

چینه‌نگاری زیستی، چینه‌نگاری سکansı و محیط رسوبی سازندهای دالان و کنگان در میدان گازی لاوان در خلیج فارس، با تأکید بر مرز پرموتریاس

سمیه بهارلویی یانچشمه^۱، ابراهیم قاسمی نژاد^۲، حسین رحیم‌پور بناب^۲ و سیدعلی آقانباتی^۲

^۱دانشجوی دکترا، گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران

^۲استاد، دانشکده زمین‌شناسی، دانشگاه تهران، تهران، ایران

^۳دانشیار، گروه زمین‌شناسی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران شمال، تهران، ایران

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۰۴/۲۰

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۱۲/۱۶

چکیده

برش زیرزمینی پرموتریاس در چاه لاوان ۳ از میدان گازی لاوان با ۸۵ متر ستبرا شامل توالی‌هایی از سنگ‌آهک دولومیتی و دولوستون آهکی همراه با انیدریت برای بخش بالایی سازند دالان و ۱۵۴ متر ستبرا شامل دولوستون و دولوستون آهکی با میان‌لایه‌هایی از انیدریت برای سازند کنگان است. در این مطالعه ۱۱۶ گونه متعلق به ۵۵ جنس از روزن‌بران شناسایی شد که به زیست‌زون‌های *Charliella altineri-Paraglobivalvulina mira- Dagmarita chanackchiensis Assemblage zone* به سن جلفین (Dzhulfian) و *Claraia aurita-Spirorbis phlyctaena Assemblage zone* به سن آیزین (Anisian) تقسیم شدند. در این مطالعه نه ریزرخساره اصلی برای بخش بالایی سازند دالان و ۱۳ ریزرخساره اصلی برای سازند کنگان با زیر محیط‌های سابخا، پهنه کشندی، لاگون، پشته‌های زیر دریایی و دریای باز شناسایی شد که در یک سکوی کربناته دریایی کم‌ژرفا به صورت رمپ هم‌کلینال نهشته شده‌اند که بر پایه تغییرات رخساره‌ها و الگوی برانباشت عمودی، پیش‌نشینی و پس‌نشینی رسوبات و همچنین هم‌ارزی با پرتو گاما به دو سکانس رسوبی رده سوم برای بخش بالایی سازند دالان و دو سکانس رسوبی رده سوم برای سازند کنگان شامل دو دسته رسوبی TST و HST قابل تقسیم است و می‌توان آن را در مقیاس جهانی با بخش بالایی سوپرسکانس آسارو کا مقایسه کرد.

کلیدواژه‌ها: چینه‌نگاری زیستی، چینه‌نگاری سکansı، محیط رسوبی، سازندهای دالان و کنگان، میدان گازی لاوان.

*نویسنده مسئول: ابراهیم قاسمی نژاد

E-mail: eghasemi@khayam.ut.ac.ir

۱- پیش‌نوشتار

میدان گازی لاوان در جزیره لاوان با ذخایر بسیار هیدروکربوری در ۱۶ کیلومتری خط ساحلی بخش ایرانی حوضه خلیج فارس در فاصله ۱۱۷ کیلومتری جنوب خاوری عسلویه و ۱۴۷ کیلومتری بخش باختری بندر لنگه جای دارد. کربنات‌های پرموتریاس در این حوضه با نام سازندهای دالان و کنگان (معادل سازند خوف) شناخته می‌شوند (Szabo and Keradpir, 1978; Insalaco et al., 2006). سازند دالان در برش الگو با ۷۴۸ متر ستبرا در چاه ۱ کوه‌سیاه در بخش خاوری تاقدیس و گنبد نمکی خورموج اندازه‌گیری شده که سن تعیین شده برای آن اشکوب‌های گوبرگندینین تا دوراشامین است؛ اگر چه به واسطه وجود دگرشیمی در مرز پرموتریاس در بسیاری از نواحی زاگرس و حوضه خلیج فارس لایه‌های مربوط به آن به‌طور کامل دیده نمی‌شوند (آقانباتی، ۱۳۸۳). در برش الگو به‌ویژه در نواحی فارس و لرستان سازند دالان شامل ۳ واحد سنگ‌چینه‌ای؛ عضو کربناته پایینی، عضو تیخیری نار و عضو کربناته بالایی است.

به‌نظر می‌رسد که سازند دالان به‌صورت ریزرخساره‌هایی از محیط‌های دریای باز، زیست‌آوری و آئیدی، تالابی و پهنه‌های جزرومدی در یک سکوی کربناتی نوع رمپ با آب‌وهوای خشک نهشته شده است (کاووسی، ۱۳۷۴). برش الگوی سازند کنگان با سن تریاس پیشین تا تریاس میانی نیز در چاه ۱ کوه‌سیاه با ستبرای ۱۷۸ متر اندازه‌گیری شده است که (Szabo and Kheradpir (1978) از دیدگاه سنگ‌شناختی سه رخساره متفاوت را برای آن در نظر می‌گیرند که شامل رخساره کربناتی تمیز، رخساره آرژیلی شیلی قاعده‌ای و رخساره کربناتی تیخیری است.

رخساره چیره این سازند به‌ویژه در نواحی لرستان و خلیج فارس، رخساره کربناتی تیخیری است که از دید مهندسی مخازن نفتی ویژگی‌های آن مشابه سازند دالان بوده و به همین دلیل سازند کنگان به همراه دو سازند دالان و فراقون، سومین واحد سنگ‌چینه‌ای از گروه دهرم است (آقانباتی، ۱۳۸۳). گروه دهرم افقی بسیار مهم از دید تجمع گاز است که سنگ مخزن اصلی آن در سازند کنگان و بخش بالایی سازند دالان تشکیل می‌دهد. این طبقات در حوضه خلیج فارس از غنی‌ترین ذخایر هیدروکربوری جهان به‌شمار می‌روند

(Insalaco et al., 2006; Ehrenberg et al., 2007; Tavakoli et al., 2011;) (Asadi- Eskandar et al., 2013) و به دلیل اهمیت اقتصادی آن، توسط پژوهشگران بسیار از جمله (Rahimpour- Bobab et al. (2009) و (Insalaco et al. (2006) و (Asadi- Eskandar et al. (2013) و (Esrafilii- Dizaji and Rahimpour- Bonab (2009) در میدان مختلف مطالعه شده‌اند. هدف از این پژوهش نیز مطالعه و بررسی این لایه‌ها بر پایه شناسایی گستره زیست‌چینه‌ای زیا با تأکید بر روزن‌بران، شناسایی تغییرات عمودی ریزرخساره‌ها و محیط رسوبی، تشخیص دسته‌های رخساره‌ای، تعیین سکانس‌های رسوبی و مرزهای سکansı و هم‌ارزی آنها با پرتو گاما در میدان گازی لاوان است.

۲- موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه

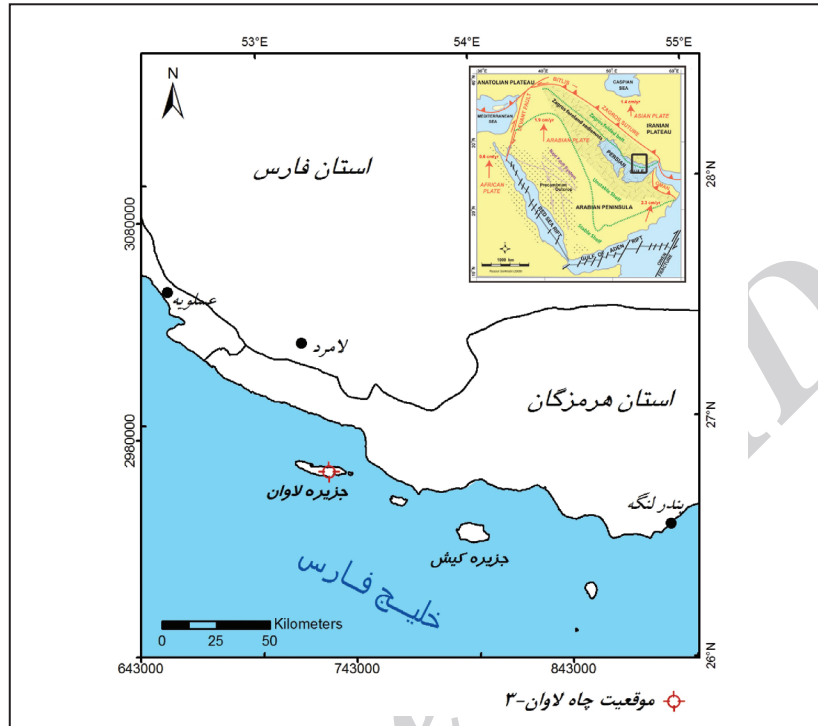
جزیره لاوان یکی از جزایر مرجانی استان هرمزگان است که مختصات آن با طول جغرافیایی ۵۳° ۱۶' ۸" خاوری و عرض جغرافیایی ۲۶° ۴۸' ۳۵" شمالی مشخص است (شکل ۱). لایه‌های مورد بررسی در این پژوهش مربوط به چاه ۳ از میدان گازی لاوان در این جزیره است که به‌صورت یک تاقدیس کم‌ارتفاع در بخش باختری تاقدیس‌های چیر و چارک و با فاصله ۷۰ کیلومتری از بخش خاوری میدان گازی پارس جنوبی جای گرفته است.

۳- ساختار زمین‌شناسی

توالی‌های سازند خوف و معادل‌های زمانی آن در حاشیه غیر فعال قاره‌ای اقیانوس نوتیس (شمال خاوری ابر قاره گندوانا)، با محدوده‌ای بیش از ۲۵۰۰ کیلومتر در امتداد شمال باختر - جنوب خاور و بیش از ۱۵۰۰ کیلومتر در امتداد شمال خاور - جنوب باختر به‌واسطه عملکرد نیروهای اتواستاتیکی - زمین‌ساختی طی پیشروی سطح آب دریا و فرونشینی کف حوضه نهشته شده‌اند (Al- Jallal, 1995; Stampfli, 2000; Sharland et al., 2001; Insalaco et al., 2006; Esrafilii- Dizaji and Rahimpour- Bonab, 2009). متداول‌ترین مدل

(Tavakoli et al., 2011). شرایط اقلیمی در زمان ته‌نشست این رسوبات به صورت دوره گذر از شرایط یخچالی به شرایط گلخانه‌ای است که این امر به گرم شدن کره زمین و افزایش میزان دی‌اکسید کربن ارتباط داده شده است (Al-Jallal, 1995). از دید رژیم گرمایی نیز شرایط آب‌وهوایی گرم و خشک مشابه با خلیج فارس امروزی بر محیط حاکم بوده است (Strohmenger et al., 2002).

رخساره‌ای که برای نهشته‌های این سکو معرفی شده، رمپ هموکلینال است که با تغییرات رخساره‌ای ملایم از رسوبات سیلیسی آواری حاشیه دریا تا چرخه‌های کربناته-انیدریتی بخش داخلی سکو و کربنات‌های بخش رو به دریای باز را شامل می‌شود (Sharland et al., 2001; Insalaco et al., 2006; Esrafil-Dizaji and Rahimpour-Bonab, 2009; Weidlich and Bernecker, 2010;



شکل ۱- موقعیت مکانی چاه مورد مطالعه در جزیره لاوان، حوضه خلیج فارس.

۴- روش مطالعه

بخش‌های پایینی شامل تناوبی از دولستون و دولستون آهکی با میان‌لایه‌هایی از سنگ آهک، در بخش‌های میانی شامل ستبرای زیادی از دولستون همراه با تبخیری، دولستون آهکی و لایه‌های انیدریت و در بخش‌های بالایی نیز شامل تناوبی از دولستون آهکی، آهک دولومیتی و سنگ آهک، گاه تا بیش از ۸۰ درصد انیدریت و لایه تبخیری است. سازند کنگان به سوی بالا به شیل‌های آغار از سازند دشتک می‌رسد که به نظر می‌رسد با توجه به گسترش گرهک‌های آهن اکسید شده در لایه‌های سطوح انتقالی مرز بالایی این سازند، این مرز از نوع ناپیوسته بوده باشد.

در این پژوهش، مطالعات به صورت آزمایشگاهی شامل بررسی ۱۰۹۶ مقطع نازک مربوط به نمونه مغزه‌هایی بوده که با فاصله‌ای در حدود ۲۰ سانتی‌متر از لایه‌های بخش بالایی سازندهای دالان و کنگان چاه لاوان ۳ برداشت شده است. برای مطالعه ریزرخساره‌های رسوبی و سنگ‌شناسی از میکروسکوپ پلاریزان و میکروسکوپ الکترونی استفاده شد؛ رخساره‌های میکروسکوپی کربناته بر پایه Dunham (1962) توصیف و نام‌گذاری و بر پایه (Flugel (2004)، Buxton and Pedley (1989) و Wilson (1975) رده‌بندی شدند. همچنین برای شناسایی کلسیت از دولومیت، نمونه‌ها با آلزارین رنگ‌آمیزی شدند. برای شناسایی روزن‌بران و مطالعه رخساره‌های زیستی میکروسکوپی از میکروسکوپ نوری استفاده و در پایان، به منظور تکمیل مطالعات، نمودار مربوط به پرتو گاما نیز تحلیل شد.

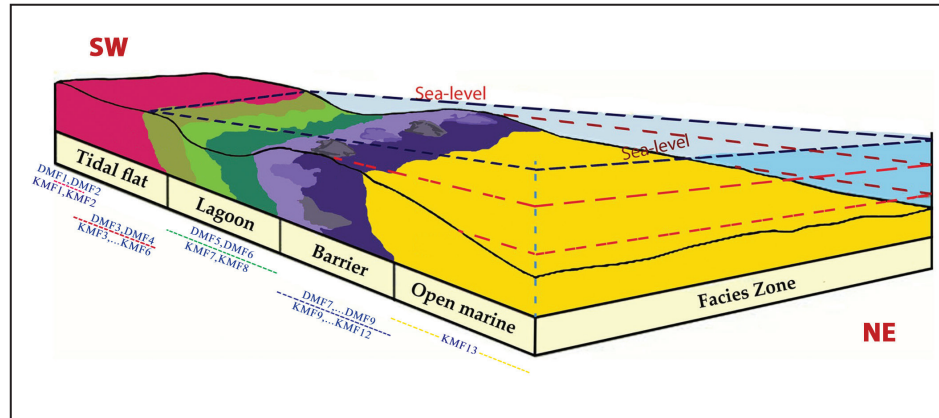
۶- رخساره‌ها و محیط رسوبی

مطالعه مقاطع نازک به منظور شناسایی محیط‌های رسوبی به شناسایی ۹ ریزرخساره اصلی مربوط به ۴ کمر بند رخساره‌ای برای بخش بالایی سازند دالان و ۱۳ ریزرخساره اصلی متعلق به ۵ کمر بند رخساره‌ای برای سازند کنگان در منطقه مورد مطالعه انجامید که با کمر بندهای رخساره‌ای (Pedley (1998 نیز همخوانی داده شد. توالی این رخساره‌های رسوبی در شکل‌های ۶، ۷، ۸ و ۹ نشان داده و نیز در جدول ۱ با (Insalaco et al. (2006) و (Rahimpour-Bonab et al. (2010 مقایسه شده است. با توجه به نوع ریزرخساره‌ها و کمر بندهای رخساره‌ای که مربوط به محیط‌های سوپراتایدال (supratidal)، اینترتایدال (intertidal)، لاگون، شول کربناته آلیتی بیوکلاستی و دریای باز است، به نظر می‌رسد که لایه‌های بخش بالایی سازند دالان و سازند کنگان در یک سامانه سکوی کربناته به صورت رمپ هموکلینال با شرایط اقلیمی گرم و خشک نهشته شده‌اند (شکل ۲). ریزرخساره‌های شناسایی شده از لایه‌های پرموتریاس چاه مورد مطالعه عبارتند از:

۵- چینه‌شناسی سازندهای دالان و کنگان در منطقه مورد مطالعه

در چاه لاوان ۳، بخش بالایی سازند دالان با ۲۸۳ متر ستبرای اندازه‌گیری و در این پژوهش، ۸۵ متر از بخش بالایی آن مطالعه شد. این لایه‌ها در پایین با تناوبی از دولستون آهکی همراه با میان‌لایه‌هایی از آهک دولومیتی گاه همراه با انیدریت شروع، سپس با لایه‌های نازکی از دولستون، لایه‌های انیدریت، سنگ آهک نازک‌لایه و گاه مقادیری از تبخیری ادامه می‌یابد و در بالا با توالی‌هایی از دولستون آهکی همراه با میان‌لایه‌هایی از انیدریت پایان می‌پذیرد. در منطقه مورد مطالعه مرز زیرین این لایه‌ها با عضو انیدریتی کمیاب به دلیل نبود نمونه‌گیری از این بخش، مشخص نیست و مرز بالایی آن با سازند کنگان، ناپیوسته در نظر گرفته می‌شود که در این نوشتار به آن پرداخته شده است. سازند کنگان نیز در چاه مورد مطالعه با ستبرای ۱۵۴ متر در

شکل ۲- تصویری نمادین از مدل رسوبی رمپ کربناته بخش بالایی سازند دالان و سازند کنگان در میدان لاوان (DMF1, DMF2, KMF1, KMF2) مربوط به نهشته‌های بالای منطقه کشتندی (فراکشنندی)؛ DMF3, DMF4, KMF3 و KMF6 مربوط به نهشته‌های منطقه میان کشتندی؛ DMF5, DMF6, KMF7, KMF8 محیط لاگون؛ DMF7... DMF9, KMF9... KMF12 مربوط به منطقه شول کربناته؛ KMF13 مربوط به محیط دریای باز).



جدول ۱- ریزرخساره‌های اصلی بخش بالایی سازندهای دالان (DMF) و کنگان (KMF) در چاه مورد مطالعه و مقایسه آن با (Insalaco et al. (2006) و Rahimpour- Bonab et al. (2010).

ریزرخساره‌های اصلی در این مطالعه	محیط رسوبی	ویژگی‌های رسوب‌شناختی	Insalaco et al. (2006)	Rahimpour et al. (2010)
DMF1, KMF1 (laminated to massive anhydrite)	منطقه فراکشنندی- سابخا با اقلیم گرم و خشک	انیدریت گرهکی، توده‌ای- لایه‌ای به همراه فابریک توری مرغی- درصد انیدریت در آن بیش از ۸۰ درصد است	F1, F2	F1
DMF2, KMF2 (dolomudstone with sparse anhydrite crystals)	محیط سابخا در اقلیم گرم و خشک	دولومادستون با آثاری از دولومیتی شدن ابتدایی و قالب‌های تبخیری	F6	F3
DMF3, KMF3 (stromatolite bindstone)	پهنه‌های کشتندی و به‌طور بخشی میان کشتندی	مادستون تیره به همراه فیلامنت‌های جلبکی و گرهک‌هایی از انیدریت ثانویه	F20, F21, F22	F5
KMF4 (thrombolitic boundstone)	میان کشتندی، فرو کشتندی کم‌ژرفا	رخساره ترومبولیتی با فابریک لخته‌ای همراه با میکروکاستروپودا، برخی روزنبران و استراکدا	F20, F21, F22	F5
DMF4, KMF5 (dolomudstone with chickenwire anhydrite)	پهنه‌های کشتندی، سابخا و حوضچه‌های داخلی سکوی کربناته در اقلیم گرم و خشک	دولومادستون انیدریتی با فابریک توری مرغی، نهشته شده در محیط‌های فوق اشباع از سولفات حاوی انیدریت	F5, F6	F6
KMF6 (peloid packstone-grainstone)	پهنه کشتندی	پکستون- گرینستون پلویدی	F5, F6	F7
DMF5, KMF7 (bioturbated mudstone)	لاگون محدود شده در سکوی کربناته	مادستون با آثاری از زیست‌آشفته‌گی با گوناگونی ناچیزی از زیا	F5	F8, F9
DMF6, KMF8 (shelf lagoon wackestone-packstone)	لاگون شلف	و کستون- پکستون لاگون شلف همراه با پلوید و بیو کلاست‌های میکربیتی شده	F11, F14	F10
DMF7, KMF9 (micritic microbioclastic grainstone)	محیط پشت پشته‌های کربناته زیر آبی	پکستون- گرینستون به‌همراه پلوید، آئید و قطعات بیو کلاست میکربیتی شده	F10	F11
DMF8, KMF10 (oolithic grainstone)	جزایر سدی و یا شول	گرینستون آئیدی دانه متوسط تا بزرگ همراه با تخلخل قالبی و میان‌دانه‌ای	F9	F12
DMF9, KMF11 (bioclastic intraclastic grainstone)	محیط رو به دریای پشته‌های کربناته	گرینستون دارای قطعات درشت‌اندازه بیو کلاست و اینتراکلاست	F7, F8	F13
KMF12 (intraclastic grainstone)	منطقه فرو کشتندی با انرژی بالا	گرینستون اینتراکلاستی با جورشدگی ضعیف	F7	F13
KMF13 (open marine mudstone-wackestone)	رمپ خارجی	دارای مقادیر ناچیزی بیو کلاست همراه با آثاری از زیست‌آشفته‌گی	F11	F14

فابریک فنسترال و قالب تبخیری در این رخساره، همگی نشان‌دهنده تشکیل آن در بخش بالایی پهنه جزرومدی با اقلیم گرم و خشک است. این رخساره را نیز می‌توان با رخساره پری‌تایدال کمر بند رخساره‌ای شماره ۱ (Pedley (1998) مقایسه کرد.

– **ریز رخساره باندستون ترومبولیتی (KMF4):** این رخساره برخلاف استروماتولیت‌ها لایه‌بندی ندارد و دارای فابریک لخته‌ای (Clotted fabric) است که توسط سیانوباکتری‌ها تشکیل می‌شود (شکل ۳- D). محیط تشکیل ترومبولیت‌ها نیز همانند استروماتولیت‌ها، مربوط به پهنه‌های جزرومدی با اقلیم گرم و خشک است.

– **ریز رخساره دولومادستون همراه با انیدریت توری مرغی (DMF4, KMF5):** این رخساره به صورت مادستون دولومیتی است که به دلیل نهشته شدن در محیط‌های فوق اشباع از سولفات، دارای انیدریت با فابریک توری مرغی است (شکل ۳- E) که به نظر می‌رسد در حوضچه‌های موجود در نواحی داخلی سکوی کربناته با اقلیم گرم و خشک تشکیل شده باشد. به دلیل پر شدن فضاهای خالی با تبخیری‌ها، کیفیت مخزنی به شدت کاهش یافته است. این رخساره را می‌توان با رخساره پری‌تایدال کمر بند رخساره‌ای شماره ۱ (Pedley (1998) مقایسه کرد.

– **ریز رخساره پلویید پکستون- گریستون (KMF6):** در این رخساره تراکمی از دانه‌های پلویید در زمینه‌ای سیمانی دیده می‌شود که به دلیل بالا بودن نسبی انرژی محیط، گل موجود در فضای میان‌دانه‌ای شسته شده است (شکل ۳- F). این رخساره در پهنه جزرومدی منطقه ساحلی تشکیل شده است.

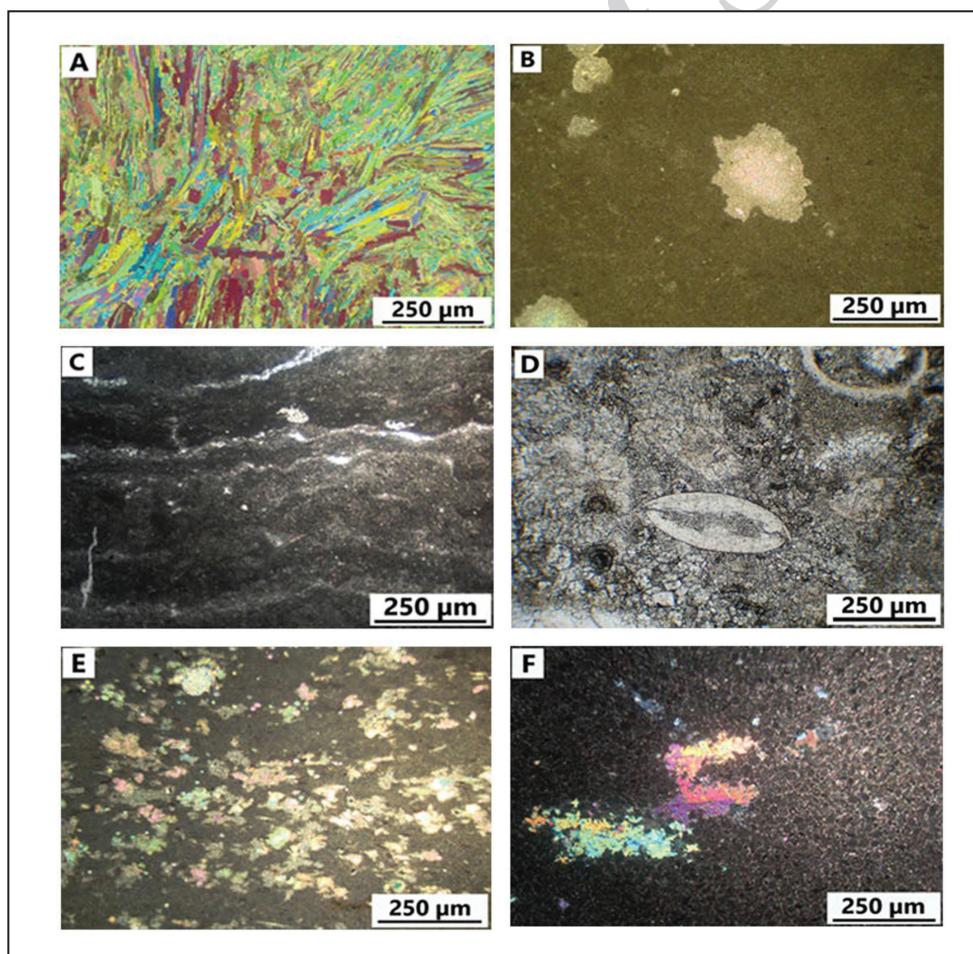
۶-۱. کمر بند رخساره‌ای سابخایی حواشی سکوی کربناته و سوپراتایدال

– **ریز رخساره انیدریت لامیناسیونی تا توده ای (DMF1, KMF1):** توده‌های انیدریت در این رخساره عموماً به صورت لایه‌ای یا توده‌ای به شکل بلورهای ریز سوزنی شکل (IdeeNe epahs) دیده می‌شود (شکل ۳- A) که گاهی به صورت اولیه نهشته شده و در برخی موارد نیز با اجزای اولیه تشکیل دهنده رسوب به طور ثانویه جایگزین شده است. این تبخیری‌ها تا حدود بیش از ۸۰ درصد سنگ را تشکیل می‌دهند. این رخساره در پهنه‌های تبخیری و نمکی سوپراتایدال و یا لاگون با شوری بالا تشکیل شده است.

– **ریز رخساره دولومادستون- وکستون همراه با انیدریت (DMF2, KMF2):** دولومیتی شدن ابتدایی و حضور قالب‌های تبخیری در این رخساره نشان از تشکیل آن در اقلیم گرم و خشک دارد. در این رخساره بیش از ۲۰ درصد متن سنگ را انیدریت توده‌ای- لایه‌ای، سوزنی شکل و یا توری مرغی (Chickenwire fabric) تشکیل داده است (شکل ۳- B). این رخساره نیز در پهنه‌های نمکی تبخیری محیط سوپراتایدال تشکیل شده و قابل قیاس با رخساره پری‌تایدال کمر بند رخساره‌ای شماره ۱ (Pedley (1998) است.

۶-۲. کمر بند رخساره‌ای پهنه جزرومدی

– **ریز رخساره استروماتولیت باندستون (DMF3, KMF3):** این رخساره عموماً به صورت یک توالی از لایه‌های روشن و تیره شامل ترکیبی از رسوب و ساختمان‌های آلی (جلبک‌های سیانوباکتری) است (شکل ۳- C). شکل مسطح استروماتولیت،



شکل ۳- تصاویر میکروسکوپی ۱۳ ریز رخساره اصلی سازندهای مورد مطالعه در جاه لاوان ۳.

Laminated to massive anhydrite (A); Dolomudstone with sparse anhydrite (B); Stromatolite bindstone (C); Thrombolytic boundstone (D); Dolomudstone with chickenwire anhydrite (E); Peloid packstone-grainstone (F); Bioturbated mudstone (G); Shelf lagoon wackestone-packstone (H); Micritic microbioclastic grainstone (I); Oolithic grainstone (J); Bioclastic intraclastic grainstone (K); Intraclastic grainstone (L); Marine mudstone-wackestone (M).

۶-۳. کمربند رخساره‌های لاگون‌های محدود شده در محیط جزرومدی

– ریزرخساره مادستون زیست‌آشفته (DMF5, KMF7): این رخساره به صورت مادستون با گوناگونی ناچیزی از موجودات شامل خرده‌هایی از نرم‌تنان دیده می‌شود که در شرایط محیط لاگون با ارتباط نسبی پایین آب با دریای باز تشکیل شده است (شکل ۳-G). به دلیل چیرگی اقلیم گرم و خشک و محدودیت گردش آب در حوضه با فوق اشباع شدن حوضه از سولفات، تبخیری‌هایی همچون ژپس تشکیل شده است. این رخساره را نیز می‌توان با رخساره پری‌تایدال کمربند رخساره‌ای شماره ۱ (Pedley 1998) مقایسه کرد.

– ریزرخساره وکستون-پکستون بیوکلاستی لاگون شلف (DMF6, KMF8): این رخساره شامل تنوعی از دانه‌های اسکلتی و پلویید با جورشدگی ضعیف است. از ویژگی‌های اصلی این رخساره، میکرایتی شدن دانه‌هاست (شکل ۳-H). این رخساره را می‌توان با رخساره لاگون پشت شول سدی بخش خارجی کمربند شماره ۲ (Pedley 1998) مقایسه کرد.

۶-۴. کمربند رخساره‌های تپه‌های زیر آبی (شول) آلبیتی و بیوکلاستی

– ریزرخساره میکروبیوکلاستیک گرینستون میکرایتی شده (DMF7, KMF9): این رخساره به صورت گل و کستون-پکستون ضعیف تا متوسط جور شده دارای قطعاتی از اینتراکلاست، پوسته نرم‌تنان، همچنین مقادیر زیادی پلویید و زیای محیط لاگون به همراه آئیدهای میکرایتی شده و حمل شده از محیط شول دیده می‌شود و به نظر می‌رسد حضور فراوان پلویید در این رخساره مربوط به تشکیل آنها در اثر میکرایتی شدن آئیدهای آراگونیتی بوده باشد (شکل ۳-I). این رخساره در محیط پشت پشته‌های کربناته زیر آبی و رو به لاگون تشکیل شده است و به دلیل حاکم بودن شرایط حدواسطی از انرژی مربوط به هر دو محیط پارانرژی و کم‌انرژی، حالت درهم ریخته‌ای از هر دو محیط در این ریزرخساره دیده می‌شود. این رخساره را می‌توان با رخساره سدی بخش داخلی کمربند شماره ۳ (Pedley 1998) مقایسه کرد.

– ریزرخساره گرینستون آئیدی (DMF8, KMF10): این رخساره دارای آئیدهای با جورشدگی و گردش‌دهی خوب است که مشخصه محیط شول کربناته پارانرژی هستند. بلوغ بافتی خوب، دولومیتی شدن و تخلخل قالبی کیفیت مخزنی خوبی

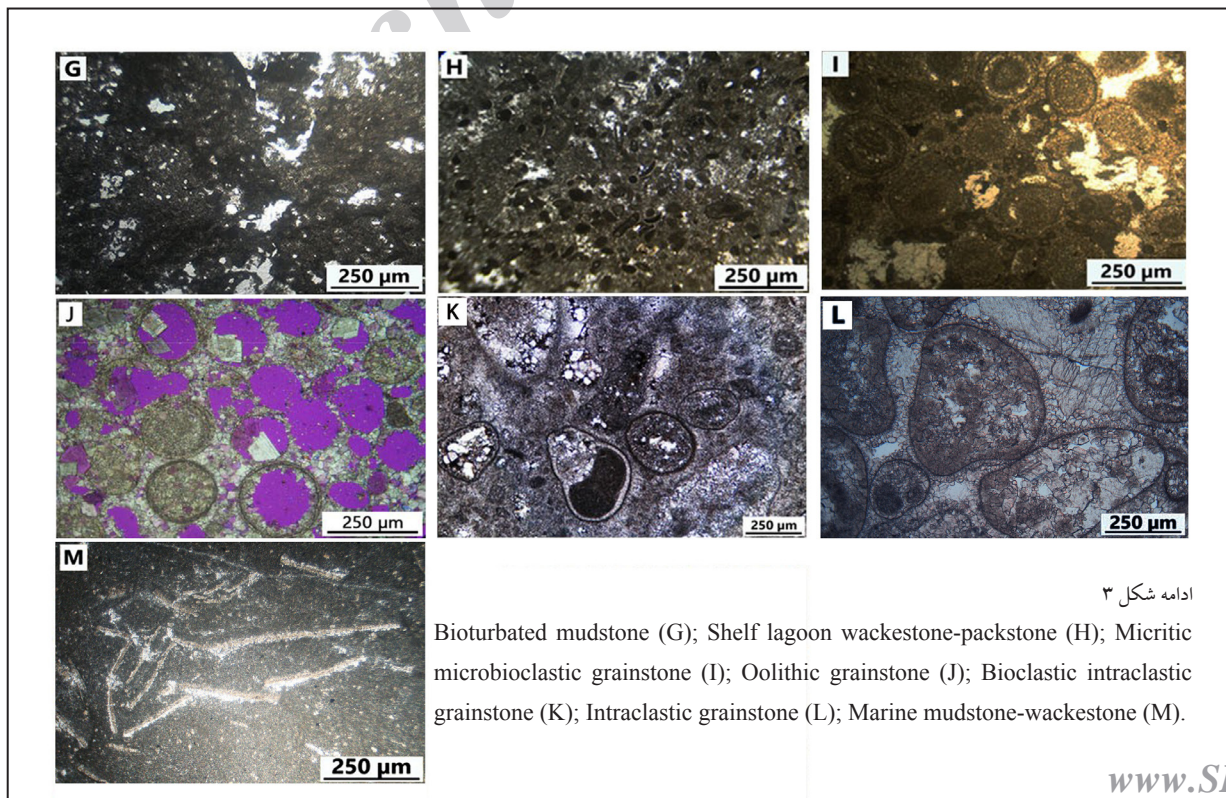
را برای این رخساره ایجاد کرده است. بر اثر انحلال آئیدها تخلخل عموماً از نوع قالبی است (شکل ۳-J) که در برخی موارد توسط سیمان‌های انیدریتی پر و موجب کاهش تخلخل می‌شود. این رخساره را می‌توان با رخساره سدی کمربند شماره ۳ (Pedley 1998) مقایسه کرد.

– ریزرخساره گرینستون بیوکلاستی اینتراکلاستی (DMF9, KMF11): این رخساره با قطعاتی از اینتراکلاست، آئید، روزن‌بران، جلبک آهکی و نرم‌تنان با جورشدگی و گردش‌دهی خوب دیده می‌شود. قطعات بیوکلاست گاه تبلور دوباره یافته‌اند. سیمانی شدن دریایی به‌ویژه از نوع تیغه‌ای در این ریزرخساره به‌خوبی گسترش دارد (شکل ۳-K). این رخساره در شرایط پارانرژی در بخش رو به دریای شول‌های کربناته تشکیل شده و دارای تخلخل و تراوایی بالایی است که گاه با نفوذ سیمان‌های انیدریتی کاهش می‌یابد. این رخساره قابل قیاس با رخساره تشکیل شده در بخش خارجی کمربند شماره ۳ (Pedley 1998) یعنی رخساره سدی گرینستونی است.

– ریزرخساره گرینستون اینتراکلاستی (KMF12): در این ریزرخساره قطعات بزرگی از اینتراکلاست، پوسته نرم‌تنان و گاه آنکوئید در یک زمینه سیمانی دیده می‌شود. بزرگ بودن قطعات در این رخساره و نبود ماتریکس گلی در آن نشان‌دهنده ته‌نشست این رخساره در شرایط با انرژی بالاست (شکل ۳-L). انواع اصلی تخلخل در این رخساره از نوع میان‌دانه‌ای و قالبی است و در مواردی که این فضاها از سیمان انیدریتی پر نشده است کیفیت مخزنی بالایی دارد. این رخساره نیز قابل قیاس با رخساره تشکیل شده در بخش خارجی کمربند شماره ۳ (Pedley 1998) است.

۶-۵. کمربند رخساره‌های محیط دریای باز

– ریزرخساره مادستون-وکستون دریای باز (KMF13): این رخساره به صورت گل آهکی همراه با خرده‌هایی از نرم‌تنان مانند کلارایا دیده می‌شود (شکل ۳-M)؛ که به دلیل تشکیل آن در منطقه زیر سطح امواج در بخش بیرونی رمپ با انرژی پایین و بلوغ بافتی کم، تخلخل آن ناچیز و در نتیجه کیفیت مخزنی در آن پایین است. در این ریزرخساره پوسته استراکدا بیشتر به صورت قطعات خرد و میکرایتی شده به فراوانی دیده می‌شود. گوناگونی و فراوانی دیگر زیباها کم است.



ادامه شکل ۳

Bioturbated mudstone (G); Shelf lagoon wackestone-packstone (H); Micritic microbioclastic grainstone (I); Oolithic grainstone (J); Bioclastic intraclastic grainstone (K); Intraclastic grainstone (L); Marine mudstone-wackestone (M).

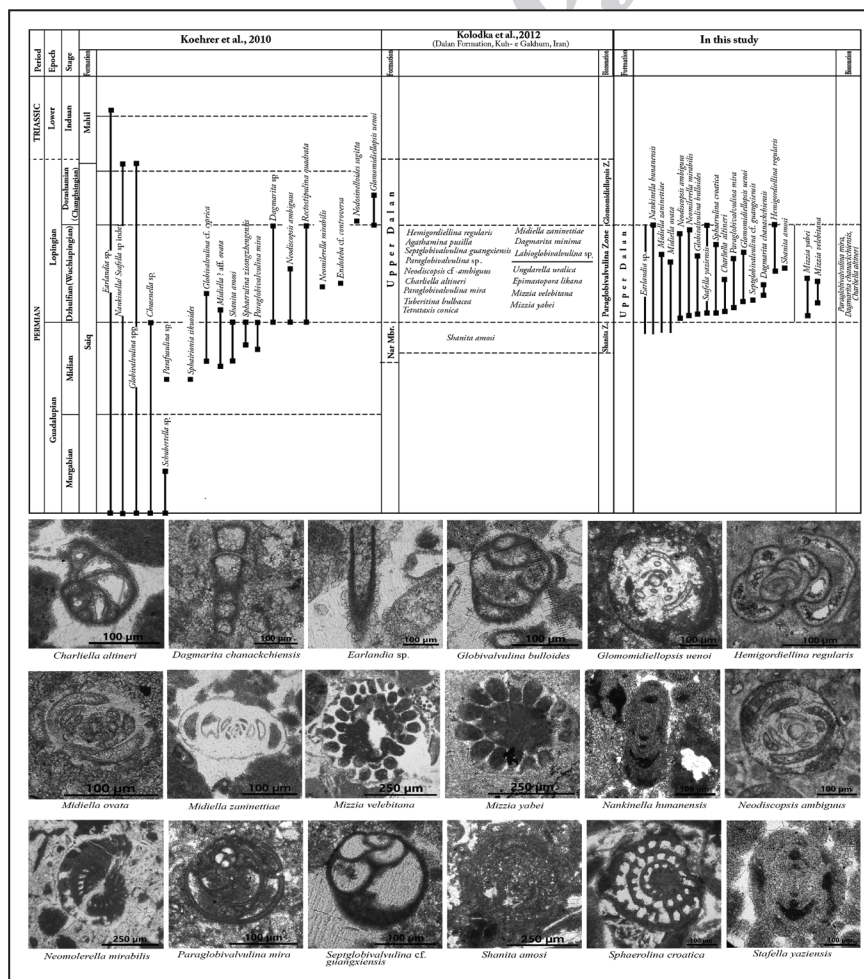
۷- چینه‌نگاری زیستی

Glomomidiellopsis uenoi Gaillot and Vachard, 2007, *Dagmarita chanackchiensis* Reitlinger, 1965.

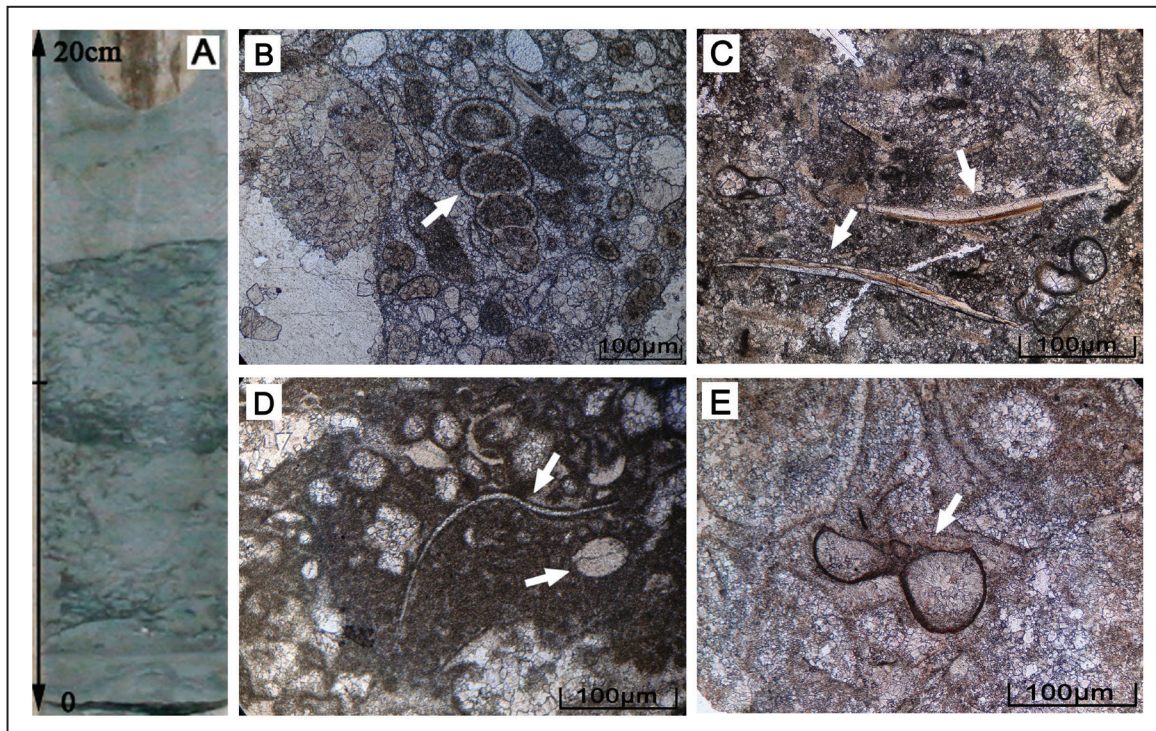
که بر پایه این مجموعه از روزن‌بران، زیست‌زون *Charliella altineri-Paraglobivalvulina mira- Dagmarita chanackchiensis* Assemblage zone با سن پرمین پایانی (جلفین) برای آن تعیین شد. همچنین مطالعات زیست‌چینه‌ای سازند کنگان نیز به شناسایی برخی گونه‌های شاخص همچون *Spirorbis phlyctaena* از کرم‌ها، *Claraia aurita* از دوکفه‌ای‌ها و گونه‌هایی از استراکدا و گاستروپودا انجامید (شکل‌های ۵- B تا E) که بر پایه آن زیست‌زون *Claraia aurita- Spirorbis phlyctaena* Assemblage zone با سن تریاس میانی (آتیزین) برای آن مشخص شد. نهشته‌های مربوط به اشکوب‌های دوراشامین از پرمین پایانی و اسکیتین از تریاس آغازین به دلیل نبود روزن‌بران شاخص مربوط به آن، به‌صورت نبود چینه‌ای در نظر گرفته می‌شوند که با نتایج مطالعات طرهانی و همکاران (۱۳۸۵) و Mazaheri Johari and Ghasemi-Nejad (2017) نیز همخوانی دارد. در توالی‌های آغازین سازند کنگان در چاه مورد مطالعه، رخساره میکروبیال ترمولیتی بازمینه‌ای از فابریک لخته‌ای دیده می‌شود (شکل‌های ۵- A و D) که برخی پژوهشگران از جمله Insalaco et al. (2006)، Kershaw et al. (2002) و Yang et al. (2015) نیز این رخساره را برای مرز پرموتریاس گزارش کرده‌اند. Abdolmaleki and Tavakoli (2016) برای این توالی در حوضه خلیج فارس از نام رخساره نابهنگام (Anachronistic) استفاده می‌کند و نوسانات نرخ کربنات کلسیم را دلیل تشکیل آن می‌داند.

مطالعه چینه‌نگاری زیستی بخش بالایی سازند دالان و سازند کنگان سبب شناسایی ۱۱۶ گونه متعلق به ۵۵ جنس از روزن‌بران شد که برای شناسایی جنس‌ها و گونه‌ها از نتایج تحقیقات Vachard et al. (2005 and 2010) و Gaillot and Vachard (2007) استفاده شده است (بهارلویی و همکاران، ۱۳۹۰). بخش بالایی سازند دالان با حضور شماری از روزن‌بران شاخص تعیین سن شد که گسترش زیست‌چینه‌ای آنها در شکل ۴ آورده شده و با نتایج پژوهش‌های Koehrer et al. (2010) و Kolodka et al. (2012) نیز همخوانی داده شده است. نتایج این مطالعات نشان می‌دهد که با وجود حضور فراوان روزن‌بران در بخش بالایی سازند دالان، بخش زیادی از آنها (در حدود ۹۴ درصد) در مرز پرموتریاس از بین می‌روند و گوناگونی ناچیزی از آنها در نهشته‌های تریاس حضور می‌یابد که این انقراض ناگهانی در نقاط مختلف حوضه تیس از جمله هند، جنوب چین، ایتالیا و ترکیه نیز گزارش شده است (Nakazawa et al., 1975; Sheng et al., 1984; Broglio- Loriga et al., 1986).

از گونه‌های قابل شناسایی چینه‌های بخش بالایی سازند دالان در چاه مورد مطالعه می‌توان موارد زیر را نام برد:
Nankinella hunanensis Chen, 1956, *Midiella zaninettiae* (Altiner, 1978), *Midiella ovata* (Grozdilova, 1956), *Neodiscopsis ambiguus* Gaillot and Vachard, 2007, *Neomillerella mirabilis* Gaillot and Vachard, 2007, *Globivalvulina bulloides* (Brady, 1876), *Staffella yaziensis* Wang and Sun, 1973, *Sphaerulina croatica* Kochansky- Devidé, 1965, *Charliella altineri* Gaillot and Vachard, 2007, *Paraglobivalvulina mira* Reitlinger, 1965,



شکل ۴- جدول گسترش زیست‌چینه‌ای برخی روزن‌بران بخش بالایی سازند دالان در چاه مورد مطالعه که با Koehrer et al. (2010) و Kolodka et al. (2012) نیز همخوانی داده شده است.



شکل ۵- (A) تصویری از نمونه مغزه از رخساره ترومولیت؛ (B) تصاویر میکروسکوپی از برخی زیای شناسایی شده از سازند کنگان در چاه لاوان ۳ شامل؛ برشی از صدف میکروگاستروپودا؛ (C) خرده‌هایی از گونه *Claraia aurita*؛ (E) برشی از گونه *Spirorbis phlyctaena*؛ (D) قطعاتی از صدف دو کفه‌ای‌ها و پوسته استراکدا در زمینه‌ای با فابریک لخته‌ای از رخساره ترومولیت.

۸- چینه‌نگاری سکانسی

آمدن سطح آب دریا، بخش HST با رخساره‌های گرین استون- پکستون پشت سد، و کستون- پکستون بیوکلاستی لاگون، گرینستون پلوییدی پهنه جزرومدی و در توالی‌های پایانی با رخساره مادستون پهنه جزرومدی دیده می‌شود. مرز پایینی این سکانس به دلیل عدم دسترسی به چینه‌های پایین تر دیده می‌شود و با توجه به دیده نشدن شواهدی مبنی بر قرارگیری توالی‌های مرز بالایی در شرایط تحت جوی، مرز بالایی، از نوع دوم (SB2) در نظر گرفته می‌شود. تغییر ریزرخساره‌ها در واحد مخزنی KS4، این سکانس را به سه واحد سکانسی رده چهارم تقسیم می‌کند که با نام‌های KS4a، KS4b و KS4c مشخص می‌شوند و با واحدهای مخزنی KS4a، KS4b و KS4c Insalaco et al. (2006) و سکانس P30 Sharland et al. (2001) قابل مقایسه هستند (شکل ۶).

۸-۲. سکانس KS3

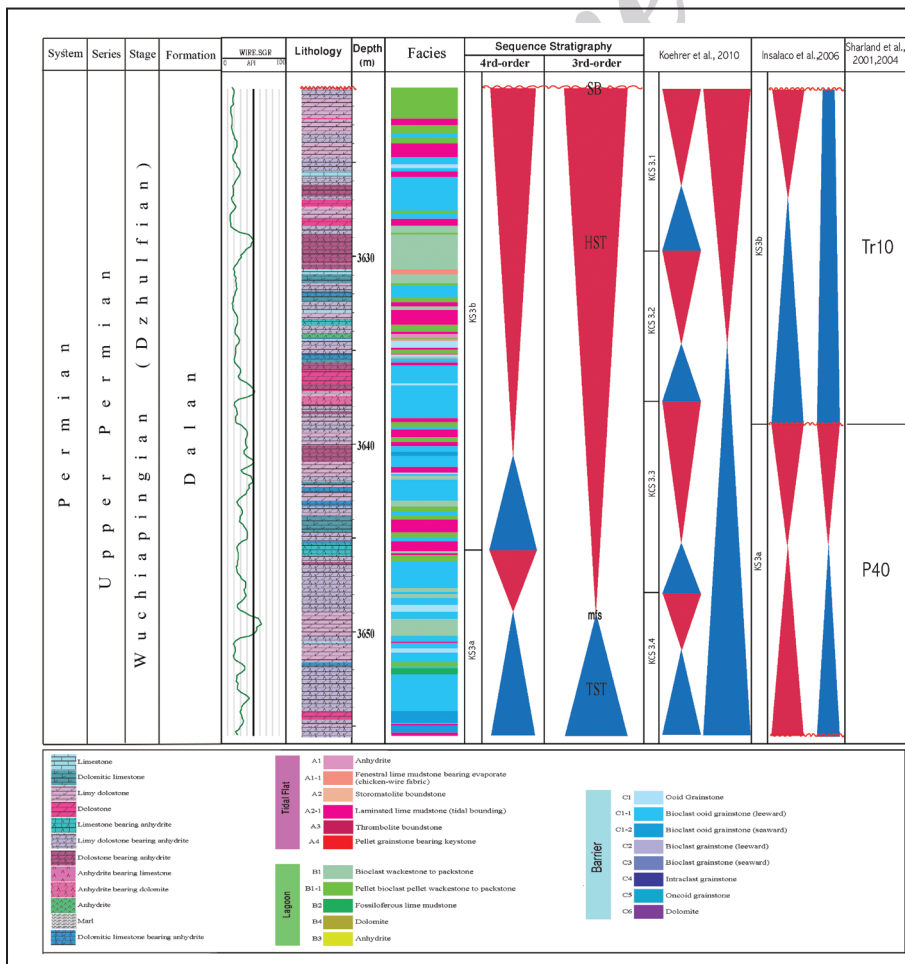
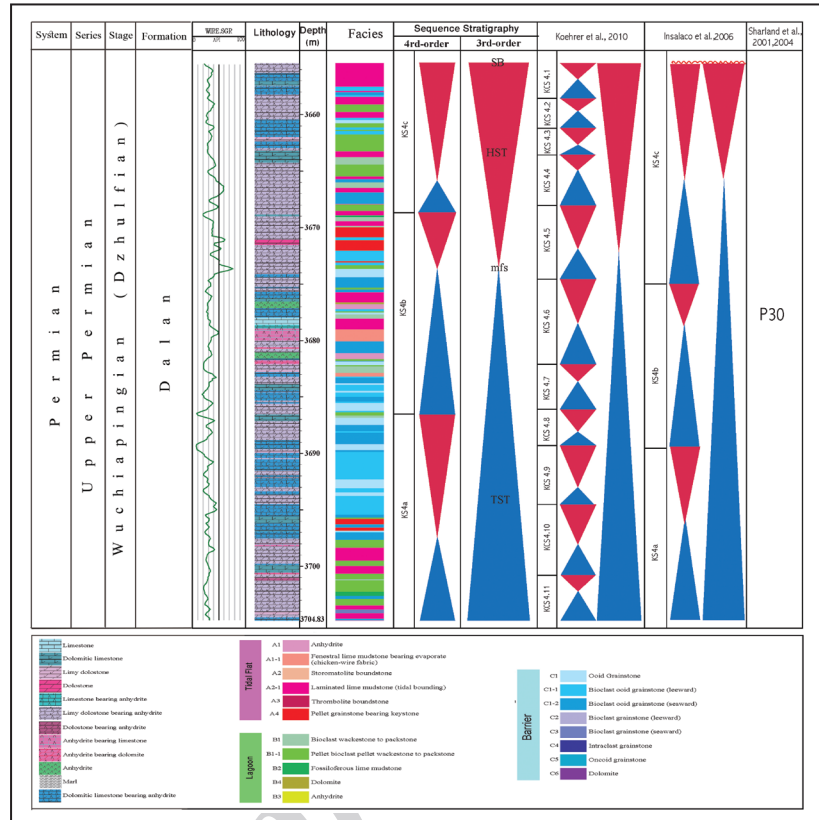
این سکانس رسوبی در چاه مورد مطالعه، با توجه به روند افزایشی پرتو گاما، با توالی ستبری از رخساره‌های کم‌انرژی پشت سد، لاگون و گرینستون محیط شول به صورت دسته رسوبی TST آغاز می‌شود که سطح MFS در آن مربوط به رخساره گرینستون آئیدی است. HST در این سکانس طی روند کم‌ژرفاشدگی حوضه با رخساره‌های پکستون آئیدی پشت سد، و کستون- پکستون پلوییدی لاگون و مادستون پهنه جزرومدی در رأس سکانس همراه است. از آنجا که اطلاعات مربوط به توالی‌های پایانی این سکانس در دسترس نیست؛ بنابراین مرز بالایی این سکانس، بر پایه تغییرات نمودار پرتو گاما، مطالعات زیست‌چینه‌ای و حضور رخساره پیشرونده گرینستون آئیدی شول در توالی‌های بالای این مرز، از نوع اول (SB1) در نظر گرفته می‌شود. این چرخه رسوبی در چاه مورد مطالعه با دو واحد سکانسی رده چهارم با نام‌های KS3a و KS3b مشخص می‌شود که قابل قیاس با واحدهای مخزنی KS3a و KS3b Insalaco et al. (2006) و سکانس‌های P40 و Tr10 Sharland et al. (2001) هستند (شکل ۷).

بررسی چینه‌نگاری سکانسی در چاه مورد مطالعه بر پایه تغییرات رخساره‌ها و الگوی برانباشت عمودی، پیش‌نشینی و پس‌نشینی رسوبات ارائه شده توسط پژوهشگران مختلف از جمله Emery and Myers (1996)، Posamentier et al. (1988) و Sharland et al. (2001) و Catuneanu (2002 and 2006) و نیز هم‌ارزی آنها با نمودار پرتو گاما صورت گرفته است که حاصل آن شناسایی دو سکانس رسوبی رده سوم برای بخش بالایی سازند دالان (KS4 در پایین و بالا) و دو سکانس رسوبی رده سوم برای سازند کنگان (KS2 در پایین و KS1 در بالا) است. سکانس‌های معرفی شده قابل قیاس با رسوبات پرمن پسن (جلفین) و تریاس میانی (آنیزین) از سوپرسکانس اشک Heydari (2008) و بخش بالایی سوپرسکانس آیساروکا Sloss (1963) هستند. متداول‌ترین سامانه تراکت‌های قابل شناسایی در بیشتر رمپ‌های کربناته، دسته‌های رسوبی TST و HST هستند (Tucker, 1993) که در چاه مورد مطالعه نیز می‌توان این دسته‌های رسوبی را تفکیک کرد. سامانه تراکت پیشرونده (TST) در چاه لاوان ۳ با الگوی رسوب‌گذاری پیش‌نشینی به واسطه تغییر رخساره‌ها از پهنه‌های کم‌ژرفا به سوی رخساره‌های ژرف‌شونده در بالا و نیز افزایش در میزان API پرتو گاما مشخص می‌شود و سامانه تراکت تراز بالا (HST) در ابتدا با الگوی برانباشت عمودی و سپس با رخساره‌های پیشرونده به سوی بالا دیده می‌شود. سطوح انتقالی بیشینه پیشروی سطح نسبی آب دریا (MFS) و مرزهای سکانسی (SB) نیز با بررسی‌های دقیق رخساره‌ای و هم‌ارزی آن با نمودار پرتو گاما مشخص شد.

۸-۱. سکانس KS4

این سکانس با دسته رسوبی TST آغاز می‌شود که در یک توالی به سوی بالا ژرف‌شونده در چاه لاوان ۳، شامل رخساره‌های مادستون آهکی پهنه جزرومدی، مادستون- و کستون بیوکلاستی لاگون و آئید گرینستون شول کربناته است. با توجه به تغییرات نمودار پرتو گاما، سطح مربوط به بیشترین حد پیشروی آب دریا (MFS) در این سکانس با رخساره گرینستون آئیدی سد مشخص می‌شود. در ادامه طی پایین

شکل ۶- ستون سنگ‌شناسی، لاگ پرتو گاما، رخساره‌های رسوبی و سکناس‌های رده سوم و چهارم واحد مخزنی KS4 مربوط به توالی‌های آغازین بخش بالایی سازند دالان از چاه مورد مطالعه و مقایسه با نتایج مطالعات (Sharland et al. (2001 and 2004) و Koehrer et al. (2010) و Insalaco et al. (2006)

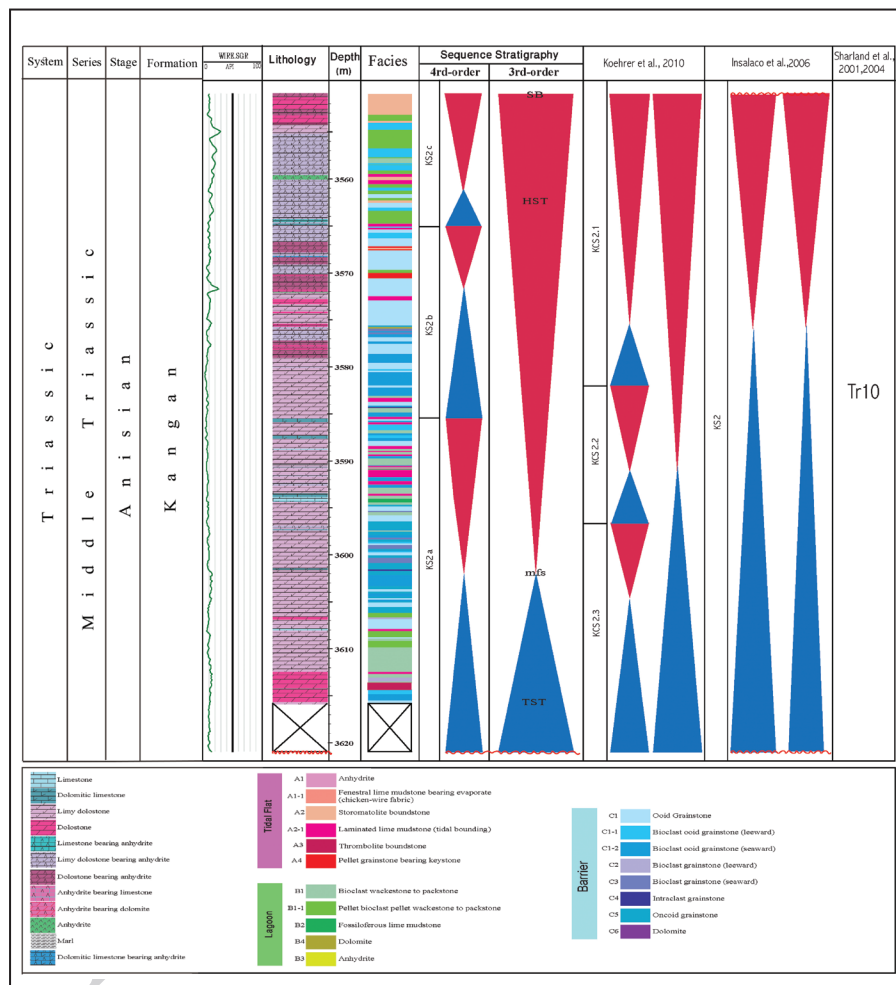


شکل ۷- ستون سنگ‌شناسی، لاگ پرتو گاما، رخساره‌های رسوبی و سکناس‌های رده سوم و چهارم واحد مخزنی KS3 مربوط به توالی‌های پایانی بخش بالایی سازند دالان از چاه مورد مطالعه و مقایسه با نتایج مطالعات (Sharland et al. (2001 and 2004) و Koehrer et al. (2010) و Insalaco et al. (2006)

۸-۳. سکانس KS2

به افزایش میزان API پرتو گاما مربوط به رخساره گریستون آئیدی و گریستون اینتراکلاستی سد است. دسته رسوبی HST در این سکانس شامل رخساره‌های مربوط به محیط پشت سد، لاگون و پهنه جزرومدی و مرز بالایی آن از نوع دوم (SB2) است و با رخساره باندستون استروماتولیتی مشخص می‌شود. این سکانس رده سوم از سه واحد سکانسی رده چهارم تشکیل شده که شامل واحدهای KS2a، KS2b و KS2c و قابل قیاس با واحد مخزنی KS2 (Insalaco et al., 2006) و سکانس Tr10 (Sharland et al., 2001) است (شکل ۸).

دسته رسوبی TST در این سکانس با رخساره‌های پرتو گریستون آئیدی و گریستون آئیدی بیوکلاستی شول کربناته آغاز می‌شود که می‌تواند بیانگر دریای پیشرونده پس از خروج کامل حوضه از آب بوده باشد. به دنبال این رخساره، رسوبات میکروبیال رخساره تروبولیتی به عنوان یک لایه کلیدی در این سکانس دیده می‌شود. دسته رسوبی TST به سوی بالا با توالی از رخساره‌های مادستون لاگون محدود شده، و کستون-پکستون پلوییدی بیوکلاستی لاگون شلف، دولومادستون پهنه جزرومدی و رخساره گریستون شول کربناته ادامه می‌یابد. سطح MFS با توجه



شکل ۸- ستون سنگ‌شناسی، لاگ پرتو گاما، رخساره‌های رسوبی و سکانس‌های رده سوم و چهارم واحد مخزنی KS2 مربوط به توالی‌های آغازین سازند کنگان از چاه مورد مطالعه و مقایسه با نتایج مطالعات (Sharland et al., 2001 and 2004) و (Insalaco et al., 2006) و (Koehrer et al., 2010).

KS1b تقسیم کرد که قابل مقایسه با سه سکانس رده چهارم KS1a، KS1b و KS1c (Sharland et al., 2001) و سکانس Tr20 (Insalaco et al., 2006) هستند (شکل ۹).

۹- مرز پرموتریاس

نتایج این پژوهش نشان داد که در چاه مورد مطالعه شروع توالی‌های تریاس به صورت سامانه تراکت پیشرونده (TST) با رخساره شول کربناته پرتو گریستون آئیدی مشخص شده می‌تواند بیانگر پیشروی سطح آب دریا پس از یک افت شدید و خروج از آب حوضه باشد که با در نظر گرفتن کاهش نرخ پرتو گاما در

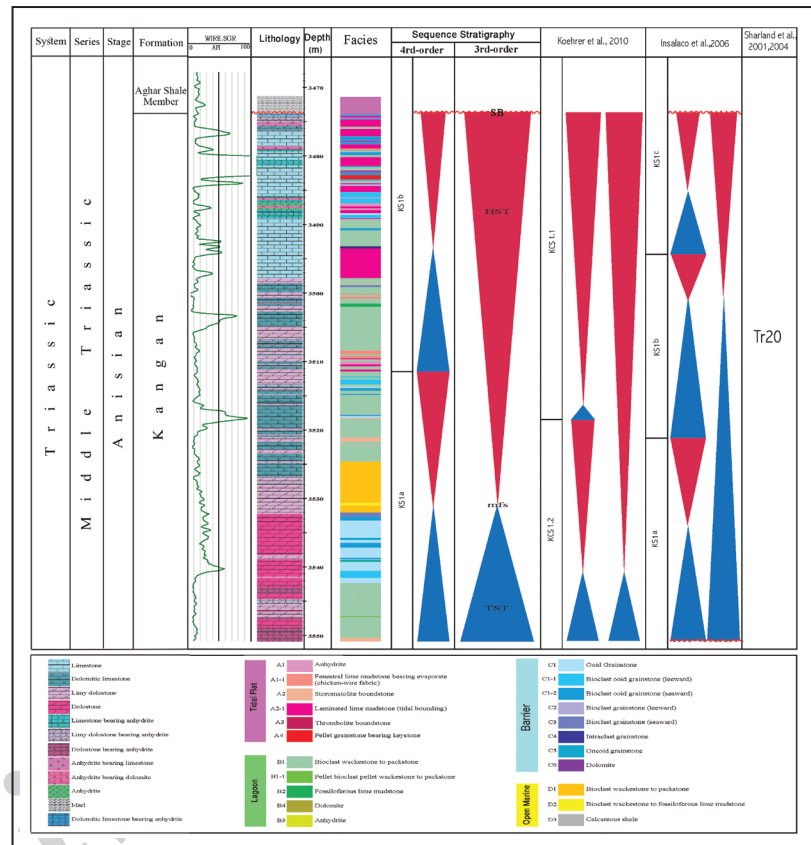
۸-۴. سکانس KS1

توالی‌های آغازین این سکانس به صورت دسته رسوبی TST با رخساره‌های لاگون و شول کربناته دیده می‌شود که بیشترین حد غرقابی سکوی کربناته در آن مربوط به رخساره و کستون دریای باز است. دسته رسوبی HST نیز در یک توالی به سوی بالا کم‌زرفاشونده شامل رخساره‌های سد، لاگون و پهنه جزرومدی است. مرز بالایی این سکانس منطبق بر مرز سازند کنگان و سازند دشتک است که به دلیل گسترش گرهک‌های آهن حاصل از شرایط اکسیدان در رسوبات سطوح انتقالی، این مرز از نوع اول (SB1) در نظر گرفته می‌شود. با توجه به تغییر ریزرخساره‌ها، این واحد مخزنی را می‌توان به دو سکانس رسوبی رده چهارم با نام‌های KS1a و KS1b

شاهدی بر اسیدی شدن آب‌های دریایی اواخر پرمین می‌دانند که به نظر می‌رسد با توجه به مطالعات پژوهشگران مختلف از جمله (Heidari and Hassanzadeh, 2003), (Montenegro et al. 2011), (Payne et al. 2007) و (Clapham et al. 2013) این پدیده عامل اصلی انقراض زیاده پرمین پایانی بوده است.

سطوح انتقالی مرز پرموتریاس و نبود چینه‌ها مربوط به اشکوب‌های دوراشامین و اسکیتین (بر پایه مطالعات فسیل‌شناسی) مرز پرموتریاس از نوع مرزهای سکانسی نوع یک (SB1) در نظر گرفته می‌شود. (Heydari and Hassanzadeh 2003) و Heydari et al. (2003) سیمانی شدن شدید رخساره پراثری سدر این دسته رسوبی،

شکل ۹- ستون سنگ‌شناسی، لاگ پرتو گاما، رخساره‌های رسوبی و سکانس‌های رده سوم و چهارم واحد مخزنی KS1 مربوط به توالی‌های پایانی سازند کنگان از چاه مورد مطالعه و مقایسه با نتایج مطالعات (Sharland et al. 2001 and 2004), (Koehrer et al. 2010) و (Insalaco et al. 2006).



۱۰- نتیجه‌گیری

همچنین مطالعه گوناگونی رخساره‌ها به شناسایی دو سکانس رسوبی رده سوم برای بخش بالایی سازند دالان و دو سکانس رسوبی رده سوم برای سازند کنگان انجامید که به ترتیب از پایین با سکانس‌های KS4 و KS3 برای بخش بالایی سازند دالان و KS2 و KS1 برای سازند کنگان معرفی می‌شوند. این سکانس‌ها را می‌توان با بخش بالایی سوپرسکانس آساروکا در مقیاس جهانی مقایسه کرد. هر یک از این سکانس‌ها با دو نوع سامانه تراکت پیشرونده (TST) و تراز بالا (HST) مشخص هستند که در سکانس‌های KS1, KS2, KS3 و KS4 ستبرای حجم رسوب گذاری در سامانه تراکت بیشتر است.

با توجه به مطالعات زیست‌چینه‌نگاری در چاه مورد مطالعه و شناسایی ۱۱۶ گونه متعلق به ۵۵ جنس از روزن‌بران، برای سکانس‌های KS3 و KS4 بخش بالایی سازند دالان، زیست‌زون *Charliella altineri-Paraglobivalvulina mira- Dagmarita chanackchiensis* Assemblage zone سن جلفین از پرمین پایانی و برای سکانس‌های KS1 و KS2 سازند کنگان، زیست‌زون *Claraia aurita- Spirorbis phlytaena* Assemblage zone با سن آنیزین از تریاس میانی تعیین شد.

نتایج این پژوهش نشان داد که در چاه مورد مطالعه مرز بالایی سکانس KS3 و مرز زیرین سکانس KS2 که منطبق بر مرز سازندهای دالان و کنگان؛ و همچنین مرز بالایی سکانس KS1 که با شواهد مستدل مبنی بر خروج از آب همراه هستند؛ از نوع مرزهای سکانسی نوع یک (SB1) و دیگر مرزهای سکانسی از نوع دو (SB2) هستند.

مطالعه چینه‌های بخش بالایی سازند دالان و سازند کنگان در میدان گازی لاوان به نتایج زیر انجامید:

با بررسی برش زیرزمینی پرموتریاس از چاه لاوان ۳، توالی‌هایی از سنگ‌آهک دولومیتی و دولوستون آهکی همراه با انیدریت برای ۸۵ متر از چینه‌های پایانی سازند دالان و توالی از دولوستون و دولوستون آهکی با میان‌لایه‌هایی از انیدریت با ۱۵۴ متر ستبرای سازند کنگان شناسایی شد.

پس از مطالعه رخساره‌های رسوبی، ۹ ریزرخساره اصلی مربوط به ۴ کمر بند رخساره‌ای سوپراتایدال، پهنه جزرومدی، لاگون و پشته‌های زیر دریایی (شول کرناته) برای توالی‌های بخش بالایی سازند دالان و ۱۳ ریزرخساره اصلی مربوط به ۵ کمر بند رخساره‌ای سوپراتایدال، پهنه جزرومدی، لاگون، شول کرناته و دریای باز برای توالی‌های سازند کنگان شناسایی شد.

تحلیل و بررسی ریزرخساره‌ها مؤید ته‌نشست این رسوبات در حوضه‌ای کم‌ژرفا با سامانه سکوی کرناته- تبخیری و رمپ مانند است که حضور ستبرای‌های قابل توجهی از تبخیری‌ها، بر نهشته شدن این رسوبات تحت شرایط اقلیمی گرم و خشک دلالت دارد. رخساره‌های رسوبی در این سکوی کرناته در شیبی ملایم از خط ساحلی به سوی بخش‌های ژرف تر حوضه شامل رسوبات مادستون آهکی و یا دولومیتی همراه با تبخیری و لایه‌های انیدریت در منطقه بالای جزرومدی (سوپراتایدال)، باندستون استروماتولیتی و ترومبولیتی و پکستون- گریستون پلوییدی منطقه اینترتایدال، نهشته‌های پکستون- پکستون پلوییدی بیوکلاستی لاگون، گریستون آئیدی و بیوکلاستی سد و مادستون- و کستون دریای باز است.

کتابنگاری

آفانباتی، ع.، ۱۳۸۳- زمین شناسی ایران، سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور، ۵۸۶ ص.
 بهارلویی یانچشمه، س.، قاسمی نژاد، ا.، رحیم پور بناب، ح.، آفانباتی، ع. و یوسف پور، م.، ۱۳۹۰- میکروبیواستراتیگرافی بخش بالایی سازند دالان و سازند کنگان بر اساس روزن بران در چاه لاوان ۳، حوضه خلیج فارس، پژوهش های چینه نگاری و رسوب شناسی، سال بیست و هفتم، شماره پیاپی ۴۵، شماره چهارم، صص. ۱ تا ۲۰.
 طرهانی، ش.، رحیم پور بناب، ح.، پرتو آذر، ح.، شهریاری، ز.، ۱۳۸۵- بررسی چگونگی مرز پرموتریاس در میدان گازی پارس جنوبی، بیست و پنجمین گردهمایی علوم زمین.
 کاووسی، م.، ۱۳۷۴- سنگ شناسی رسوبی، میکروفاسیس و محیط رسوبی سازند دالان در جنوب باختری ایران (کوه دنا)، پایان نامه تحصیلی کارشناسی ارشد، گروه زمین شناسی، دانشگاه آزاد اسلامی - واحد تهران شمال.

References

- Abdolmaleki, J. and Tavakoli, V., 2016- Anachronistic facies in the early Triassic successions of the Persian Gulf and its paleoenvironmental reconstruction. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 446, 213- 224, <http://dx.doi.org/10.1016/j.palaeo.2016.01.031>.
- Al- Jallal, I. A., 1995- The Khuff Formation: Its regional reservoir potential in Saudi Arabia and other Gulf countries; depositional and stratigraphic approach. In M.I. Al-Huseini (Ed.), *Middle East Petroleum Geosciences Conference, GEO'94*. Gulf PetroLink, Bahrain, 1, 103- 119.
- Altiner, D., 1978- Trois nouvelles especes de genre Hemigordius (Foraminifere) du Permian superieur de Turquie (Taurus oriental), *Notes du Laboratoire de Paleontologie de L'Universite de Geneve*, 5, 27- 31.
- Asadi- Eskandar, A., Rahimpour- Bonab, H., Afsari, K. H. and Mardani, A., 2013- Consistent geological- simulation modeling in carbonate reservoirs, a case study from the Khuff Formation, Persian Gulf, *J.Pet. Sci. Eng.*, 109, 260- 279.
- Brady, H. B., 1876- A monograph of Carboniferous and Permian Foraminifera (the genus Fusulina excepted). *Palaeontographical Society*, 30, 1- 66.
- Broglio- Loriga, C., Neri, C., Pasini, M. and Posenato, R., 1986- Marine fossil assemblages from Upper Permian to lowermost Triassic in the western Dolomites (Italy). *Mem. Soc. Geol. It.*, 34, 5- 44.
- Buxton, M. W. N. and Pedley, M. H., 1989- A Standardized Model for Tethyan Carbonate Ramps, *Journal of Geol. Soc. London*, 146, 746-748.
- Catuneanu, O., 2002- Sequence stratigraphy of clastic systems: concepts, merits and pitfalls. *Journal of African Earth sciences*, 35, 1-43.
- Catuneanu, O., 2006- *Principles of sequence Stratigraphy*, (First Edition) Elsevier, Amsterdam, 375 pp.
- Chen, S., 1956- The Fusulinidae of South China, *Paleontologica Sinica*, 140, part ii, ser. B., 6, 1- 71.
- Clapham, M. E., Fraiser, M. L., Marengo, P. J. and Shen, S. Z., 2013- Taxonomic composition and environmental distribution of post-extinction rhynchonelliform brachiopod faunas: constraints on short-term survival and the role of anoxia in the end-Permian mass extinction. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 374, 284- 292.
- Dunham, R. J., 1962- Classification of Carbonate Rocks According to Texture, In: W.E. Ham (Ed.), *Classification of Carbonate Rocks*, *Journal of Am. Assoc. Petrol. Geol. Mem.*, 279, 108- 121.
- Ehrenberg, S. N., Nadeau P. H. and Aqrabi, A. A. M., 2007- A comparison of Khuff and Arab reservoir potential throughout the Middle East, *AAPG Bulletin*, 91, 275- 286.
- Emery, M. and Myers, K., 1996- *Sequence Stratigraphy*, Blackwell Science, 279 pp.
- Esfafil-Dizaji, B. and Rahimpour-Bonab, H., 2009- Effects of depositional and diagenetic characteristics on carbonate reservoir quality: a case study from the South Pars gas field in the Persian Gulf, *Petroleum Geoscience*, 15, 325-344, <http://dx.doi.org/10.1144/1354-079309-817>.
- Flügel, E., 2004- *Microfacies of Carbonate Rocks*, Springer-Verlag, Berlin.
- Gaillot, J. and Vachard, D., 2007- The Khuff Formation (Middle East) and time-equivalents in Turkey and South China: Biostratigraphy from Capitanian to Changhsingian times (Permian), new foraminiferal taxa and palaeogeographical implications, *Coloquios de Paleontología*. 57, 37-223.
- Grozdilova, L. P., 1956- Miliolidy verkhneartinskikh otlozhenii nizhnei Permi zapadnogo sklona Urala (Miliolidae of the upper Artinskian (Lower Permian) of the western slope of the Urals). *Trudy VNIGRI*, 98, *Microfauna of USSR*, 8, 521- 528 (in Russian).
- Heydari, E. and Hassanzadeh, J., 2003- Deev Jahi Model of the Permian-Triassic mass extinction: a case for gas hydrates as the main cause of biological crisis on Earth. *Sedimentary Geology*, 163, 147- 163, <http://dx.doi.org/10.1016/j.sedgeo.2003.08.002>.
- Heydari, E., 2008- Tectonics versus eustatic control on supersequences of the Zagros Mountains of Iran, *Journal of Tectonophysics*, 451, 56-70.
- Heydari, E., Hassanzadeh, J., Wade, W. J., and Ghazi, A. M., 2003- Permian-Triassic boundary interval in the Abadeh section of Iran with implications for mass extinction: Part 1- Sedimentology, *Journal of Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 193, 405- 423.
- Insalaco, E., Virgone, A., Courme, B., Gaillot, J., Kamali, M. R., Moallemi, S. A., Lotfipour, M. and Monibi, S., 2006- Upper Dalan Member and Kangan Formation between the Zagros Mountains and offshore Fars, Iran: Depositional system, biostratigraphy and stratigraphic architecture. *Journal of GeoArabia*, 11, 2, 75- 176.
- Kershaw, S., Guo, L., Swift, A. and Fan, J., 2002- Microbialites in the Permian- Triassic boundary interval in central China: structure, age and distribution, *Journal of Facies*, 47, 83- 90.
- Kochansky- Devidé, V., 1965- Die Fusuliniden Foraminiferen aus dem Karbon und Perm in Velebit und in der Lika (Koratien) Mittleres und Oberes Perm. *Jugoslavenka Akademija Znanosti I Umjetnosti, Odjela za primodne nauke, Acta Geologica*, 5, 101- 150

- Koehrer, B., Zeller, M., Aigner, T., Poeppelreiter, M., Milroy, P., Forke, H. and Al-kind, A., 2010- Facies and stratigraphic framework of a Khuff outcrop equivalent: Saiq and Mahil formations, Al Jabal al-Akhdar, Sultanate of Oman, *Journal of GeoArabia*, 15, 2, 91- 156.
- Kolodka, C., Vennin, E., Vachard, D., Trocme, V. and Goodarzi, M. H., 2012- Timing and Progression of the End-Guadalupian Crisis in the Fars Province (Dalan Formation, Kuh-E Gakhum, Iran) Constrained by Foraminifers and Other Carbonate Microfossils, *Journal of Facies*, 58, 131- 153.
- Mazaheri Johari, M. and Ghasemi-Nejad, E., 2017- Paleoenvironment, Biostratigraphy and sequence stratigraphic studies of the Permian-Triassic boundary of the offshore Persian Gulf, Iran: using an integrated approach, *Journal of Geopersia*, 7, 1, 33- 54.
- Montenegro, A., Spence, P., Meissner, K. J., Eby, M., Melchin, M. J. and Johnston, S. T., 2011- Climate simulations of the Permian-Triassic boundary: Ocean acidification and the extinction event, *Journal of Paleoclimatology*, 26, 1-19.
- Nakazawa, K., Kapoor, H. M., Ishii, K., Bando, Y., Okimura, Y. and Tokuoka, T., 1975- The Upper Permian and the Lower Triassic in Kashmir, India. *Mem. Fac. Sci. Kyoto Univ. Ser. Geol. Mineral*, 42, 1-106.
- Payne, J. L., Lehmann, D. J., Follett, D., Seibel, M., Kump, L. R. Riccardi, A. Altiner, D., Sano, H. and Wei, J., 2007- Erosional truncation of uppermost Permian shallow-marine carbonates and implications for Permian-Triassic boundary events. *Geol. Soc. Am. Bull.*, 119, 771- 784.
- Pedley, M., 1998- A review of sediment distributions and processes in Oligo- Miocene ramps of southern Italy and Malta (Mediterranean divide). In: Wright, V. P., Burchette, T. P. (Eds.), *Carbonate Ramps*, *Journal of Geological Society, Special Publication*, 163-179.
- Posamentier, H. W., Jervey, M. T. and Vail, P. R., 1988- Eustatic controls on clastic deposition II- conceptual framework. In: Wilgus, C. K., Hastings, B. S., Kedall, C. G. St. C., Posamentier, H. W., Ross C. A., Van Wagoner, J. C. (Eds.), *Sea Level Changes: An Integrated Approach* *Society of Economic Paleontologists and Mineralogists, Special Publication* 42, 125- 154.
- Rahimpour-Bonab, H., Asadi-Eskandar, A. and Sonei, R., 2009- Effects of the Permian- Triassic boundary on reservoir characteristics of the South Pars gas field, Persian Gulf, *Journal of Geological*, 44, 341-364, <http://dx.doi.org/10.1002/gj.1148>.
- Rahimpour-Bonab, H., Esrafil-Dizaji, B. and Tavakoli, V., 2010- Dolomitization and anhydrite precipitation in Permo-Triassic carbonates at the South Pars gas Field, Offshore Iran: controls on reservoir quality, *Journal of Petroleum Geology*, 33, 43-66, <http://dx.doi.org/10.1111/j.1747-5457>.
- Reitlinger, E. A., 1965- Razvitiye foraminifer v pozdnepermnskogo i rannetriasyovuyuf epokhi na territorii Zakavkazya (Development of the foraminifers in the Late Permian and Early Triassic times in Transcaucasia). *Voprosy Mikropaleontologii*, 9, 45- 70.
- Sharland, P. R., Archer, R., Casey, D. M., Davies, R. B., Hall, S. H., Heward, A. P., Horbury, A. D. and Simmons, M. D., 2001- Arabian Plate Sequence Stratigraphy, Gulf petrolink, Bahrain, *Special Publication* 2, 371 pp .
- Sharland, P. R., Casey, D. M., Davies, R. B., Simmons, M. D. and Sutcliffe, O. E., 2004- Arabian Plate Sequence Stratigraphy- revisions to SP2, *GeoArabia*, 9, 1, 199- 214.
- Sheng, J. Z., Chen, C. Z., Wang, Y. G., Rui, L., Liao, Z. T., Bando, Y., Ishii, K. I., Nakazawa, K. and Nakamura, K., 1984- Permian-Triassic boundary in middle and eastern Tethys. *J. Fac. Sci. Hokkaido Univ. Ser. 4, Geol. Mineral*, 21, 81- 133.
- Sloss, L. L., 1963- Sequence in the cratonic interior of north America: geological society of America bulletin, 74, 93-114.
- Stampfli, G., 2000- Tethyan Oceans. In E. Bozkurt, J.A. Winchester and J.D.A. Piper (Eds.), *Tectonics and Magmatism in Turkey and the Surrounding Area*. Geological Society of London, *Special Publication*, 173, 1- 23.
- Strohmenger, C. J. S., Always, R. H. W., Broomhall, R., Hulstrand, R. F., Al-Mansoori, A., Abdalla, A. A. and Aidarous, A., 2002- Sequence stratigraphy of the Khuff Formation comparing subsurface and outcrop data (Arabian plate, U.A.E.): *Society of Petroleum Engineers, Special Publication Paper* 78535.
- Szabo, F. and Kheradpir, A., 1978- Permian and Triassic Stratigraphy, Zagros Basin, southwest Iran, *Journal of Petroleum Geology*, 1, 57- 82.
- Tavakoli, V. Rahimpour-Bonab, H., and Esrafil-Dizaji, B., 2011- Diagenetic controlled reservoir quality of South Pars gas field, an integrated approach. *C. R. Geosci.*, 343, 55- 71.
- Tucker, M. E., 1993- Carbonate Diagenesis and sequence stratigraphy, In: V. P. wright (ed.) *Sedimentology Review*, Blackwell, 51- 72.
- Vachard, D., Pille, L. and Gaillot, J., 2010- Palaeozoic Foraminifera: Systematics, Palaeoecology and Responses to Global Changes, *Journal of revue de micropaleontologie*, 53, 209-254.
- Vachard, D., Gaillot, J., Vaslet, D. and Le Nindre, Y. M., 2005- Foraminifers and Algae From the Khuff Formation (Late Middle Permian-Early Triassic) of Central Saudi Arabia, *Journal of GeoArabia*, 10, 137-186.
- Wang, K. L. and Sun, X. F., 1973- Carboniferous and Permian Foraminifera of the Chinling Range and its geologic significance, *Acta Geologica Sinica*, 2, 137- 178.
- Weidlich, O. and Bernecker, M., 2010- Biotic carbonate precipitation inhibited during the Early Triassic at the rim of the Arabian Platform (Oman), *Palaeogeography, Palaeoclimatology Palaeoecology*, 308, 129- 150.
- Wilson, J. L., 1975- *Carbonate Facies in Geologic History*, Springer-Verlag, New York, N.Y., 471 pp.
- Yang, H., Chen, Z. Q. and Ou, W., 2015- Microconchids from Microbialites near the Permian- Triassic Boundary in the Zhuang Autonomous Region , South China and Their Paleoenvironmental Implications, 26, 2, 157- 165.

Biostratigraphy, sequence stratigraphy and depositional environment of the Dalan and Kangan formations in Lavan Gas Field in Persian Gulf, with emphasis on Permian-Triassic boundary

S. Baharlouei Yancheshmeh¹, E. Ghasemi-Nejad^{2*}, H. Rahimpour-Bonab², S.A. Aghanabati³

¹Ph.D. Student, Department of Geology, College of Basic Science, Islamic Azad University, Science and Research Branch, Tehran, Iran

²Professor, Department of Geology, College of Sciences, University of Tehran, Tehran, Iran

³Associate Professor, Department of Geology, Islamic Azad University, North Tehran Branch, Tehran, Iran

Received: 2017 March 06

Accepted: 2017 July 11

Abstract

Permo- Triassic subsurface section at Lavan 3 Well in Lavan Gas Field exhibits a 85 m-thick succession of limy dolostone and dolomitic limestone bearing anhydrite in the upper Dalan Formation, as well as a 154 m-thick succession of limy dolostone and dolostone with anhydrite intercalations in Kangan Formation. In the present study, 116 species belonging to 55 foraminifera genera were identified which were divided into two biozones, namely *Charliella altineri- Paraglobivalvulina mira- Dagmarita chanackchiensis* Assemblage zone (Dzhulfian in age) and *Claraia aurita- Spirorbis phlyctaena* Assemblage zone (Anisian in age). Nine primary microfacies were identified in the upper Dalan Formation, while, 13 microfacies were detected in Kangan Formation, together with different sub-environments (sabkha, tidal flat, lagoon, submarine ridge, and open marine) which were found to be deposited in a shallow marine carbonate platform in the form of a homoclinal ramp. Based on microfacies changes, aggradational, progradational and retrogradational stacking patterns of deposits and by conformation with the Gamma-ray log, these strata could be divided into a couple of third-order sedimentary sequences for the upper Dalan Formation, as well as a couple of third-orders for the Kangan Formation, including two system tracts (TST and HST). On a global scale, the findings are comparable to the upper part of the Absaroka supersequence.

Keywords: Biostratigraphy, Sequence Stratigraphy, Depositional environment, Dalan and Kangan formations, Lavan Gas Field.

For Persian Version see pages 169 to 180

*Corresponding author: E. Ghasemi-Nejad; E-mail: eghasemi@khayam.ut.ac.ir