

پراکندگی و تحلیل آماری روزن‌بران پلانکتونیک ائوسن در سازند خانگیران (برش دهانه ورودی ناودیس چهل کمان، باختر سرخس) و کاربرد دیرین‌بوم‌شناختی آنها

محمد وحیدی نیا^۱، مرضیه وحدتی راد^۲ و عباس صادقی^۳

^۱دانشیار، گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران
^۲دانشجوی دکترا، گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران
^۳دانشیار، گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۰۷/۰۳ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۱۲/۲۰

چکیده

در این پژوهش به مطالعه روزن‌بران پلانکتونیک سازند خانگیران که معرف آخرین نهشته‌های دریایی پهنه کپه‌داغ هستند، پرداخته شده است. پس از مطالعه بخشی از این سازند که در دهانه ورودی ناودیس چهل کمان (باختر سرخس) رخنمون یافته، ۳۲ گونه متعلق به ۱۱ جنس از روزن‌بران پلانکتونیک شناسایی شد. با استفاده از زون‌بندی روزن‌بران پلانکتونیک پالئوژن، ۸ زیست‌زون از E_۴ تا E_{۱۱} شناسایی شد. در پایان آشکوب‌های ایریزین-لوتسین برای این سازند معرفی می‌شود. بر پایه تحلیل آماری روزن‌بران پلانکتونیک سازند خانگیران، فراوانی معمول تا کم جنس *Subbotina* و حضور کمیاب تا نبود آن در نمونه‌های بالایی سازند، پایین بودن درصد فراوانی جنس‌های *Catapsydrax* و *Parasubbotina* و فراوانی بالای جنس *Acarinina* در سرتاسر این سازند نشان‌دهنده چیرگی آب‌های گرم و شرایط غذایی متوسط در این ناحیه بوده است.

کلیدواژه‌ها: روزن‌بران پلانکتونیک، سازند خانگیران، ائوسن، ایریزین-لوتسین.

***نویسنده مسئول:** مرضیه وحدتی راد

E-mail: marzievahdati@yahoo.com

۱- پیش‌نوشتار

روزن‌بران، از فراوان‌ترین آغازیان در محیط‌های دریایی پلاژیک و کف‌زی هستند. پوسته‌های آهکی آنها در رسوبات ژرف دریا و در بالای ژرفای موازنه کلسیت نهشته می‌شود و ترکیب گونه‌های آنها به عنوان یک ابزار زمین‌شناسی استاندارد، برای زیست‌چینه‌نگاری به کار می‌رود (Ortiz et al., 1995; Field et al., 2006). مشاهده مستقیم گونه‌های ائوسن غیر ممکن است زیرا همه آنها منقرض شده‌اند. آنها از دید گوناگونی و تفاوت‌های شکلی، قابل مقایسه با مجموعه‌های امروزی هستند و احتمالاً محدوده مشابهی از زیستگاه‌های حیاتی را اشغال کرده‌اند. نتیجه‌گیری در مورد این گونه‌ها از چند راه می‌تواند صورت گیرد؛ از روی شکل پوسته (از مقایسه با گونه‌های امروزی)، پراکندگی آنها در محیط‌های حاشیه‌ای و مهم‌تر از همه به‌وسیله ترکیب ژئوشیمی پوسته آنها (Pearson et al., 2006).

تاکنون مطالعات پراکنده‌ای روی سازند خانگیران در نقاط مختلف حوضه کپه‌داغ، بر پایه روزن‌بران و نانوپلانکتون‌های آهکی انجام گرفته است. طبق گزارش افشارحرب (۱۳۷۳) سن این سازند در ناحیه سرخس بر پایه روزن‌بران، پالئوسن پسین تا اواخر ائوسن و احتمالاً الیگوسن پیشین است (افشارحرب، ۱۳۷۳). درون ناودیس چهل کمان (شهرستان سرخس)، بر پایه نانوپلانکتون‌های آهکی، محدوده زمانی ائوسن پیشین-الیگوسن پسین (هادوی و سنماری، ۱۳۷۷)؛ و در خاور روستای کاریزک (باختر دشت سرخس)، از مطالعه ۲۰۹ متر از این سازند، سن ائوسن پیشین-الیگوسن میانی (خادم، ۱۳۷۷) معین شده است. سن بالاترین بخش سازند خانگیران، ائوسن پسین-الیگوسن پیشین (مافی و همکاران، ۱۳۸۵) مشخص شده است. روزن‌بران بخشی از ابتدای این سازند که درون ناودیس چهل کمان رخنمون یافته‌اند، توسط صلاحی و همکاران (۱۳۹۰) و ۵۰۵ متر ابتدای سازند خانگیران در روستای یاقل توسط حسین‌زاده و وحیدی‌نیا (۱۳۹۰) مطالعه و سن ائوسن پیشین-میانی برای آن تعیین شده است. در این پژوهش به بررسی و شناسایی روزن‌بران پلانکتونیک سازند خانگیران با استفاده از جدیدترین منابع پرداخته می‌شود.

۲- روش مطالعه

برای مطالعه روزن‌بران پلانکتونیک یک برش که دارای رخنمون خوب و کمترین پوشش گیاهی باشد در محل دهانه ورودی ناودیس چهل کمان سرخس انتخاب شد. در این پژوهش ۲۱۹ نمونه با فواصل برابر ۲ متری از مارن‌های بخشی از سازند خانگیران که در دهانه ورودی ناودیس چهل کمان (باختر سرخس) رخنمون یافته برداشت شده است. در آزمایشگاه آماده‌سازی فسیل، ۲۰۰ گرم از هر نمونه خرد و هر یک در ظرف جداگانه‌ای به مدت ۳ روز خیس شد. هر نمونه از الک‌های با مش ۵۰، ۷۰، ۱۵۰ و ۲۳۰ عبور داده شد. پس از خشک شدن باقیمانده الک‌ها، روزن‌بران هر یک برای مطالعه با میکروسکوپ نوری، گردآوری شد. برای شناسایی روزن‌بران پلانکتونیک از مقالات بسیار (Nishi & Chaproniere, 1994; Gonzalvo & Molina, 1998; Luciani et al., 2007) و اطلس روزن‌بران پلانکتونیک ائوسن (Pearson et al., 2006) استفاده و در پایان از بهترین نمونه‌های آنها، در آزمایشگاه مرکزی دانشکده علوم دانشگاه فردوسی مشهد، عکس SEM تهیه شد.

۳- چینه‌شناسی

سازند خانگیران آخرین نهشته‌های دریایی حوضه رسوبی کپه‌داغ بوده که نام آن از روستای خانگیران در ۳۰ کیلومتری باختر سرخس قرار گرفته است. برش الگوی آن در دامنه جنوبی تاقدیس زرینه‌کوه در شمال شهرستان درگز مطالعه شده است. گسترش جغرافیایی این سازند بیشتر محدود به دشت سرخس و شمال درگز است. با این حال، در چند ناودیس در مرکز و باختر کپه‌داغ نیز می‌توان رخنمون‌های این سازند را دید. مرز پایینی این سازند روی آخرین لایه آهکی شکم‌پادار سازند چهل کمان و مرز بالایی آن در نقاط مختلف متفاوت است. به گونه‌ای که در سرخس و درگز در زیر رسوبات سرخ‌نورژن و در ناودیس شیخ (در نزدیکی بجنورد) در زیر سازند پسته‌لیق قرار گرفته است (افشارحرب، ۱۳۷۳).

برش مورد نظر از سازند خانگیران، در خاور حوضه کپه‌داغ در دهانه ورودی ناودیس چهل کمان در باختر شهرستان سرخس قرار گرفته است (شکل‌های ۱ و ۲). سازند خانگیران در این برش روی دولومیت‌های انتهایی سازند چهل کمان جای گرفته،

Pearson et al. (2006) اولین پیدایش *Hantkenina* از رأس زون E_7 در ایپرزین پسین شروع می‌شود که در واقع پیدایش گونه *Hantkenina singanoae* است. مطابق با پیشنهاد (Gonzalvo & Molina 1998) گونه *Hantkenina mexicana* می‌تواند به عنوان مشخصه قاعده لوتسین و زون E_8 استفاده شود. همچنین در زون‌بندی جدید (Berggren & Pearson 2005) اولین حضور گونه *Guembeltrioides nuttalli* را که همزمان با اولین حضور *Hantkenina mexicana* است، برای تعریف قاعده این زون انتخاب کرده‌اند. آنها این رویداد را برای شناسایی قاعده ائوسن میانی در نظر گرفته‌اند. در سازند خانگیران در برش مورد مطالعه نیز اولین حضور گونه *H. mexicana* در نمونه ۱۱۹ یعنی در ۳۸ متری ابتدای این توالی، به عنوان مرز ائوسن پیشین و میانی و آغاز آشکوب لوتسین در نظر گرفته شده است.

در زون بندی (Berggren & Pearson 2005) برای محدوده زمانی ائوسن پیشین، از گونه‌های متعلق به جنس‌های *Morozovella* و *Acarinina* استفاده می‌شود. ولی به دلیل عدم حضور جنس *Morozovella* در سازند خانگیران در برش مورد مطالعه، زیست‌زون‌های محلی تعریف شده است. در این پژوهش، زون‌بندی ارائه شده مطابق با محدوده زمانی زیست‌زون‌های (Berggren & Pearson 2005) است. مطالعه ۲۱۹ نمونه از سازند خانگیران، به شناسایی ۳۲ گونه متعلق به ۱۱ جنس از روزن‌بران پلانکتونیک انجامید (پلیت‌های ۱ و ۲). بر این اساس ۸ زیست‌زون زیر تعریف شده است (شکل‌های ۳ و ۴).

۴-۱. زیست‌زون ۱: *Acarinina interposita* Interval Zone

این زیست‌زون از اولین حضور گونه *Acarinina interposita* (نشان‌دهنده آغاز زیست‌زون E_4 مطابق با (Pearson et al. 2006)) تا اولین حضور گونه *A. pentacamerata* (نشان‌دهنده آغاز زیست‌زون E_5 مطابق با (Pearson et al. 2006)) و معادل با زیست‌زون E_4 (ائوسن پیشین، اوایل آشکوب ایپرزین) از زون‌بندی (Berggren & Pearson 2005) است و از ابتدای سازند تا نمونه ۱۰۵ یعنی ۱۰ متر آغازین این توالی رسوبی را شامل می‌شود. روزن‌بران پلانکتونیک همراه این محدوده عبارتند از:

Acarinina coalingensis, *A. esnaensis*, *A. pseudotopilensis*, *A. wilcoxensis*, *A. soldadoensis*, *Acarinina* sp., *Catapsydrax unicavus*, *Jenkinsina columbiana*, *Parasubbotina varianta*, *Pseudohastigerina wilcoxensis*, *Subbotina patagonica*, *S. roesnaensis*.

۴-۲. زیست‌زون ۲: *Acarinina pentacamerata* Interval Zone

این زیست‌زون از اولین حضور گونه *Acarinina pentacamerata* تا اولین حضور گونه *Subbotina eoacaena* (نماینده تقریبی آغاز زیست‌زون E_6 مطابق با (Pearson et al. 2006)) و معادل با زیست‌زون E_5 (ائوسن پیشین، اواسط آشکوب ایپرزین) از زون‌بندی (Berggren & Pearson 2005) و از نمونه ۱۰۵ تا ۱۰۹ یعنی در برگرفته ۸ متر بعدی این سازند است. روزن‌بران پلانکتونیک همراه این زیست‌زون عبارتند از: *Acarinina coalingensis*, *A. esnaensis*, *A. interposita*, *A. pseudotopilensis*, *A. soldadoensis*, *Acarinina* sp., *Catapsydrax unicavus*, *Globanomalina planoconica*, *Jenkinsina columbiana*, *Parasubbotina varianta*, *Pseudohastigerina wilcoxensis*, *Subbotina patagonica*, *S. roesnaensis*.

۴-۳. زیست‌زون ۳: *Subbotina eoacaena* Interval Zone

این زیست‌زون از اولین حضور گونه *Subbotina eoacaena* تا اولین حضور گونه *Acarinina collactea* (نماینده آغاز زیست‌زون E_7 مطابق با (Pearson et al. 2006)) معادل با زیست‌زون E_6 (ائوسن پیشین، اواسط آشکوب ایپرزین) از زون‌بندی (Berggren & Pearson 2005) است. این زیست‌زون شامل نمونه ۱۰۹ تا ۱۱۱ یعنی ۴ متر بعدی سازند یادشده است. روزن‌بران پلانکتونیک همراه این زیست‌زون عبارتند از: *Acarinina coalingensis*, *A. pseudotopilensis*, *A. pentacamerata*,

که در آنها هیچ نمونه فسیلی یافت نشده است. ریوندی (۱۳۹۲) سازند چهل کمان را در برش روستای چهل کمان (در نزدیکی برش مورد مطالعه این پژوهش) مطالعه و بر پایه روزن‌بران پلانکتونیک موجود در انتهای آن، سن پالئوسن پسین تا بخشی از ائوسن پیشین (E_1 - E_3) را تعیین کرده است. به علت پوشیده بودن منطقه با رسوبات آبرفتی عهد حاضر، امکان برداشت همه سازند وجود ندارد. بنابراین ۴۹۸ متر از این سازند که در برش یادشده رخنمون خوبی داشته مورد مطالعه قرار گرفته است. این سازند از مارن‌های یکتواخت به حالت تپه‌ماهورهای کم‌ارتفاع، به رنگ خاکستری متمایل به سبز روشن تا تیره تشکیل شده است. سنگ‌شناسی این سازند در برش مورد مطالعه از پایین به بالا به شرح زیر است:

۲۲ متر مارن خاکستری مایل به سبز روشن تا زرد روشن دارای روزن‌بران پلانکتونیک و کف‌زی و استراکدا.

۲۹۴ متر مارن خاکستری مایل به سبز تیره دارای روزن‌بران پلانکتونیک و کف‌زی و استراکدا. لازم به یادآوری است که در ۲۴ متر ابتدای آن مجموعه کوچکی از فسیل پتروپودها نیز دیده می‌شود.

۵۸ متر پوشش گیاهی.

۱۴ متر مارن خاکستری مایل به سبز روشن همراه با استراکدا و روزن‌بران کف‌زی فراوان.

۱۱۰ متر مارن خاکستری مایل به سبز تیره دارای روزن‌بران پلانکتونیک و کف‌زی و استراکدا.

۴- روزن‌بران پلانکتونیک سازند خانگیران

پس از انقراض نسبی روزن‌بران پلانکتونیک در انتهای کرتاسه و با شروع ائوسن، تجدید حیات تکاملی آنها حدود ۱۰ میلیون سال طول کشید و گوناگونی اصلی از چند گونه بازمانده کوچک در ابتدای پالئوسن، منتج شده است (Olsson et al., 1999). لایه ترموکلاپین ژرف آب، میزبان *Subbotinids*, *Turborotalids*, *Parasubbotinids*, *Globanomalinids* و *Hantkeninids* بوده است. اگر چه دو گروه *Turborotalids* و *Hantkeninids* با گذشت زمان ائوسن، محیط کم‌ژرفاتری را ترجیح داده‌اند. همچنین جنس‌های با پوسته منفذدار ریز و *Parasubbotinids* خاردار در موقعیت‌های کم غذا شیوع کمتر ولی در محیط‌های فلات قاره و حاشیه‌ای گوناگونی بیشتری داشته‌اند (Pearson et al., 2006).

اولین طرح زون‌بندی روزن‌بران پلانکتونیک پالئوژن، ده‌ها سال پیش برای توالی‌های گرمسیری و بیشتر در ناحیه کاراییب ایجاد شد (Bolli & Krasheninnikov, 1977). بدون شک مهم‌ترین کار انجام گرفته روی زون‌بندی روزن‌بران پلانکتونیک زمان ائوسن و زمان‌های دیگر، مربوط به کار (Blow 1979) است. با این وجود افرادی از جمله (El-Naggar 1966); (Postuma 1971); (Jenkins 1971); (Stainforth et al. 1975) و (Berggren 1977) سهم مهمی در رده‌بندی و زیست‌چینه‌نگاری روزن‌بران پلانکتونیک ائوسن داشته‌اند. از پژوهشگرانی که روی زیست‌چینه‌نگاری ائوسن کار کرده‌اند می‌توان به: (Toumarkine & Luterbacher 1985); (Berggren & Miller 1988); (Berggren et al. 1995) و (Gonzalvo & Molina 1998) اشاره کرد. بررسی ساختار دیواره روزن‌بران پلانکتونیک منفذدار معمول ائوسن، امکان تفکیک گروه‌های مختلف تاکسون‌ها را فراهم می‌آورد که برای رده‌بندی اهمیت دارند (Pearson et al., 2006).

اولین پیدایش *Hantkenina* یک شاخص استراتژیک مهم است. از زمان کار بنیادی (Bolli 1957) نخستین حضور جنس *Hantkenina* برای تشخیص قاعده ائوسن میانی و آشکوب لوتسین استفاده شده است. به نظر می‌رسد که منظور، *Hantkenina*‌های با حجرات لوله‌ای و خار واقعی باشد، زیرا بر پایه

از E_{10} در نمونه‌های این سازند دیده نمی‌شود. بنابراین این زون معادل با زمان E_{10} از زون بندی (Berggren & Pearson (2005) (اواسط اتوسن میانی، آشکوب لوتسین) و شامل محدوده رسوبات از نمونه ۱۸۰ تا ۲۷۰ (۲۴۰ متر بعدی) است. روزن بران پلانکتونیک همراه این زیست‌زون عبارتند از:

Acarinina bullbrooki, *A. collectea*, *Acarinina* sp., *Catapsydrax unicavus*, *Jenkinsina columbiana*, *Subbotina crociapertura*, *S. eocaena*, *S. hagni*, *S. linaperta*, *S. roesnaesensis*, *S. yeguaensis*, *Parasubbotina varianta*, *Pseudohastigerina micra*, *P. sharkriverensis*, *P. wilcoxensis*, *Turborotalia frontosa*.

۴-۸. زیست‌زون ۸: *Acarinina bullbrooki* Interval Zone

این زیست‌زون فاصله زمانی آخرین حضور گونه *Jenkinsina triseriata* تا آخرین حضور گونه *Acarinina bullbrooki* (نماینده انتهای زیست‌زون E_{11} مطابق با (Pearson et al. (2006) را شامل می‌شود. بنابراین این زون معادل با زمان E_{11} از زون بندی (Berggren & Pearson (2005) (اواسط اتوسن میانی، آشکوب لوتسین) و شامل محدوده رسوبات از نمونه ۲۷۰ تا پایان سازند (۹۸ متر بعدی) است. روزن بران پلانکتونیک همراه این زیست‌زون عبارتند از:

Acarinina collectea, *Jenkinsina columbiana*, *Subbotina roesnaesensis*, *Pseudohastigerina micra*, *P. sharkriverensis*, *Turborotalia frontosa*.

۵- بحث

۵-۱. تحلیل آماری روزن بران پلانکتونیک سازند خانگیران

برای تحلیل آماری روزن بران پلانکتونیک، رسوبات باقیمانده از الک با مش ۱۵۰ میکرون انتخاب و از هر نمونه، حدود ۲۰۰ جنس از روزن بران پلانکتونیک شمارش شده است. بخش ۶۳ میکرون رسوبات باقیمانده حاصل از شستشو، تا حدی شامل نمونه‌های جوان از روزن بران پلانکتونیک و کف‌زی است. همچنین این بخش شامل گونه‌های کوچک متعلق به *Pseudohastigerina*، *Jenkinsina* و *Chiloguembelina* است. اطلاعات مربوط به بوم‌شناسی روزن بران پلانکتونیک اتوسن در شکل ۵ نشان داده شده است. در میان روزن بران پلانکتونیک موجود در نمونه‌های مورد مطالعه، ۳ جنس *Acarinina* و *Subbotina*، *Pseudohastigerina* که فراوانی بالاتری نسبت به دیگر روزن بران این سازند دارند، برای تحلیل آماری انتخاب شده‌اند. برای برآورد فراوانی ۳ جنس معمول یادشده، از مقیاس (Nishi & Chaproniere (1994 استفاده شده که عبارت است از کمیاب (۱ تا ۵ پوسته در سینی)، کم (۶ تا ۱۰ پوسته)، معمولی (۱۱ تا ۲۵ پوسته) و فراوان (بیشتر از ۲۵ پوسته).

Acarinina - این جنس دارای دیواره موربیکت (تیغ دار و خشن) بدون خار است (Blow, 1979; Pearson et al., 2006). به عنوان یک فرم ساکن لایه مخلوط سطح آب به شمار می‌رود (Boersma et al., 1987; Pearson et al., 2001) و دارای یک رابطه همزیستی با جلبک‌ها بوده است (Pearson et al., 1993). مطابق شکل ۵، این جنس در آب‌های گرم سطحی و کم‌غذا حضور دارد. این جنس در کل سازند خانگیران حضور فراوان داشته؛ به طوری که درصد فراوانی نسبی این نمونه کمتر از ۱۰ درصد تا بیش از ۹۰ درصد است. البته گفتنی است که در نمونه‌های ۲۵۶ تا ۲۶۴ که تنها روزن بران کف‌زی حضور دارند، اثری از انواع پلانکتونیک نیست. از نمونه ۲۶۵ تا انتهای سازند، گونه‌های این جنس به صورت معمولی تا فراوان است و به همراه گونه‌های *Pseudohastigerina*، جنس‌های اصلی روزن بران پلانکتونیک این بخش از سازند را تشکیل می‌دهند (شکل ۶)؛ ولی نسبت به جنس *Morozovella* بردباری بیشتری در برابر شرایط پرغذا دارد.

Subbotina - این جنس، لایه ترموکلاوین به نسبت ژرفی را در آب دریا اشغال می‌کند (Poore & Matthews, 1984; Pearson et al., 1993). همچنین این زی

A. soldadoensis, *Acarinina* sp., *Catapsydrax unicavus*, *Globanomalina planoconica*, *Jenkinsina columbiana*, *Parasubbotina varianta*, *Pseudohastigerina wilcoxensis*, *Subbotina patagonica*, *S. roesnaesensis*.

۴-۴. زیست‌زون ۴: *Acarinina collectea* Interval Zone

این زیست‌زون از اولین حضور گونه *Acarinina collectea* تا اولین حضور گونه *Hantkenina mexicana* (نماینده آغاز زیست‌زون E_8 مطابق با (Gonzalvo & Molina (1998) و معادل با E_7 (انتهای اتوسن پیشین، پایان آشکوب ایریزین) است و از نمونه ۱۱۱ تا ۱۱۹ یعنی ۱۶ متر بعدی این سازند را تشکیل می‌دهد. روزن بران پلانکتونیک همراه این زیست‌زون عبارتند از:

Acarinina pseudotopilensis, *Acarinina* sp., *Catapsydrax unicavus*, *Jenkinsina columbiana*, *J. triseriata*, *Parasubbotina varianta*, *Pseudohastigerina wilcoxensis*, *Subbotina crociapertura*, *S. eocaena*, *S. linaperta*, *S. patagonica*, *S. roesnaesensis*, *Turborotalia frontosa*.

۴-۵. زیست‌زون ۵: *Hantkenina mexicana* Interval Zone

این زیست‌زون از اولین حضور گونه *Hantkenina mexicana* تا اولین حضور گونه *Chiloguembelina ototara* (نماینده تقریبی آغاز زیست‌زون E_9 مطابق با (Pearson et al. (2006) معادل با E_8 از زون بندی (Berggren & Pearson (2005) و معرف آغاز اتوسن میانی (شروع آشکوب لوتسین) است و از نمونه ۱۱۹ تا ۱۲۵ یعنی ۱۲ متر بعدی این سازند را شامل می‌شود. همچنین اولین حضور گونه *H. liebusi* در میانه این زون رخ داده است. البته باید یادآور شد که تعیین اولین و آخرین حضور گونه *C. ototara* به خاطر همانندی این گونه به گونه *C. crinita* و نیز گونه *C. cubensis* که از *C. ototara* مشتق شده، مشکل است (Pearson et al., 2006). از روزن بران پلانکتونیک همراه این زیست‌زون می‌توان به گونه‌های زیر اشاره داشت: *Acarinina collectea*, *Acarinina* sp., *Catapsydrax unicavus*, *Jenkinsina triseriata*, *J. columbiana*, *Parasubbotina varianta*, *Pseudohastigerina micra*, *P. sharkriverensis*, *P. wilcoxensis*, *Subbotina crociapertura*, *S. eocaena*, *S. hagni*, *S. linaperta*, *S. patagonica*, *S. roesnaesensis*, *S. yeguaensis*, *Turborotalia frontosa*, *Zeauvigerina* sp.

۴-۶. زیست‌زون ۶: *Chiloguembelina ototara* - *Globanimalina australiformis* Concurrent- Range Zone

این زیست‌زون فاصله زمانی اولین حضور گونه *Chiloguembelina ototara* تا آخرین حضور گونه *Globanimalina australiformis* (نماینده تقریبی انتهای زیست‌زون E_9 مطابق با (Pearson et al. (2006) را شامل می‌شود. از سویی نخستین حضور گونه *Hantkenina dumblei* (نشان‌دهنده اواسط زیست‌زون E_9 مطابق با (Pearson et al. (2006) در نمونه ۱۳۱، در این محدوده واقع می‌شود. این زون زیستی شامل محدوده رسوبات از نمونه ۱۲۵ تا ۱۸۰ یعنی ۱۱۰ متر بعدی این سازند بوده و معادل با زمان E_9 از زون بندی (Berggren & Pearson (2005) (اوایل اتوسن میانی، آشکوب لوتسین) است. روزن بران پلانکتونیک همراه این زیست‌زون عبارتند از:

Acarinina bullbrooki, *A. collectea*, *Acarinina* sp., *Catapsydrax unicavus*, *Jenkinsina columbiana*, *J. triseriata*, *Parasubbotina varianta*, *Pseudohastigerina micra*, *P. sharkriverensis*, *P. wilcoxensis*, *Subbotina crociapertura*, *S. eocaena*, *S. hagni*, *S. linaperta*, *S. roesnaesensis*, *S. yeguaensis*, *Turborotalia frontosa*.

۴-۷. زیست‌زون ۷: *Jenkinsina triseriata* Interval Zone

این زیست‌زون فاصله زمانی آخرین حضور گونه *Globanimalina australiformis* تا آخرین حضور گونه *Jenkinsina triseriata* (نماینده انتهای زیست‌زون E_{10} مطابق با (Pearson et al. (2006) را شامل می‌شود. از سویی گونه شاخص زون زیستی

بوده و به باور (Pearson & Burgess, 2008) حفظ‌شدگی خوب روزن‌بران، در رسوبات با محتوی رس بالا دیده شده است.

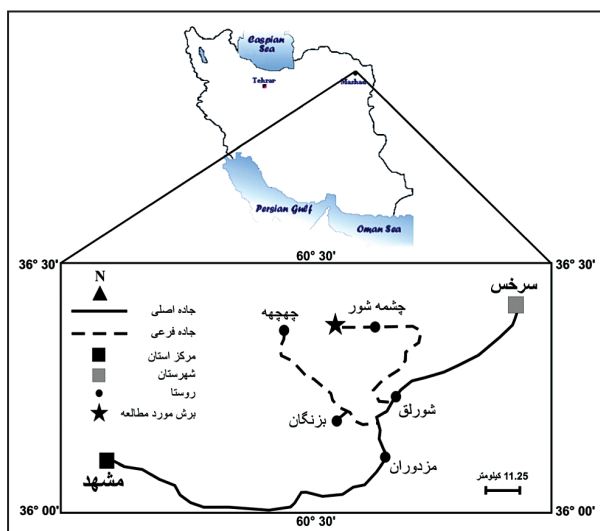
جنس دیگری از روزن‌بران پلانکتونیک به نام *Globigerinatheka* که گونه‌هایی از آن برای زون‌بندی زمان ائوسن میانی اهمیت دارند (Pearson et al., 2006)، در سازند خانگیران در برش مورد نظر حضور ندارد. با توجه به شکل ۵، عدم حضور این جنس را می‌توان به شرایط ناموافق با حضور آن در سازند خانگیران مرتبط دانست. زیرا با توجه به بررسی انجام شده، شرایط محیطی سازند خانگیران به نسبت پرغذا تعیین شده است.

۶- نتیجه‌گیری

مطالعات انجام شده روی نمونه‌های سازند خانگیران در دهانه ورودی ناودیس چهل کمان (باختر سرخس)، به شناسایی ۳۲ گونه از ۱۱ جنس از روزن‌بران پلانکتونیک انجامید. به دلیل عدم حضور گونه‌های متعلق به جنس *Morozovella*، به ناچار در سازند خانگیران از زیست‌زون‌های محلی استفاده شد. در نتیجه ۸ زیست‌زون برای این توالی رسوبی مشخص شده که از E_4 تا E_{11} نشان‌دهنده بخشی از ائوسن پیشین (آشکوب ایزرین) تا اواسط ائوسن میانی (آشکوب لوتسین) است.

تشخیص مرز ائوسن پیشین-میانی با توجه به اولین پیدایش گونه *Hantkenina mexicana* در ۳۸ متری قاعده سازند است. با توجه به رتبه‌بندی روزن‌بران پلانکتونیک ائوسن، جنس *Acarinina* نسبت به *Morozovella* محیط میان کم‌غذا و پرغذا را نشان می‌دهد. بر پایه نتایج تحلیل آماری روزن‌بران پلانکتونیک سازند خانگیران شامل فراوانی معمول تا کم جنس *Subbotina* و حضور کمیاب تا عدم حضور آن در نمونه‌های بالایی سازند، پایین بودن درصد فراوانی جنس‌های *Catapsydrax* و *Parasubbotina* که همگی شاخص آب‌های سرد هستند و نیز فراوانی بالای جنس *Acarinina* در میان روزن‌بران پلانکتونیک در سرتاسر سازند خانگیران، چنین نتیجه می‌شود که در زمان ائوسن پیشین و میانی در این ناحیه، آب‌های گرم و شرایط غذایی متوسط حکم‌فرما بوده است. فراوانی دو جنس *Jenkinsina* و *Chiloguembelina* در سازند خانگیران کم است. در نتیجه شرایط پرغذا در این سازند حاکم نبوده است.

تصور می‌شود که عدم حضور جنس *Morozovella* در سازند خانگیران در منطقه سرخس، وجود رس فراوان و میزان کربنات پایین در نمونه‌های این سازند باشد. همچنین عدم حضور جنس *Globigerinatheka* در این سازند احتمالاً مرتبط با شرایط ناموافق با حضور آن در رسوبات مورد مطالعه است.



شکل ۱- مسیر دسترسی به منطقه مورد مطالعه (برگرفته از بختیاری (۱۳۸۴) با کمی تغییرات)

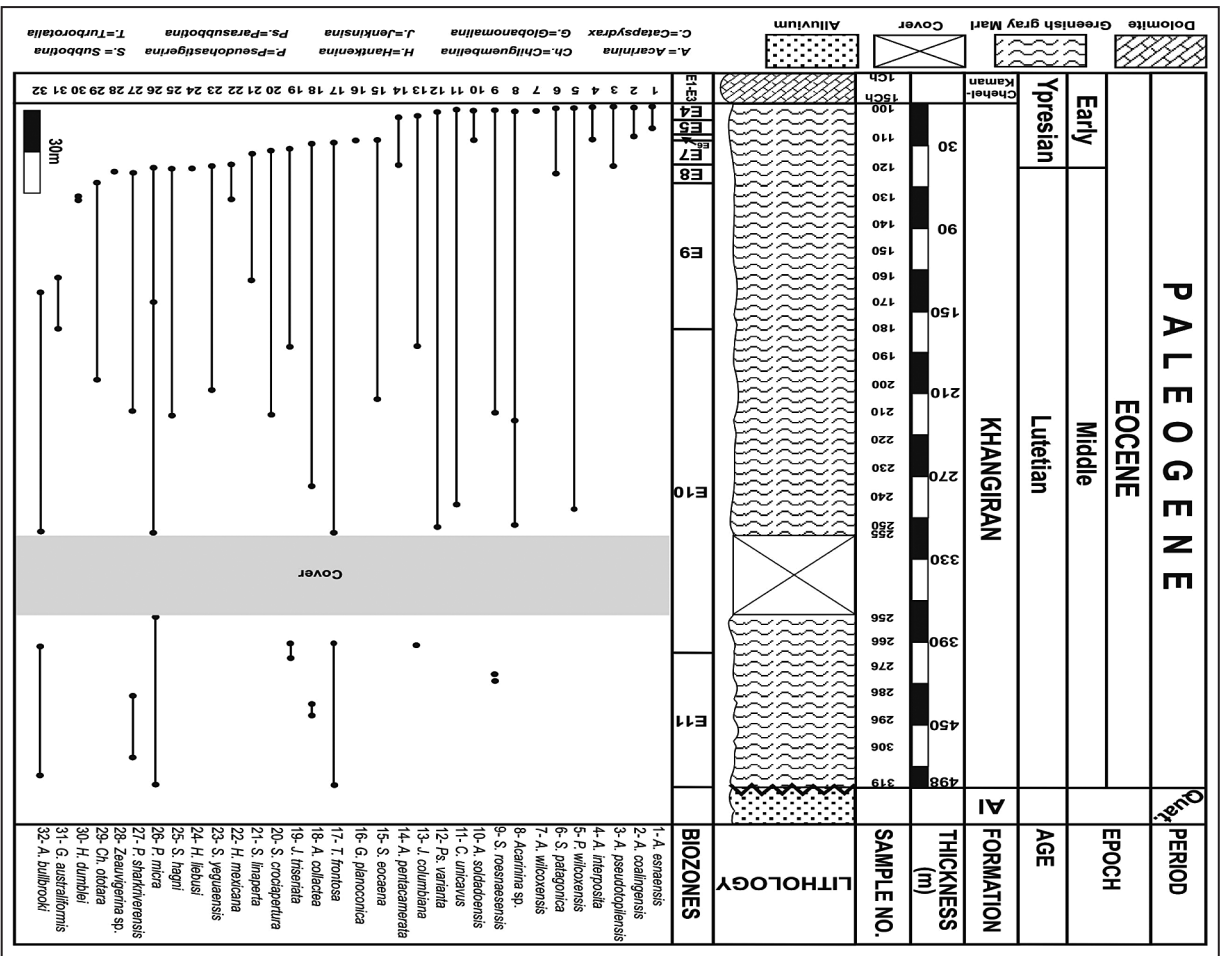
در زمان حیات خود، دیواره مشبک خاردار داشته است (Pearson et al., 2006). فراوانی این تاکسون از ابتدای توالی خانگیران تا نمونه ۲۰۲ حدود ۱۰ تا ۲۰ درصد و به‌صورت کم تا معمولی است و از نمونه ۲۰۲ تا ۲۵۵ از فراوانی آنها کاسته می‌شود و به ۱ درصد می‌رسد. گونه‌های این جنس به‌جز در نمونه ۲۸۱ (به‌صورت کمیاب)، از نمونه ۲۵۶ تا انتهای سازند حضور ندارند (شکل ۶).

Pseudohastigerina - گونه‌های مختلف این جنس از ابتدا تا انتهای سازند حضور معمولی دارند. این جنس از ابتدا تا نمونه ۲۴۲ به‌صورت فراوان تا بسیار فراوان با دامنه تغییرات از ۲۰ تا ۶۰ درصد حضور دارد. از اینجا به سوی انتهای توالی، کاهش چشمگیر در شمار آنها رخ می‌دهد و به‌صورت کم تا معمولی (کمتر از ۱۰ درصد) دیده می‌شود (شکل ۶). (Luciani et al., 2007). این تاکسون را یک زیای فرصت طلب در شرایط به نسبت پرغذا معرفی کرده‌اند. گونه *Pseudohastigerina wilcoxensis* محدود به عرض‌های متوسط تا بالاست. (Poore & Matthews, 1984) با مطالعه روی این تاکسون، زیستگاه آب‌های کم‌ژرفا را برای آن پیشنهاد کرده‌اند. بنابراین حضور این گونه در ابتدای سازند خانگیران نشان‌دهنده ژرفای کم برای ابتدای آن است. به‌طور کلی پذیرفته شده که *Jenkinsina* و فرم‌های دوردیفی مانند *Streptochilus*، *Chiloguembelina* و *Zeauvigerina* از گونه‌هایی فرصت طلب و شاخص شرایط پرغذا هستند. همچنین این فرم‌ها، مقاوم به شرایط کم اکسیژن هستند. روزن‌بر پلانکتونیک *Jenkinsina* که با آرایش سه ردیفی حجرات، پوسته کوچک و دیواره صاف مشخص می‌شود (Pearson et al., 2006)، از دید ریخت‌شناسی بسیار شبیه به *Guembelitra* کرتاسه-ابتدای پالئوژن است که از مرز K-Pa گذر کرده است (Smit, 1982; Keller et al., 1995; Keller & Pardo, 2004). تشابه شکلی آشکار با این فرم‌های سه ردیفی، رفتار بوم‌شناختی مشابهی را پیشنهاد می‌کند (Luciani et al., 2010). فراوانی دو جنس *Jenkinsina* و *Chiloguembelina* در سازند خانگیران کم است. از این رو شرایط پرغذا در سازند حکم‌فرما نبوده است.

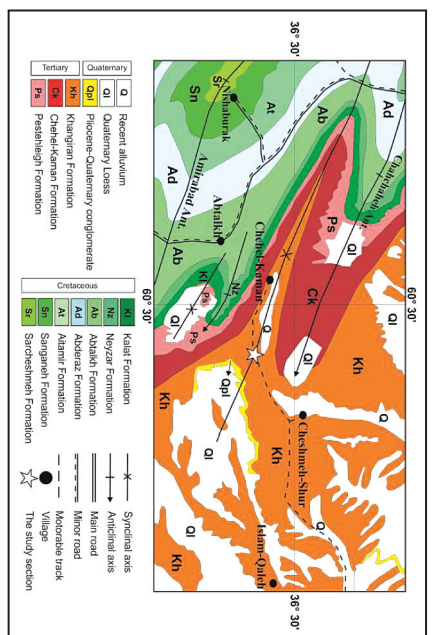
۵-۲. عدم حضور جنس‌های *Morozovella* و *Globigerinatheka*

همان گونه که پیش‌تر بیان شد در این سازند در برش مورد مطالعه، هیچ نمونه‌ای از جنس *Morozovella* یافت نشده است. (Bolli & Krasheninnikov, 1977) مطالعاتی گسترده، نبود *Morozovella* را در رسوبات مربوط به ناحیه Georgia نیز گزارش کرده‌اند. آنها بر این باورند که رسوبات این ناحیه که دارای رس‌های آهکی و رسوبات فیلیسی هستند، *Acarinina* و *Subbotina* دارند ولی *Morozovella* ندارد. در کربنات‌های ائوسن پیشین شمال قفقاز، گونه‌های مختلفی از *Morozovella* به شدت در میان روزن‌بران پلانکتونیک چیره شده‌اند. (Tromp, 1943) نیز رخساره رسی پالئوسن و ائوسن پیشین را برای ناحیه آناتولی و رخساره کربناتی پالئوسن و ائوسن پیشین را برای برخی از نواحی عربی در خاورمیانه معرفی کرد. به‌طوری که سنگ‌های کربناتی رخساره عربی دارای *Morozovella*، *Acarinina* و *Subbotina* فراوانی بوده‌اند. بنابراین ترکیب روزن‌بران پلانکتونیک توسط اقلیم تعیین و به‌طور محلی محدود به شرایط محیطی می‌شود (Bolli & Krasheninnikov, 1977). افزون بر میزان رس محیط (Bolli & Krasheninnikov, 1977) دو عامل دیگر برای انقراض تاکسای *Morozovella* پیشنهاد شده که عبارت است از کاهش دمای آب سطح دریا و سردشدگی جهانی و مغذی شدن آب‌های سطح (Wade, 2004).

با توجه به مطالب یادشده تصور می‌شود که عدم حضور این تاکسا در سازند خانگیران در منطقه سرخس، به دلیل وجود رس فراوان و میزان کربنات پایین در رسوبات این منطقه باشد. همچنین بر پایه تغییرات فراوانی روزن‌بران پلانکتونیک (شکل ۶) و مطالب بیان شده، آب‌وهوا در ائوسن پیشین و میانی در حوضه کپه‌داغ گرم بوده است و بنابراین دما نمی‌تواند عامل مؤثر در نبود *Morozovella* باشد. همچنین حفظ‌شدگی انواع روزن‌بران در برش مورد مطالعه، خوب تا بسیار خوب



شکل ۴- ستون چینه سنگی، نمودار پراکنده گی و گسترش چینه شناسی روزن ایران پلانکتونیک سازند خانگیران در برش دهانه ورودی ناودیس چهل کمان.

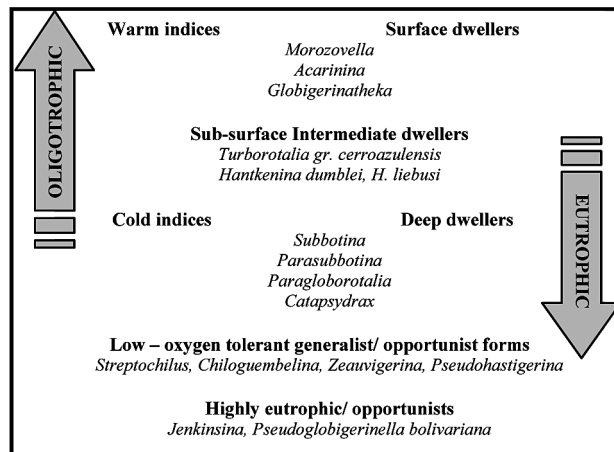


شکل ۲- موقعیت سازند خانگیران در پهنه ۱:۲۵۰،۰۰۰ سبختی. نشانه ستاره مکان برش مورد نظر را نشان می دهد (برگرفته از انتشارات حزب (۱۳۶۱) با رسم دوباره).

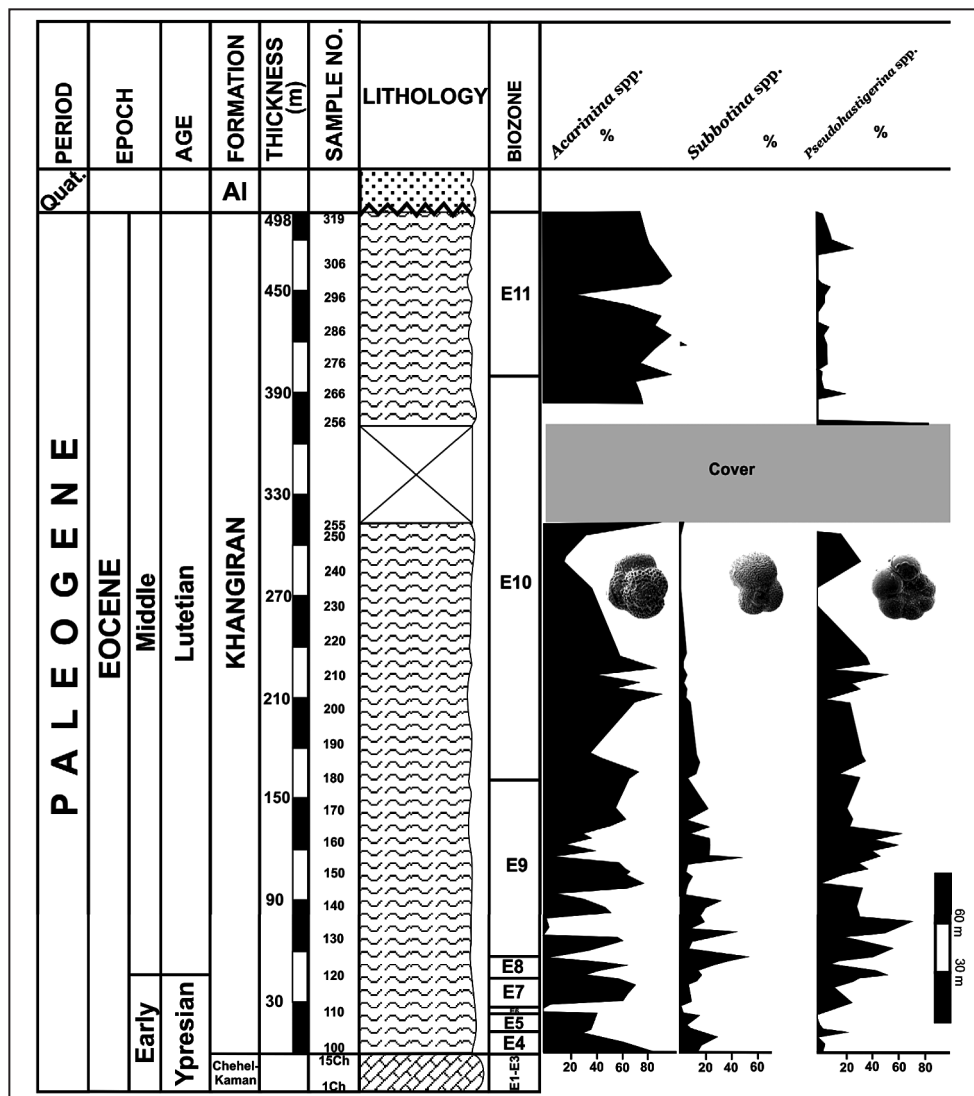
PERIOD	EPOCH	AGE	BIOZONES	FORMATION		
PALEOGENE	EOCENE	Lutetian	E10	KHANGIRAN		
					Middle	E9

Datum Events	
A. interposita	→
A. pentacamerata	→
S. eoacaena	→
A. collectaea	→
H. mexicana	→
Ch. otatora	→
G. australiformis	→
J. triseriata	→
A. bullbrooki	→

شکل ۳- موقعیت نمادین اولین و آخرین حضور گونه های شاخص زیست زون های شناسایی شده در سازند خانگیران، برش دهانه ورودی ناودیس چهل کمان.

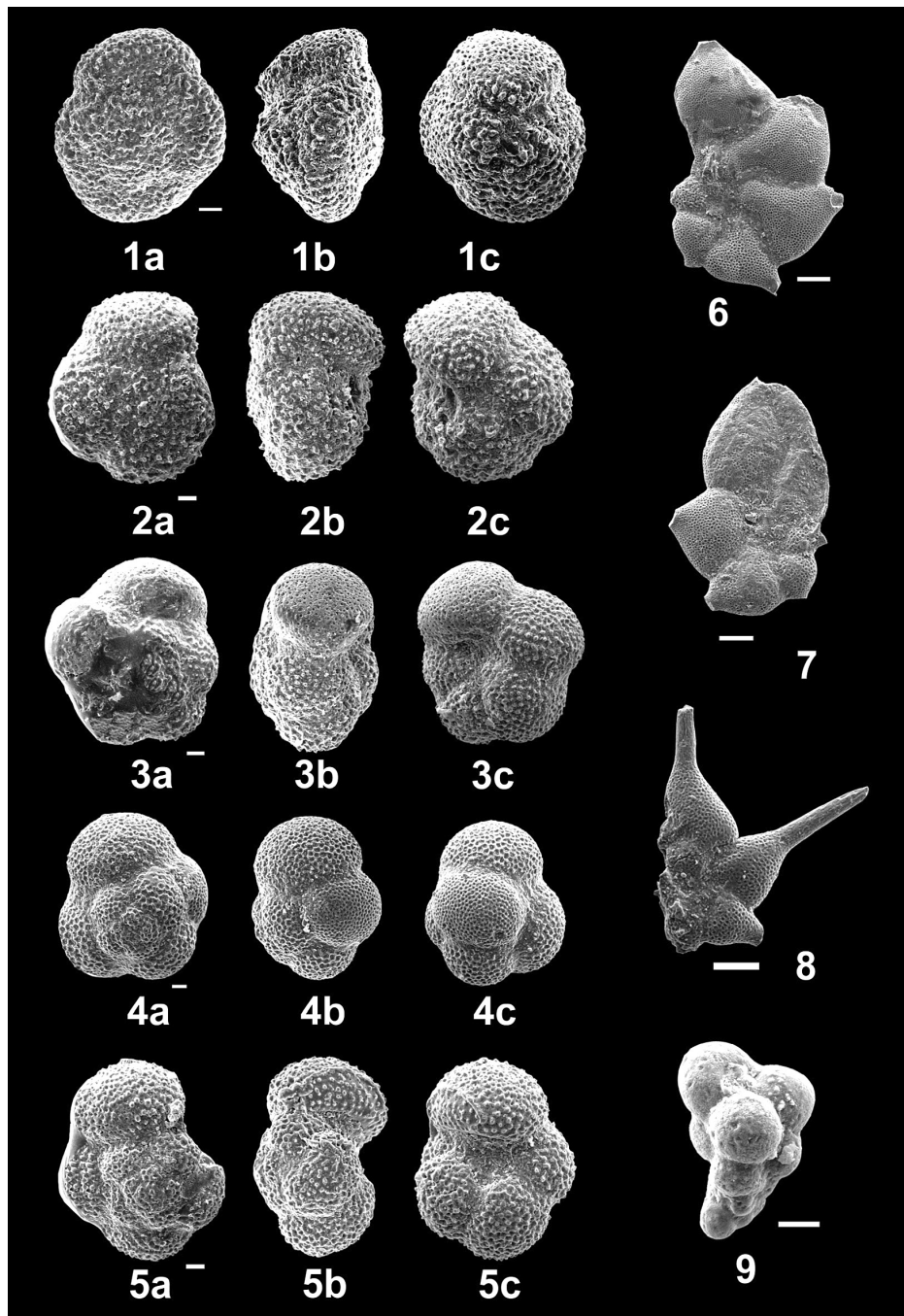


شکل ۵- طرح خلاصه شده‌ای که نشان دهنده شرایط زندگی و رتبه‌بندی ژرفای روزن‌بران پلانکتونیک انوسن است (Luciani et al., 2007).



شکل ۶- نمودارهای درصد فراوانی نسبی ۳ جنس *Subbotina*, *Pseudohastigerina* و *Acarinina* در سازند خانگیران در برش مورد مطالعه.

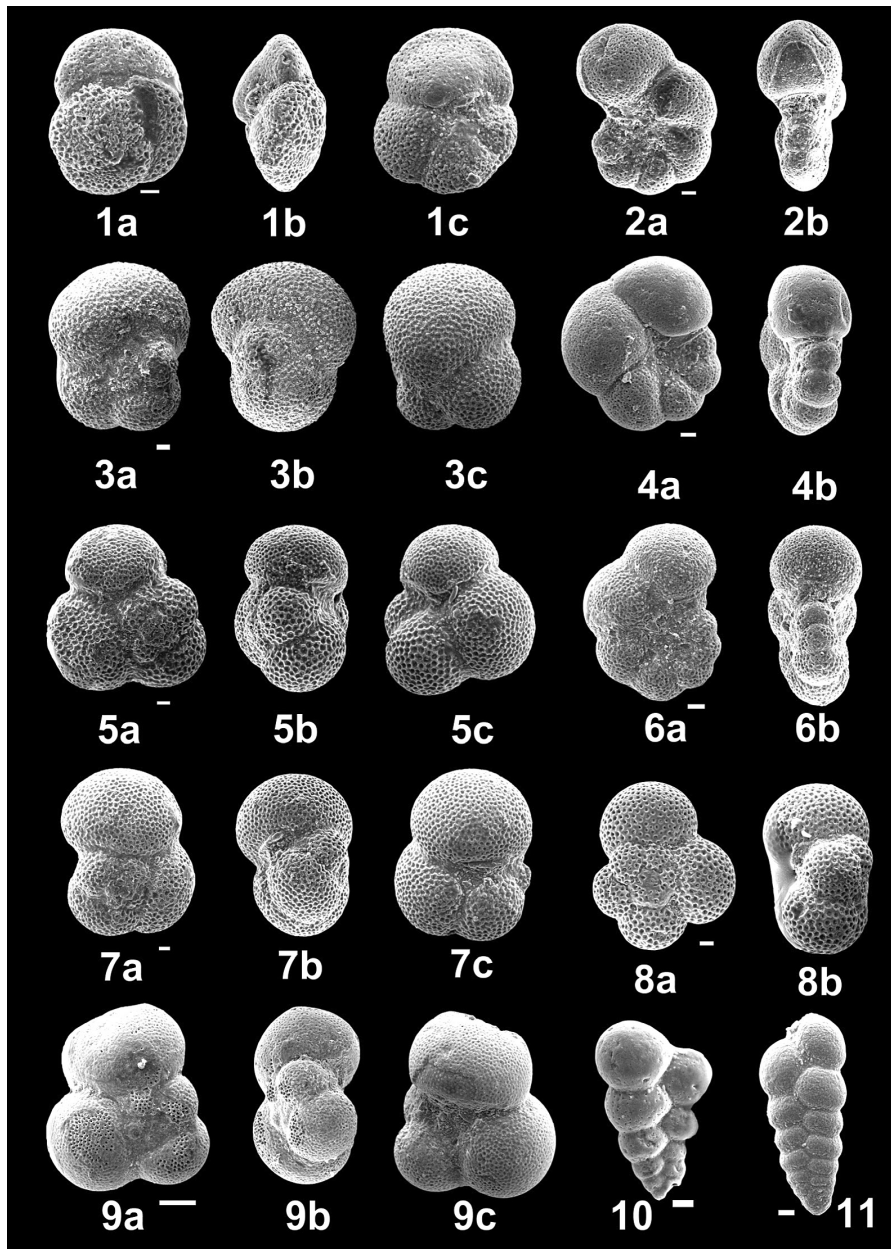
Plate 1



تصاویر میکروسکوپ الکترونی از روزن بران پلانکتونیک سازند خانگیران (برش دهانه ورودی ناودیس چهل کمان)؛ مقیاس ها برحسب میکرون هستند. (a) نمای سطح پیشی؛ (b) نمای جانبی؛ (c) نمای سطح شکمی.

- 1- *Acarinina bullbrooki* (Bolli), Sample no. 159, Scale bar 20µm
- 2- *Acarinina pseudotopilensis* (Subbotina, 1953), Sample no. 111, Scale bar 20µm
- 3- *Acarinina collectea* (Finaly), Sample no. 111. Scale bar 20µm
- 4- *Catapsydrax unicavus* (Bolli, Loeblich & Tappan), Sample no. 128. Scale bar 20µm
- 5- *Acarinina interposita* (Subbotina), Sample no. 111. Scale bar 20µm
- 6- *Hantkenina dumblei* (Weinzier & Applin), Sample no. 131. Scale bar 100µm
- 7- *Hantkenina liebusi* (Shokina), Sample no. 121. Scale bar 100µm
- 8- *Hantkenina mexicana* (Cushman), Sample no. 119. Scale bar 100µm
- 9- *Jenkinsina columbiana* (Howe), Sample no. 170. Scale bar 20µm

Plate 2



تصاویر میکروسکوپ الکترونی از روزن‌بران پلاتکتونیک سازند خانگیران (برش دهانه ورودی ناودیس چهل کمان)؛ مقیاس‌ها برحسب میکرون هستند. (a) نمای سطح پیچشی؛ (b) نمای جانبی؛ (c) نمای سطح شکمی.

- 1- *Globanomalina australiformis* (Jenkins), Sample no. 181. Scale bar 20 μ m
- 2- *Pseudohastigerina micra* (Cole), Sample no. 120. Scale bar 20 μ m
- 3- *Turborotalia frontosa* (Subbotina), Sample no. 113. Scale bar 20 μ m
- 4- *Pseudohastigerina sharkriverensis* (Berggren & Olsson), Sample no. 135. Scale bar 20 μ m
- 5- *Subbotina hagni* (Gohrbandt), Sample no. 120. Scale bar 20 μ m
- 6- *Pseudohastigerina wilcoxensis* (Cushman & Ponton), Sample no. 117. Scale bar 20 μ m
- 7- *Subbotina patagonica* (Todd & Kniker), Sample no. 121. Scale bar 20 μ m
- 8- *Parasubbotina varianta* (Subbotina), Sample no. 147. Scale bar 20 μ m
- 9- *Subbotina eoacaena* (Guembel), Sample no. 112. Scale bar 100 μ m
- 10- *Chiloguembelina ototara* (Finlay), Sample no. 125. Scale bar 20 μ m
- 11- *Zeauvigerina* sp. (Huber and Boersma), Sample no. 121. Scale bar 20 μ m

کتابنگاری

- افشار حرب، ع.، ۱۳۷۳- زمین‌شناسی ایران، زمین‌شناسی کپه‌داغ، سازمان زمین‌شناسی کشور، طرح تدوین کتاب، ۲۷۵ ص.
- افشار حرب، ع.، ۱۳۶۱- نقشه زمین‌شناسی ۱:۲۵۰۰۰۰ سرخس، انتشارات شرکت ملی نفت ایران، واحد اکتشاف و تولید.
- بختیاری، س.، ۱۳۸۴- اطلس راه‌های ایران با مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰۰، مؤسسه جغرافیایی و کارتوگرافی گیتاشناسی، ۲۸۸ ص.
- حسین‌زاده، م. م. و وحیدی‌نیا، م.، ۱۳۹۰- زیست‌چینه‌نگاری بخش زیرین سازند خانگیران بر مبنای روزن بران پلانکتونیک در برش الگو (روستای یاقل، شمال شهر درگز) باختر حوضه رسوبی کپه‌داغ. نشریه علمی - پژوهشی رخساره‌های رسوبی، شماره ۴، جلد ۲، صص ۱۵۱ تا ۱۶۱.
- خادم، م.، ۱۳۷۷- زیست‌چینه‌نگاری سازند خانگیران بر مبنای نانوپلانکتون‌های آهکی - باختر دشت سرخس (خاور روستای کاریزک)، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه فردوسی مشهد، ۱۹۶ ص.
- ریوندی، ب.، ۱۳۹۲- چینه‌سنگی و چینه‌زیستی سازند چهل کمان در شرق و مرکز حوضه رسوبی کپه‌داغ، پایان‌نامه دکترا، دانشگاه فردوسی مشهد، ۳۰۹ ص.
- صلاحی، م. ا.، وحیدی‌نیا، م. و عاشوری، ع.، ۱۳۹۰- زیست‌چینه‌نگاری گذر ائوسن پیشین - میانی در برش ناودیس چهل کمان واقع در خاور حوضه رسوبی کپه‌داغ، پانزدهمین همایش انجمن زمین‌شناسی ایران.
- مافی، آ.، بهره‌مند، م. و روشن‌روان، ج.، ۱۳۸۵- دیسکواسترها و تعیین سن بالاترین بخش سازند خانگیران در ناحیه سرخس، بیست و پنجمین گردهمایی علوم زمین.
- هادوی، ف. و سنماری، س.، ۱۳۷۷- زیست‌چینه‌نگاری سازند خانگیران بر مبنای نانوپلانکتون‌های آهکی در خاور ناودیس چهل کمان، دومین همایش سالانه انجمن زمین‌شناسی ایران.

References

- Berggren, W. A. & Miller, K. G., 1988- Paleogene tropical planktonic foraminiferal biostratigraphy and magnetobiochronology. *Micropaleontology* 34: 362-380.
- Berggren, W. A. & Pearson, P. N., 2005- A revised tropical and subtropical Paleogene planktonic foraminiferal zonation. *Journal of Foraminiferal Research* 35:279-298.
- Berggren, W. A., Kent, D. V., Swisher, III. C. C. & Aubry, M. P., 1995- A Revised Cenozoic Geochronology and Chronostratigraphy, in Berggren, W. A., Kent, D. V. and Hardenbol, J. (eds.), *Geochronology, Time Scales and global stratigraphic correlation: A unified Temporal Framework for a Historical Geology*: Society for Economic Paleontologists and Mineralogists, Special Publication 54: 129-212.
- Berggren, W. A., 1977- Atlas of Palaeogene Planktonic Foraminifera: some Species of the Genera *Subbotina*, *Planorotalites*, *Morozovella*, *Acarinina* and *Truncorotaloides*: in Ramsay. A.T.S. (ed.) *Oceanic Micropaleontology*: Academic Press, London 205-300.
- Blow, W. H., 1979- The Cainozoic Globigerinida: E.J. Brill, Leiden 1413 p.
- Boersma, A., Premooli Silva, I. & Shackleton, N. J., 1987- Atlantic Eocene planktonic foraminiferal paleohydrographic indicators and stable isotope paleoceanography. *Paleoceanography* 2: 287-331.
- Bolli, H. M. & Krashenninnikov, V. A., 1977- Problems in Paleogene and Neogene correlations based on planktonic foraminifera. *Micropaleontology* 23(4): 436-452.
- Bolli, H. M., 1957- Planktonic foraminifera from the Eocene Navet and San Fernando Formations of Trinidad, B.W.I.: U.S. National Museum Bulletin 215: 155-198.
- EL-Naggar, Z. R., 1966- Stratigraphy and Planktonic Foraminifera of the Upper Cretaceous-Lower Tertiary: *Bulletin of the British Museum (Natural History), Geology, Supplement* 2, 291 p.
- Field, D. B., Baumgartner, T. R., Charles, C. D., Ferreira-Bartrina, V. & Ohman, M. D., 2006- Planktonic foraminifera of the California Current reflect 20th-century warming. *Science* 311: 63-66.
- Gonzalvo, C. & Molina, E., 1998- Planktonic foraminiferal biostratigraphy across the Lower- Middle Eocene transition in the Betic Cordillera (Spain). *Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie Monatshefte* 11: 671-693.
- Jenkins, D. G., 1971- New Zealand Planktonic Foraminifera: New Zealand Geological Survey, Paleontological Bulletin 42: 278 p.
- Keller, G. & Pardo, A., 2004- Disaster opportunist genus Guembelitradae: index for environmental catastrophes. *Marine Micropaleontology* 53: 83-116.
- Keller, G., Li, L. & MacLeod, N., 1995- The Cretaceous/Tertiary boundary stratotype section at El Kef, Tunisia: how catastrophic was the mass extinction? *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 119: 221-254.
- Luciani, V., Giusberti, L., Agnini, C., Backman, J., Fornaciari, E. & Rio, D., 2007- The Paleocene-Eocene Thermal Maximum as recorded by Tethyan planktonic foraminifera in the Forada section (northern Italy). *Marine Micropaleontology* 64:189-214.
- Luciani, V., Giusberti, L., Agnini, C., Fornaciari, E., Rio, D., Spofforth, D. J. A. & Pálíke, H., 2010- Ecological and evolutionary response of Tethyan planktonic foraminifera to the middle Eocene climatic optimum (MECO) from the Alano section (NE Italy). *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 292: 82-95.
- Nishi, H. & Chaproniere, G. C., 1994- Eocene - Oligocene subtropical planktonic foraminifers at site 841. *Proceedings of the Ocean Drilling Program, Scientific Results* 135: 245-266.

- Olsson, R. K., Hemleben, C. H., Berggren, W. A. & Huber, B. T., 1999- Atlas of Paleocene planktonic foraminifera: Smithsonian Contributions to Paleobiology 85: 252 p.
- Ortiz, J. D., Mix, A. C. & Collier, R. W., 1995- Environmental control of living symbiotic and asymbiotic foraminifera of the California current. *Paleoceanography* 10: 987-1010.
- Pearson, P. N. & Burgess, C. E., 2008- Foraminifer test preservation and diagenesis: comparison of high latitude Eocene sites. *Geological Society, London, Special Publications* 303: 59-72.
- Pearson, P. N., Ditchfield, P. W., Singano, J., Harcourt-Brown, K. G., Nicholas, C. J., Olsson, R. K., Shackleton, N. J. & Hall, M. A., 2001- Warm tropical sea surface temperatures in the Late Cretaceous and Eocene epochs. *Nature* 413:481-487.
- Pearson, P. N., Olsson, R. K., Huber, B. T., Hemleben, C. & Berggren, W. A. (Eds.), 2006- Atlas of Eocene Planktonic Foraminifera. Cushman Foundation for Foraminiferal Research, Special Publication 41: 513p.
- Pearson, P. N., Shackleton, N. J. & Hall, M. A., 1993- Stable isotope paleoecology of middle Eocene planktonic foraminifera and multi-species isotope stratigraphy, DSDP Site 523, South Atlantic. *Journal of Foraminiferal Research* 23:123-140.
- Poore, R. Z. & Matthews, R. K., 1984- Oxygen isotope ranking of Late Eocene and Oligocene planktonic foraminifers: implications for Oligocene sea-surface temperatures and global ice volume. *Marine Micropaleontology* 9: 111-134.
- Postuma, J. A., 1971- Manual of Planktonic Foraminifera: Elsevier Publishing Co., Amsterdam 420 p.
- Smit, J., 1982- Extinction and evolution of planktonic foraminifera after a major impact at the Cretaceous/Tertiary boundary. In: Silver, L.T., Schultz, P. H. (Eds.), *Geological Implications of Impacts of large Asteroids and Comets on the Earth: Special Paper- Geological Society of America* 190: 329-352.
- Stainforth, R. M., Lamb, J. L., Luterbacher, H., Beard, J. H. & Jeffords, R. M., 1975- Cenozoic Planktonic Foraminiferal Zonation and Characteristics of Index Forms: University of Kansas Paleontological Contributions, Article 62: 425 p.
- Toumarkine, M. & Luterbacher, H. P., 1985- Paleocene and Eocene Planktonic Foraminifera, in Bolli, H.M., Saunders, J.B. and Perch-Nielsen, K. (eds.), *Plankton Stratigraphy: Cambridge University Press, Cambridge* 87-154.
- Tromp, S., 1943- Microfauna of the Upper Cretaceous and Tertiary sections (Arabian facies), in the Urfa and Gaziantep regions (Southern Turkey). *Turkey, Maden Tetkik ve Arama Enst., Mecmausi (Min. Res. Expl. Inst. Turkey, Bull.), sene (year) 8, sayi (fasc.) 1(29): 134-141.*
- Wade, B. S., 2004- Planktonic foraminiferal biostratigraphy and mechanisms in the extinction of *Morozovella* in the late middle Eocene. *Marine Micropaleontology* 51:23-38.

The Distribution and Statistical Analysis of Eocene Planktonic Foraminifera in the Khangiran Formation (Chehel-Kaman Synclinal Entrance, West Sarakhs) and their Paleoecological Use

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

¹Associate Professor, Department of Geology, Faculty of Science, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran

²Ph.D. Student, Department of Geology, Faculty of Science, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran

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

Received: 2012 September 24

Accepted: 2015 March 11

Abstract

Planktonic foraminifera of the Khangiran Formation that represents the last marine deposits in the Kopeh-Dagh basin and exposed in the Chehel-Kaman synclinal entrance (west of Sarakhs) studied in this article. A sum of 32 species belonging to 11 genera of planktonic foraminifera were E_{11} indicating an age of Ypresian-Lutetian for this Formation. Based on the statistical analysis of recorded allowing erection of seven biozones from E_4 planktonic foraminifera of the Khangiran Formation, the low and common abundances of *Subbotina* genus and its rare of appearance and disappearance in the upper samples of the formation and the low abundance of *Catapsydrax* and *Parasubbotina* genera and the high abundance of *Acarinina* genus throughout this formation indicate a warm water and intermediate trophic conditions for the depositional course of this formation in this basin.

Keywords: Planktonic foraminifera, Khangiran Formation, Eocene, Ypresian-Lutetian.

For Persian Version see pages 163 to 172

*Corresponding author: M. Vahdati Rad; E-mail: marzievahdati@yahoo.com