فصلنامه زمین‌شناسی ایران، سال ۱۳، شماره ۵۱، پاییز ۱۳۹۸، صفحات ۱۷-۳۰

رابطه دیاژنز، شکستگی، توزیع تخلخل ماتریکس و تولید چاه‌ها در مخزن بنگستان اهواز

مهدی خشنودکیا[۱]، محمد حسین آدابی[۲و*]، محبوبه حسینی برزی[۳] و محسن مسیحی[۴]

۱. دانشجوی دکترا گروه حوضه‌های رسوبی و نفت، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی
۲. استاد گروه حوضه‌های رسوبی و نفت، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی
۳. دانشیار گروه حوضه‌های رسوبی و نفت، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی
۴. استاد گروه مهندسی شیمی و نفت، دانشگاه صنعتی شریف

تاریخ دریافت: ۹۷/۰۱/۲۰
تاریخ پذیرش: ۹۷/۰۴/۲۷

چکیده

مخزن بنگستان میدان اهواز متشکل از سازندهای ایلام و سروک با ضخامت تقریبی ۱۰۰۰ متر در دوره کرتاسه بالایی در شرایط تکتونیکی و رسوبی متفاوت رسوب‌گذاری کرده است و متشکل از ۴ زون مخزنی (C-E-G-I) می‌باشد، که توسط زون‌های متراکم و ناتروا (A, B, D, F, H) جدا شده‌اند. این مخزن، تکراری از رخساره‌های رسوبی پشته‌های سدی بوده، که به سمت محیط لاگون (D-H-C3) رخساره می‌دهد، به استثنای جوان‌ترین سکانس که رفتاری عمیق شونده را نشان می‌دهد. رسوب‌گذاری در رخساره‌های پشته‌های سدی تغییرات فراوان رسوبی را در جهت عمودی و افقی در زون‌های I-G-E-F-C3 نشان می‌دهد، که اثر این تغییرات در گستره مخزن دیده می‌شود. همچنین اثرات گسل‌های قدیمی با روند تقریبا شمالی-جنوبی در گستره مخزن بنگستان باعث تغییر در جغرافیای قدیمی حوضه شده، که نقش موثری را در تغییرات دیاژنتیک، جایگاه رسوب‌گذاری و در نهایت عملکرد مخزن متعارف و شکسته شده دارد. تخلخل ماتریکس در زون‌های (I-G-E-C3) متاثر از فابریک می‌باشد. بنابراین رخساره‌های گرینستون و پکستون کیفیت مخزنی بهتری نسبت به وکستون و مادستون دارد. دیاژنز و آب‌های متئوریک بر سطوح رخنمون یافته در بالای هر سیکل تاثیر گذاشته است و بهترین کیفیت مخزنی در رخساره‌های گرینستون و پکستون که تاثیرات آب‌های متئوریک را تجربه کرده‌اند، وجود دارد. لذا رخنمون رخساره‌های مخزنی در بالای هر سیکل در مخزن بنگستان اهواز و تحت تاثیر قرار گرفتن آن توسط آب‌های متئوریک نقش اساسی در تولید از مخزن بازی می‌کند. اما در زون C1 مخزن بنگستان اهواز که حاوی رخساره‌ای از جنس آهک گل‌سفیدی می‌باشد، پدیده غالب انحلال و دیاژنز متئوریکی است که باعث افزایش تخلخل و عدم افزایش تراوایی گردیده است. لذا رفتار دیاژنزی متفاوت در مقایسه با زون‌های دیگر مخزنی بنگستان اهواز دارد. از طرفی شکستگی‌ها از مرکز به سمت شرق مخزن بنگستان و عمدتا در زون‌های E-F-G توسعه‌یافته است. وجود شکستگی‌های باز توسط داده‌های هرزروی، آنالیز ساختمانی-رسوبی و دینامیک مخزن تایید شده است. افزایش هرزروی گل حفاری در بعضی از نواحی زون‌های متراکم (D-F-H) می‌تواند شاهدی بر ارتباط عمودی دو مخزن و نبود سد رسوبی در آن نواحی باشد.

واژه‌های کلیدی: دیاژنز، شکستگی، تولید چاه، بنگستان اهواز.

* نویسنده مرتبط: m-adabi@sbu.ac.ir

مقدمه

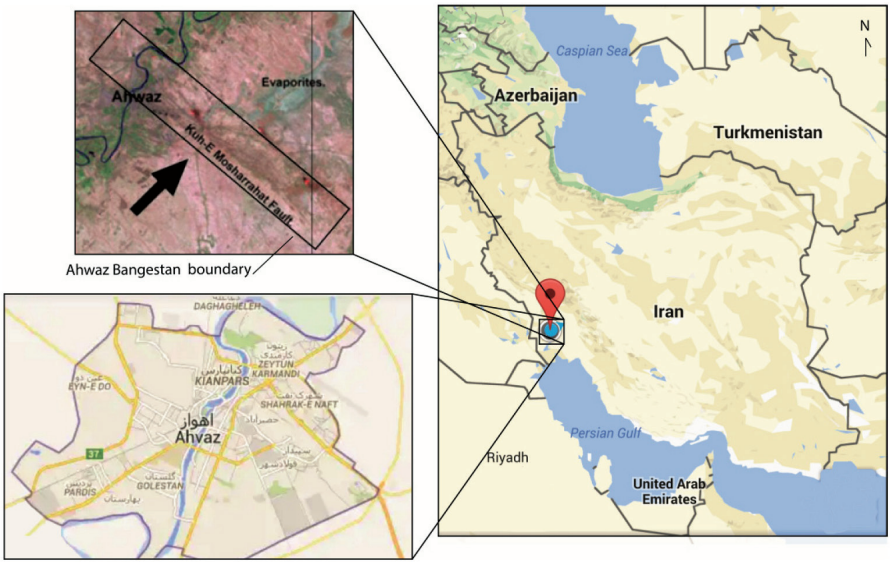
فاکتورهای زمین‌شناسی می‌توانند ارزیابی مناسبی برای کنترل خصوصیات هتروژنی و کیفیت مخزنی باشند. ازآنجایی‌که اکثر مخازن خاورمیانه و به‌ویژه کمربند رسوب‌گذاری زاگرس از نوع کربنات‌های شکافدار می‌باشند، لذا شناخت این فاکتورها و نحوه عملکرد آنها در فهم رفتار مخزن در وضعیت حال و پیش‌بینی تغییرات آن در مراحل بعدی تولید و بازیافت ثانویه مخزن موثر و مهم تلقی می‌شود.

به‌طورکلی از نگاه رسوب‌شناسی عوامل کنترل کننده کیفیت مخزنی شامل عوامل محیطی (در زمان رسوب‌گذاری یا کمی بعد از رسوب‌گذاری تاثیر گذاشته) و عوامل دیاژنتیکی (بعد از نهشته شدن رسوبات اتفاق افتاده) است که موجب افزایش یا کاهش کیفیت مخزنی شده است، لذا پارامترهایی چون انحلال، سیمانی شدن، شکستگی و نئومورفیسم در کاهش یا افزایش کیفیت مخزنی نقش داشته‌اند. در این مطالعه سعی شده تا نقش فاکتورهای زمین‌شناسی از دیدگاه دیاژنز و ارتباط آن با توسعه شکستگی‌ها و تولید چاه‌ها مورد بررسی قرار گیرند، تا بر این اساس بتوان نواحی که عوامل دیاژنتیک تاثیر مثبتی یا منفی در توسعه کیفیت مخزنی دارند را شناسایی کرد.

جایگاه زمین‌شناسی

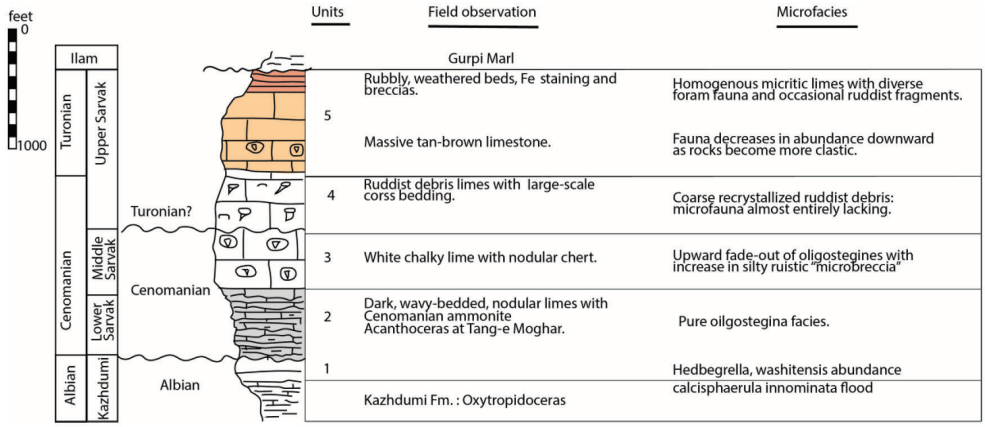
میدان اهواز یکی از بزرگترین میادین ایران می‌باشد و شهر اهواز بر روی بخشی از آن قرار دارد (شکل ۱). میدان اهواز متشکل از مخازن آسماری (تخریبی-کربناته)، بنگستان (کربناته) و خامی (کربناته) می‌باشد. مخزن بنگستان تاقدیس اهواز در یک حوضه فورلند[1] در اقیانوس نئوتتیس در دوران کرتاسه در شرایط رسوب‌گذاری و تکتونیکی متفاوت ته‌نشست کرده است. گروه بنگستان شامل سازندهای ایلام و سروک می‌باشد (شکل ۲)، که در ناحیه مطالعه عمدتا تکرار رخساره‌های پشته‌های سدی و لاگون به همراه توزیع خرده‌های رودیست می‌باشد.

میدان اهواز تاقدیس سینوسی کم شیب و نامتقارن با روند شمال غربی-جنوب شرقی است، که به سمت جنوب غرب باریک‌تر و مرتفع‌تر می‌شود (Speer and Baker، 1978). بر اساس خصوصیات سنگ‌شناسی، مخزن بنگستان به ۱۷ زون تقسیم شده است (گزارش ۸۰۷۹، ۱۳۹۴). متوسط ضخامت چینه‌ای مخزن بنگستان در میدان نفتی اهواز ۹۰۰ متر می‌باشد (شکل ۳). این مخزن به ترتیب از چهار زون مخزنی (C-E-G-I) تشکیل شده است که توسط زون‌های آهکی متراکم و ناتروا (D-F-H) جدا شده‌اند. نام‌گذاری گرمخانه‌ها از بالا به سمت پایین به ترتیب حروف الفبای انگلیسی (“A” to “J”) می‌باشد (شکل ۳).

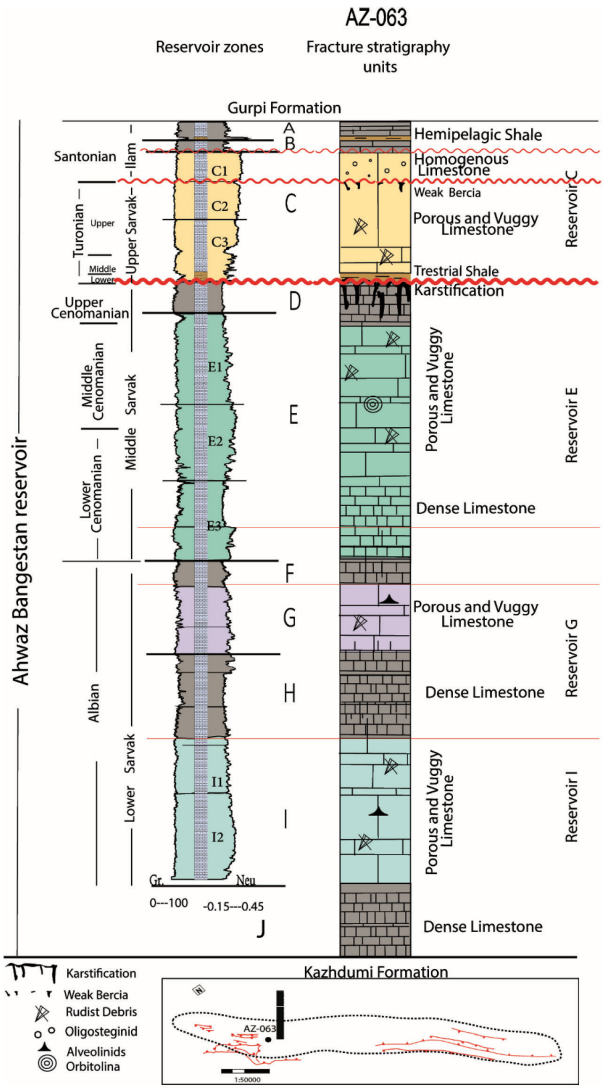


شکل ۱. جایگاه میدان اهواز در جنوب غرب ایران با راستای شمال غرب-جنوب شرق

1. Foreland basin



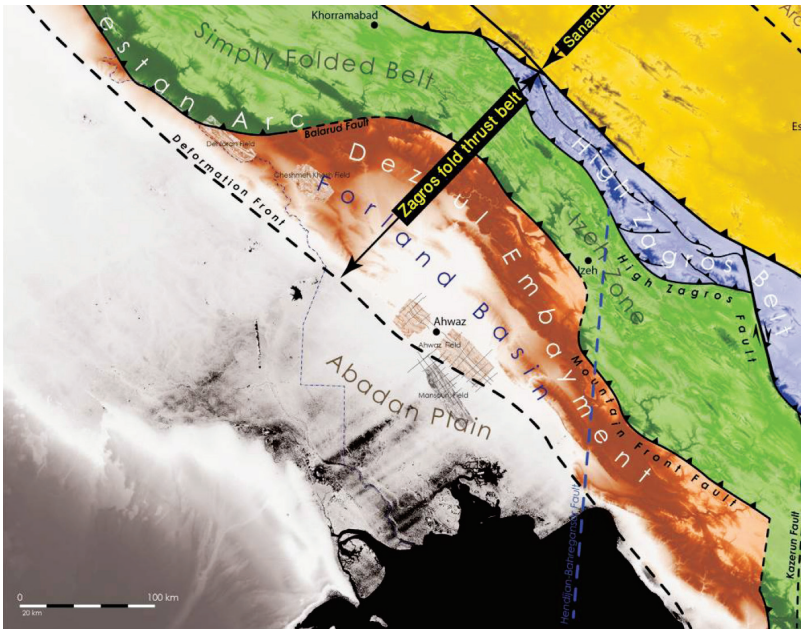
شکل ۲. ستون چینه‌شناسی سازند بنگستان در دوران کرتاسه در جنوب غرب ایران و نواحی اطراف، مهم‌ترین سنگ منشا برای مخازن بنگستان دوره کرتاسه بالایی سازند کژدمی می‌باشد (باز طراحی گزارش James and Wynd، 1965)



شکل ۳. نمایش زون‌های مخزنی و غیر مخزنی در بنگستان اهواز. در بعضی از نواحی مخزن زون‌های غیر مخزنی به دلیل توسعه شکستگی‌ها نقش مخازن شکسته شده را بازی کرده است

مطالعات قبلی

مقـــالات فراوانـــی در مورد حوضه زاگـــرس در توصیف تقسیمات زمین‌شناسی آن وجود دارد. در ابتدا حوضه زاگرس به زون‌های ساختاری زاگرس چین‌خورده ساده[1]، زون تراستی هم‌آغوش[2] و زون دگرگونی[3] تقسیم شد (Falcon، 1961). بعد از آن تقســـیم‌بندی جدیدتری شامل زون گسل تراستی زاگرس مرتفع[4]، فروافتادگی دزفول[5] که میدان اهواز در این ناحیه قرار دارد، نوارچین خورده ساده[6] و دشت آبادان ارائه شـــد (Berberian، 1995) (شکل ۴). از دیدگاه رابطه بین شکستگی‌ها و تولید چاه‌های بنگستان اهواز مطالعه‌ای با ۲۰ حلقه چاه ابتدایی در این مخزن انجام شد و عمده شکستگی‌ها در جهت شـــرق و میانه مخزن معرفی کردند (Speers and Baker 1978). همچنین از دیدگاه رسوب‌شناسی می‌توان به مطالعه مغزه در مخزن بنگســـتان اهواز اشاره کرد که به معرفی ۷ سیکل رسوبی انجامید (Bolz، 1978).



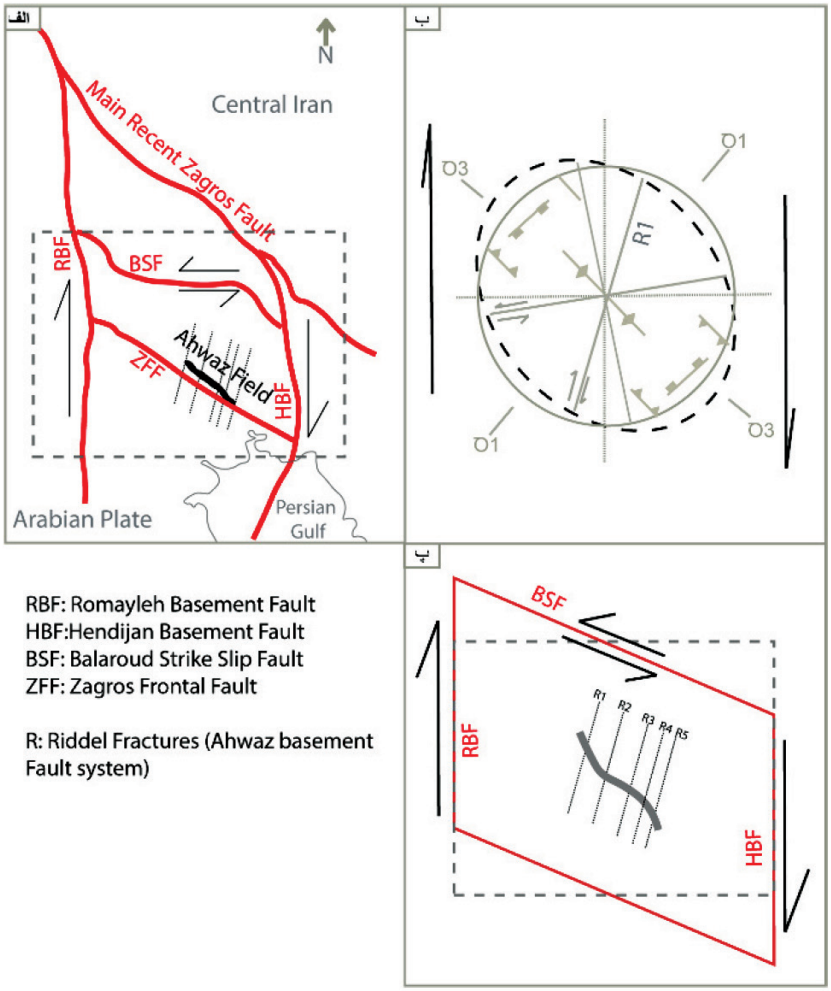
شکل ۴. تقسیمات زمین‌شناسی ساختاری زاگرس که موقعیت میدان اهواز در آن مشخص شده. بر این اساس میدان اهواز در ناحیه ساختاری فروافتادگی دزفول قرار می‌گیرد (Berberian، 1995، Falcon، 1961)

بر اســـاس یک مطالعه ســـاختاری میدان اهـــواز بر اثر تکتونیک ناحیه‌ای گسل‌های اصلی زاگرس (گسل هندیجان در شرق-گســـل بـــالارود در شمال-گســـل رومیله در غرب و گســـل پیش کمانی زاگرس در جنـــوب) در یک چارچوب پی‌سنگی لوزی شکل قرار دارد (شکل ۵ الف-ب-پ). بر اثر فعالیت تکتونیکی این گسل‌ها میدان اهواز متاثر از یک تغییر شکل ساختاری[7] شده است، که باعث ایجاد یک سری گسل و شکستگی ریدل[8] با امتداد آزیموتی ۱۷ درجه شمالی شده است (ارزانی و حیدری ۱۳۸۷).

داده‌ها و روش کار

در ایـــن مطالعه از داده‌های مغـــزه و خرده‌های حفاری ۱۳ حلقـــه چـــاه (۱۱۶-۲۱۴-۲۱۷-۳۴۷-۳۵۴-۳۵۵-۳۶۰-۳۶۳-۳۶۸-۳۶۹-۳۹۶-۶۳-۳۸۳) اســـتفاده شـــده است تا با بررســـی کیفیت مخزنی مغزه‌ها و خرده‌های حفاری از

1. Simply folded belt
2. Imbricated thrust
3. Metamorphic complex
4. High Zagros thrust fault
5. Dezful Embayment
6. Simply folded belt
7. Structural deformation
8. Riddle



شکل ۵. عناصر اصلی چهارچوب پی‌سنگی و مدل پیشنهادی تغییر شکل ساختمانی تاقدیس اهواز (با کمی تغییرات از ارزانی و حیدری ۱۳۸۷)، الف) تاقدیس اهواز در بین گسل هندیجان در شرق-گسل بالارود در شمال-گسل رومیله در غرب و گسل پیش کمانی زاگرس در جنوب قرار دارد، ب) بیضی تنش به همراه سیستم گسل امتداد لغز، پ) تاقدیس اهواز در چارچوب پی‌سنگی لوزی شکل قرار دارد

دیدگاه شکستگی، تغییرات رخساره‌ای و تطابق با لاک‌های پتروفیزیکی رفتار هتروژنیتی مخزن درک شـود. همچنین بر اسـاس مقاطع نازک به‌دست‌آمده از مغزه‌ها و خرده‌های حفـاری تاثیر عوامل دیاژنـز در کیفیت مخزنی و همچنین تغییرات رخساره‌ای مشخص شـد. البته لازم به ذکر است درک کامل سـناریوی مخزن در چاه‌هایـی که عمدتا مغزه گیری به‌صورت ناقص صورت گرفته است و باید از داده‌های خرده حفاری اسـتفاده شود با درصد بالایی از عدم قطعیت و کمبود اطلاعات مناسـب همراه است. لذا عمده تصاویر مقاطع نازک و سـتون چینه‌شناسی مخزن بنگستان برای درک بهتر خواننده از رسوب‌گذاری متوالی و تاثیر فرایندهای دیاژنز مخزن در چاه ۶۳ بنگسـتان اهواز به دلیل داشـتن اطلاعات کامل مغزه اسـتفاده شده اسـت. در ادامه نتایج سنگ‌شناسـی به‌صورت جانبی مورد بررسی قرار گرفت، تا تغییرات دیاژنتیک و رخساره‌ای مشـاهده شده در مقاطع نازک بررسـی شـود. در نهایت برای فهم بهتر رفتار مخزن بنگسـتان از داده‌های هـرزروی گل حفـاری در هر زون، داده‌هـای دینامیـک و تولید مخزن بنگسـتان اهواز برای پاسخ‌گویی به ابهامات موجود در مورد رفتار هتروژنی مخزن و یگانه یـا دو گانه بودن نوع تخلخل موثر در تولید نفت در گستره مخزن استفاده شده است.

دیاژنز

مخزن بنگستان اهواز از چهار مخزن[1] تشکیل شده است که توسط لایه‌های متراکم کربناته از هم جدا شده‌اند. نام‌گذاری سنگ‌شناسی این زون‌ها بر اساس ترتیب حروف الفبای انگلیسی از A تا J می‌باشد، که زون‌های C-E-G-I دارای کیفیت مخزنی مناسبی می‌باشند. زون مخزنی I از آهک‌های با تخلخلی در حدود ۱۵ تا ۸ درصد خواص مخزنی مناسبی دارد. این زون در آغاز بر روی زون J در سازند سروک با ضخامت تقریبی ۱۰۰ متر رسوب‌گذاری کرده است و زون J با تخلخل زیر سه درصد فاقد هرگونه خواص مخزنی می‌باشد. زون مخزنی I در ادامه از کیفیت مخزنی آن کاسته شده و به زون H بدون تخلخل تبدیل می‌شود. زون H با ضخامت تقریبی ۴۰ متر غالبا به‌عنوان یک زون متراکم غیرمخزنی و جداکننده زون‌های G در بالا و زون I در پایین می‌باشد. زون مخزنی G با تخلخلی در حدود ۷ درصد خواص مخزنی مناسبی دارد. در ادامه این زون به زون F با ضخامت تقریبی ۱۱۰ متر با میانگین تخلخل در حدود ۳ درصد تبدیل می‌شود. تخلخل ماتریکس این زون تخلخل پایینی را نشان می‌دهد. زون مخزنی E با ضخامت تقریبی ۲۰۰ متر تشکیل شده است. از دیدگاه سنگ مخزنی، بهترین پارامترهای مخزنی و بهره‌ده را شامل می‌شود. تخلخل این زون در حدود ۸ درصد و مستعد تولید از شکستگی هست. در نهایت این زون به زون متراکم D با ضخامت ۴۰ متر و تخلخل ۳ درصد ختم می‌شود. زون مخزنی C با ضخامت تقریبی ۱۵۰ متر و تخلخلی در رنج ۱۵ تا ۲۵ درصد تشکیل شده است. در ادامه به زون‌های متراکم A-B با ضخامت ۲۵ متر و تخلخل ۳ درصد ختم می‌شود (شکل ۳).

۱- مخزن پایینی (زون‌های I و H)

زون I2 در مقطع طولی دارای کیفیت مخزنی مناسب و عمدتا به همراه رخساره‌های گرینستون فسیل‌دار و حاوی خرده‌های فراوان رودیست می‌باشند (شکل ۶ الف). نیمه غربی میدان تحت تاثیر فرایند انحلال و سیمانی شدن اولیه قرار گرفته و نقش مثبتی در افزایش تخلخل ماتریکس داشته است. اما نیمه شرقی میدان متاثر از فرایند سیمانی شدن اولیه و دولومیتی شدن غیر موثر و همچنین پدیده انحلال کمتر قرار گرفته است، که تا حدودی کیفیت مخزنی را پایین آورده است. ادامه به سمت بالا به‌تدریج از ضخامت رخساره لاگونی کاسته شده و بر ضخامت رخساره سدهای ریفی با خرده‌های فراوان رودیست و سدهای میان جزر و مدی افزوده می‌شود. تغییرات سریع محیط رسوبی به‌صورت عمودی و جانبی تایید بر وجود رخساره پشته‌های سدی می‌باشد. عمده‌ترین فرایند دیاژنتیک مشاهده شده در این زون فرایند سیمانی شدن، انحلال و گهگاهی پدیده نئومورفیسم است. زون I1 نشان‌دهنده کاهش ضخامت رخساره‌های مخزنی به سمت بالا و تغییرات محیط رسوبی در مقطع طولی و عمودی می‌باشد. این زون متاثر از پدیده دیاژنتیک سیمانی شدن و نئومورفیسم قرار گرفته است (شکل ۶ ب). زون H با رخساره مادستونی دارای تخلخل بسیار پایینی می‌باشند و پدیده‌های دیاژنزی مشاهده شده در این زون حاکی از سیمانی شدن و نئومورفیسم است (شکل۶ پ-ت).

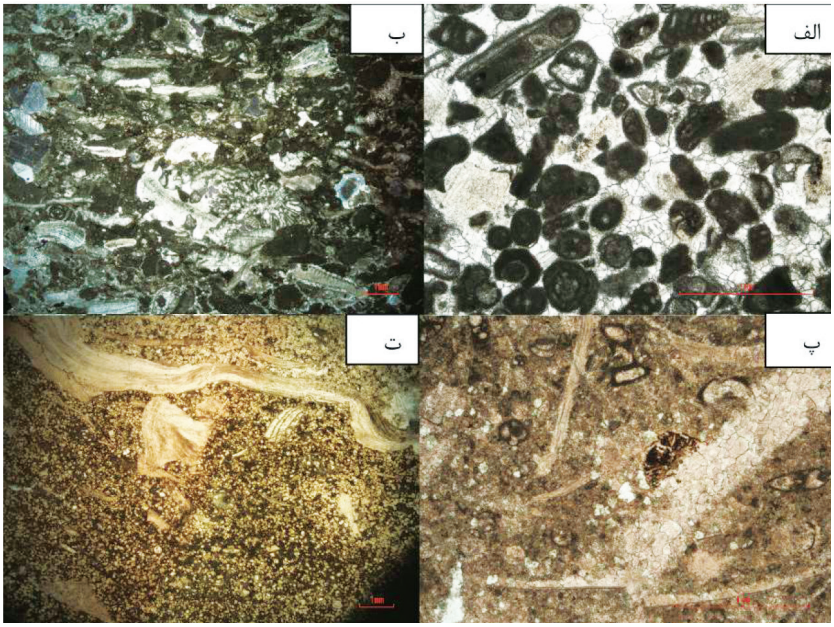
۲- مخزن میانی (زون‌های G و F)

زون G متشکل از رخساره‌های پشته‌های سدی و لاگون است و تحت تاثیر پدیده دیاژنتیک سازنده و یا مخرب قرار گرفته است. پدیده‌های مهم دیاژنتیک مشاهده شده انحلال، سیمانی شدن و کمتر شواهدی از نئومورفیسم دیده می‌شود (شکل ۷ الف). تخلخل ماتریکس این زون پایین و متاثر از رخساره‌های رسوبی و پدیده دیاژنزی سیمانی شدن و نئومورفیسم است. زون F با رخساره مادستون دارای کیفیت مخزنی پایینی است، که این امر متاثر از نوع رخساره رسوبی و شرایط دیاژنتیک سیمانی شدن و دولومیتی شدن مخرب است (شکل ۷ ب). رخساره غالب در زون F لاگونی و تا حدودی هم در انتهای شرق میدان رخساره دریای باز را نشان می‌دهد.

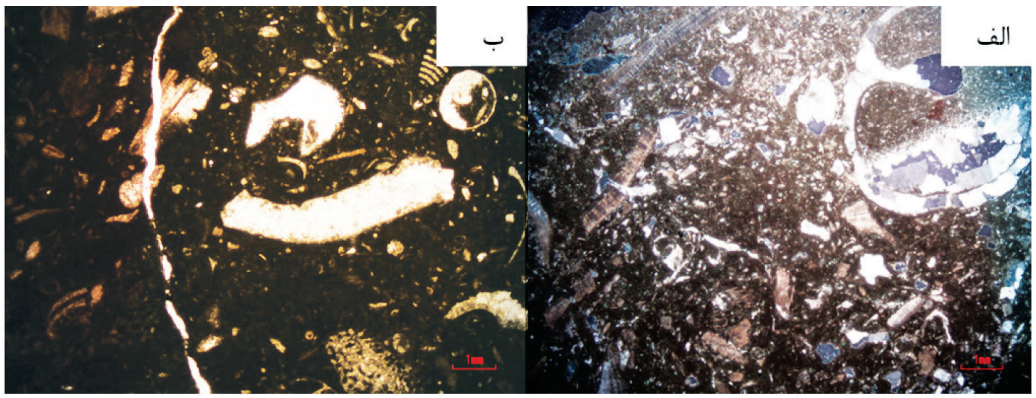
۳- مخزن میانی (زون‌های E و D)

زون E عمدتاً با رخساره پشته‌های سدی و کیفیت مخزنی بهتری شروع شده و به رخساره عمدتا لاگون ختم می‌شوند

1. Multiple reservoir

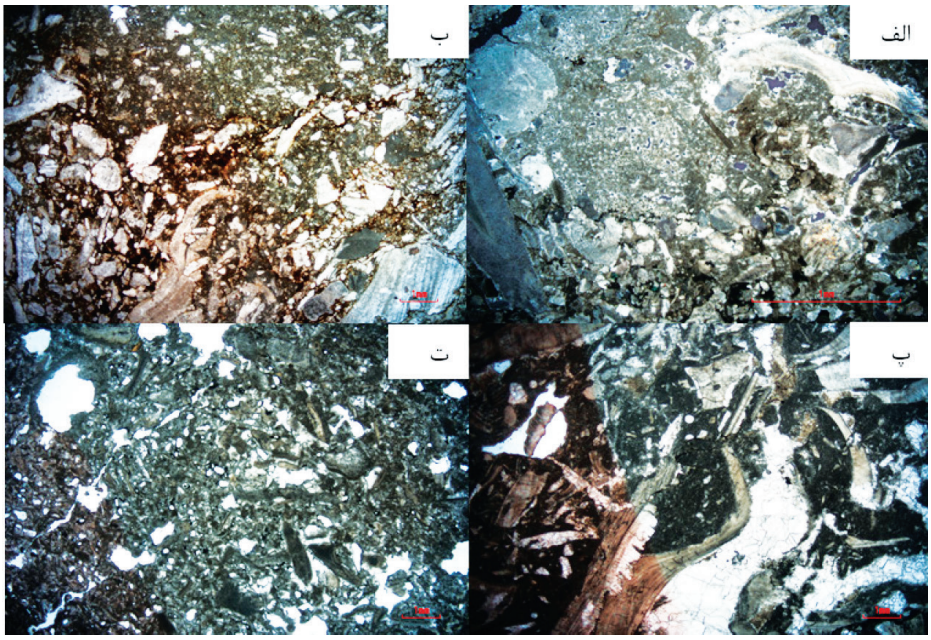


شـــکل ۶. الف) زون I2، رخســـاره گرینستون فسیل‌دار (زیر محیط سدی) (عمق۴۲۴۰ متری)، ب) زون I1، رخساره پکستون فسیل دار حاوی خرده‌های فراوان رودیست (لاگون) (عمق ۴۰۹۰ متری)، پ) زون H، رخساره پکستون کرینوئیدار که قطعات کرینوئید تحت تاثیر سیمان سین تاکسیال قرار گرفته است (لاگون) (عمق ۳۹۸۰ متری)، ت) زون H، رخساره وکستون گاستروپوددار و رودیست تحت تاثیر فرایند دولومیتی شدن قرار گرفته است (لاگون) (عمق ۴۰۱۸ متری) (تمامی شکل‌ها از چاه ۶۳ بنگستان اهواز)



شکل ۷. الف) زون G، رخساره پکستون فسیل دار گل غالب تحت تاثیر انحلال قالبی قرار گرفته (لاگون) (۳۸۴۹ متری)، ب) زون F، رخساره پکستون بایوکلاست دار تحت تاثیر سیمانی شدن قرار گرفته (لاگون) (۳۷۴۷ متری) (تمامی شکل‌ها چاه ۶۳ بنگستان اهواز)

(شکل ۸ پ). زون E دارای تناوبی از رخساره‌های لاگون و پشـــته‌های سدی است که به سمت بالا شروع به پس‌روی و کاهش ضخامت رخساره پشته‌های سدی و تغییر به رخساره لاگون می‌شود. از ســـمت غرب به شرق میدان از ضخامت رخساره پشته‌های سدی کاسته شده و بر ضخامت رخساره لاگونی افزوده می‌شود. پدیده‌های دیاژنتیک مشاهده شده در این زون که کیفیت مخزنی بالایی دارند، ســـیمانی شدن و انحلال می‌باشـــد (شکل ۸ الف-ب) و در رخساره‌هایی که دارای کیفیت مخزنی از نوع ماتریکس پایین‌تری می‌باشند، پدیده‌های دیاژنتیک غالب از نوع سیمانی شدن، دولومیتی شدن و نئومورفیسم اســـت. زون D بیانگر رخساره لاگونی اســـت و کیفیت مخزنی بسیار پایینی داشـــته، که با دیاژنز نئومورفیسم و سیمانی شدن همراه است (شکل ۸ ت).



شـــکل ۸. الف) زون E2، رخســـاره پکستون بایوکلاســـت دار که تحت تاثیر انحلال حفره‌ای قرار گرفته اســـت (لاگون) (عمق ۳۶۸۷ متری)، ب) زون E2، رخساره پکستون رودیست دار که تحت تاثیر انحلال حفره‌ای قرار گرفته است (سدی) (عمق ۳۶۸۷ متری)، پ) زون E1، رخساره پکستون مرجانی-فسیل دار که تحت تاثیر انحلال حفره‌ای و تخلخل قالبی قرار گرفته است (سدی) (عمق ۳۵۷۹ متری)، ت) زون D، رخساره وکســـتون خرده فسیل دار که فسیل‌ها تحت تاثیر سیمانی شدن قرار گرفته اســـت (لاگون) (عمق ۳۵۳۳ متری). (تمامی شکل‌ها از چاه ۶۳ بنگستان اهواز می‌باشد)

۴- مخزن بالایی (زون‌های C، B و A)

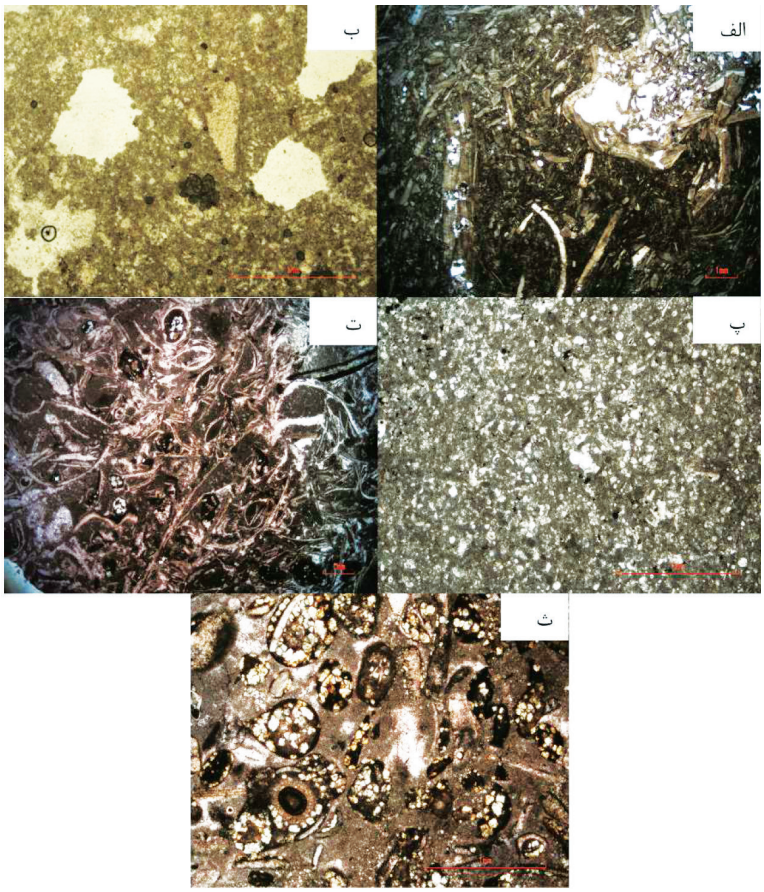
زون C3 تناوبی از رخساره‌های لاگون و پشته‌های سدی است. این زون در غرب و میانه میدان کیفیت مخزنی خوب و در شـــرق دارای کیفیت مخزنی پایین است. دیاژنز غالب بیشتر انحلال و نئومورفیسم در نیمه غربی و در نیمه شرقی با دولومیتی شـــدن، سیمانی شـــدن و انحلال کمتر همراه اســـت (شـــکل ۹ الف). زون C2 تحت تاثیر فرایند انحلال شدید سیالات متئوریکی تخلخل حفره‌ای بالایی ایجاد کرده است. این زون رخساره غالبا لاگونی و کمتر پشته‌های سدی دارد. پدیـــده دیاژنتیک موثر در غرب میدان غالبا انحلال و نئومورفیسم اســـت. زون C1 همراه با انحلال شدید بر اثر ســـیالات متئوریکی اســـت. این زون کیفیت مخزنی بسیار خوبی دارد و با رخساره‌های عمدتا دریای باز شناخته می‌شود. پدیده دیاژنز متئوریکی است که روند تاثیر این دیاژنز از سمت غرب به سمت شرق مخزن بنگستان است (شکل ۹ ب). زون B با رسوبات وکســـتون پلاژیک گلوبوترونکانادار و هدبرژیلا همراه است (شکل ۹ پ) که در ادامه به پکستون فسیل‌دار-بایوکلاســـت‌دار گل غالب تبدیل می‌شـــود (شـــکل ۹ ت). این زون تحت تاثیر سیمانی شدن قرار گرفته است و تخلخل مخزنی خود را از دست داده است. زون A با رخساره اووئید-آنکوئید گرینستونی جا به جا شده به محیط عمیق که تحت تاثیر سیمانی شدن و دولومیتی شدن قرار گرفته و در نتیجه کیفیت مخزنی پایینی دارد (شکل ۹ ث).

شکستگی

توزیع شکســـتگی‌های باز در زون‌های E-F-G بر اساس داده‌های هرزروی گل حفاری در زون‌های متراکم، اطلاعات دینامیک و شـــناخت رخســـاره رسوبی اســـت. بر اساس اطلاعات موجود توسعه شکســـتگی عمدتا در شرق و مرکز مخزن بنگستان قرار دارد (شکل ۱۰).

زون‌های غیر مخزنی H-F-D به دلیل وجود رخســـاره آهک متراکم مقدار هرزروی گل حفاری بســـیار پایین است، لذا می‌توانند به‌عنوان یک مانع[1] میان زون‌های مخزنی عمل

1. Barrier



شـــکل ۹. الف) زون C3، رخســـاره پکستون رودیست دار که تحت تاثیر انحلال قرار گرفته اســـت (لاگون) (عمق ۳۵۰۵ متری)، ب) زون C1، رخساره وکستون فسیل دار که تحت تاثیر پدیده انحلال شدید و نئومورفیسم قرار گرفته است (لاگون) (عمق ۳۳۶۷ متری)، پ) زون B، رخساره پکســـتون پلاژیک گلوبوترونکانادار و هدبرژیلا (پلاژیک) (عمق ۳۳۵۷ متری)، ت) زون B، رخســـاره وکستون فسیل دار که تحت تاثیر سیمانی شدن قرار گرفته است (لاگون) (عمق ۳۳۳۵ متری)، ث) زون A-رخساره اووئید-آنکوئید گرینستون جا به جا شده که تحت تاثیر سیمانی شدن و دولومیتی شدن قرار گرفته است (لاگون) (عمق ۳۳۳۳ متری)، (تمامی شکل‌ها از چاه ۶۳ بنگستان اهواز می‌باشد)

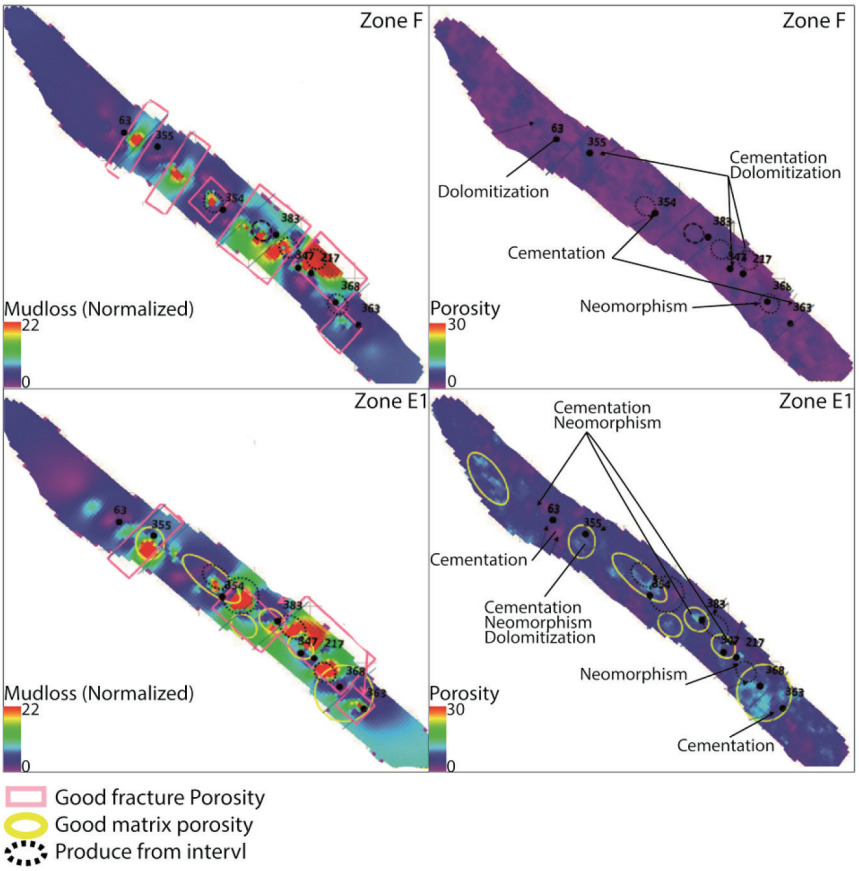
کنـــد، اما در مناطقـــی که هرزروی گل حفاری بســـیار بالا است، احتمال ارتباط این دو مخزن به دلیل شکستگی باز با خاصیت هدایت سیال وجود دارد (شکل ۱۰).

در میـــان زون‌هـــای مخزنـــی تنهـــا زون C1 به دلیل رســـوب‌گذاری هموژن و تخلخل (۱۵-۲۵ درصد) توســـعه شکســـتگی بسیار ضعیف در گســـتره مخزن می‌باشند. اما زون‌هـــای دیگر مخزنی به دلیل خاصیـــت هتروژنتیکی در راستای عمودی و افقی، پتانسیل توسعه شکستگی را دارند. زون E در گســـتره مخزن از سمت غرب به شرق از ضخامت رخســـاره‌های دارای تخلخل ماتریکس خوب کاسته شده و لذا توســـعه میدان در شرق و مرکز مخزن با کیفیت مخزنی پایین‌تر به دلیل استعداد شکستگی است (شکل ۱۰).

شناخت نواحی مســـتعد تولید بر اساس دیاژنز، شکستگی و تخلخل

از دیدگاه تخلخل ماتریکس

نیمه غربی میدان به‌طرف دماغه غرب در زون I2 کیفیت مخزنی بهتری در توســـعه مخزنـــی دارد. زون I1 تغییرات سریع محیط رسوبی در جهت عمودی و جانبی باعث تغییر کیفیت مخزنی به‌صورت محلی می‌شود، نیمه غربی به سمت دماغه غرب میدان عمدتا کیفیت مخزنی مســـتعدتری برای توسعه دارا می‌باشد. زون H عمدتا کیفیت مخزنی و تخلخل ماتریکس بســـیار پایین دارد. زون G در گســـتره مخزن با رخساره پشته‌های سدی (کیفیت مخزنی مستعدتر) و لاگون (کیفیت مخزنی پایین‌تر) است، که در سه محدوده شرقی،



شکل ۱۰. توزیع شکستگی‌های باز در زون‌های E-F بر اساس داده‌های هرزروی گل حفاری در زون‌های متراکم، اطلاعات دینامیک و شناخت رخساره رسوبی است. بر اساس اطلاعات موجود توسعه شکستگی عمدتا در شرق و مرکز مخزن بنگستان قرار دارد

میانی و غربی وجود دارد. زون F عمدتا تخلخل ماتریکس و کیفیت مخزنی پایینی دارند که متاثر از رخساره‌های رسوبی اســت. در زون E در گستره مخزن از سمت غرب به سمت شــرق میدان از ضخامت رخساره‌های سدی کاسته شده و بر ضخامت رخســاره‌های لاگونی افزوده می‌شــود. زون D کیفیت مخزنی پایینی را پیشنهاد می‌کند. زون C3 در غرب و بخــش میانی کیفیت مخزنی خوب و در بخش شــرقی با کیفیت مخزنی پایین توسعه یافته است. در زون C2 پدیده دیاژنتیک در افزایش کیفیت مخزنی تاثیر بیشتری در بخش غربی نسبت به شرقی داشته است. زون C1 همراه با انحلال شــدید متاثر از ســیالات متئوریکی است و افزایش کیفیت مخزنی در سمت غرب بیشتر از شرق است و توسعه میدان در گستره غربی توصیه می‌گردد. زون B و A کیفیت مخزنی پایینی دارند.

از دیدگاه تخلخل شکستگی

توزیع شکســتگی‌های باز در زون‌هــای E-F-G مخزن بنگستان دیده شده است. از طرفی هرزروی شدید گل حفاری به احتمال زیاد متاثر از شکستگی‌های باز می‌باشد. هرزروی زیاد در گرمخانه‌هایی که دارای محدوده‌هایی با تخلخل پایین (کیفیت مخزنی پایین) اســت، مبین وجود شکستگی باز می‌باشــند. داده‌های هرزروی گل حفاری پیشنهاد می‌کند که چاه‌هایی با بهترین شکســتگی در شــرق و مرکز مخزن بنگستان میدان اهواز قرار دارد. در زون E در گستره مخزن از سمت غرب به شرق میدان از ضخامت رخساره‌های دارای تخلخل مناســب ماتریکس کاسته شده و لذا توسعه میدان در شــرق و مرکز مخزن با کیفیــت مخزنی پایین‌تر به دلیل استعداد شکستگی توصیه می‌شود. کربنات‌های متراکم زون D دارای تخلخل ماتریکس پایینی بوده و مقادیر هرزروی گل

حفاری بسیار کم است. هرچند مقادیر بالای هرزروی در برخی از بخش‌های میدان گویای سیستم شکستگی خوب در این زون است. داده‌های هرزروی گل حفاری مقادیر کمی را در زون F نشان می‌دهد. لذا زون F به‌عنوان یک مانع برای زون‌های E و G عمل کرده است. در مناطقی که هرزروی گل حفاری بالایی را نشان می‌دهد، احتمال ارتباط این دو مخزن وجود دارد. تاثیر سیستم شکستگی در زون C ضعیف بوده، به‌استثنای شرق مخزن، در زون C3 که دارای رخساره‌هایی باکیفیت مخزنی پایین می‌باشد و توسعه مخزن از رخساره‌هایی باکیفیت مخزنی پایین که متاثر از سیستم شکستگی بوده، مناسب هست.

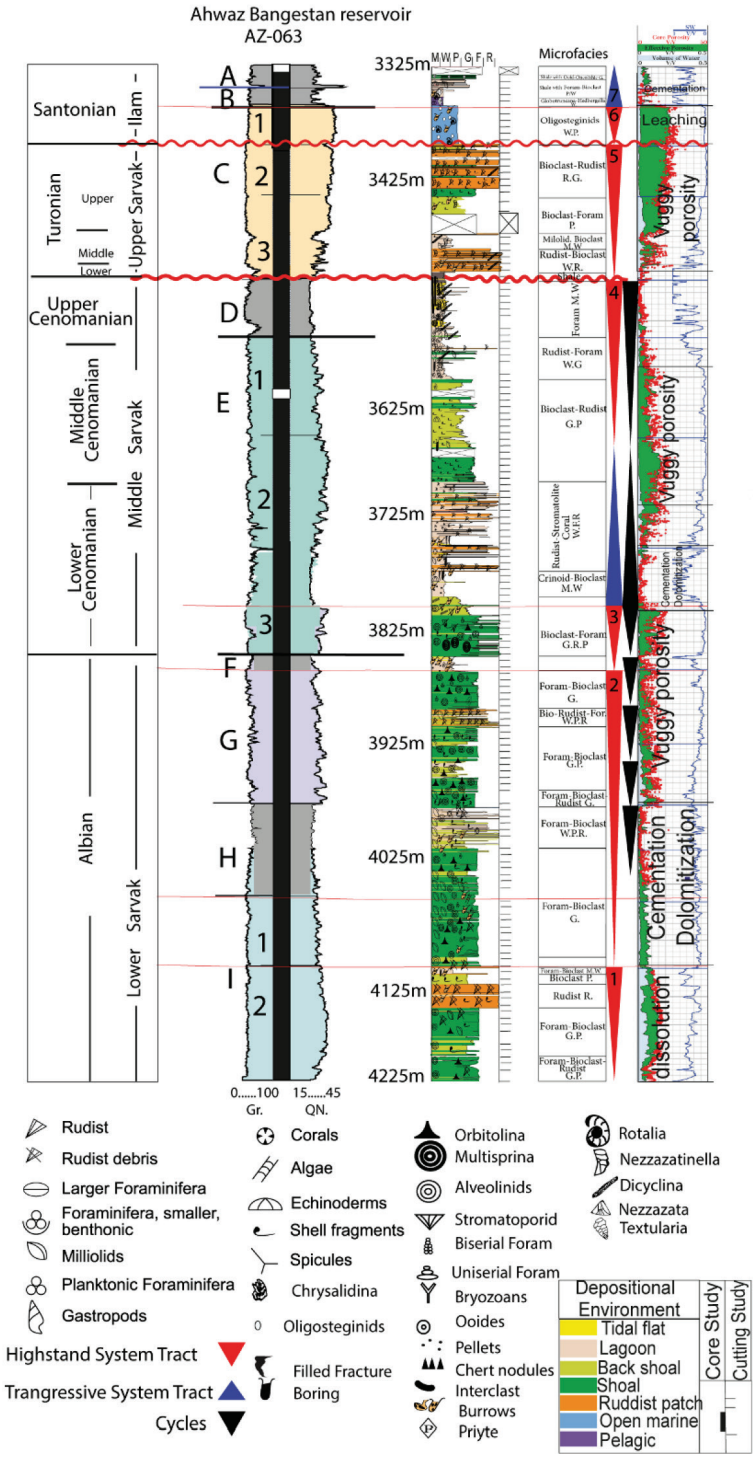
نقش عوامل زمین‌شناسی در کیفیت مخزن بنگستان

مخرن بنگستان با رخساره‌های پشته‌های سدی و لاگونی که در دریای کم‌عمق نهشته شده است دارای کیفیت خوب و بد مخزنی می‌باشد (شکل ۱۱). این سکانس دریای کم‌عمق وسیع نشان‌دهنده فرونشست پیوسته حوضه (یا بالا آمدن آب دریا) است و با نرخ زیاد رسوب‌گذاری حوضه تاثیر متقابل دارد. شواهدی از خروج رسوبات در این حوضه مشاهده شده است که بعضی در مقیاس محلی و بعضی ناحیه‌ای است و نشان‌دهنده این است که نرخ رسوب‌گذاری نرخ فرونشست را نامتعادل کرده است. این وقفه‌های رسوبی باعث تشکیل سیمان متئوریکی و هوازدگی می‌شود و نقش بسیار کلیدی در افزایش تولید از یک مخزن با کیفیت خوب دارد. اما جوان‌ترین سکانس با رخساره وکستون اولیگوستژنید متاثر از دیاژنز متئوریکی دارای کیفیت خوب مخزنی و در ادامه به وکستون اولیگوستژنید دار و گلوبوترونکانادار پلاژیک (بازتابی از یک محیط شیب قاره‌ای تا دریای عمیق) و بدون کیفیت مخزنی ختم می‌شود.

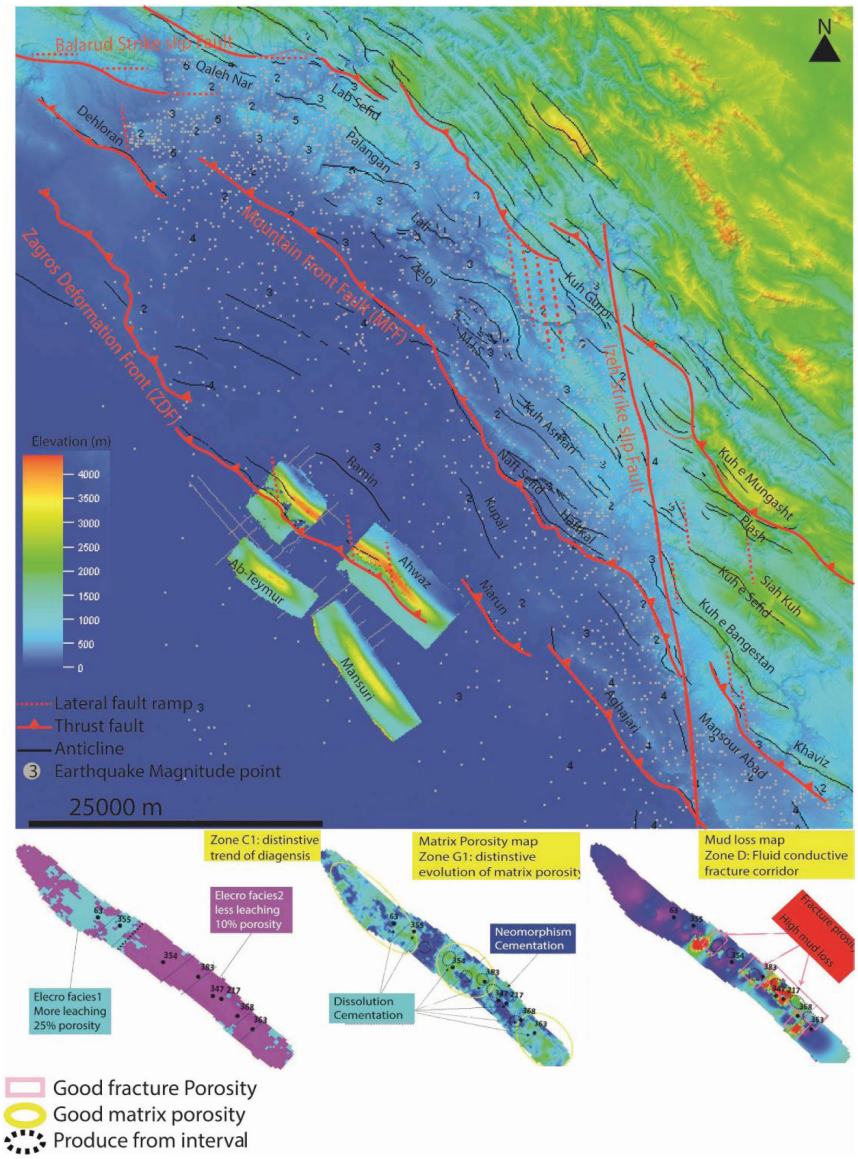
بر اساس مطالعات انجام شده در کمربند زاگرس گسله‌های پی‌سنگی متعددی شناخته شده است که شواهدی از تجدید فعالیت پی‌سنگی را نمایش می‌دهند (Mc Quillan، 1991؛ Berberian، 1995). بعضی از این گسل‌های پی‌سنگی در کمربند زاگرس ساختار شمال غربی (گسل زاگرس) و بعضی ساختار شمالی-جنوبی (گسل هندیجان) و حتی شرقی-غربی (گسل بالارود) دارند.

آغاز چین‌خوردگی زاگرس احتمالا در اوایل میوسن با چین‌خوردگی رسوبات قبلی و رسوب‌گذاری تبخیری‌های گچساران همراه بوده است (Sherkati et al.، 2005). اما چین‌خوردگی اصلی زاگرس در زمان میوپلیوسن اتفاق افتاده است. این فاز از چین‌خوردگی در زمان میوپلیوسن باعث ادامه چین‌خوردگی ساختارها و همچنین تغییر در امتداد ژئومتری ساختارها شده است (Saadallah et al.، 2019). از طرفی تغییر در امتداد ژئومتری ساختارها غالبا به دلیل حضور گسل‌های عمیق شمالی-جنوبی (گسل‌های امتداد لغز راستگرد کازرون و ایذه و دیگر گسل‌های کوچک‌تر با امتداد شمالی-جنوبی) در جغرافیای گذشته حوضه بوده است (Saadallah et al.، 2019) که باعث تغییرات جانبی رخساره‌های رسوبی در حوضه زاگرس شده است (Saadallah et al.، 2019). درنهایت آخرین حادثه تکتونیکی زاگرس باعث تکامل کلی گسل‌های پی‌سنگی معکوس زاگرس در طول زمان پلیوسن تا کواترنری و توپوگرافی حال کوه‌های زاگرس و تغییرات ساختاری شدیدتر شده است (Navabpour et al.، 2010). بر اثر فعالیت تکتونیکی این گسل‌های شمالی-جنوبی در ناحیه میدان اهواز باعث تغییر در امتداد ساختار و ایجاد کوریدورهای شکستگی شده است.

تاثیر این گسل‌های پی‌سنگی قدیمی را می‌توان به‌طور مثال در تاثیر متفاوت دیاژنز در زون C1 و یا تغییرات رخساره رسوبی و محیط رسوبی در زون‌های G-E در راستای این گسل‌ها دنبال کرد (شکل ۱۲). لذا تاثیر این گسل‌های قدیمی در گستره مخزن بنگستان باعث تغییر در جغرافیای قدیمی حوضه شده است، که نقش موثری را در تغییرات جایگاه رسوب‌گذاری گذشته، تغییرات رخساره‌ای، تغییرات دیاژنتیک و درنهایت عملکرد مخزن متعارف و شکسته شده داشته است. علاوه بر این، تاثیر گسل‌ها باعث به وجود آمدن کوریدورهای شکستگی در نواحی از مخزن شده است (شکل ۱۲). وجود این کوریدورهای شکستگی را علاوه بر شواهد زمین‌شناسی ذکر شده، می‌توان بر اساس اطلاعات هرزروی گل حفاری و اطلاعات دینامیک مخزن همراه با نرخ تولید هیدروکربور بسیار بالاتر را به توسعه شکستگی‌های باز نسبت داد.



شـــکل ۱۱. تغییرات رخساره‌های رسوبی و تاثیر دیاژنز در چاه ۶۳ بنگســـتان اهواز که تکراری از رخساره‌های رسوبی عمدتا پشته‌های سدی به ســـمت محیط لاگون (D-H-C3) تغییر رخساره می‌دهد، به‌استثنای جوان‌ترین ســـکانس که رفتاری عمیق شونده را نشان می‌دهد. تخلخل ماتریکس در زون‌های (I-G-E-C3) متاثر از فابریک می‌باشد. لذا رخساره‌های گرینستون و پکستون کیفیت مخزنی بهتری نسبت به وکستون و مادستون دارد. دیاژنز و آب‌های متئوریک بر سطوح رخنمون یافته در بالای هر سیکل تاثیر گذاشته است و بهترین کیفیت مخزنی در رخساره‌های گرینستون و پکستون که تاثیرات آب‌های متئوریک را تجربه کرده‌اند، وجود دارد. در زون C1 مخزن بنگستان اهواز که حاوی رخساره‌ای از جنس آهک گل‌سفید می‌باشد، پدیده غالب انحلال و دیاژنز متئوریکی است



شکل ۱۲. تاثیرهای گسل قدیمی با روند تقریبا شمالی-جنوبی در گستره مخزن بنگستان باعث تغییر در جغرافیای قدیمی حوضه شده است. این گسل‌ها نقش موثری را در تغییرات دیاژنتیک واضح در زون C1 با تفاوت در نوع الکتروفاسیس و تخلخل ماتریکس به دلیل جایگاه متفاوت تاثیر فرایندهای دیاژنز متئوریک متاثر از جغرافیای دیرینه و همچنین جایگاه رسوب‌گذاری متفاوت در طول گستره مخزن در زمان رسوب‌گذاری و در ادامه تاثیر آن بر تخلخل ماتریکس و تخلخل شکستگی از نوع عملکرد مخزن متعارف و شکسته شده است

نتیجه‌گیری

مخزن بنگستان در میدان اهواز از سازندهای ایلام و سروک به ضخامت تقریبی ۱۰۰۰ متر می‌باشد که در دوره زمانی آلبین پایانی تا سانتونین رسوب کرده است. رخساره‌های این مخزن عمدتا شامل پشته‌های سدی و لاگونی می‌باشد که در یک دریای کم‌عمق نهشته شده است. وجود این رخساره‌ها نقش بسیار مهمی در ایجاد کیفیت خوب و بد مخزنی داشته است. توالی رسوب‌گذاری رخساره‌ها عمدتا سکانس‌های رسوبی دریای کم‌عمق شونده را نشان می‌دهد، که شاهدی بر فرونشست پیوسته حوضه (یا بالا آمدن آب دریا) است و با نرخ زیاد رسوب‌گذاری حوضه تاثیر متقابل دارد. اما جوان‌ترین سکانس با رخساره وکستون اولیگوستژنیددار متاثر از دیاژنز متئوریکی فراوان و کیفیت خوب مخزنی و در ادامه به وکستون اولیگوستژنید دار و گلوبوترونکانادار پلاژیک

که بازتابی از یک محیط شـــیب قاره تا دریای عمیق و بدون کیفیت مخزنی است، ختم می‌شـــود و توالی رسوب‌گذاری رخساره‌ای با سکانس رسوبی عمیق شونده را نشان می‌دهد. شواهد خروج از آب که در رسوبات این حوضه در ناحیه مورد مطالعه مشاهده می‌شود در مقیاس محلی و بعضی ناحیه‌ای قابل شناسایی و دنبال کردن است و نشان‌دهنده این موضوع است که نرخ رسوب‌گذاری، نرخ فرونشست را نامتعادل کرده است. این وقفه‌های رسوبی باعث تشکیل سیمان متئوریکی و هوازدگی در رخساره‌ها شده است و نقش بسیار کلیدی در افزایش تولید از مخزن را دارد.

تکتونیک ناحیه‌ای باعث شده تا حوضه رسوب‌گذاری گروه بنگستان متاثر از یک ســـری گسل با امتداد شمالی-جنوبی شـــود. لذا تاثیر این گسل قدیمی در گستره مخزن بنگستان باعث تغییر در جغرافیای قدیمی حوضه شده است، که نقش موثری را در تغییرات جایگاه رســـوب‌گذاری گذشته، تغییرات رخســـاره‌ای، تغییرات دیاژنتیک و در نهایت عملکرد مخزن متعارف و شکســـته شده داشته اســـت. علاوه بر این، تاثیر گسل‌ها باعث به وجود آمدن کوریدورهای شکستگی در نواحی از مخزن شده است. وجود این کوریدورهای شکستگی را علاوه بر شواهد زمین‌شناسی ذکر شده، می‌توان بر اساس اطلاعات هـــرزروی گل حفاری و اطلاعات دینامیک مخزن که همراه با نرخ تولید هیدروکربور بســـیار بالاتری است مربوط به توسعه شکستگی‌های باز دانست.

قدردانی

مولفان مقاله از شـــرکت مناطق نفت‌خیز جنوب برای حمایت مالی و در اختیار قرار دادن اطلاعات مربوطه کمال تشکر را دارند.

منابع

- ارزانی، ع. و حیدری، خ.، ۱۳۸۷. تحلیل ساختاری میدان نفتی اهـــواز با نگرش ویژه بر شکســـتگی‌های آن، شرکت ملی مناطق نفت‌خیز جنوب، گزارش داخلی شماره پ-۶۳۹۷.

- شرکت ملی مناطق نفت‌خیز جنوب، ۱۳۹۴. بررسی کیفیت مخزنی بنگستان میدان اهواز، گزارش داخلی شماره پ-۸۰۷۹.

- Berberian, M., 1995. Master blind thrust faults hidden under the Zagros folds: Active Basement Tectonics and Surface Morphotectonics. Tectonophysics, 241, 193-224.

- Bolz, H., 1978. Core study in Bangestan reservoir of the Ahwaz field, Oil Service Company of Iran, interior published report No. 1276: 27.

- Falcon, N.L., 1961. Major earth-flexing in the Zagros Mountains of southwest Iran. Quarterly journal of the Geological Society of London, 117, 367-376.

- James, G.A. and Wynd, J.G., 1965. Stratigraphic nomenclature of Iranian oil consortium agreement area. American Association of Petroleum Geologists, Bulletin 49, 2182-2245.

- Mc Quillan, H., Twerenbold, E. F., Sangree, J. B. and Masson, P. H., 1961; Asmari Fracture Study. IOEPC, 104-742.

- Navabpour, P., Angelier, J. and Barrier, E., 2010. Mesozoic Extensional brittle tectonics of Arabian passive Margin inverted in zagros collision, (Iran, Interor Fars) Geological Society of London.

- Saadallah, N., Roustaie, M., Salehi, M. A., Najafzadeh, K., Edalat. A. and Shojaee, S., 2019. Mansoorabad PSTM/PSDM 3D Seismic Interpretation Structural Modeling and Velocity Modeling Report. (Interior report NISOC), 240.

- Sherkati, S., Molinaro, M., Frizon De Lamotte, D. and Letouzey, J., 2005. Detachment folding in the Central and Eastern Zagros fold-belt (Iran): salt mobility, multiple detachments and late basement control. Journal of Structural Geology, 27, 1680-1696.

- Speers, R.G., and Baker, S.N., 1978. Ahwaz Bangestan reservoirs relationship between fracture distribution matrix porosity and well productions, Oil Service Company of Iran, interior published report No: 3458.