

کاربرد ریخت‌شناسی و توزیع عناصر نگاره گاما در بررسی شرایط محیطی و چینه‌نگاری سکانسی سازند آسماری، میدان کارون

سمیرا اکبرزاده^۱، عبدالحسین امینی^۲، وحید توکلی^۳ و خسرو حیدری^۴

^۱ کارشناسی ارشد، دانشکده زمین‌شناسی، پردیس علوم، دانشگاه تهران، تهران، ایران

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

^۳ دانشیار، دانشکده زمین‌شناسی، پردیس علوم، دانشگاه تهران، تهران، ایران

^۴ کارشناسی ارشد، شرکت ملی مناطق نفت‌خیز جنوب ایران، اهواز، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۰۹/۱۱ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۲/۱۴

چکیده

سازند آسماری به سن الیگو-میوسن یکی از مهم‌ترین سنگ‌های مخزن در میدان‌های نفتی فرفاتادگی دزفول به شمار می‌آید. این مطالعه به تفسیر محیط رسوبی و چینه‌نگاری سکانسی سازند آسماری در میدان کارون با استفاده از تغییرات ریزرخساره‌ها، تغییر در ریخت‌شناسی نگاره گاما و تغییر در غلظت عناصر توریم، پتاسیم و اورانیم نگاره طیف‌سنج اشعه گاما پرداخته است. نتایج حاصل از آنالیز ریزرخساره‌ای منجر به شناسایی ۱ ریزرخساره تبخیری، ۹ ریزرخساره کربناته و ۱ ریزرخساره مختلط شد. از نسبت دو عنصر توریم به اورانیم جهت بررسی شرایط اکسیدان و احیا استفاده شد. بررسی گسترش زمانی ریزرخساره‌ها در چارچوب چینه‌نگاری سکانسی منجر به شناسایی سه سکانس رسوبی رده سوم شده است. بررسی تغییرات نگاره در سطوح زمانی بیانگر روند کاهشی نگاره گاما در مرزهای سکانسی و روند افزایشی آن در سطوح حداکثر غرقابی دارد. پنج ریخت‌شناسی جعبه‌ای به سمت چپ، جعبه‌ای به سمت راست، زنگوله‌ای دنداندار، قیفی دنداندار و دنداندار خطی در بخش‌های مختلف توالی مورد مطالعه شناسایی شده است. انطباق این ریخت‌شناسی با یافته‌های چینه‌نگاری سکانسی منجر به ارتباط شکل جعبه‌ای به سمت چپ با دسته رخساره‌های تراز پایین، اشکال زنگوله‌ای دنداندار و جعبه‌ای به سمت راست با دسته رخساره تراز پیش‌رونده و شکل قیفی دنداندار با دسته رخساره تراز بالا شده است.

کلیدواژه‌ها: آسماری، نگاره گاما، ریزرخساره، چینه‌نگاری سکانسی، سطوح زمانی.

*نویسنده مسئول: وحید توکلی

E-mail: vtavakoli@ut.ac.ir

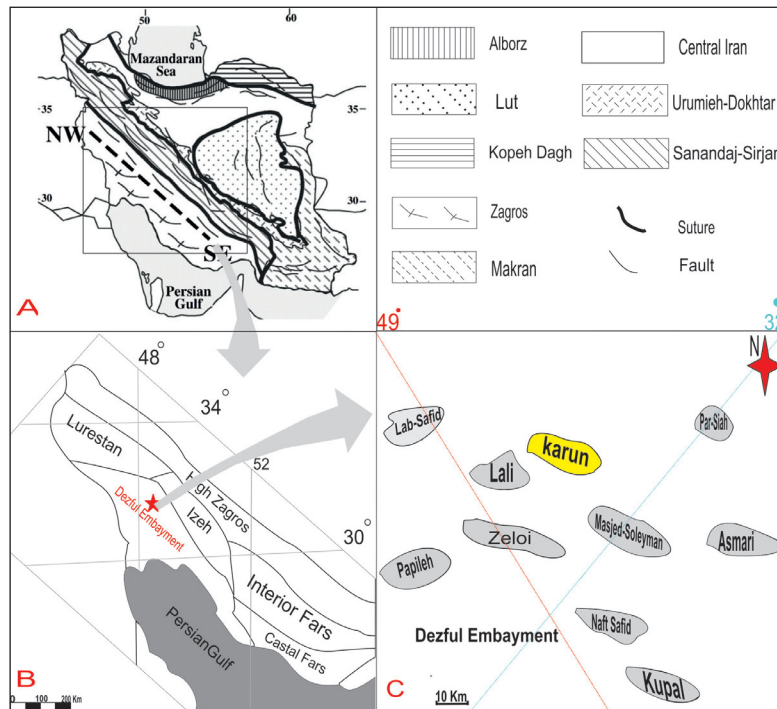
۱- پیش‌نوشتار

با توجه به تغییرات شکل گرفته در این نگاره می‌توان اطلاعات مهمی را در مورد سنگ‌شناسی، محیط رسوبی و تغییرات سطح آب دریا ارائه نمود (Selly, 1978; Siddique and El-Ghali, 2013). هدف از این پژوهش تفسیر محیط رسوبی، بررسی چینه‌نگاری سکانسی و تحلیل شرایط محیطی سازند آسماری در میدان کارون بر اساس آنالیز ریزرخساره‌ها و تغییرات زمانی آنها است. علاوه بر این از ریخت‌شناسی نگاره گاما در ریزرخساره‌های مختلف به منظور تفسیر محیط رسوبی و از تغییرات عناصر نگاره طیف‌سنج اشعه گاما به منظور بررسی سطوح زمانی و شرایط محیطی در کنار سایر داده‌ها استفاده شد. بررسی روند این تغییرات به درک بهتر و چگونگی تشکیل پلاتفرم آسماری و نحوه تکامل آن کمک شایانی می‌نماید.

۲- زمین‌شناسی و موقعیت جغرافیایی منطقه فرفاتادگی دزفول و میدان کارون

کمر بند چین‌خورده زاگرس در حاشیه شمال شرقی صفحه عربی قرار دارد (Heydari et al., 2003). علاوه بر تقسیمات تکنونیک به موازات کمر بند کوهستانی، این کمر بند به صورت جانبی از جنوب شرق به سمت شمال غرب به ناحیه فارس، فرفاتادگی دزفول و لرستان تقسیم می‌شود (Sepehr and Cosgrove, 2004). فرفاتادگی دزفول با مساحت ۶۰۰۰۰ km² یک زون ساختمانی در جنوب غربی تراست زاگرس است که از شرق به گسل کازرون، از شمال به گسل بالارود و از شمال شرقی به گسل جبهه کوهستانی محدود می‌شود. این فرفاتادگی به دلیل توپوگرافی نسبتاً پست، نسبت به زمین‌های همجوار به این عنوان معروف شده است و به ناحیه‌ای از منطقه زاگرس اطلاق می‌شود که در آن سازند آسماری فاقد رخنمون است (مطیعی، ۱۳۷۴). میدان نفتی کارون در بخش شمالی این فرفاتادگی، در حدود ۲۵ کیلومتری شمال مسجد سلیمان واقع است (شکل ۱). سازند آسماری در میدان کارون به سن میوسن زیرین (آکی تانین) فاقد آسماری تحتانی است و مخزن آسماری در این میدان به دو قسمت بالایی و پایینی تقسیم می‌شود که هر کدام از این قسمت‌ها دارای دو بخش کربناته و تبخیری است (مطیعی، ۱۳۸۹).

سازند آسماری به عنوان جوان‌ترین سنگ مخزن پهنه زاگرس حدود ۷۵ درصد از ذخیره نفتی ایران را به خود اختصاص می‌دهد (Bordenave and Hegre, 2005). این سازند در ناحیه فرفاتادگی دزفول از نظر سنگ‌شناسی شامل سنگ آهک، سنگ دولومیت و توالی‌های شیلی است که در میدان‌های شمال فرفاتادگی دزفول یک ریزرخساره تبخیری به نام عضو تبخیری کلهر به صورت جانبی در تداخل این ردیف کربناتی دیده می‌شود (Van Buchem et al., 2010). به دلیل اهمیت مخزنی، مطالعات گسترده‌ای در زمینه ریزرخساره‌ها، محیط رسوبی و چینه‌نگاری سکانسی بر روی این سازند انجام گرفته است (Vaziri - Moghaddam et al., 2010; Sadeghi et al., 2009; Laursen et al., 2009; Seyrafiyan, 2000; Van Buchem et al., 2010). روش‌های آزمایشگاهی به دلیل هزینه‌بر بودن و عدم دسترسی به تمام نمونه‌ها در همه چاه‌ها دارای محدودیت‌هایی هستند. نگاره‌های چاه‌پیمایی از اغلب مخازن و در بازه عمقی وسیعی از چاه‌های حفاری شده وجود دارند و امروزه یکی از مهم‌ترین منابع تأمین داده برای تفسیر اطلاعات زیرسطحی به‌شمار می‌آیند (Rabiller, 2005). تلفیق اطلاعات حاصل از نگاره‌های چاه‌پیمایی همراه با سایر اطلاعات می‌تواند به شکل‌گیری نتایج قابل قبولی منجر شود. نگاره گاما ابزار مناسبی جهت تحلیل محیط رسوبی است. در کربنات‌ها تغییرات این نگاره به تغییرات عمق محیط رسوبی (کم عمق شونده، عمیق شونده)، لیتولوژی متفاوت در کربنات‌ها (سنگ آهک، دولومیت)، ناخالصی‌های همراه با کربنات‌ها (وجود میان لایه‌های شیلی که منجر به افزایش نگاره گاما می‌شود و میان لایه‌های انیدریتی که منجر به کاهش نگاره گاما می‌شود)، تغییرات میزان عناصر توریم، پتاسیم و اورانیم موجود در سنگ، تغییرات بافت (بافت دانه غالب نسبت به بافت گل غالب معمولاً نگاره گامای کمتری را نشان می‌دهند) و تغییرات ریزرخساره‌ها (رخساره‌های حاوی جلبک قرمز و مرجان که میزان گامای بالایی از خود نشان می‌دهند) بستگی دارد (Pawellek and Aigner, 2003; Glover, 2014; Sun, 2007). این تغییرات منجر به ایجاد ریخت‌شناسی متفاوت در این نگاره می‌شود (Serra, 1984; Reading, 1996; Omoboriow et al., 2012)، لذا



شکل ۱- (A) تقسیمات ساختمانی ایران و زاگرس (Heydari et al., 2003)؛ (B) تقسیمات ساختمانی زاگرس چین خورده (Motiei, 1993)؛ (C) موقعیت جغرافیایی میدان کارون در فروافتادگی دزفول و میادین همجوار آن (مطیعی، ۱۳۷۲).

۳- مواد و روش‌ها

در مطالعه حاضر دو چاه از میدان کارون مورد بررسی قرار گرفته‌اند. سازند آسماری در چاه الف ضخامت ۴۱۲/۵ متر (از عمق ۳۹۲۷/۵ تا عمق ۳۵۶۰ متری) و در چاه ب ضخامت ۴۱۷ متر (از عمق ۳۷۹۳ تا عمق ۳۳۷۶ متری) دارد. به منظور تعیین ریزرخساره‌ها و تحلیل محیط رسوبی از ۱۰۰ مقطع نازک میکروسکوپی تهیه شده از مغزه و ۹۰ مقطع نازک میکروسکوپی تهیه شده از خرده حفاری استفاده شده است.

نامگذاری و توصیف سنگ‌های کربناته بر اساس روش دانهام (Dunham, 1962) و تحلیل ریزرخساره‌ها با استفاده از مطالعات محققین مختلف (Wilson, 1975; Tucker and Wright, 1996; Geel, 2000; Buxton and Pedlly, 1989) مدل رسوبی با استفاده از مدل بورچت و رایت (Burchette and Wright, 1992) انجام شده است. با توجه به تغییرات سنگ‌شناسی، تغییرات نگاره گاما، تغییر ریزرخساره‌ها و روند تغییرات عمودی آنها، چینه‌نگاری سکانسی سازند آسماری مورد بررسی قرار گرفت. با توجه به این که پرتوگاما اساساً تجمعات رادیواکتیو به عناصر پتاسیم، توریم و اورانیم را یک جا اندازه‌گیری می‌نماید (Serra, 1984)، ابزار طیف سنج اشعه گاما قادر است میزان این سه عنصر را به‌طور جداگانه ثبت نماید. در مطالعه حاضر با اندازه‌گیری مقدار و تغییرات این عناصر روی نگاره چاه پیمایی گاما، در فواصل عمقی نسبت میزان عناصر توریم به اورانیم تعیین شده و از داده حاصل جهت بازسازی شرایط اکسیدان و احیا استفاده شده است. همچنین از تغییرات در فراوانی عناصر جهت بررسی سطوح سکانسی و مرزهای زمانی شناسایی شده استفاده شد. در کنار مطالعات پتروگرافی از تغییرات ریخت‌شناسی نگاره گاما در ریزرخساره‌های معرفی شده به منظور تحلیل محیط رسوبی (Selly, 1978; Glover, 2014; Siddique and El-Ghali, 2013) استفاده شد و در نهایت ارتباط این ریخت‌شناسی با چینه‌نگاری سکانسی بررسی می‌شود.

ریزرخساره تبخیری و ۱ ریزرخساره مختلط شد. توصیف ریزرخساره‌ها به ترتیب از نواحی کم عمق به سمت نواحی عمیق به شرح زیر است (شکل ۲):

۴-۱. ریزرخساره پهنه بالای جزرومدی

(MF1) **انیدریت:** این ریزرخساره در میدان مورد مطالعه در دو سطح چینه‌ای قابل رؤیت است. سطح اول انیدریت قاعده‌ای که در این قسمت انیدریت در بخش زیرین سازند آسماری به‌طور هم‌شیب بر روی رسوبات شیلی سازند پایده قرار می‌گیرد. سطح دوم انیدریت میانی است که در برخی نواحی همراه با تناوبی از میان لایه‌های نازک آهک دولومیتی و دولومیت آهکی مشاهده می‌شود. این ریزرخساره فاقد فسیل و به‌صورت ندول‌های به هم پیوسته و گاه‌آ سوزنی شکل است. در بیشتر مواقع آثار میکرایت نیز دیده می‌شود.

• **تفسیر:** این ریزرخساره جزو ریزرخساره‌های شیمیایی و با ماهیت تبخیری مربوط به محیط‌های گرم و خشک است. انیدریت‌های قاعده‌ای و میانی در یک حوضه شور جدا افتاده که به‌طور موقت از دریای باز جدا شده‌اند، تشکیل شده‌اند (Van Buchem et al., 2010). محیط تشکیل این ریزرخساره را می‌توان به پهنه فوق جزرومدی نسبت داد. این ریزرخساره معادل کمربند رخساره‌ای شماره ۲۵ فلوگل (Flügel, 2010) است.

۴-۲. ریزرخساره‌های لاگون

(MF2) **مادستون:** این ریزرخساره شامل میکرایت، دارای قطعات فسیلی مانند دندرتینا، میلیولید و قطعات دو کفه‌ای به مقدار اندک است که در برخی قسمت‌ها فاقد هرگونه آلوم اسکلتی است. در برخی موارد ذرات تخریبی کوارتز و پلت در متن این ریزرخساره مشاهده می‌شود. در این ریزرخساره، انیدریت مشاهده نمی‌شود.

(MF3) **مادستون / وکستون حاوی روزن‌بران بدون منفذ:** خصوصیت اصلی این ریزرخساره تنوع و فراوانی روزن‌بران بدون منفذ (بادیواره پورسلانوز) از قبیل گونه‌های دیسکوربیس، پنروپلیس، میلیولید، دندرتینا، به همراه قطعات گاستروپود است. دانه‌های کربناته (آئید، پلت) به‌صورت آلوم کم فرعی در زمینه‌ی گل آهکی دیده می‌شوند.

۴- شرح ریزرخساره‌ها

نتایج حاصل از مطالعات پتروگرافی منجر به شناسایی ۹ ریزرخساره کربناته، ۱

• **تفسیر:** حضور روزن‌بران با دیواره هیالین که شاخص محیط دریای باز هستند و حضور روزن‌بران میلیولیدی در متن این ریزرخساره، به‌طور کلی بیانگر یک ریزرخساره کم انرژی است که به محیط لبرو به دریای باز رمپ داخلی با اکسیژن بالا، مربوط به زون مزوفوتیک تا الیگوفوتیک و نزدیک یا زیر سطح اساس اثر امواج و نزدیک به محیط رمپ میانی، نسبت داده می‌شود. با توجه به ترکیب اجزای سازنده این ریزرخساره‌ها، رسوب گذاری در لبرو به دریای باز رمپ داخلی با چرخش خوب آب، شوری کم، میزان اکسیژن بالا پیشنهاد می‌شود (Romero et al., 2002; Flügel, 2004). با مقایسه این ریز رخساره‌ها با ریزرخساره استاندارد فلوگل به نظر می‌رسد که این ریز رخساره‌ها با ریزرخساره شماره ۱۳ (Flügel, 2010) تطابق دارند.

۴-۶. ریزرخساره‌های رمپ میانی

- (MF9) **پگستون حاوی نومولیت و روزن‌بران با تنوع کم:** میزان گل در متن این ریزرخساره پایین است. مهم‌ترین اجزای اصلی این ریز رخساره فرامینفرهای بنتیک بزرگ با پوسته هیالین از قبیل نومولیت، دیسیکلینا است. روزن‌بران با پوسته پورسلانوز مانند میلیولید با فراوانی کمتر در این ریزرخساره دیده می‌شود. این فرامینفرهای با پوسته هیالین عمدتاً به‌صورت قطعات درشت و کشیده، بدون آثار خردشدگی و یا خردشدگی اندک در متن ریزرخساره مشاهده می‌شوند. این ریزرخساره عمدتاً با ریزرخساره‌های مربوط به رمپ خارجی مشاهده می‌شوند.

- (MF10) **وگستون / پگستون حاوی روزن‌داران بنتیک و پلاژیک:** از ویژگی اصلی این ریز رخساره حضور همزمان فرامینفرهای بنتیک شامل لپیدوسیکلینا، میلیولید و فرامینفرهای پلانکتون مانند گلوبی‌ژرینا درزمینه عمدتاً میکرباتی است. فرامینفرهای پلانکتون با فراوانی کمتر و فرامینفرهای بنتیک با فراوانی بیشتر در متن این ریزرخساره مشاهده می‌شوند. این ریزرخساره در بخش‌های زیرین آسماری همراه با ریزرخساره رمپ خارجی دیده می‌شوند.

• **تفسیر:** حضور فراوان نومولیت‌ها، فراوانی کم میلیولید، ریزرخساره‌های همراه، نشان‌دهنده رسوب گذاری این ریز رخساره در بخش تحتانی منطقه نوری، زیر سطح تأثیر امواج در شرایط عادی و در شرایط انرژی کم تا متوسط با شوری نرمال است (Romero et al., 2002; Flügel, 2010). حضور روزن‌بران پلانکتونیک حاکی از نهشت این ریز رخساره در عمیق‌ترین بخش‌های زون کم‌نور دریا (Pomar, 2001; Romero et al., 2002; Geel, 2000) و احتمالاً در عمیق‌ترین قسمت رمپ میانی است (Brandano and Corda, 2003; Romero et al., 2002). با توجه به ویژگی‌ها و مقایسه آن با ریز رخساره‌های مشابه در محیط‌های رسوبی کربناته امروزی (Hottinger, 1997) به نظر می‌رسد که این ریز رخساره‌ها به ترتیب معادل کمر بند رخساره‌ای شماره ۱۳ و ۹ (Flügel, 2010) هستند.

۴-۷. ریزرخساره رمپ خارجی - حوضه

- (MF11) **شیل آهکی:** این ریزرخساره به عنوان ریزرخساره مختلط در زون تدریجی بین سازند آسماری و سازند پابده و بر روی انیدریت‌های قاعده‌ای سازند آسماری قرار می‌گیرد. فراوانی شیل در این سنگ رخساره به بیشتر از ۷۵٪ می‌رسد. روزن‌بران پلانکتونیک از قبیل گلوبی‌ژرینا و قطعات پیریت در این رخساره مشاهده می‌شود.

• **تفسیر:** وجود این روزن‌بران پلاژیک، عدم حضور روزن‌بران بنتیک شرایط نسبتاً عمیق را برای این ریز رخساره تداعی می‌کند. این ریز رخساره بیانگر نهشت در زیر سطح اساس امواج طوفانی و معرف محیط انتهایی رمپ خارجی است. معادل مناسبی برای این ریز رخساره در کمر بند رخساره استاندارد (Flügel, 2010) مشاهده نشده است.

۵- بازسازی مدل و محیط رسوبی

عدم وجود ریزرخساره‌های ریفی، تبدیل تدریجی ریزرخساره‌ها به یکدیگر و عدم حضور بایوکلاست‌های مناطق کم‌عمق در مناطق عمیق که در شلف‌های لبه‌دار مشاهده می‌شود نشان‌دهنده ته‌نشست توالی کربناته سازند آسماری در یک رمپ کربناته است (Burchette and Wright, 1992; Tucker and Wright, 1990). بر اساس پراکندگی و توزیع ریز رخساره‌های سازند آسماری و مقایسه آنها با رخساره‌های

- (MF4) **وگستون / پگستون پلوییدی:** زمینه این ریزرخساره سنگ‌آهک با بافت وگستون تا پگستون است. در این ریزرخساره آلوکم غیر اسکلتی پلویید به همراه فرامینفرهای بی‌منفذ به‌ویژه میلیولید فراوان است. گسترش این ریزرخساره محدود بوده و دارای ضخامت ناچیز است.

• **تفسیر:** پلت‌ها عموماً در شرایط محیطی کم‌عمق، کم انرژی تشکیل می‌شوند. زمینه میکرباتی، فراوانی اندک روزن‌بران بدون منفذ و فراوانی پلت‌ها، نشانگر آن است که ریزرخساره مذکور در یک محیط کم‌عمق از بخش درونی پلانقرم کربناته همانند لاگون نهشته شده است (Tucker and Wright, 1996; Flügel, 2004). همچنین این ریزرخساره‌ها به ترتیب با کمر بند رخساره‌ای شماره ۱۹ و ۲۰ (Flügel, 2010) تطابق دارند.

۴-۳. ریزرخساره پشته‌های زیر آبی

- (MF5) **گرینستون آئیدی:** آئیدها دارای جورشدگی و گردشدگی خوب هستند، میلیولید به مقدار ناچیز در متن این ریزرخساره پراکنده است. از نظر سنگ‌شناسی این ریزرخساره دارای ترکیب سنگ‌آهک است. عموماً آئیدها توسط سیمان کلسیتی پر شده‌اند و میزان گل در متن این ریزرخساره بسیار ناچیز است. این ریزرخساره در چاه‌های مورد مطالعه دارای ضخامت ناچیزی (۵ تا ۱۰ متری) است.

• **تفسیر:** بافت گرینستونی، وجود آئید، فراوانی کم فرامینفرهای با دیواره پورسلانوز مانند میلیولید بیانگر پراثری بودن محیط رسوب گذاری این ریزرخساره است (Wilson, 1975; Tucker and Wright, 1996; Flügel, 2004). موارد فوق بیانگر تشکیل این ریزرخساره در کمر بند موسوم به شول آئیدی است که با توجه به اجزای سازنده بخش رو به ساحل شول رمپ داخلی به این ریزرخساره تعلق می‌گیرد. این ریزرخساره بیانگر کمر بند رخساره‌ای شماره ۲۷ در مدل (Flügel, 2010) است.

۴-۴. ریزرخساره‌های لاگون محصور شده

- (MF6) **بایوکلاست وگستون / پگستون حاوی روزن‌بران بی‌منفذ و جلبک قرمز:** اجزای غالب تشکیل‌دهنده این ریزرخساره جلبک قرمز، روزن‌بران با دیواره پورسلانوز از قبیل پنرویلیس، میلیولید، دندریتینا، قطعات خارداران و نرم‌تان (استراکد) هستند. جلبک قرمز عمدتاً از نوع لیتوفیلوم در متن ریزرخساره مشاهده می‌شود.

• **تفسیر:** حضور همزمان فونای نرمال دریایی (جلبک قرمز)، فونای مربوط به بخش‌های داخلی پلانقرم کربناته شامل روزن‌بران با دیواره پورسلانوز، کاهش میزان گل، وجود اکتینودرم، از افزایش تدریجی عمق آب، رسوب گذاری در یک محیط دریایی با انرژی کم تا متوسط دلالت دارد (Buxton and Pedlly, 1989). با توجه به فراوانی اکتینودرم و جلبک قرمز این رخساره را می‌توان به بخش کم‌عمق جلوی سد نسبت داد (Pomar et al., 2002; Flügel, 2010). با مقایسه این ریز رخساره با الگوی ارائه شده توسط (Flügel, 2010) زیر محیط جلوی شول (محصور شده رمپ داخلی (Restricted)) برای این ریز رخساره پیشنهاد شده است. این ریز رخساره همچنین با ریز رخساره شماره ۱۶ معرفی شده توسط Flügel (2010) تطابق دارد.

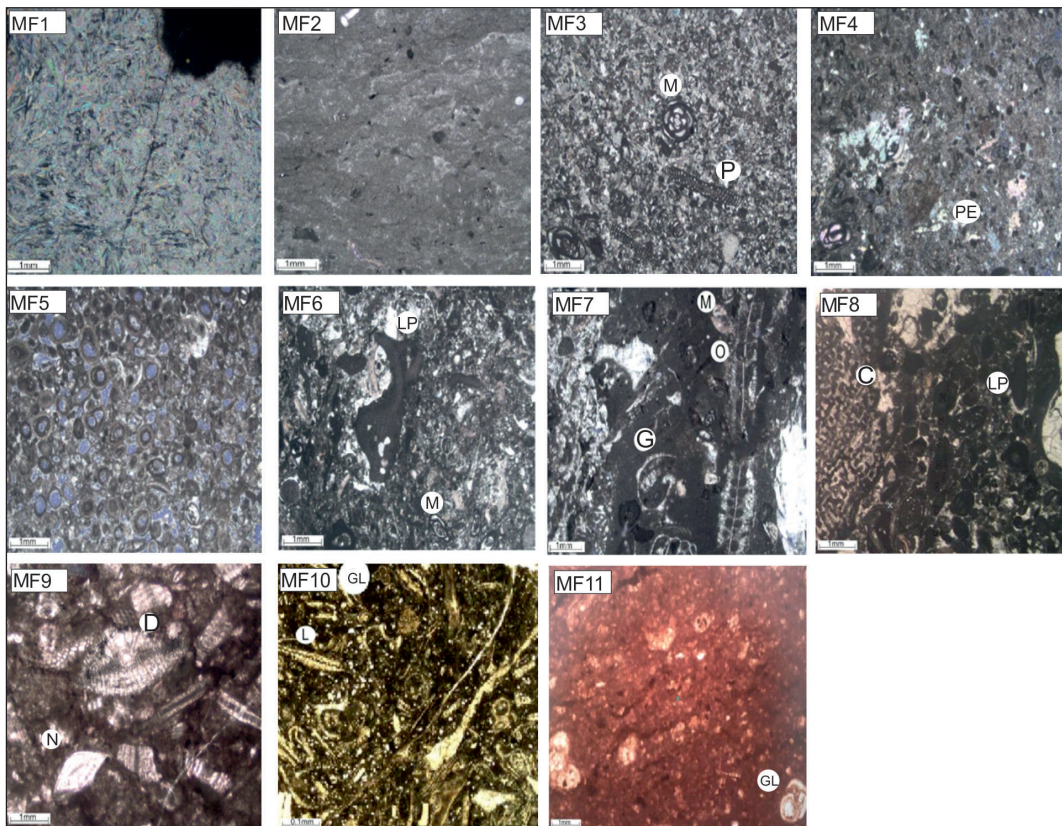
۴-۵. ریزرخساره‌های لاگون دارای ارتباط با دریای باز

- (MF7) **بایوکلاست وگستون / پگستون حاوی روزن‌بران بی‌منفذ و منفذدار:** ویژگی مهم این ریزرخساره حضور همزمان روزن‌بران مربوط به دریای باز (روزن‌بران با پوسته هیالین) از قبیل نومولیت، اپرکولینا، روتالیا و روزن‌بران شاخصه محیط لاگون (روزن‌بران با پوسته پورسلانوز) مانند میلیولید، دندریتینا و آلونولینا است. خرده‌های خارداران، نرم‌تان (گاستروپود و بریوزوآ) در کنار روزن‌بران از بایوکلاست‌های اصلی این ریزرخساره محسوب می‌شوند. جلبک قرمز نیز به میزان اندک در متن این ریزرخساره مشاهده می‌شود.

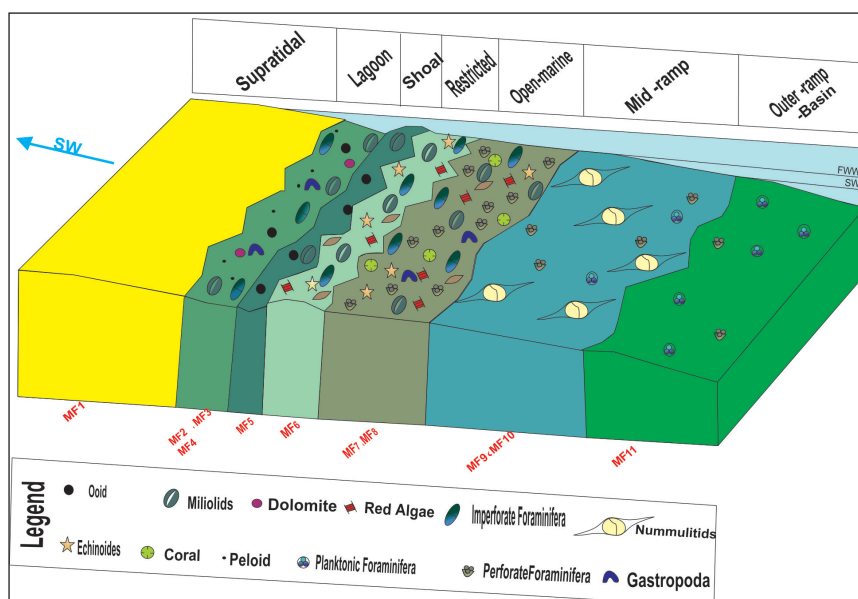
- (MF8) **بایوکلاست وگستون / پگستون حاوی جلبک قرمز و مرجان:** اجزای اصلی تشکیل‌دهنده آن جلبک قرمز (لیتوفیلوم) و مرجان است. از دیگر اجزای تشکیل‌دهنده آن می‌توان به فراوانی فرامینفرهای بنتیک همچون میلیولید، اپرکولینا، روتالیا و خرده‌های خارداران اشاره نمود. تفاوت این ریزرخساره با ریزرخساره شماره ۶ در وجود مرجان و فراوانی بیشتر فرامینفرهای با دیواره هیالین است. عمدتاً روزن‌بران انحلال‌ناهنه توسط سیمان کلسیتی پر شده‌اند. میکرباتی شدن دیواره برخی از ذرات در برخی از میدان‌ها مشاهده می‌شود.

شده است (شکل ۳). با وجود حضور شواهدی از شرایط محیطی زیر محیط رمپ خارجی و میانی، بیشترین ضخامت رسوبات نهشته شده به زیر محیط رمپ داخلی تعلق دارد.

استاندارد زیر محیط‌های رمپ خارجی (ریزخساره MF11)، رمپ میانی (ریزخساره‌های MF9 و MF10)، رمپ داخلی (ریزخساره‌های MF8 تا MF2) و پهنه جزرومدی (ریزخساره MF1) برای این سازند در میدان مورد مطالعه پیشنهاد



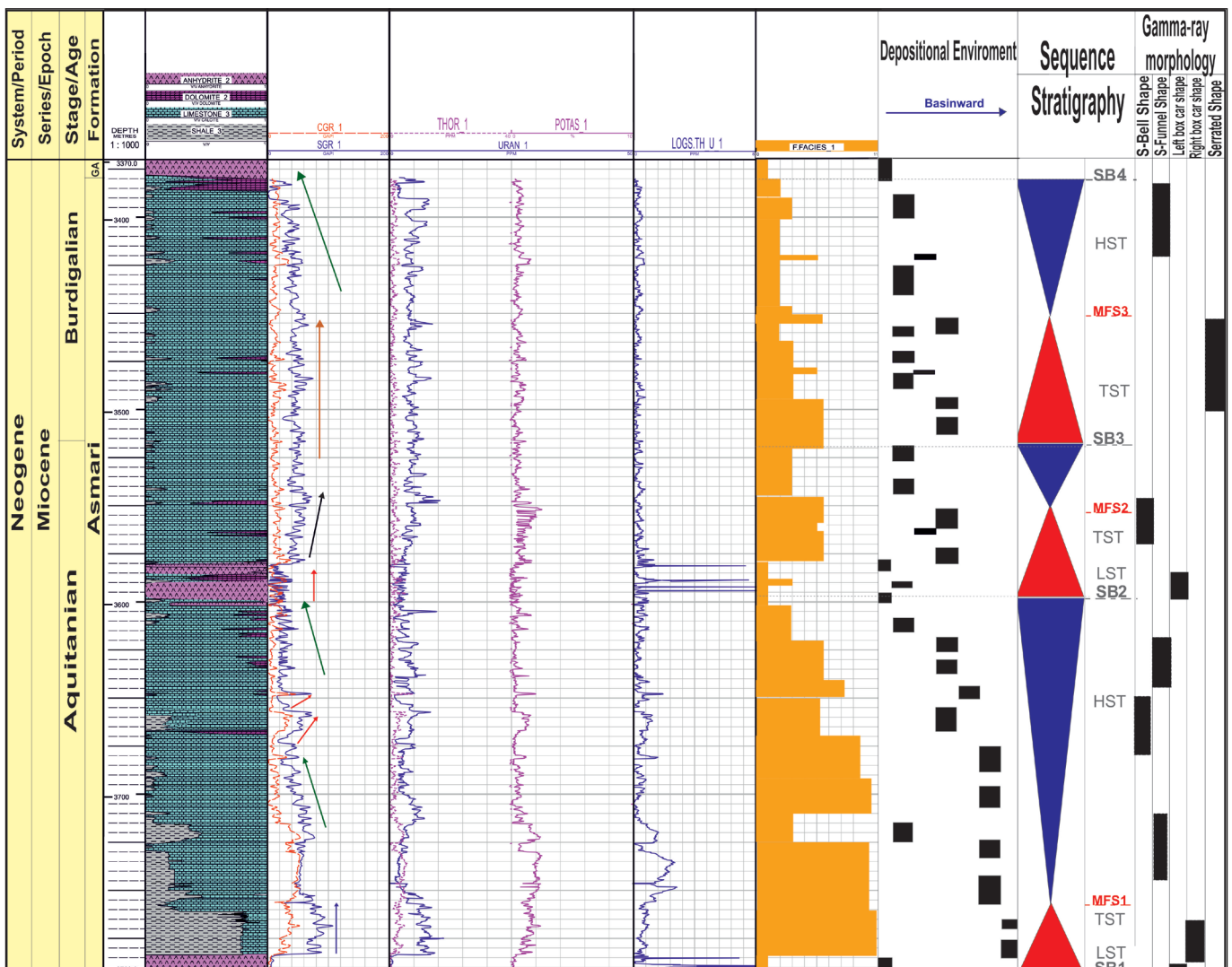
شکل ۲- تصاویر میکروسکوپی از ریز رخساره‌های سازند آسماری در میدان کارون. MF1: انیدریت، MF2: مادستون، MF3: مادستون/ وکستون حاوی روزن‌بران بدون منفذ (M, Miliolid sp, P, Peneroplis sp.)، MF4: وکستون/پکستون پلوییدی (PE, Peloid)، MF5: گریستون انیدی، MF6: بایو کلاست وکستون/ پکستون حاوی روزن‌داران بدون منفذ و جلبک قرمز (M, Miliolid sp, LP, Lithophyllum)، MF7: بایو کلاست وکستون/ پکستون حاوی روزن‌داران بدون منفذ و منفذدار (G, Gastropoda, M, Miliolid sp, O, Operculina sp.)، MF8: بایو کلاست وکستون/ پکستون حاوی جلبک قرمز و مرجان (MF9) (C, Coral, LP, Lithophyllum)؛ پکستون حاوی نومولیت و روزن‌داران با تنوع کم (MF10) (D, Disyclina sp, N, Nummulites sp.)؛ کستون/ پکستون حاوی روزن‌داران بنتیک و پلاژیک (MF11 (GL, Globigerinids, L, Lepidocyclina sp.)؛ شیل آهکی (GL, Globigerinids).



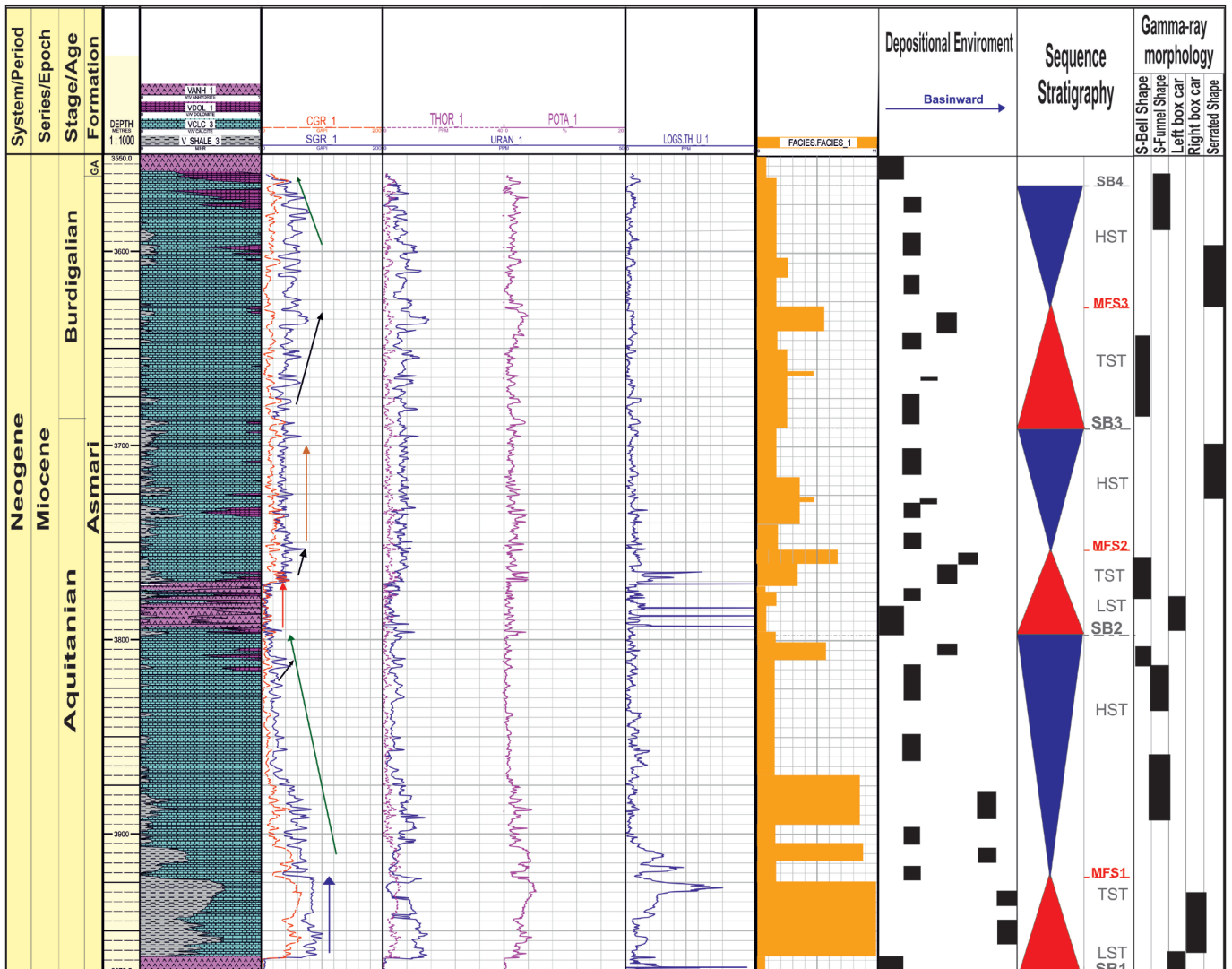
شکل ۳ - مدل رسوبی پیشنهادی محیط رسوبی سازند آسماری در میدان کارون بر اساس مدل Burchette and Wright (1992) با استفاده از توزیع ریزخساره‌های رمپ (Flügel, 2010).

نگاره طیف سنج اشعه گاما قرائت شده و پس از نسبت‌گیری مورد استفاده قرار گرفت (شکل‌های ۴ و ۵). در بخش توالی انیدریتی فراوانی هر سه عنصر توریم، پتاسیم و اورانیم بسیار پایین است و نسبت $Th/U > 7$ نشانگر شرایط اکسیدان است که با توجه به مطالعات رسوب‌شناسی که نشانگر نهشت بخش‌های انیدریتی در محیط پهنه فوق جزرومدی این نسبت مورد تأیید است. در دیگر بخش‌های سازند این نسبت روند کاهشی ($Th/U < 7$) را از خود نشان می‌دهد و بیانگر شرایط دریایی و احیایی منطقه است (شکل‌های ۴ و ۵). با توجه به اینکه محیط رمپ داخلی (علی‌الخصوص بخش رو به ساحل رمپ داخلی) از نظر پتانسیل شرایط اکسیدان و احیا، با شرایط اکسیدان مشخص می‌شود (امینی، ۱۳۹۶). ولی نسبت توریم به اورانیم شاخص مناسبی در این بخش نبوده است و محدوده‌های شناسایی شده ($Th/U < 7$) نشانگر شرایط احیایی است.

ظهور ریزرخساره‌های مورد مطالعه در توالی قائم، کاهش در عمق محیط به سمت بالا را نشان می‌دهد به گونه‌ای که از زمان آکی تانین زیرین به بعد شرایط محیطی رمپ خارجی تا میانی دیده نمی‌شود و شرایط رمپ داخلی در منطقه مورد مطالعه وجود دارد تا این که در زمان میوسن زیرین (اشکوب بوردیگالین) با خروج کامل رمپ کربناته آسماری، سازند تبخیری گچساران رسوب‌گذاری نموده است (Van Buchem et al., 2010). نسبت عناصر طیف‌سنج اشعه گاما شاخصی جهت بازسازی شرایط اکسیدان و احیا حاکم بر محیط رسوبی است (Craigie, 2018). نسبت عنصر توریم به اورانیم بیشتر از ۷ ($Th/U > 7$) نشانگر شرایط اکسیدان است در صورتی که نسبت کمتر از ۷ ($Th/U < 7$) نشانگر محیط دریایی و شرایط احیایی است (Vigh et al., 2013; Ramkumar, 2015; Craigie, 2018). میزان این دو عنصر از روی



شکل ۴- نمودار کلی، دربرگیرنده پراکنندگی ریزرخساره‌ها، ریخت‌شناسی نگاره گاما و چینه‌نگاری سکانسی سازند آسماری در چاه الف میدان کارون (شکل جعبه‌ای به سمت چپ با فلش قرمز رنگ، شکل جعبه‌ای به سمت راست با فلش آبی رنگ، شکل قیفی دنداندار با فلش سبز رنگ، شکل زنگوله‌ای دنداندار با فلش مشکی رنگ و شکل دندان‌های شکل با فلش قهوه‌ای رنگ مشخص شده است).



شکل ۵- نمودار کلی دربرگیرنده پراکندگی ریزرخساره‌ها، ریخت‌شناسی نگاره گاما و چینه‌نگاری سکانسی سازند آسماری در چاه ب میدان کارون (شکل جعبه‌ای به سمت چپ با فلش قرمز رنگ، شکل جعبه‌ای به سمت راست با فلش آبی رنگ، شکل قیفی دندان‌دار با فلش سبز رنگ، شکل زنگوله‌ای دندان‌دار با فلش مشکی رنگ و شکل دندان‌های شکل با فلش قهوه‌ای رنگ مشخص شده است)

۶- بررسی چینه‌نگاری سکانسی و تغییرات نگاره گاما در سطوح سکانسی

درجه اول و سایر مرزهای سکانسی شناسایی شده از نوع درجه دوم هستند. در کنار بررسی سکانس‌های شناسایی شده، تغییرات فراوانی عناصر توریم، پتاسیم و اورانیم نگاره طیف‌سنج اشعه گاما و تغییرات نگاره گاما کل (که مجموع هر سه عنصر توریم، پتاسیم و اورانیم است) در سطوح سکانس‌های شناسایی شده (مرزهای سکانسی و سطوح حداکثر غرقابی) مورد بررسی قرار گرفت. نتایج مطالعات صورت گرفته به شرح زیر است:

۶-۱. سکانس اول

مرز تحتانی این سکانس (SB1) در بخش تحتانی انیدریت قاعده‌ای و مرز فوقانی آن (SB2) در قاعده انیدریت میانی قرار می‌گیرد. لیتولوژی این سکانس عمدتاً شامل شیل آهکی، آهک، آهک دولومیتی (شامل دولومیت‌های ریزبلور تا متوسط بلور، نیمه شکل‌دار تا شکل‌دار و معمولاً هم‌اندازه هستند که در متن سنگ آهک مشاهده می‌شوند) و انیدریت است. انیدریت قاعده‌ای مهم‌ترین مشخصه برای تشخیص مرز سکانسی (حداکثر پایین‌افتادگی سطح آب دریا) است. واحد انیدریتی در اثر کم‌عمق شدن موقتی حوضه و قطع ارتباط با دریای باز در گستره تراز پایین سطح آب دریا (LST) تشکیل می‌شود (Van Buchem et al., 2010). با پیشروی دریای میوسن،

علم چینه‌نگاری سکانسی بر اساس آنالیز ریزرخساره‌ای، تغییرات دوره‌ای در الگوهای انباشتگی لایه‌ها در پاسخ به مقدار تأمین رسوب و میزان فضای رسوب‌گذاری است (Catuneau, 2012). در این مطالعه با استفاده از نتایج به دست آمده حاصل از تحلیل ریزرخساره‌ها، تغییرات ریزرخساره‌ها در توالی قائم و نیز به کارگیری داده‌های چاه‌پیمایی (نگاره گاما)، ۳ سکانس رسوبی رده سوم در برش‌های زیرسطحی شناسایی شد (شکل‌های ۵ و ۴). سکانس اول، دوم و سوم طبق مطالعات (Van Buchem et al., 2010) به ترتیب به سن آکی‌تائین زیرین، آکی‌تائین بالایی و بوردیگالین هستند و همچنین این سکانس‌ها را می‌توان معادل سکانس‌های ۴، ۵ و ۶ در فروافتادگی دزفول و زون ایذه (Van Buchem et al., 2010) در نظر گرفت. در سکانس‌های ۱ و ۲، دسته رخساره تراز بالا (HST)، تراز پایین (LST) و تراز پیشرونده (TST) و در سکانس ۳ با توجه به عدم وجود دسته رخساره تراز پایین، دسته رخساره تراز پیشرونده (TST) و تراز بالا (HST) تفکیک شده که به همراه سطوح سکانسی (سطح حداکثر غرقابی MFS و مرزهای سکانسی SB)، در تفکیک سکانس‌ها استفاده شده است (Catuneau et al., 2011). لازم به ذکر است که مرزهای سکانسی منتهی شده به توالی‌های انیدریتی مربوط به پهنه فوق جزرومدی از نوع

۶-۳. سکانس سوم

مرز فوقانی این سکانس مرز بین سازند آسماری با سازند گچساران است. لیتولوژی این سکانس عمدتاً آهکی، به میزان کمتر دولومیت آهکی و آهک شیلی است. شروع این سکانس با نهشته شدن ریزرخساره مادستون/ وکستون حاوی روزن بران بی منفذ، گریستون آئیدی و ریزرخساره بایو کلاست و کستون/ پکستون حاوی روزن بران بی منفذ و منفذدار مشخص می شود. در ادامه با عمیق تر شدن محیط و جابه جایی ریزرخساره ها به طرف خشکی، مجموعه ریزرخساره های بخش روبه دریای باز (MF7, MF8) به عنوان زون حداکثر گسترش آب دریا (MFS3) در این سکانس نظر گرفته می شود. مجموعه رسوباتی که بین مرز سکانسی (SB3) و سطح حداکثر گسترش آب دریا (MFS3) قرار می گیرند، در طی گستره تراز پیشرونده آب دریا (TST) ته نشست یافته اند. قابل ذکر است که دسته رخساره های تراز پایین سطح آب دریا (LST) در این سکانس مشاهده نشده اند. با کم عمق شدن حوضه و پایین آمدن تدریجی سطح آب دریا مجموعه رسوبات لاگونی رو به ساحل شامل مادستون، مادستون/ وکستون حاوی روزن بران بدون منفذ متتابعاً تکرار می شوند. در ادامه حاکم شدن طولانی مدت شرایط محیطی سابخایی موجب تشکیل توالی ضخیمی از نهشته های تبخیری سازند گچساران شده است. توالی مذکور به عنوان نهشته های دسته رخساره تراز بالای سطح آب دریا (HST) معرفی می شوند (شکل های ۴ و ۵). در مرز سکانسی SB3 میزان عناصر روند خاصی از خود نشان نمی دهد لذا در این سطح تغییرات عناصر شاخص مناسبی نیست. میزان عنصر اورانیم با گسترش ریزرخساره های حاوی جلبک قرمز و مرجان (SMF6, SMF8) در سطح بیشینه غرقابی MFS3 روند افزایشی دارد بنابراین میزان نگاره گاما در این سطح افزایش می یابد، در نهایت با قرارگیری مرز زمانی SB4 در قاعده انیدریت گچساران میزان فراوانی هر سه عنصر به شدت کاهش می یابد.

۷- بررسی ریخت شناسی نگاره گاما

از مهم ترین اشکال نگاره گاما شناسایی شده در این مطالعه در محیط های پهنه بالای جزرومدی، رمپ خارجی و رمپ داخلی می توان به موارد زیر اشاره نمود:

۷-۱. شکل جعبه ای به سمت چپ (Left Box Car Shape)

این حالت در هر دو برش زیرسطحی میدان کارون در بخش های انیدریت قاعده ای و میانی که معرف پهنه بالای جزرومدی و دسته رخساره تراز پایین (LST) است، مشاهده می شود. این حالت دارای مقادیر بسیار پایین نگاره گاما (0-5-API)، فاقد بی نظمی و مرزهای بالا و پایین مشخصی (منطبق بر توالی های شیلی و کربناتی) است (Siddique, 2013) (شکل های ۴، ۵ و ۶- A).

۷-۲. شکل جعبه ای به سمت راست (Right Box Car Shape)

این ریخت شناسی دارای مقدار بالای پرتوگاما (90-100-API) و در واقع بیشترین میزان پرتوگاما در طول کل توالی سازند آسماری در میدان کارون است. دارای مرزهای پایین و بالای مشخص و منطبق بر بخش های حاوی حداکثر میزان شیل است. این ریخت شناسی به رخساره شیل آهکی مربوط به محیط رمپ خارجی که معرف دسته رخساره تراز پیشرونده (TST) است، نسبت داده می شوند. مرز پایین این ریخت شناسی منطبق بر رأس بالایی لایه انیدریتی با حداقل نگاره گاما و مرز بالایی با کاهش میزان شیل و افزایش کربنات ها مشخص می شود (Siddique and El-Ghali, 2013) (شکل های ۴، ۵ و ۶- B).

۷-۳. شکل زنگوله ای دنداندار (Serrated Bell Shape)

عمدتاً این شکل منطبق بر ریزرخساره بایو کلاست و کستون/ پکستون حاوی روزن داران بی منفذ و جلبک قرمز (SMF5) و رخساره بایو کلاست و کستون/ پکستون حاوی جلبک قرمز و مرجان (MF8) و معرف دسته رخساره تراز پیشرونده (TST) است. این ریخت شناسی نشانگر افزایش میزان نگاره گاما (80-100-API)، ناشی از افزایش ناگهانی میزان اورانیم و افزایش نسبی پیک پتاسیم است (Glover, 2014). همچنین این روند افزایشی نگاره گاما بیانگر

ریز رخساره های رمپ خارجی و میانی در محیط رسوبی سازند آسماری گسترش می یابد. سطح حداکثر غرقابی (MFS1) با حداکثر میزان شیل حاوی روزن بران پلاژیک و پیریت و حداکثر میزان نگاره گاما مشخص می شود. دسته رخساره تراز پیشرونده (TST) با نهشت ریز رخساره های مربوط به محیط رمپ خارجی و رمپ میانی (MF9, MF10, MF11) مشخص می شود. به تدریج مجموعه رسوبات شیلی تبدیل به رسوبات محیط رمپ میانی شامل ریز رخساره پکستون حاوی نومولیت و دیگر روزن داران و ریزرخساره و کستون/ پکستون حاوی روزن بران بنتیک و پلاژیک می شود. با پایین آمدن بیشتر سطح آب دریا مجموعه ریز رخساره های بخش لاگونی شامل مادستون، مادستون/ وکستون حاوی روزن بران بدون منفذ، وکستون/ پکستون پلوئیدی ظاهر می شوند؛ که این مجموعه رسوبات به دسته رخساره های تراز بالای آب دریا (HST) نسبت داده می شوند (شکل های ۴ و ۵). با توجه به این که مرز سکانسی SB1 بر مرز زیرین لایه انیدریت قاعده ای منطبق است، میزان فراوانی هر ۳ عنصر توریم، پتاسیم و اورانیم در این قسمت با نهشت تبخیری به شدت کاهش پیدا کرده و به عدد صفر نزدیک است، براین اساس میزان نگاره گامای کل (SGR) نیز در این بخش بسیار پایین و بر گامای CGR منطبق است. در سطح بیشینه غرقابی MFS1 با افزایش میزان عنصر توریم، پتاسیم و اورانیم ناشی از افزایش توالی های شیلی (نهشت رخساره شیل آهکی) نگاره گاما افزایش می یابد.

۶-۲. سکانس دوم

مرز فوقانی این سکانس توسط ریزرخساره زیر محیط لاگون که مشخصه حداقل سطح آب دریا است مشخص می شود. لیتولوژی این سکانس عمدتاً آهکی و به مقدار کمتر آهک دولومیتی، آهک شیلی و انیدریت است. در این سکانس برخلاف سکانس اول مجموعه ریزرخساره رمپ خارجی و رمپ میانی مشاهده نمی شود و مجموعه ریزرخساره های رمپ داخلی دارای بیشترین ضخامت هستند که این موضوع نشان می دهد که این سکانس در مقایسه با سکانس اول در شرایط کم عمق تری تشکیل شده است. قاعده این سکانس با ریزرخساره مربوط به پهنه بالای جزرومدی (ریزرخساره انیدریت) که معرف دسته رخساره تراز پایین (LST) است، شروع می شود که با بالا آمدن سطح آب دریا و پیشروی ریزرخساره های بخش های عمیق تر به طرف خشکی مجموعه ریز رخساره های مربوط به زیر محیط لاگون ظاهر می شود. در ادامه با بالا آمدن بیشتر سطح آب دریا ریزرخساره بایو کلاست و کستون/ پکستون حاوی روزن بران بی منفذ و منفذدار مربوط به بخش رو به دریای باز و ریزرخساره بایو کلاست و کستون حاوی روزن بران بی منفذ و جلبک قرمز مربوط به بخش محصور شده رمپ داخلی، به ترتیب در چاه ب و الف ظاهر می شود. این دو ریزرخساره به عنوان عمیق ترین ریزرخساره ها در طی این سکانس (MFS2) هستند. ماهیت ریزرخساره ها و روند افزایشی نگاره گاما در محدوده بین سطوح SB2 تا MFS2 نشان می دهد که این مجموعه رسوبات در طی بالا آمدگی سطح آب دریا (TST) تشکیل شده اند. در ادامه ریز رخساره های بخش های کم عمق تر به طرف دریا جابه جا شده و مجموعه ریزرخساره های پیشین جای خود را به مجموعه ریزرخساره های زیر محیط لاگون رو به ساحل شامل مادستون/ وکستون حاوی روزن بران بی منفذ و پلوئید وکستون/ پکستون و همچنین ضخامت ناچیزی از ریزرخساره گریستون آئیدی مربوط به زیر محیط شول می دهند. این مجموعه رسوبات به دسته رخساره تراز بالای سطح آب دریا (HST) نسبت داده شده اند (شکل های ۴ و ۵). با توجه به قرارگیری مرز زمانی SB2 در قاعده لایه انیدریت میانی میزان هر سه عنصر بسیار کاهش پیدا کرده و نزدیک به صفر می شود و نگاره گاما میانگین 0-10-API را از خود نشان می دهد. در ادامه در سطح بیشینه غرقابی MFS2 افزایش ناگهانی پیک اورانیم و افزایش نسبی پیک پتاسیم ناشی از گسترش جلبک قرمز و مرجان (جلبک و مرجان ها به منظور ساخت اسکلت درونی خود عناصر و املاح معدنی از جمله پتاسیم و اورانیم را از آب دریا جذب می کنند که این امر منجر به افزایش میزان این عناصر در این دسته از روزن بران می شود) دیده می شود.

گاما (60-70API)، افزایش انرژی محیطی و پیشروی رخساره‌ها به طرف دریا است (Siddique and El-Ghali, 2013) (شکل‌های ۴، ۵ و ۶- D).

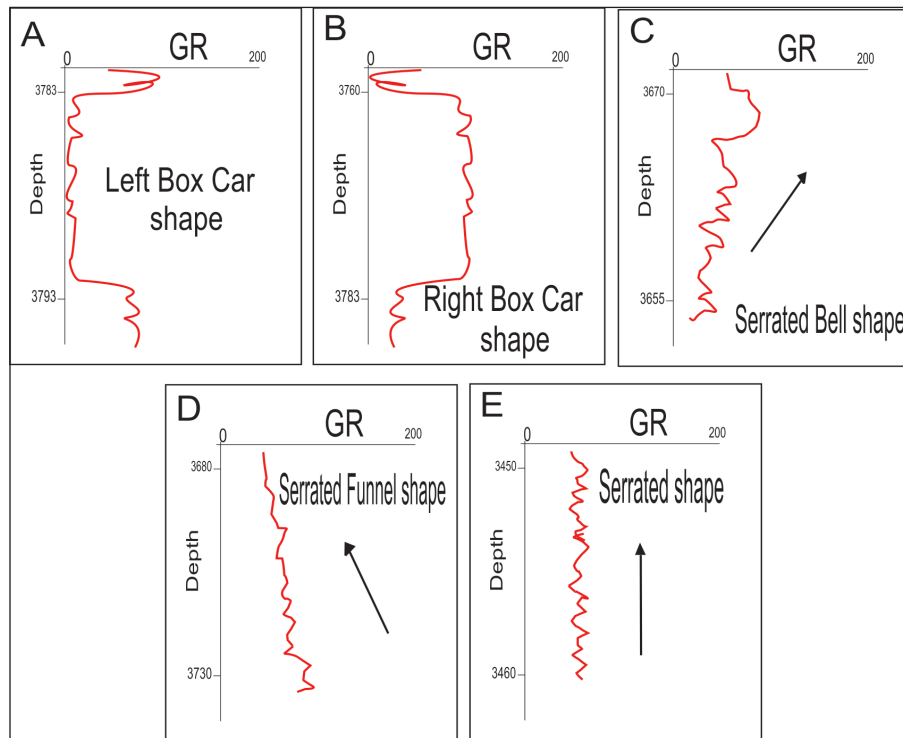
۷-۵. شکل دندانه‌ای شکل (Serrated Shape)

این حالت در هر دو چاه عمدتاً از روند خاصی پیروی نمی‌کند و مربوط به دسته رخساره معینی نمی‌شود. این الگو مقدار نگاره گامای متوسط را از خود نشان می‌دهد و ارتباط مشخصی با تغییرات انرژی محیطی ندارد (Siddique and El-Ghali, 2013) (شکل‌های ۴، ۵ و ۶- E).

کاهش انرژی محیطی به سمت بالای توالی و پیشروی رسوبات به طرف خشکی است (Siddique and El-Ghali, 2013) (شکل‌های ۴، ۵ و ۶- C).

۷-۴. شکل قیفی دندانه‌دار (Serrated Funnel Shape)

این حالت بیشتر در ریزرخساره‌های مربوط به زیر محیط لاگون رمپ داخلی (مادستون/ وکستون حاوی روزن‌بران بی‌منفذ، مادستون) و عمدتاً تابع لیتولوژی و در دسته رخساره‌های تراز بالا (HST) سکانس اول و سوم که به ریزرخساره اندریت (میزان گامای بسیار پایین) ختم می‌شود، دیده می‌شود. این الگو نشانگر کاهش نگاره



شکل ۶- انواع ریخت‌شناسی نگاره گامای سازند آسماری در میدان کارون. توزیع این الگوها در سازند مورد مطالعه در شکل‌های ۴ و ۵ نشان داده شده است. با اقتباس از (Siddique and El-Ghali, 2013) با اندکی تغییرات.

۸- نتیجه‌گیری

سازند آسماری در میدان کارون از نظر سنگ‌شناسی عمدتاً شامل سنگ آهک، آهک دولومیتی، اندریت و توالی‌های شیلی است. بر اساس مطالعات صورت گرفته نه ریزرخساره کربناته، یک ریزرخساره تپخیری و یک ریزرخساره مختلط در هر دو برش زیرسطحی شناسایی شده است. بر اساس الگوی پراکندگی ریزرخساره‌ها مشخص شده که ریزرخساره‌ها در میدان مذکور در یک محیط رمپ کربناته تشکیل شده‌اند و شامل زیر محیط‌های رمپ خارجی (ریزرخساره‌های MF11)، رمپ میانی (ریزرخساره MF9، MF10)، رمپ داخلی (MF8 تا MF2) و پهنه فوق جزرومدی (ریزرخساره MF1) هستند. بررسی نسبت عناصر توریم به اورانیم بیانگر حاکم بودن شرایط اکسیدان در بخش‌های اندریتی ($Th/U > 7$) و شرایط احیایی ($Th/U < 7$) در دیگر بخش‌های توالی است. این نسبت در بخش‌های رو به ساحل رمپ داخلی شاخص نبوده و از اعتبار بالایی برخوردار نیست. مطالعه چینه‌نگاری سکانس با توجه به تغییرات ریزرخساره‌ها در توالی قائم و تغییرات نگاره گاما منجر به شناسایی ۳ سکانس رسوبی رده سوم شده که عمیق‌ترین ریزرخساره‌های شناسایی شده (محیط

رمپ خارجی و میانی MF9، MF10 و MF11) مربوط به سکانس اول هستند که به سمت بالا به ریزرخساره‌های رمپ داخلی و پهنه جزرومدی تبدیل می‌شوند. به عبارت دیگر نحوه ظهور ریزرخساره‌ها در توالی قائم، ماهیت کم‌عمق شوندگی را آشکار می‌سازد. مطالعه غلظت و نسبت عناصر نگاره طیف سنخ گاما بیانگر افزایش میزان عناصر در سطوح بیشینه غرقابی (MFS) و کاهش عناصر توریم، پتاسیم و اورانیم در مرزهای زمانی (SB) است. بررسی ریخت‌شناسی نگاره گاما در کنار آنالیز ریزرخساره‌ای نیز اشکال جعبه‌ای سمت چپ (محیط بالای جزرومدی)، جعبه‌ای سمت راست (محیط رمپ خارجی)، زنگوله‌ای دندانه‌دار (زیر محیط لبه رو به دریای باز و محصور شده رمپ داخلی)، قیفی دندانه‌دار (زیر محیط لاگون) را نشان می‌دهد. ارتباط ریخت‌شناسی نگاره گاما با اجزا سکانس‌ها بیانگر ریخت‌شناسی شکل جعبه‌ای به سمت چپ در دسته رخساره تراز پایین (LST)، شکل‌های زنگوله‌ای دندانه‌دار و جعبه‌ای به سمت راست در دسته رخساره تراز پیشرونده (TST) و شکل قیفی دندانه‌دار در دسته رخساره تراز بالا (HST) است.

کتابخانه

- مطیعی، ه.، ۱۳۷۲- زمین شناسی ایران، چینه شناسی زاگرس، انتشارات سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور، ۲۹۶ ص.
- مطیعی، ه.، ۱۳۷۴- زمین شناسی نفت زاگرس، سازمان زمین شناسی کشور، جلد ۱ و ۲، ۱۰۰۷ ص.
- مطیعی، ه.، ۱۳۸۹- مقدمه‌ای بر ارزیابی مخازن نفتی زاگرس (برای زمین شناسان)، انتشارات آراین زمین، جلد ۱ و دو، ۸۰۷ ص.

References

- Bordenave M. L. and Hegre J. A., 2005- The influence of tectonics on the entrapment of oil in the Dezful embayment, Zagros Foldbelt, Iran., *Journal of Petroleum Geology*, v. 28, p. 339- 368.
- Brandano, M. and Corda, L., 2003- Aphotic zone carbonate production on a Miocene ramp: Central Apennines, Italy. *Sedimentary Geology*, 161v, p. 55-70p.
- Burchette, T. P. and Wright, V. P., 1992- Carbonate ramp depositional systems. In: B.W. Seliwood (Editor), *Ramps and Reefs. Sedimentary Geology*, V.79, p. 3-57.
- Buxton, M, W. N. and Pedley, H. M., 1989- Short paper a standarized model for Tethyan tertiary carbonate ramp, *Journal of Geological Society*, London, v. 146, p. 746-748.
- Catuneanu, O., 2012- International Subcommission on Stratigraphic Classification, guidelines for sequence stratigraphy. *GeoConvention*, p. 1- 17.
- Catuneanu, O., Galloway, W., Kendall, Ch., Maill, H. and Tucker, M., 2011- Sequence Stratigraphy, Methodology and Nomenclature, *Newsletters on Stratigraphy*, v 44 (3), p. 173- 245.
- Craigie, N., 2018- Principles of Elemental Chemostratigraphy, A Practical User Guide, Springer, p. 126.
- Dunham, R. J., 1962- Classification of Carbonate Rocks according to their depositional Texture A Symposium, The American Association of Petroleum Geologist Memoir, v. 1, p. 108- 121.
- Ehrenberg, S. N., Pickard, N. A. H., Laursen, G. V., Monibi, S. and Mossadegh, Z. K., 2007- Strontium isotope stratigraphy of Asmari Formation, SW Iran, *Journal of Petroleum Geology*, p. 102- 128.
- Flügle, E., 2010- Microfacies of Carbonate Rocks, Analysis Interpretation and Application, Berlin- Heidelberg, New York, , Springer, p. 984.
- Flügle, E., 2004- Microfacies of Carbonate Rocks, Analysis, Interpretation and Application, Springer Verlag, Berlin, p. 976.
- Geel, T., 2000- Recognition of Stratigraphic Sequence in Carbonate Platform and Slope: empricl models based on microfacies analysis of Paleogene deposit in Southern Spain, *Paleogeography, Paleoclimatology, Paleoeology*, v. 155, p. 211.
- Glover, P., 2014- petrophysics MSc Petroleum Geology, University of Aberdeen, P. 98.
- 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 massextinction, Part 1, *Sedimentology. Paleogeography, Paleoclimatology, Pale-oecology*, v. 193 (3), p. 405- 423.
- Hottinger, L., 1997- Shallow benthic foraminifera assemblages as signals for depth of their deposition and their limitation. *Bull. Soc. Geol. Fr*, v. 4, p. 491-505.
- Laursen, G. V., Monibi, S., Allan, T. L., Pickard, N. A., Hosseiny, A., Vincent, B., Hamon, Y., Van-Buchem, F.S.P., Moallemi, A. and Druillion, G., 2009- The Asmari Formation revisited, Change stratigraphic allocation and new biozonation, Shiraz, First International Petroleum Conference and Exhibition, European Association of Geoscientists and Engineers, Bulletin, v. 29, p. 1- 5.
- Lucia, F., 2007- Carbonate reservoir characterization, An integrated approach, Springer Science & Business Media, p. 393.
- Motiei, H., 1993- Stratigraphy of Zagros, Geological Survey of Iran, p. 583.
- Omoboriowo1, A. O., Chiadikobi, K. C. and Chiaghanam, O. I., 2012- Depositional Environment and Petrophysical Characteristics of “LEPA” Reservoir, Amma Field, Eastern Niger Delta, Nigeria: *International Journal of Pure and Applied Sciences and Technology*, p. 10.
- Pawellek, T. and Aigner, T., 2003- Stratigraphic architecture and gamma ray logs of deeper ramp carbonates (Upper Jurassic, SW Germany), *Sedimentary Geology*, v. 159, p. 203- 240.
- Pomar, L., 2001- Types of carbonate platforms: a genetic approach. *Basin Research*, p. 313-334.
- Pomar, L., Obrador, A. and Westphal, H., 2002- Sub-wave- base cross-bedded grainstones on a distally steepened carbo- nate ramp, Upper Miocene, Menorca, Spain. *Sedimentol- ogy*, in press. p. 90- 110.
- Rabiller, P., 2005- Facies prediction and data modeling for reservoir characterization. 1th Ed., Geo- consulting.p. 15- 27.
- Ramkumar, M., 2015- Chemostratigraphy, Concepts, Techniques, and Applications, Elsevier, p. 370.
- Reading, H. G., 1996- Sedimentary Enviroments, Processes, Facies and Stratigraphy. Blackwell Science, p. 688.
- Romero, J., Caus. E. and Rosell, J., 2002- A model for the palaeoenvironmental distribution of larger foraminifera based on late Middle Eocene deposite on the margin of the South Pyrenean Basin (NE Spain), *Palaeogeography, Palaeoclimatoligy, Palaeoecology*, v. 179, p. 43-56.
- Sadeghi, R, Vaziri-Moghaddam, H. and Taheri, A., 2009- Biostratigraphy and Palaeoecology of the Oligo- Miocene succession in Fars and Khuzestan areas (Zagros Basin, SW Iran). *Historical Biology*, v. 21, p. 17- 31.
- Selley, R. C., 1978- Concepts and methods of subsurface facies analysis, American Association of Petroleum Geologists, *Contin Educ Course Notes*, v. 9, p. 82p.

- Sepehr, M. and Cosgrove, J. W., 2004- Structural framework of the Zagros Fold– Thrust belt, Iran, *Marine and Petroleum Geology*, v. 21, p. 829- 843.
- Serra, O., 1984- *Fundamental of Well log interpretation, The Acquisition of Logging Data*, Elsevier Science Publisher B.V, p. 298.
- Seyrafian, A., 2000- Microfacies and depositional environment of the Asmari Formation at Deh-Dez area (a correlation across Central Zagros Basin). *Carbonates and Evaporites*, v. 15, p. 121- 129.
- Siddique, A. N. and El-Ghali, A. M, 2013- Depositional Enviroment of Shallow-Marine sandstone From outcrop Gamma-Ray logs, Belait Formation, *Research Journal Earth Science*, v. 5(6), p. 305- 324.
- Tucker, M. E. and Wright, V. P., 1990- *Carbonate Sedimentology*. Blackwell Scientific Publications, Oxford, p. 425.
- Tucker, M. E. and Wright, V. P., 1996- *Carbonate Sedimentology*. Blackwell Science, Inc, p. 482.
- Van Buchem, F. S. P., Allan, T. L., Laursen, G. V., Lotfpour, M., Moallemi, A., Monibi, S., Motiei, H., Pickard, N. A. H., Tahmasbi, A. R., Vedrenne, V. and Vincent, B., 2010- Regional stratigraphic architecture and reservoir types of the Oligo -Miocene deposits in the Dezful Embayment (Asmari and Pabdeh Formations) SW Iran. *Geological Society, London, Special Publication*, v. 329, p. 219- 263.
- Vaziri - Moghaddam, H., Seyrafian A., Taheri, A. and Motiei, H., 2010- Oligocene - Miocene ramp system (Asmari Formation) in the NW of the Zagros basin, Iran, Microfacies, paleoenvironment and depositional sequence, *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, v. 27, p. 1- 20.
- Vigh, T., Kovacs, T., Somlai, J., Kavasi, N., Polgari, M. and Biro, L, 2013- Terrestrial radioisotopes in black shale hosted Mn-carbonate deposit (Úrkút, Hungary). *Acta Geophysica*, v. 614, p. 831- 840.
- Wilson, J. L., 1975- *Carbonate Facies in Geologic History*. Springer-Verlag, Berlin, p. 471.

Application of morphology and elemental distribution of gamma-ray log in consideration of environmental conditions and sequence stratigraphy of Asmari formation, Karun field

S. Akbarzadeh¹, A. H. Amini², V. Tavakoli^{3*} and Kh. Haidari⁴

¹M.Sc., School of Geology, College of Science, University of Tehran, Tehran, Iran

²Professor, School of Geology, College of Science, University of Tehran, Tehran, Iran

³Associate Professor, School of Geology, College of Science, University of Tehran, Tehran, Iran

⁴M.Sc., NISOC, Ahvaz, Iran

Received: 2018 December 02

Accepted: 2019 May 04

Abstract

The Oligo–Miocene Asmari Formation is the most important reservoir rocks of the Dezful embayment oil fields. This study interpret sedimentary environments and sequence stratigraphy of the Asmari Formation in Karun oil field based on changes in facies, gamma-ray log morphology and change in concentration of thorium, potassium and uranium elements of the natural gamma- ray spectrometry. In this regard, 1 evaporate, 9 carbonate facies and 1 mixed facies were recognized. The thorium to uranium ratio used to analyze the oxidation, reduction condition. Based on the vertical distribution of the facies in the sequence stratigraphy framework, three 3rd order sequences were determined. Changing the trend of logs in time reflects the decreasing trend of gamma- ray in the sequence boundary and increasing trend at maximum flooding surface. Five main morphologies including left Box Car shape, Right Box Car shape, Serrated Bell shape, Serrated Funnel shape and serrated shape have been recognized. The conformity of this morphologies with the sequence stratigraphy leads to the relationship between the Left Box Car shape with Low stand system tract, Serrated Bell shape and Right Box Car shape with Transgressive system tract and Serrated Funnel shape with High system tract.

Keywords: Asmari, Gamma- ray Log, Facies, Sequence Stratigraphy, Time surface.

For Persian Version see pages 193 to 202

*Corresponding author: V. Tavakoli; E-mail: vtavakoli@ut.ac.ir