

نخستین گزارش پتروپودهای خانواده Limacinidae از سازند خانگیران و اهمیت عمق‌سنجی دیرینه آنها در مقایسه با روزن‌داران

مرضیه وحدتی راد^{۱*}، محمد وحیدی نیا^۲، عباس صادقی^۳

۱- دانشجوی دکتری، گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران

۲- دانشیار گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران

۳- دانشیار گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران

*پست الکترونیک: marzievahdati@yahoo.com

تاریخ پذیرش: ۹۱/۶/۹

تاریخ دریافت: ۹۱/۶/۱۹

چکیده

در این پژوهش، مجموعه کوچکی از پتروپودهای فسیل که به خانواده Limacinidae نسبت داده می‌شوند، از بخش آغازین رسوبات ائوسن میانی سازند خانگیران در برشی در دهانه ورودی ناودیس چهل کمان، خاور حوضه کپه‌داغ گزارش می‌شوند. این مجموعه، اولین یافته‌ها از پتروپودهای فسیل سازند خانگیران است. مطالعه حاضر به شناسایی ۳ گونه از ۲ جنس پتروپود منجر شده است. بر مبنای این پتروپودها، سن رسوبات در بردارنده آنها، لوتسین تعیین شده است. حضور گاستروپودهای پلانکتونیک اهمیت پالئوآکولوژیکی دارد زیرا پراکندگی پتروپودها تحت تأثیر عوامل محیطی مانند دما، شوری، عمق و محتوای اکسیژن آب می‌باشد. بر اساس مطالعه پتروپودها و محاسبه عمق بر مبنای روزن‌داران پلانکتونیک و بنتیک، عمق قدیمه حدود ۵۰۰ متر برای رسوبات حاوی پتروپود پیشنهاد می‌شود. حضور آنها همراه با روزن‌داران در سازند خانگیران نشان‌دهنده ته‌نشست در یک حوضه دریای باز بالای عمق موازنه آراگونیت می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: پتروپودها، Limacinidae، حوضه کپه‌داغ، سازند خانگیران، ائوسن میانی، لوتسین.

مقدمه

صدف‌دار و Gymnosomata یا انواع بدون صدف تقسیم می‌شوند (Dadon & de Cidre, 1992). پتروپودها یا گاستروپودهای پلانکتونیک که عموماً به دلیل وجود پاراپودیای بالی شکل به پروانه‌های دریایی نسبت داده شده‌اند، در اقیانوسها و دریا‌های عهد حاضر گسترش دارند،

پتروپود یک اصطلاح کلی برای نرم‌تنان شکم‌پای منحصراً دریایی با اندازه کوچک (۱-۴۰ میلی‌متر) است که با زندگی پلاژیک سازگاری یافته‌اند (Van der Spoel, 1967, Herman, 1978, Lalli & Gilmer, 1989). این جانوران به دو راسته Thecosomata یا پتروپودهای

در این تحقیق به مطالعه پتروپودهای سازند فوق پرداخته می‌شود.

روش مطالعه

پس از مطالعات دقیق صحرایی، تعداد ۲۱۹ نمونه از ۴۹۸ متر ضخامت سازند خانگیران با فواصل تقریبی ۲ متری برداشت شده است. نمونه‌ها به روش معمول شست‌وشو، آماده سازی شده‌اند. هر نمونه از الکهای ۵۰، ۷۰، ۱۵۰مش عبور داده شده است. در بررسی محتوای فسیلی، روزن‌داران پلانکتونیک و بتونیک در رسوبات غالب نمونه‌ها در هر ۳ الک و پتروپودها فقط در الکهای ۵۰ و ۷۰ مش مربوط به ۱۳ نمونه (۱۲۱ تا ۱۳۳) یعنی در ۴۲ متری ابتدای سازند دیده شده‌اند. بعد از خشک شدن رسوبات، باقیمانده الکهای فوق با میکروسکپ نوری مطالعه و تصاویر میکروسکپ الکترونی پتروپودها در آزمایشگاه مرکزی دانشکده علوم دانشگاه فردوسی تهیه شده است.

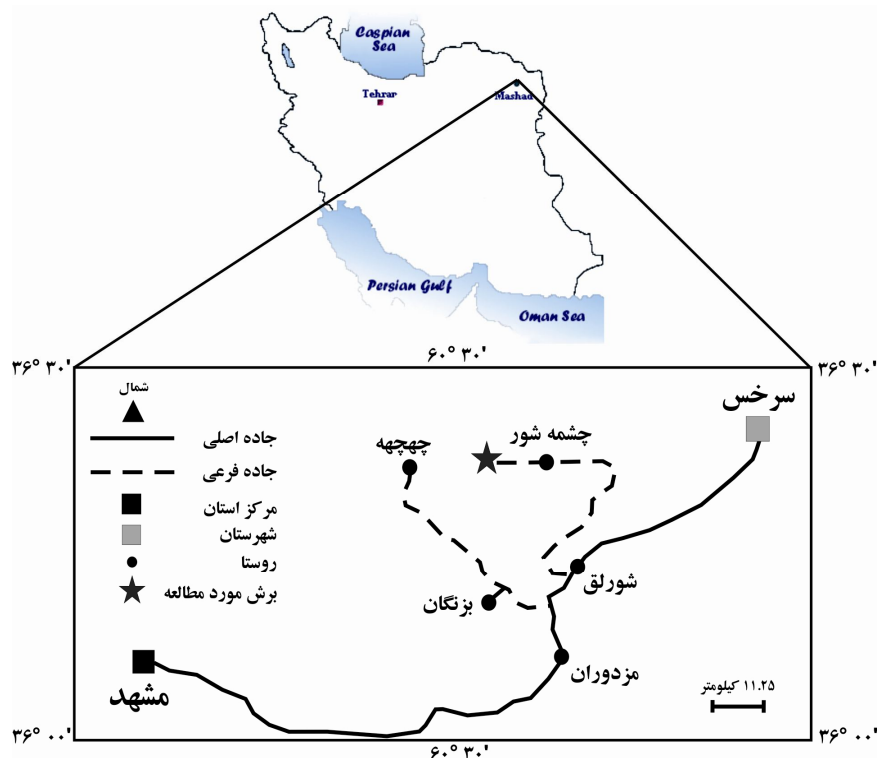
بحث

سازند خانگیران جوانترین و آخرین واحد سنگی در حوضه کپه‌داغ است که در محیط دریایی رسوب کرده و در حال حاضر در نواحی شمال خاور منطقه، در دشت سرخس، ناحیه شمال درگز و چند ناودیس در مرکز و باختر کپه‌داغ رخنمون دارد. نام آن از روستای خانگیران در ۳۰ کیلومتری باختر شهرستان سرخس گرفته شده است (افشارحرب، ۱۳۷۳). موقعیت جغرافیایی و مسیر دسترسی به برش مورد مطالعه در شکل ۱ مشاهده می‌شود. برش مورد نظر از این سازند در منطقه خاور پهنه کپه‌داغ در دهانه ناودیس چهل کمان (سرخس) واقع شده و متشکل از ۴۹۸ متر مارنهای یکنواخت، به رنگ خاکستری متمایل به سبز روشن تا تیره بوده که سیمای فرسوده و همواری را به این سازند داده است.

اما گزارش فسیلهای انواع صدف دار آنها نسبتاً معدود است زیرا صدفهای آراگونیتی نازک و شکننده در برابر صدمات شیمیایی و مکانیکی در مقایسه با بقایای اسکلتی کلسیتی موجودات دریایی دیگر مانند روزن‌داران، حساس تر هستند (Herman, 1978). بقایای پتروپودها در لایه‌های پالئوژن نادر است. با این حال، فسیلهایی از این جانوران در طبقات قدیمی تر ترشیری استرالیا (Tate, 1887; Janssen, 1990)، اروپا (Curry, 1965; Curry, 1981; Janssen & King 1993) و شمال امریکا (Collins, 1934; Hodgkinson *et al.*, 1988; Janssen, 1990; Bohn-Havas & Zorn, 1993) گزارش شده‌اند.

تاکنون مطالعات پراکنده‌ای بر روی سازند خانگیران در نقاط مختلف حوضه کپه‌داغ، بر مبنای روزن‌داران و نانوپلانکتونهای آهکی انجام گرفته است. طبق گزارش هم‌رنگ در نوشته افشارحرب (۱۳۷۳)، سن این سازند در ناحیه سرخس بر اساس روزن‌داران، پالئوسن پسین تا اواخر ائوسن و احتمالاً الیگوسن پیشین است. بر اساس نانوپلانکتونهای آهکی، مافی و همکاران (۱۳۸۵) سن بالاترین بخش سازند خانگیران در ناحیه سرخس را ائوسن پسین - الیگوسن پیشین، هادوی و سنماری (۱۳۷۷) در شمال خاور ناودیس چهل کمان محدوده زمانی ائوسن پیشین تا الیگوسن پسین و خادم (۱۳۷۷) در باختر دشت سرخس ائوسن آغازین - الیگوسن میانی تعیین کرده‌اند. اخیراً روزن‌داران این سازند در دو منطقه ناودیس چهل کمان توسط صلاحی و همکاران (۱۳۹۰) و بخش زیرین سازند خانگیران در روستای یاقل توسط حسین زاده و وحیدی نیا (۱۳۹۰) مطالعه و سن ائوسن پیشین - میانی برای این نهشته‌ها تعیین شده است.

سازند خانگیران در منطقه مورد مطالعه حاوی روزن‌داران پلانکتونیک و بتیک فراوانی است. در کنار آنها مجموعه‌ای از استراکودها و پتروپودها نیز دیده می‌شود.



شکل ۱: موقعیت جغرافیایی و مسیر دسترسی به برش دهانه ورودی ناودیس چهل کمان (برگرفته از اطلس راههای ایران؛ بختیاری، ۱۳۸۴؛ با اندکی تغییرات)

دیرینه شناسی

طور آشکاری عرض صدف بیشتر از ارتفاع آن و ناف کم عمق است. اولین پتروپودهای سازند خانگیران (در نمونه‌های شماره ۱۲۶ تا ۱۲۸ و ۱۲۱ تا ۱۲۵) متعلق به این گونه می‌باشند. این گونه از رسوبات ائوسن پاکستان توسط Eames (1952) و از رسوبات لوتسین حوضه پاریس نیز توصیف شده است.

Genus *Heliconoides* d'Orbigny, 1836
Species *Heliconoides mercinensis* (Watelet & Lefevre, 1885)

توصیف: صدف چپ گرد، پلانواربویید، دارای ۳/۵ پیچ در یک پیچش منظم می‌باشد. سطح آپیکال کمی مقعر، دهانه گرد شده و ناف وسیع و کم عمق است (پتروپود موجود در نمونه شماره ۱۲۴). تفاوت این نمونه با نمونه‌های دیگر داشتن اسپایر (پیچشهای اولیه) فرو رفته می‌باشد. این گونه توسط Janssen *et al.*, (2007) از رسوبات ائوسن دانمارک گزارش شده و نماینده سن لوتسین است.

پس از بررسی محتوای فسیلی سازند خانگیران در برش دهانه ناودیس چهل کمان، مجموعه کوچکی از گاستروپودهای پلاتکتونیک در نمونه‌های شماره ۱۲۱ تا ۱۳۳ یعنی در ۴۲ متری این توالی رسوبی یافت شده است. مجموعه ضخامت در بردارنده آنها، ۲۴ متر می‌باشد. مجموعه پتروپودهای سازند خانگیران در این برش، شامل ۳ گونه از ۲ جنس متعلق به پتروپودهای پیچیده منسوب به رو خانواده Limacinoidea می‌باشند (شکل ۲). برای شناسایی از مقاله Janssen *et al.*, (2007) استفاده شده است.

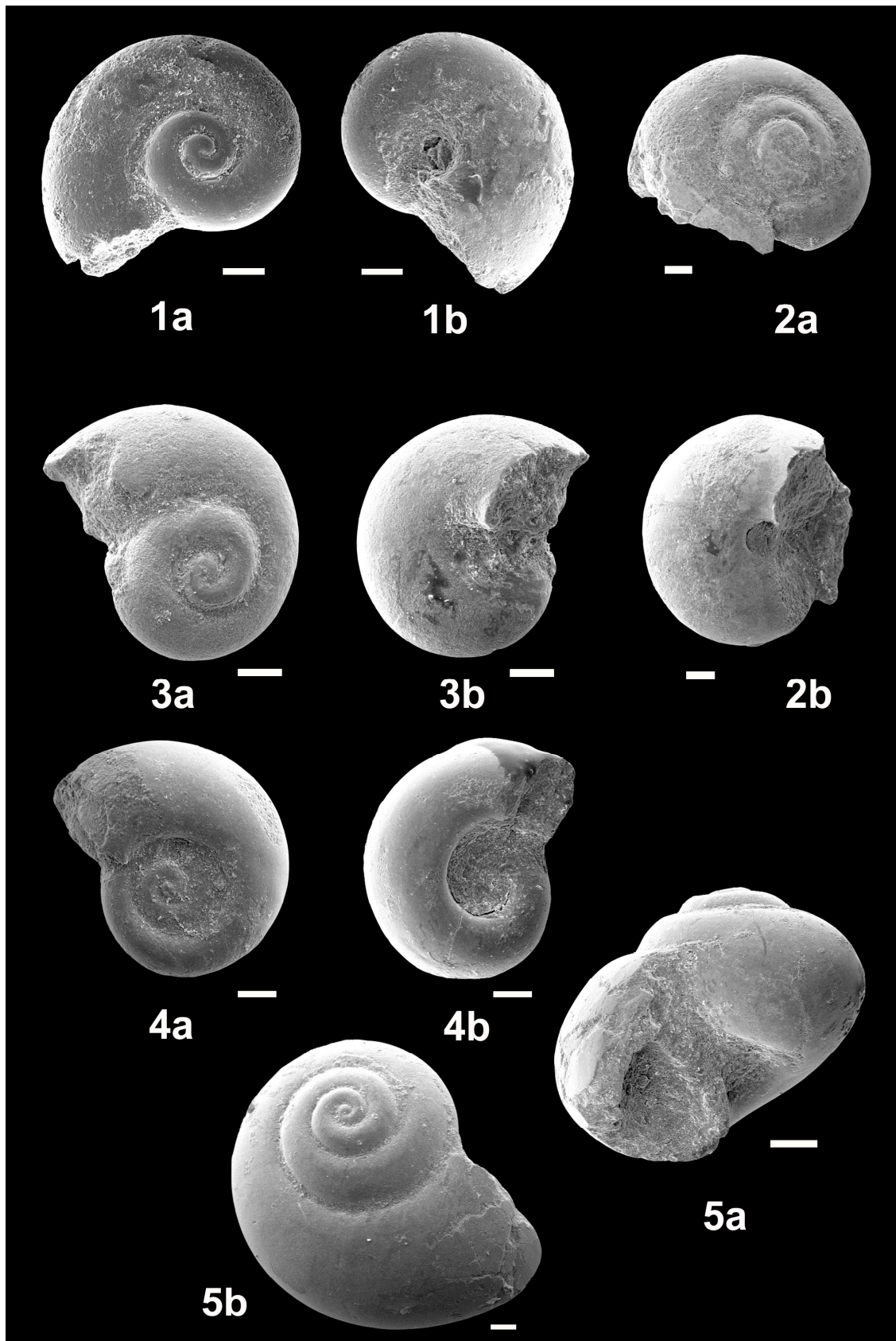
Order *Thecosomata* de Blainville, 1824

Family *Limacinidae* Gray, 1847

Genus *Limacina* Bosc, 1817

Species *Limacina pygmaea* (Lamarck, 1805)

توصیف: صدف آنها دارای پیچش مسطح با ۲ تا ۳ پیچ بوده که به تدریج قطر آنها به سمت دهانه افزایش می‌یابد. به



شکل ۲- تصاویر میکروسکپی الکترونی از پتروپودهای فسیل سازند خانگیران در برش مورد مطالعه.

1- 3, *Limacina pygmaea*, (1a, 2a, 3a) apical and (1b, 2b, 3b) umbilical views (Sample no. 121, 124, 128), Scale bar 100µm. 4, *Heliconoides mercinensis*, (4a) apical and (4b) umbilical views (Sample no. 125), Scale bar 100 µm. 5, *Heliconoides* cf. *lillebaeltensis*, (5a) apertural and (5b) apical umbilical views (Sample no. 131), Scale bar 200 µm, 100 µm.

Species *Heliconoides cf. lillebaeltensis*

توصیف: صدفی با پیچش تروکوسپیرال فشرده و چپ گرد دارند. حاشیه صدف گرد شده و عرض آن معمولاً بیشتر از ارتفاع است. دارای ۳ تا ۴ پیچ بوده که به تدریج قطر آنها به سمت دهانه افزایش یافته است. اسپایر نسبت به دسته‌های قبل مشخص و بلندتر بوده و دارای ناف کم عمقی می‌باشد. آخرین پتروپودهای سازند خانگیران (در نمونه‌های شماره ۱۲۹ تا ۱۳۳) متعلق به این گونه هستند. *Janssen et al.*, (2007) این گونه را از رسوبات ائوسن دانمارک گزارش کرده‌اند.

قبل از انجام این کار ابتدا باید مقدار درصد روزن‌داران پلانکتونیک (%P) را به دست آورد. برای این مورد از رابطه زیر استفاده می‌شود که توسط *Van der Zwaan et al.*, (1990) معرفی شده و در آن تعداد روزن‌داران پلانکتونیک، B تعداد روزن‌داران بنتیک و S تعداد گونه‌های استرس زا می‌باشند.

$$\%P = 100 * \{P / (P+B- S)\}$$

بر اساس *Van Hinsbergen et al.*, (2005)، گونه‌های

استرس‌زا که باید از رابطه فوق حذف شوند عبارتند از:

Bulivina spp., *noncostate Bulimina*, *Uvigerina* spp., *Valvulineria* spp., *Fursenkoina* spp., *Globobulimina* spp., *Chilostomella* spp.

استفاده از نسبت بین روزن‌داران پلانکتونیک و بنتیک (P/B) که توسط *Van Hinte* (1978) ذکر شده به عنوان ابزاری جهت بازسازی اعماق دیرینه است. محاسبه نسبت P/B نیازمند شمارش دقیق روزن‌داران پلانکتونیک و بنتیک است. برای این کار از فرمول زیر استفاده شده است:

$$P / (P + B) * 100$$

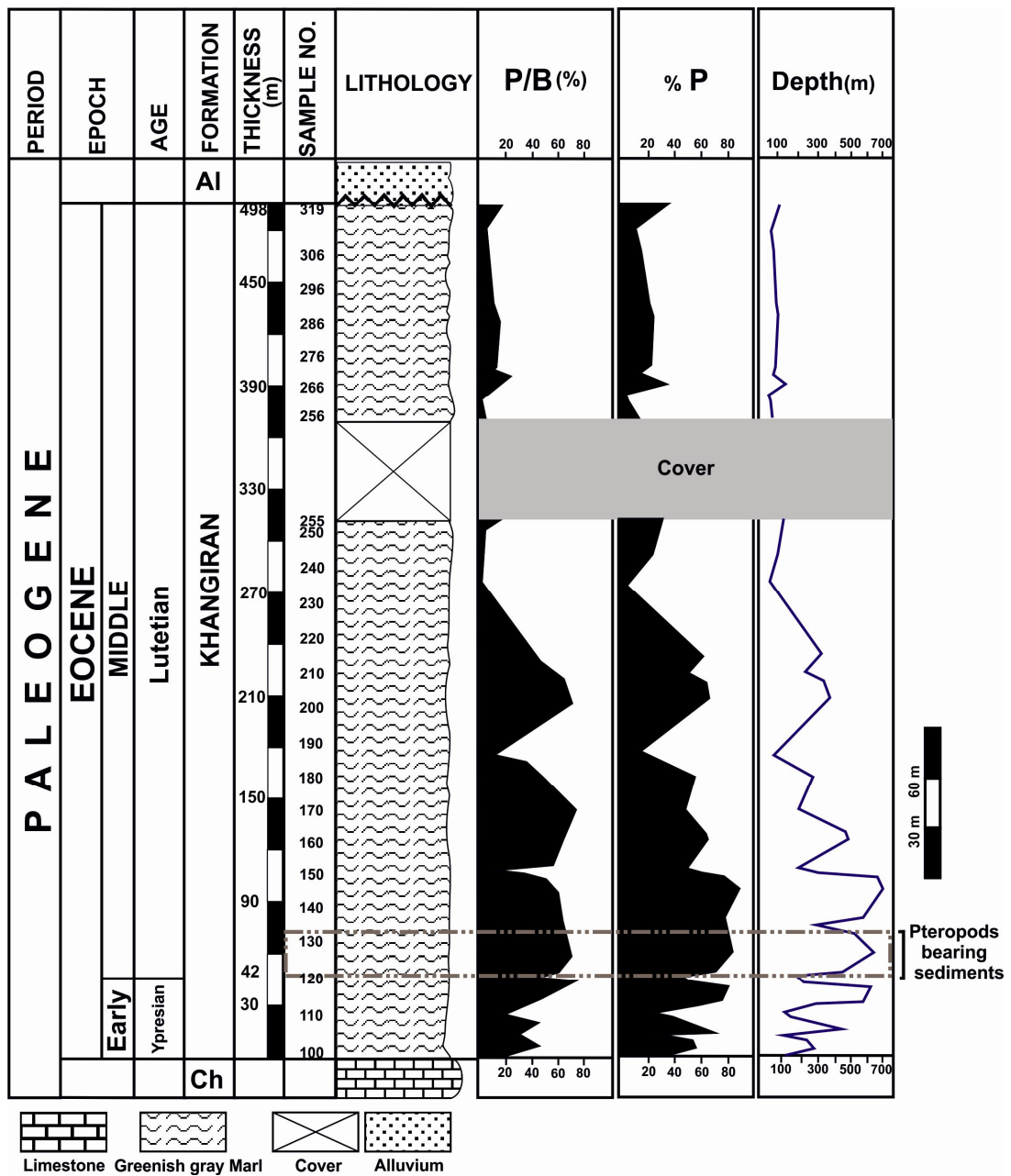
که در آن P تعداد روزن‌داران پلانکتونیک و B تعداد روزن‌داران بنتیک می‌باشد.

نتایج این محاسبات در شکل ۳ آمده است. بر این اساس در ضخامت ۴۲ متری این سازند، نسبت P/B حدود ۷۰ درصد و نوسانات عمق از ۴۴۰ تا ۶۵۵ متر به دست آمده است. لازم به ذکر است که قبل و بعد از محدوده رسوبات پتروپوددار، که شامل مناطق کم عمق‌تر و بیشتر از ۵۰۰ متر می‌باشند؛ پتروپودی دیده نمی‌شود.

مقایسه عمق سنجی دیرینه پتروپودها با روزن‌داران

پتروپودها دارای بردباری محدودی نسبت به تغییرات دما، شوری، عمق و محتوی اکسیژن آب هستند و بنابراین شاخصهای مفیدی در شناسایی محیطهای گذشته می‌باشند (*Herman & Rosenberg, 1971; Berger, 1977*). حضور آنها در یک مجموعه میکروفونایی نشان دهنده تهنشست در یک حوضه دریای باز بالای عمق موازنه آراگونیت بوده (*Berger, 1977; Berger, 1978; Biekart, 1989*) که در ستون آب معمولاً بالاتر از عمق موازنه کلسیت است. عموماً پتروپودها تنها در بالای عمق موازنه آراگونیت حفظ می‌شوند. این جانوران در دریاها و اقیانوسهای عهد حاضر به طور معمول، ۵۰۰ متر بالایی ستون آب را در آبهای گرم نواحی گرمسیری و نیمه گرمسیری اشغال می‌کنند و تعداد گونه‌های آنها در نواحی قطبی و سرد معتدله به سرعت کاهش می‌یابد (*Be & Gilmer, 1977; Herman, 1978*). برای تعیین عمق دیرینه بر اساس روزن‌داران، از معادله *Van der Zwaan et al.*, (1990) به صورت زیر به کار گرفته شده است:

$$D (m) = e^{3.58718 + (0.03534 \%P)}$$



شکل ۳: ستون چینه سنگی سازند خانگیران و نمودار تغییرات نسبت P/B و عمق دیرینه محاسبه شده بر مبنای روزن‌داران پلانکتونیک و بنتیک آن در برش دهانه ورودی ناودیس چهل کمان

نتیجه‌گیری

حدود ۵۰۰ متر (upper bathyal zone) برای رسوبات حاوی پتروپود در زمان آغاز ائوسن میانی و در یک اقلیم گرمسیری - نیمه گرمسیری پیشنهاد می‌گردد.

پس از مطالعات انجام شده بر روی پتروپودهای سازند خانگیران، تعداد ۳ گونه از ۲ جنس از پتروپودهای متعلق به خانواده Limacinidae شناسایی شده است.

با توجه به اطلاعات به دست آمده از پتروپودها و معادله (Van der Zwaan *et al.*, 1990)، متوسط عمق قدیمه در

حضور آنها همراه با روزن‌داران در سازند خانگیران نشان دهنده تهنشست در یک حوضه دریای باز بالای عمق موازنه آراگونیت می‌باشد. بر اساس حضور پتروپوئدهای شناسایی شده، سن رسوبات حاوی پتروپوئد در سازند خانگیران در برش مورد مطالعه، لوتسین از ائوسن میانی است.

منابع

- افشار حرب، ع.، ۱۳۷۳. زمین شناسی ایران، زمین شناسی کپه‌داغ. سازمان زمین شناسی کشور، طرح تدوین کتاب، ۲۷۵ ص.
- بختیاری، س.، ۱۳۸۴. اطلس راههای ایران با مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰۰. مؤسسه جغرافیایی و کارتوگرافی گیتاشناسی. ۲۸۸ ص.
- حسین زاده، م.م. وحیدی‌نیا، م.، ۱۳۹۰. زیست چینه نگاری بخش زیرین سازند خانگیران بر مبنای روزن‌داران پلانکتونیک در برش الگو (روستای یاقل، شمال شهر درگز) باختر حوضه رسوبی کپه‌داغ. رخساره‌های رسوبی، ۴ (۲): ۱۵۱-۱۶۱.
- خادم، م.ج.، ۱۳۷۷. بایواستراتیگرافی سازند خانگیران بر مبنای نانوپلانکتونهای آهکی - باختر دشت سرخس (خاور روستای کاریزک). پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه فردوسی مشهد، ۱۹۶ ص.
- صلاحی، م.ا.، وحیدی‌نیا، م. عاشوری، ع.ر.، ۱۳۹۰. زیست چینه نگاری گذر ائوسن پیشین - میانی در برش ناودیس چهل کمان واقع در خاور حوضه رسوبی کپه‌داغ. پانزدهمین همایش انجمن زمین شناسی ایران، روی CD.
- مافی، آ.، بهره‌مند، م. روشن روان، ج.، ۱۳۸۵. دیسکواسترها و تعیین سن بالاترین بخش سازند خانگیران در ناحیه سرخس. بیست و پنجمین گردهمایی علوم زمین، روی CD.
- هادوی، ف.، سنماری، س.، ۱۳۷۷. بایواستراتیگرافی سازند خانگیران بر مبنای نانوپلانکتونهای آهکی در خاور ناودیس چهل کمان، دومین همایش سالانه انجمن زمین شناسی ایران، صص. ۵۲۸-۵۳۱.
- Bé, A.W.H., & Gilmer, R.W., 1977. A zoogeographic and taxonomic review of Euthecosomatous Pteropoda. *In: Ramsey, A.T.S. (ed.), Oceanic Micropaleontology. Academic Press, London.* 1: 733-808.
- Berger, W.H., 1977. Deep-sea carbonate and deglaciation preservation spike in pteropods and foraminifera. *Nature*, 269: 301-304.
- Berger, W.H., 1978. Deep-sea carbonate: Pteropod distribution and the aragonite compensation depth. *Deep Sea Research, Part A.*, 25: 447-452.
- Biekart, J.W., 1989. Euthecosomatous pteropods as paleohydrological and paleoecological indicators in a Tyrrhenian deep-sea core. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 71: 205-224
- Bohn-Havas, M., & Zorn, I., 1993. Biostratigraphic studies on planktonic gastropods from the Tertiary of the Central Paratethys. *Scr. Geol. Spec.*, 2: 57-66.
- Collins, R.L., 1934. A monograph of the American Tertiary pteropod molluscs. *Johns Hopkins Univ. Stud. Geol.* 1: 137-234.
- Curry, D., 1965. The English Palaeogene pteropods. *Proc. Malacol. Soc. London*, 36: 357-371.
- Curry, D., 1981. Pteropodes éocènes de la tuilerie de Gan (Pyrénées- Atlantiques) et de quelques autres localités du SW de la France. *Cah. Micropaléontol.*, 4: 35-44.
- Dadon, J.R., de & Cidre, L.L., 1992. The reproductive cycle of the Thecosomatous pteropod *Limacina retroversa* in the western South Atlantic. *Marine Biology*, 114: 439-442.
- Eames, E.E., 1952. A contribution to the study of the Eocene in western Pakistan and western India. C. The description of the Scaphopoda and Gastropoda from standard sections in the Rakhi Nala and Zinda Pir areas of the western Punjab and in the Kohat District. *Philos. Trans. R. Soc. London, Ser. B*, 236: 1-168.
- Herman, Y. & Rosenberg, P.E., 1971. Pteropods as sea level indicators. *In Études sur le Quaternaire dans le monde. In: Ters, M. (ed.), VIII Congress INQUA, Paris 1969, 1: 187-190.*
- Herman, Y., 1978. Pteropods. An Introduction to Marine Micropaleontology. *In: Haq, B.U., & Boersma, A., (eds), Elsevier-North Holland, NY.* 151-159.

- Hodgkinson, K.A., Garvie, C.L. & Bé, A.W.H., 1992. Eocene euthecosomatous Pteropoda (Gastropoda) of the Gulf and eastern coasts of North America. *Bulletin American Paleontology*, 103: 5-62.
- Janssen, A.W. & King, C., 1988. Planktonic molluscs (pteropods). *Geologisches Jahrbuch (A)*, 100: 356-368.
- Janssen, A.W., 1990. Pteropod species (Mollusca, Gastropoda, Euthecosomata) from the Late Oligocene of Mogenstrup, Jylland, Denmark. *Contrib. Tert. Quaternary Geology*, 27: 83-91.
- Janssen, A.W., 1990. Pteropoda (Gastropoda, Euthecosomata) from the Australian Cainozoic. *Scr. Geol.* 91: 1-76.
- Janssen, A.W., Schentler, K.I., Heilmann-clausen, C., 2007. Notes on the systematics, morphology and biostratigraphy of fossil holoplanktonic Mollusca, 19. Pteropods (Gastropoda, Euthecosomata) from the Eocene Lillebaelt Clay Formation (Denmark, Jylland). *Basteria*, 71 (4-6): 157-168.
- Lalli, C.M., & Gilmer, R.W., 1989. Pelagic Snails. *The Biology of Holoplanktonic Gastropod Molluscs. Stanford University Press, Stanford*, 1- 259.
- Squires, R.L., 1989. Pteropods (Mollusca: Gastropoda) from Tertiary formations of Washington and Oregon. *J. Paleontol.*, 63: 433-438.
- Tate, R., 1887. The pteropods of the older Tertiary of Australia. *R. Soc. Aust., Trans.*, 9: 194-196.
- Van der Spoel, S., 1967. Euthecosomata, a group with remarkable development stages (Gastropoda, Pteropoda). *Gorinchem (J. Noorduijn), Thesis, University of Amsterdam*. 375p.
- Van der Zwaan, G.J., Jorissen, F.J., & De Stigter, H.C., 1990. The depth dependency of planktonic/benthonic foraminiferal ratios: constraints and applications. *Marine Geology*, 95: 1-16.
- Van Hinsbergen, D.J.J., Kouwenhoven, T.J., & Van der Zwaan, G.J., 2005. Paleobathymetry in the backstripping procedure: Correction for oxygenation effects on depth estimates. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 221: 245-265.
- Van Hinte, J.E., 1978. Geohistory analysis-application of micropaleontology in exploration geology. *AAPG Bulletin*, 62: 201-222.

The first report of Pteropods of Limacinidea Superfamily from Khangiran Formation and their paleobathymetry significance in comparison of foraminifera

Vahdati-Rad, M.^{1*}, Vahidinia, M.², Sadeghi, A.³

1- Ph.D. Student in Stratigraphy & Paleontology, Department of Geology, Faculty of Science, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran

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

3- Associate Professor, Department of Geology, Faculty of Earth Science, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran

*E-mail: marzievahdati@yahoo.com

Abstract

The studied section exposes in Chehel Kaman synclinal entrance in east of Kopet-Dagh basin. A small collection of fossil pteropods, referred to as Limacinidea superfamily, is reported from the lowermost portion of Middle Eocene sediments of Khangiran Formation. This is the first record of fossil pteropods from this formation. This research was led to identification of 3 species from 2 pteropod genera. On the basis of these Pteropods, the age of these sediments are Lutetian. These planktonic gastropods occurrence have paleoecological importance because pteropods dispersion is affected by environmental factors such as water temperature, salinity, depth and oxygen content. Based on these pteropods and calculation of the depth on the basis of planktonic and benthic foraminifera, it can be interpreted that the palaeo depth was about ~500 m for the sediments containing pteropod. Their presence along with foraminifera in the Khangiran Formation indicates deposition in an open sea basin above aragonite compensation depth.

Keywords: Pteropods, Limacinidae, Kopet-Dagh basin, Khangiran Formation, Middle Eocene, Lutetian.