱۱۲.

- نطقی مقدم، م.، جلیلی، ف. و سنماری، س.، ۱۴۰۱. زیست‌چینه‌نگاری نهشته‌های کرتاسه براساس نانوفسیل‌های آهکی در برش چینه‌شناسی خونیک (غرب قاین، شرق ایران). فصلنامه زمین‌شناسی ایران، ۶۱، ۲۰/۱۰، ۶۱/۳۰/۱۶/۱۴۰۱/۱۷۳۵۷۱۲۸/۱۴۰۱/۱۶/۶۱۳/۰.

- Abdullayev, N.A., Kadirov, F. and Guliyev, S., 2015. Subsidence history and basin-fill evolution in the South Caspian Basin from geophysical mapping, flexural backstripping, forward lithospheric modelling and gravity modelling. In Brunet, M.-F., McCann, T., Sobel, E. R. (eds) Geological Evolution of Central Asian Basins and the Western Tien Shan Range. Geological Society, London, Special Publications, 427. <https://doi.org/10.1144/SP427.5>.

- Abdullayev, E. and Leroy, S.A.G., 2016. Provenance of clay minerals in the sediments from the Pliocene Productive Series, western South Caspian Basin. *Marine and Petroleum Geology*, 73, 517-527. <http://dx.doi.org/10.1016/j.marpetgeo.2016.03.002>.

- Abdullayev, E., Nazim R., Riley, G.W. and Bowman, A.P., 2010. Regional controls on lacustrine sandstone reservoirs: The Pliocene of the South Caspian Basin, in O. W. Baganz, Y. Bartov, K. Bohacs, and Nummenda, D. eds., Lacustrine sandstone reservoirs and hydrocarbon systems. AAPG Memoir, 95, 1-28. <https://doi.org/10.1306/13291385M953446>.

- Agnini, C., Monechi, S. and Raffi, I., 2017. Calcareous nannofossil biostratigraphy: historical background and application in Cenozoic chronostratigraphy. *Lethaia*, 50(3), 447-463. <https://doi.org/10.1111/let.12218>.

و میوسن میانی-بالایی در بالا و یک نبود چینه‌شناسی در بازه الیگوسن-میوسن زیرین است که هم‌زمان با واقعه برخوردی صفحات آفریقا-عربی و اوراسیا و بالآمدگی رشته کوه‌های محصورکننده حوضه خزر شامل کپه داغ و البرز است. ارزیابی خطوط لرزه‌ای در راستای شرقی-غربی افزایش مشخص ضخامت رسوبات بالای ناپیوستگی از شرق به غرب را نشان می‌دهد که نشان‌دهنده افزایش فضای رسوب‌گذاری در همین راستا است. بدین ترتیب با شروع بالآمدگی رشته کوه‌های محصورکننده حوضه خزر در زمان ائوسن-الیگوسن ابتدا بخش‌های شرقی از آب خارج شده و سپس به تدریج این روند خروج از آب به طرف غرب حوضه نیز کشیده شده است به طوری که در بخش شرقی دشت گرگان ناپیوستگی اصلی جداکننده رسوبات کرتاسه در زیر و رسوبات معادل چلکن (پلیوسن) در بالا است، درحالی که در ناحیه مورد مطالعه رسوبات پالئوسن-ائوسن در زیر ناپیوستگی شناسایی شده است.

## منابع

- سنماری، س.، ۱۴۰۰. چینه‌نگاری زیستی بخش فوقانی سازند گرو بر اساس نانو فسیل‌های آهکی در برش تاقدیس شیخ صالح در شمال غرب کرمانشاه، پهنه لرستان (حوضه زاگرس). فصلنامه زمین‌شناسی ایران، ۵۸، ۴۱-۴۹. ۲۰/۱۰۰۱/۱۷۳۵۷۱۲۸/۱۴۰۰/۱۵/۵۸/۴/۸.

- سنماری، س. و فروغی، ف.، ۱۳۹۸. ارزیابی نهشته‌های منسوب به سازند گورپی بر مبنای نانو فسیل‌های آهکی واقع در جنوب غرب بروجن، استان چهارمحال و بختیاری. فصلنامه زمین‌شناسی ایران، ۵۰، ۱-۱۴.

- شرفی، م.، مرادپور، م.، بیرانوند، ب.، کهنسال، ب.، عبدلهی، ا.، طاعتی، ف. و مهاجر، ح.، ۱۳۹۸. محیط رسوبی و چینه‌نگاری سکانسی یک سیستم مخروط دریایی عمیق (پالئوسن)، البرز شمالی. دو فصلنامه رسوب‌شناسی کاربردی، ۱۳، ۲۰-۳۴.

- شرفی، م.، موسوی، ن.، مرادپور، م.، بیرانوند، ب.، عبدلهی، ا. و مهاجر سلطانی، ح.، ۱۴۰۰. الف. سنگ چینه‌نگاری و زیست‌چینه‌نگاری سازند چلکن بر اساس نانوپلانکتون‌های آهکی در دشت گرگان (حوضه خزر جنوبی). فصلنامه زمین‌شناسی ایران، ۱۲۲، ۴۳-۵۶.

- Bergen, J. A., de Kaenel, E., Blair, S. A., Boesiger, T. M. and Browning, E., 2017. Oligocene-Pliocene taxonomy and stratigraphy of the genus *Sphenolithus* in the circum North Atlantic Basin: Gulf of Mexico and ODP Leg 154. *Journal of Nannoplankton Research*, 37(2-3), 77-112. <https://doi.org/10.1594/PANGAEA.879389>
- Boomer, I., von Grafenstein, U., Guichard, F. and Bieda, S., 2005. Modern and Holocene sublittoral ostracod assemblages (Crustacea) from the Caspian Sea: a unique brackish, deep-water environment. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 225 (1-4), 173-186. DOI: 10.1016/J.PALAEO.2004.10.023.
- Boomer, I., Whatley, R. and Aladin, N.V., 1996. Aral Sea Ostracoda as environmental indicators. *Lethaia*, 29 (1), 77-85. <https://doi.org/10.1111/j.1502-3931.1996.tb01840.x>
- Bown, P.R., 2016. Palaeocene calcareous nannofossils from Tanzania (TDP sites 19, 27 and 38). *Journal of Nannoplankton Research*, 36 (1), 1-32.
- Bown, P.R., 1998. *Calcareous Nannofossil Biostratigraphy*. British Micropalaeontological Society Publications Series. Chapman and Hall, London, 315.
- Brunet, M.F., Korotaev, M.V., Ershov, A.V. and Nikishin, A.M., 2003. The South Caspian Basin: A review of its evolution from subsidence modelling. *Sedimentary Geology*, 156, 119-148. [https://doi.org/10.1016/S0037-0738\(02\)00285-3](https://doi.org/10.1016/S0037-0738(02)00285-3). [https://doi.org/10.1016/S0037-0738\(02\)00285-3](https://doi.org/10.1016/S0037-0738(02)00285-3).
- Hinds, D. J., Aliyeva, E., Allen, M.B., Davies, C.E., Kroonenberg, S.B., Simmons, M. D. and Vincent, S.J. 2004. Sedimentation in a discharge dominated fluvial-lacustrine system: The Neogene Productive Series of the South Caspian Basin, Azerbaijan. *Marine and Petroleum Geology*, 21, 613-638. <https://doi.org/10.1016/j.marpetgeo.2004.01.009>.
- Krijgsman, W., Palcu, D.V., Andreetto, F., Stoica, M. and Mandic, O., 2020. Changing seas in the late Miocene Northern Aegean: A Paratethyan approach to Mediterranean basin evolution. *Earth-Science Reviews*, 210, 103386. <https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2020.103386>.
- Krijgsman, W., Stoica, M., Vasiliev, I. and Popov, V.V., 2010. Rise and fall of the paratethys sea during the messinian salinity crisis. *Earth Planetary Sciences Letter*, 290, 183-191. <https://doi.org/10.1016/j.epsl.2009.12.020>.
- Mikes, T., Báldi-Beke, M., Kázmér, M., Dunkl, I. and Eynatten, H., 2008. Calcareous nannofossil age constraints on Miocene flysch sedimentation in the Outer Dinarides (Slovenia, Croatia, Bosnia-Herzegovina and Montenegro). *Geological Society, London, Special Publications*, 298 (1), 335-363. <https://doi.org/10.1144/SP298.16>.
- Martini, E., 1971. Standard Tertiary and Quaternary calcareous nannoplankton zonation, in *Proceedings of the Second Planktonic Conference Roma 1970*, (ed. A. Farinacci), Edizioni Tecnoscienza, Rome, 2, 739-785.
- Perch-Nielsen, K., 1985. Cenozoic calcareous nannofossils. In Bolli, H.M., Saunders, J.B., and Perch-Nielsen, K. (Eds.), *Plankton stratigraphy: Cambridge* (Cambridge University Press), 427-554.
- Popov, S.V., Ilyina, L.B., Paramonova, N.P. and Goncharova, I.A., 2004. Lithological-paleogeographic maps of Paratethys. *Cour. Forsch.Inst. Senckenb.*, 250, 1-46.
- Popov, S.V., Shcherba, I.G., Ilyina, L.B., Nevesskaya, L.A., Paramonova, N.P., Khondkarian, S. O. and Magyar, I., 2006. Late Miocene to Pliocene palaeogeography of the Paratethys and its relation to the Mediterranean. In: *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 238, 91-106. <https://doi.org/10.1016/j.palaeo.2006.03.020>.



- Raffi, I., Agnini, C., Backman, J., Catanzariti, R. and Pälke, H., 2016. A Cenozoic calcareous nannofossil biozonation from low and middle latitudes: A synthesis. *Journal of Nanoplankton Research*, 36 (2), 121-13. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-812161-0.00008-9>.
- Raffi, I., Mozzato, C., Fornaciari, E., Hilgen, F.J. and Rio, D., 2003. Late Miocene calcareous nannofossil biostratigraphy and astro-biochronology for the Mediterranean region. *Micropaleontology*, 49, 1-26.
- Schornikov, E.I., 2011. Problems of studying Ostracoda of the Caspian basin. *Joansea Geology Paläontology*, 11, 177-179.
- Scotese, C.R., 2016. PALEOMAP PaleoAtlas for GPlates and the PaleoData Plotter Program, PALEOMAP Project. In: See <http://www.earthbyte.org/paleomap-paleoatlas-for-gplates>. DOI: 10.13140/RG.2.2.34367.00166.
- Soltani, B., Beiranvand, B., Moussavi-Harami, R., Honarmand, J. and Taati, F., 2020. Facies analysis and depositional setting of the upper Pliocene Akchagyl Formation in south-eastern Caspian Basin, NE Iran. *Carbonates and Evaporites*, 35 (8), 1-18.
- Trenkwalder, S., Violanti, D., D'Atri, A., Lozar, F., Dela Pierre, F. and Irace, A., 2008. The Miocene/Pliocene boundary and the Early Pliocene micropalaeontological record: new data from the Tertiary Piedmont Basin (Moncucco quarry, Torino Hill, Northwestern Italy). *Bollettino della Società Paleontologica Italiana*, 47 (2), 87-103.
- van Baak, C.G.C., Krijgsman, W., Magyar, I., Sztanó, O., Golovina, L.A., Grothe, A., Hoyle, T. M., Mandić, O., Patina, I.S., Popov, S.V., Radionova, E.P., Stoica, M. and Vasiliev, I., 2017. "Paratethys response to the Messinian salinity crisis". *Earth-Science Reviews*, 172, 193-223. doi: 10.1016/j.earscirev.2017.07.015.
- Vincent, S.J., Davies, C.E., Richards, K. and Aliyeva, E., 2010. Contrasting Pliocene fluvial depositional systems within the rapidly subsiding south Caspian basin; a case study of the Palaeo-Volga and palaeokura river systems in the Surakhany suite, upper productive series, onshore Azerbaijan. *Marine Petroleum Geology*, 27, 2079-2106. <https://doi.org/10.1016/j.marpetgeo.2010.09.007>.
- Vincent, S., Allen, M., Ismail-Zadeh, A., Flecker, R., Foland, K. and Simmons, M., 2005. Insights from the Talysh of Azerbaijan into the Paleogene Evolution of the South Caspian Region. *Geological Society of America Bulletin*, 117, 11-12, 1513-1533. DOI: 10.1130/B25690.1.
- Yanina, T.A., 2012. Correlation of the Late Pleistocene paleogeographical events of the Caspian Sea and Russian Plain. *Quaternary International*, 271, 120-129. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2012.06.003>.
- Yasini, I., 1986. Ecology, Paleocology, and stratigraphy of ostracods from Late Pliocene and Quaternary deposits of the South Caspian Sea region in northern Iran. *International Symposium on Shallow Tethys 2*, Wagga, 475-497.
- Young, J.R., Bown P.R. and Lees, J.A., 2017. Nannotax3 website. International Nanoplankton Association. Accessed 21 April 2017. <http://www.mikrotax.org/Nannotax3>.
- Young, J.R., 1998. Neogene. In Bown, P.R. (Ed.), *Calcareous Nannofossil Biostratigraphy*. British Micropalaeontological Society Publications Series. Chapman and Hall, London, 225-265.