بررسی تأثیر فرآیندهای دیاژنزی بر کیفیت مخزنی سازند آسماری (با تاکید بر بخش ماسه‌سنگی) در یال شمالی میدان نفتی آغاجاری

فاطمه دبیری[۱]، محمد خانه باد[۱*]، اسداله محبوبی[۱]، سید رضا موسوی حرمی[۱] و مصطفی مرادی[۲]

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

۲ـ شرکت ملی مناطق نفت خیز جنوب، اهواز، ایران

تاریخ دریافت: ۹۳/۷/۲۴ تاریخ پذیرش: ۹۳/۹/۲

چکیده

سازند آسماری به سن الیگوسن- میوسن مهم‌ترین سنگ مخزن میدان نفتی آغاجاری در فرو افتادگی دزفول در جنوب غرب ایران بوده که از سنگ‌های آهکی و دولومیتی و بخش ماسه سنگی اهواز تشکیل شده است. هدف از این مطالعه شناسایی، تفکیک و تفسیر فرآیندهای دیاژنتیکی و تاثیر آنها بر کیفیت مخزنی سازند آسماری در چاه‌های شماره ۳۰، ۶۴ و ۱۴۹ میدان نفتی آغاجاری است. مهم‌ترین فرآیندهای دیاژنزی که سنگ‌های سازند مورد نظر را تحت تأثیر قرار داده‌اند شامل انحلال، فشردگی، شکستگی، دولومیتی‌شدن، سیمانی شدن و انیدریتی شدن است. فرآیندهای انحلال (با ایجاد تخلخل حفره‌ای و قالبی)، شکستگی و دولومیتی‌شدن باعث افزایش کیفیت مخزنی و فرآیندهای انیدریتی شدن، فشردگی و سیمانی شدن باعث کاهش کیفیت مخزنی در زون‌های ۳ و ۴ شده‌اند. همچنین وجود بخش ماسه‌سنگی یکی از دلایل افزایش کیفیت مخزن سازند آسماری در بخش فروافتادگی دزفول است. این افزایش کیفیت مخزنی در ارتباط با جورشدگی و گردشدگی ماسه‌سنگ‌ها، اندازه دانه‌ها، شکل هندسی و گسترش آنها در میدان بوده است که باعث به‌وجود آمدن بهترین کیفیت مخزنی در رخساره‌های کوارتزآرنایتی و ماسه‌سنگ‌های آهکی شده است. رخساره‌های کوارتز آرنایتی و ماسه‌سنگ‌های آهکی بهترین کیفیت مخزنی را ایجاد کرده‌اند. زون ۳ در مقایسه با زون ۴ از کیفیت مخزنی بهتری برخوردار بوده که این به دلیل تاثیر فرآیندهای دیاژنزی و افزایش ضخامت ماسه سنگ‌ها است.

کلمات کلیدی: سازند آسماری، بخش ماسه سنگی اهواز، فرآیندهای دیاژنزی، کیفیت مخزنی، میدان نفتی آغاجاری

*مسؤول مکاتبات

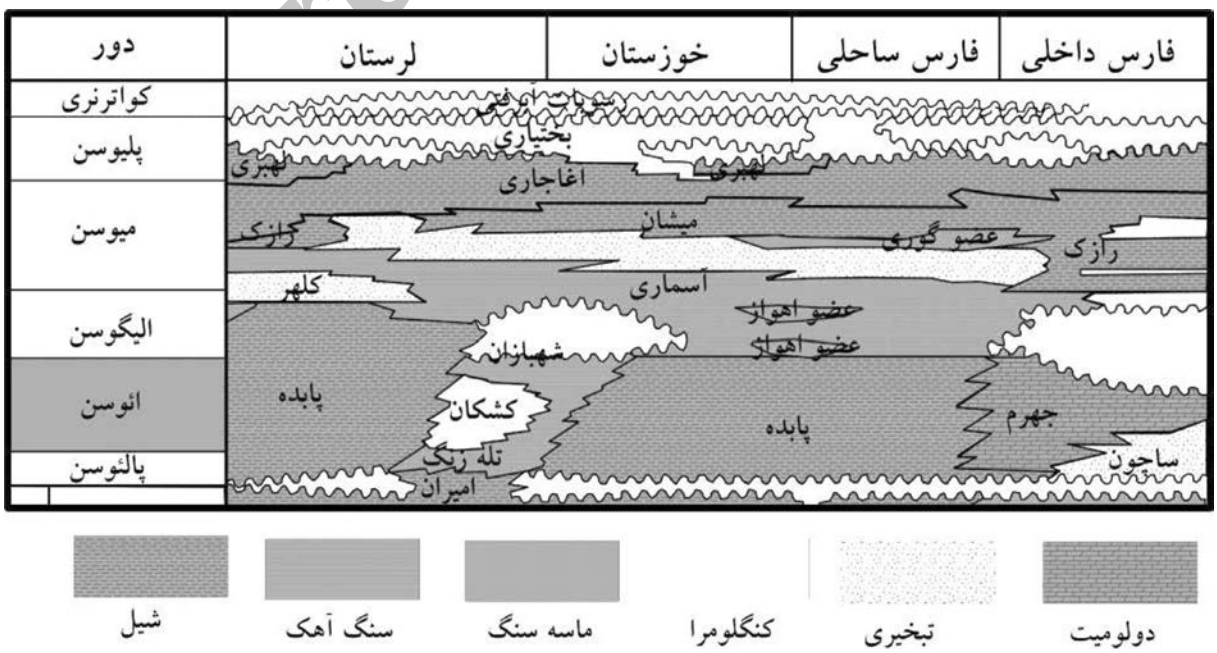
آدرس الکترونیکی: mkhanehbad@ferdowsi.um.ac.ir

Archive of SID

www.SID.ir

مقدمه

کمربند چین خورده ـ روراندہ زاگرس بخشی از رشته کوه آلپ- هیمالیا بوده که با وسعتی در حدود ۲۰۰۰ km روندی شمال غربی- جنوب شرقی داشته و از شرق گسل آناتولی (واقع در شرق ترکیه) تا گسل عمان در بخش جنوبی ایران گسترش پیدا کرده است [۱]. این کمربند محصول پیچیده‌ای از جدایش ایران از سرزمین گندوانا است که به دنبال آن فرورانش پوسته اقیانوسی تازه ایجاد شده نئوتتیس با شیبی به سمت شمال شرقی به زیر خرده بلوک ایران رفته است که در نتیجه برخورد بین صفحات عربستان و ایران است [۲]. سازند آسماری به سن الیگو- میوسن یکی از مهم‌ترین سنگ‌های مخزن در حوضه زاگرس و میدان نفتی آغاجاری است که از سنگ آهک، دولومیت، ماسه سنگ و مقدار کمی مارن و شیل به همراه رسوبات تبخیری تشکیل شده است (شکل۱). ماسه سنگ‌ها در امتداد حوضه رسوبی زاگرس پراکنده شده و با روند شمال غربی- جنوب شرقی در یک محیط ساحلی نهشته شده‌اند [۱]. سازند آسماری به علت داشتن درز و شکاف و تخلخل فراوان، جوان‌ترین سنگ مخزن پهنه زاگرس شناخته می‌شود. وجود بخش ماسه سنگی اهواز یکی از دلایل افزایش کیفیت مخزن سازند آسماری در بخش فروافتادگی دزفول است. این افزایش کیفیت مخزن در بخش ماسه سنگی تحت تأثیر عوامل متفاوتی بوده است. از جمله این عوامل می‌توان به فرآیندهای دیاژنزی مانند انحلال، شکستگی و دولومیتی شدن اشاره کرد [۴]. هدف از این مطالعه شناسایی، تفکیک و تفسیر فرآیندهای دیاژنتیکی و تاثیرات آنها بر کیفیت مخزنی سازند آسماری در میدان نفتی آغاجاری با استفاده از مطالعات انجام شده بر روی اطلاعات حاصل از مغزه چاه‌های ۳۰، ۶۴، ۱۴۹ است. این چاه‌ها در قسمت شمال غربی میدان آغاجاری قرار داشته و سازند آسماری در آنها براساس خصوصیات سنگ شناسی و پارامترهای مخزنی، به ۵ زون مخزنی تقسیم شده است [۴]. در این مطالعه با توجه به اینکه مطالعات مقاطع نازک حاصل از مغزه‌های حفاری مربوط به زون‌های ۳ و ۴ است تنها به بررسی خصوصیات مخزنی این دو زون پرداخته شده است تا مشخص شود بین این دو زون کدام یک از کیفیت مخزنی بهتری برای بهره‌برداری برخوردار است.



شکل ۱- ستون چینه‌شناسی زاگرس (ترشیاری و کواترنری) با تغییرات [۳]

Archive of SID
www.SID.ir

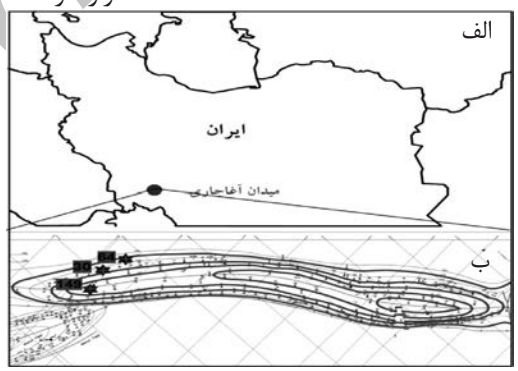
موقعیت زمین‌شناسی میدان نفتی مورد مطالعه

پهنه زاگرس در غرب و جنوب غربی کشور با دربرداشتن قسمت عمده نفت و گاز ایران از مهم‌ترین مناطق نفت‌خیز خاورمیانه است. از نظر ساختاری زاگرس را می‌توان به سه زیر پهنه زون راندگی، زاگرس چین خورده و دشت خوزستان تقسیم کرد [۵]. میدان نفتی آغاجاری با طول ۵۹ و عرض ۵/۵ km و روند شمال غرب ـ جنوب شرق با مختصات عرض جغرافیایی ۳۰ درجه و ۳۰ ثانیه تا ۳۱ درجه شمالی و طول جغرافیایی ۴۹ درجه و ۳۰ ثانیه تا ۵۰ درجه شرقی در استان خوزستان در ۹۰ کیلومتری جنوب شرق اهواز و در مجاورت میادین کوپال، مارون، رامشیر، رگ سفید، پازنان و کرنج در قسمت میانی فروافتادگی دزفول قرار گرفته که بخشی از زاگرس چین خورده است (شکل ۲).

میدان آغاجاری تاقدیس نامتقارنی با محور تقریباً سینوسی شکل است که در امتداد روند زاگرس قرار گرفته است. همان‌گونه که قبلاً اشاره شد، براساس خصوصیات سنگ‌شناسی و پارامترهای مخزنی سازند آسماری در این میدان به ۵ زون مخزنی تقسیم شده است [۴].

روش مطالعه

در این مطالعه برای بررسی فرآیندهای دیاژنتیکی و تأثیر آنها بر کیفیت مخزنی زون‌های ۳ و ۴ میدان نفتی آغاجاری از ۳۷۱ مقطع نازک میکروسکوپی تهیه شده از مغزه‌های چاه‌های شماره ۳۰، ۶۴ و ۱۴۹ میدان آغاجاری استفاده شده و در نهایت با نمودارهای چاه پیمایی گاما[1]، صوتی[2]، تخلخل موثر[3] و اشباع شدگی موثر آب[4] که توسط نرم افزار ژئولاگ رسم شده اند، مقایسه شده است. شناسایی رخساره‌های کربناته، مخلوط کربناته ـ آواری و سیلیسی-آواری به‌ترتیب بر مبنای طبقه‌بندی دانهام[5] [۷]، مونت[6] [۸] و فولک[7] [۹] صورت گرفته است. برای بررسی تخلخل از طبقه‌بندی چوکت و پری[8] [۱۰] استفاده شده است و میانگین تخلخل توسط نقطه شماری مقاطع پتروگرافی محاسبه و به‌وسیله نرم‌افزار اکسل ۲۰۱۳ [9] رسم شده است. همچنین به منظور تعیین نوع کانی رسی و تأثیر آنها بر کیفیت مخزنی، ۴ نمونه از مغزه‌های چاه‌های شماره ۳۰ و ۱۴۹ با استفاده از میکروسکوپ روبشی الکترونی مجهز به EDX مدل LEO1450VP در آزمایشگاه مرکزی دانشگاه فردوسی مشهد، مورد مطالعه قرار گرفته است.



شکل ۲- الف- موقعیت میدان نفتی آغاجاری در جنوب غرب ایران و ب- نقشه خطوط هم تراز زیرسطحی[10] راس سازند آسماری در میدان نفتی آغاجاری [۶]

1. GR
2. DT
3. PHIE
4. SWE
5. Dunham
6. Mount
7. Folk
8. Choqutte and Pray
9. Excel 2013
10. UGC (Underground Contour Map)

Archive of SID
www.SID.ir

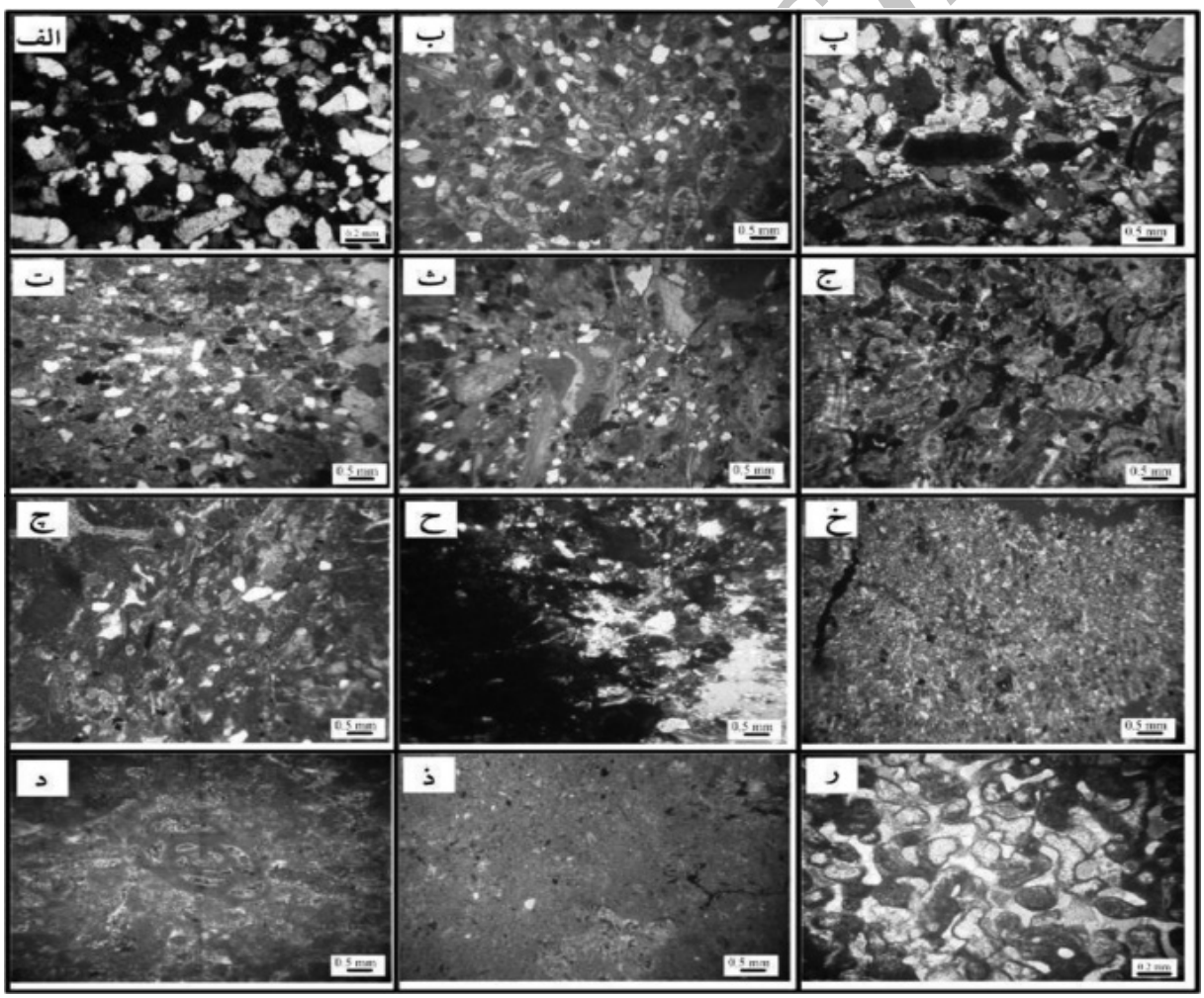
بحث

رخساره‌ها

براساس ویژگی‌های رسوبی قابل مشاهده در مقاطع نازک (مانند بافت و فسیل‌ها)، ۱۲ رخساره رسوبی در سازند آسماری تشخیص داده شده است که این ۱۲ رخساره را می‌توان در ۳ گروه رخساره‌های آهکی، رخساره‌های ماسه‌ای و رخساره‌های آواری-کربناته طبقه‌بندی کرد (شکل ۳).

ویژگی ماسه سنگ‌ها

نقشه هم سنگی ماسه‌سنگ‌های مربوط به ۳۶ چاه میدان آغاجاری و ۵ چاه میدان مارون (جدول ۱) با استفاده از نرم‌افزار Surfer10 ترسیم شده و نشان می‌دهد که جهت کلی ورود این رسوبات از سمت جنوب غربی است که به سمت شمال شرقی میدان از مقدار آنها کاسته شده و در قسمت‌هایی به صفر (خطوط کانتوری صفر) رسیده است (شکل ۴). برای بهتر مشخص شدن جهت ورود این رسوبات، داده‌های لاگ مربوط به تعدادی از چاه‌های میدان مارون [۱۱] با داده‌های لاگ میدان آغاجاری ادغام شده است.

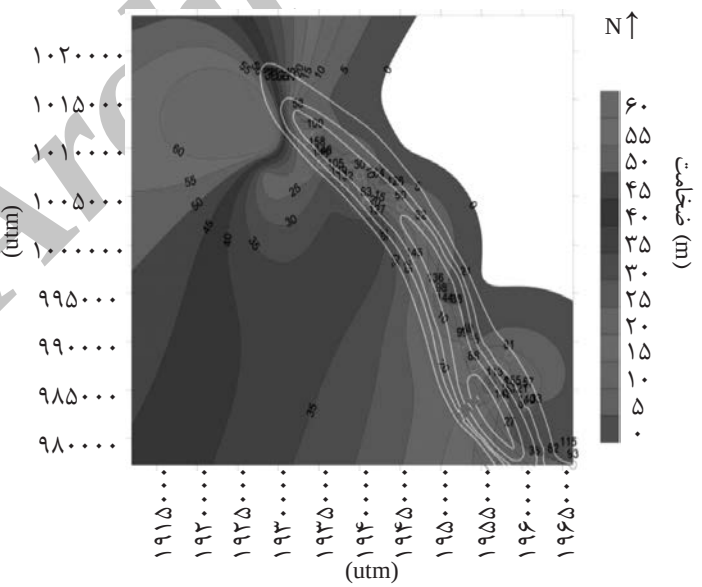


شکل ۳- رخساره‌های سازند آسماری در میدان آغاجاری: الف: رخساره کوارتزآرنایتی(چاه ۳۰، عمق ۲۱۶۳ متری)؛ ب: رخساره ماسه سنگ آلوکم‌دار(چاه۳۰ , عمق ۲۱۷۳ متری)؛ پ: رخساره گرینستونی (چاه ۱۴۹ ، عمق ۲۷۳۱ متری)؛ ت: رخساره میکرایت ماسه‌ای(چاه ۶۴ ، عمق ۲۳۹۱ متری)؛ ث: رخساره آهک ماسه‌ای آلوکم‌دار (چاه ۶۴ ، عمق۲۳۸۹ متری)؛ ج: رخساره پکستون ـ گرینستون (چاه ۳۰ ، عمق ۲۲۳۲ متری)؛ چ: رخساره پکستون (چاه ۶۴ ، عمق ۲۳۹۰متری)؛ ح: رخساره پکستون ـ وکستون(چاه ۳۰ ، عمق ۲۱۶۴متری)؛ خ: رخساره وکستونی (چاه ۳۰، عمق ۲۱۶۹ متری)؛ د: رخساره مادستون ـ وکستون(چاه ۳۰ ، عمق ۲۲۹۲متری)؛ ذ: رخساره مادستون (چاه ۱۴۹ ، عمق ۲۷۱۶متری)؛ ر: رخساره باندستونی(چاه۳۰ ، عمق ۲۱۶۵متری).

www.SID.ir

جدول ۱- شماره چاه‌ها، مختصات جغرافیایی و ضخامت بخش ماسه سنگی (متر) در آنها

شماره چاه	طول جغرافیایی (utm)	عرض جغرافیایی (utm)	ضخامت ماسه‌سنگ‌ها (متر)	شماره چاه	طول جغرافیایی (utm)	عرض جغرافیایی (utm)	ضخامت ماسه‌سنگ‌ها (متر)
AJ21	۱۹۵۳۰۹۸	۹۹۶۱۰۶	۱	AJ113	۱۹۵۶۶۱۸	۹۸۵۷۲۱	۳۵
AJ27	۱۹۵۸۵۰۱	۹۸۰۵۹۳	۵	AJ115	۱۹۶۵۷۱۹	۹۷۸۵۵۱	۴
AJ30	۱۹۳۹۹۹۹	۱۰۰۷۱۱۹	۲۲	AJ126	۱۹۴۴۴۰۲	۱۰۰۵۴۲۲	۹
AJ33	۱۹۶۱۷۷۱	۹۸۲۹۷۳	۱	AJ127	۱۹۴۲۱۶۱	۱۰۰۲۵۰۰	۴۰
AJ36	۱۹۶۱۵۳۹	۹۷۷۶۳۴	۶	AJ132	۱۹۳۸۱۷۷	۱۰۰۵۹۴۱	۳۰
AJ38	۱۹۵۱۹۵۱	۹۹۳۲۳۷	۷	AJ140	۱۹۶۰۵۶۰	۹۸۲۸۹۶	۶
AJ49	۱۹۵۳۳۰۱	۹۹۰۲۶۵	۲	AJ141	۱۹۳۵۲۲۸	۱۰۰۸۳۰۹	۲۴
AJ50	۱۹۴۵۰۵۸	۱۰۰۳۹۷۳	۱۴	AJ144	۱۹۵۰۴۹۵	۹۹۳۳۶۹	۶
AJ52	۱۹۴۷۵۱۸	۱۰۰۱۹۲۵	۱۶	AJ145	۱۹۴۶۷۲۴	۹۹۵۰۴۱	۲۴
AJ57	۱۹۶۲۷۸۵	۹۸۴۶۵۰	۱۶	AJ147	۱۹۵۷۶۴۰	۹۸۳۴۳۲	۸
AJ58	۱۹۳۲۳۹۸	۱۰۱۳۴۳۱	۳	AJ148	۱۹۳۵۵۴	۱۰۰۵۷۸	۴
AJ63	۱۹۴۰۸۱۲	۱۰۰۴۳۱۱	۲۲	AJ149	۱۹۳۷۴۲۷	۱۰۰۶۴۶۷	۳۱
AJ64	۱۹۴۲۳۹۰	۱۰۰۶۲۴۳	۴	AJ155	۱۹۵۸۸۵۷	۹۸۴۸۴۵	۲
AJ81	۱۹۵۸۴۲۸	۹۸۸۵۶۴	۱۲	mn98	۱۹۱۱۹۰۰	۱۰۲۳۵۸۴	۴۸
AJ88	۱۹۵۴۰۵۰	۹۸۷۳۸۹	۱۳	mn160	۱۹۲۸۴۳۳	۱۰۰۷۲۴۹	۲۱
AJ93	۱۹۶۶۲۹۶	۹۷۷۲۹۳	۵	mn260	۱۹۳۴۱۰۰	۱۰۰۶۵۵۶	۲۵
AJ98	۱۹۵۰۰۷۱	۹۹۴۴۳۳	۵	mn313	۱۹۲۸۲۴۹	۱۰۱۱۶۹۹	۹۵
AJ99	۱۹۵۲۸۶۰	۹۸۹۸۰۹	۱۷	mn317	۱۹۳۶۰۵۴	۱۰۰۶۶۴۱	۳۳
AJ105	۱۹۳۷۰۲۸	۱۰۰۷۲۴۵	۲۳				



شکل ۴- نقشه هم‌سنگی (Isolith map) ماسه سنگ‌ها و خطوط هم تراز زیر سطحی رأس سازند آسماری در میدان نفتی آغاجاری و مارون (مختصات جغرافیایی: محور عمودی: عرض جغرافیایی و محور افقی: طول جغرافیایی)

Archive of SID
www.SID.ir

با توجه به مطالعات قبلی که توسط آدامز[1] [۱۲]، امین رسولی و لاسمی [۱۳]، آدابی و همکاران [۱۴]، وزیری مقدم [۱۵]، جعفرزاده و حسینی برزی [۱۶] بر روی سازند آسماری به‌خصوص بخش ماسه‌سنگی آن انجام شده است محیط رسوبی آن را کانال‌های جذر و مدی، سدی، دلتایی، رودخانه‌ای و ساحلی می‌دانند و منشأ این ماسه‌سنگ‌ها را نیز به کراتون عربی و چرخه مجدد کوه‌زایی نسبت می‌دهند که در زمان الیگوسن- میوسن باعث رسوب‌گذاری ماسه سنگ‌های اهواز در بخشی از سازند آسماری شده است.

بر مبنای مطالعات پتروگرافی و براساس طبقه‌بندی فولک [۹] این ماسه‌سنگ‌ها در محدوده کوارتز آرنایت تا ساب لیتارنایت و بر اساس طبقه بندی مونت [۸] برای ماسه‌های مخلوط در محدوده ماسه‌های میکریتی تا میکریت‌های ماسه‌ای قرار می‌گیرند. اجزای تشکیل‌دهنده شامل کوارتزهای تک بلوری زاویه دار تا نیمه گرد شده با جورشدگی خوب تا متوسط و خاموشی مستقیم و موجی به همراه مقادیر کمتر ذرات کوارتز چند بلوری و فلدسپات است. اندازه دانه‌های کوارتز متغیر است، اما به طور میانگین ۰/۲ تا ۰/۳ mm قطر دارند و متوسط ۴۱/۳۳٪ از ترکیب سنگ را تشکیل می دهند. از اجزای کربناته همراه ذرات آواری کوارتز می‌توان به براکیوپود، دو کفه‌ای، اکینودرم، فرامینیفرهای بنتیک (میوژیپسینا، هتروستژینا، روتالیا، میلیولید و ریپورتیا)، گاستروپود، بریوزوئر و جلبک قرمز، و ذرات غیر اسکلتی پلوئید و اینتراکلست در حدود ۳۵ تا ۴۰٪ اشاره کرد. بیشترین درصد کانی‌های سنگین در حدود ۱ تا ۲٪ مربوط به زیرکن، روتیل و آپاتیت است که روتیل و آپاتیت به‌صورت ادخال درون کوارتزها مشاهده شده‌اند و زیرکن نیز به‌صورت گردشده است که نشان‌دهنده چرخه مجدد رسوبی و حمل طولانی مدت آنها است [۱۷].

دیاژنز

اکتشافات اولیه به منظور دستیابی به مخازن نفت و گاز در ابتدا بر منشأ تکتونیکی و دنبال کردن جزئیاتی مانند ساختارهای محلی و چینه شناسی متمرکز است اما تعیین کیفیت مخازن بیشتر بر تاثیر دیاژنز بر روی رسوبات تاکید دارد [۱۸]. فرآیندهای دیاژنزی شناسایی شده در سازند آسماری در میدان مورد مطالعه به شرح زیر بوده و توالی وقوع این فرآیندهای دیاژنزی در جدول شماره ۲ به ترتیب زمانی ارائه شده است.

جدول ۲- توالی فرآیندهای دیاژنزی مشاهده شده در سازند آسماری میدان آغاجاری

زمان	دیاژنز اولیه		دیاژنز میانی		دیاژنز نهایی	
محیط / فرآیند	دریایی	متئوریک	مخلوط	دفنی	بالا آمدگی	
میکریتی شدن	◄——►					
سیمانی شدن	◄——	——	——	——►		
همپاتیتی شدن		◄——►			◄——►	
فشردگی فیزیکی فشردگی شیمیایی	◄——	——	——►			
دولومیتی شدن	◄——	——	——►			
سیلیسی شدن		◄——	——	——►		
پیریتی شدن انحلال شکستگی و پرشدگی	◄——	——	——	——	——►	

1. Adams

Archive of SID

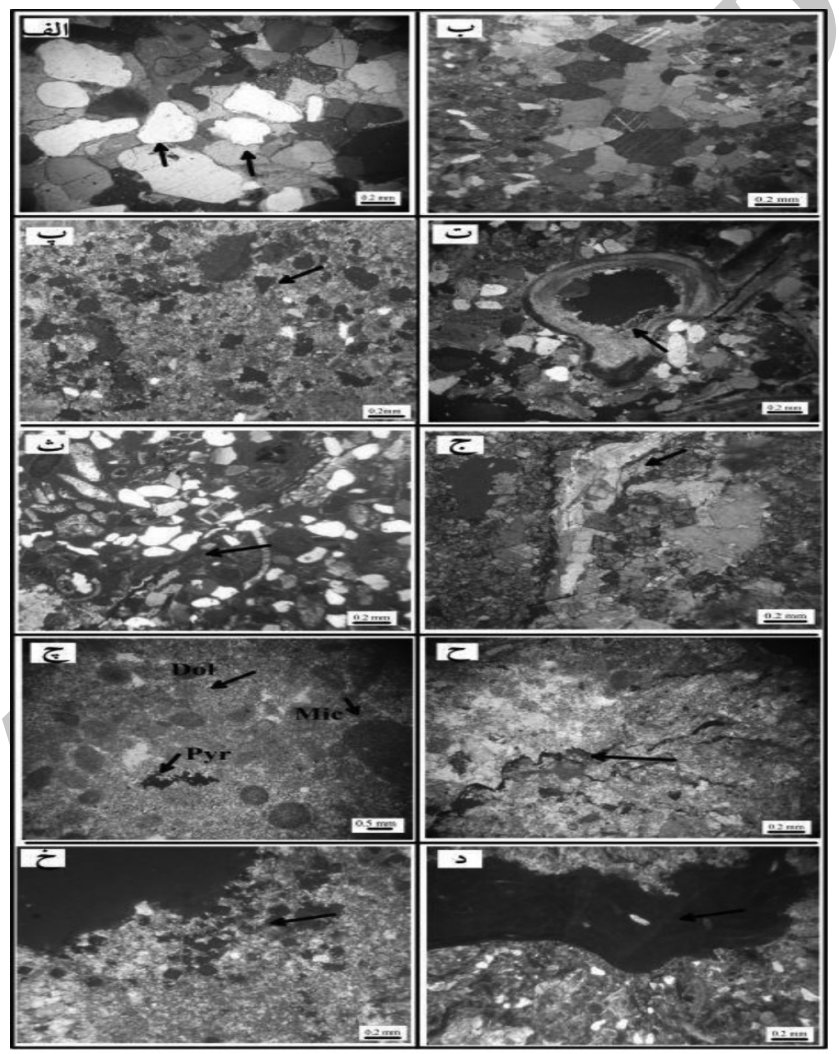
www.SID.ir

فشردگی

فرآیند فشردگی به دو صورت فیزیکی و شیمیایی دیده شده است. فشردگی فیزیکی در اثر افزایش وزن طبقات فوقانی روی داده [۱۸] و باعث شکستگی دانه‌های کوارتز و اجزای اسکلتی، ایجاد تماس‌های محدب- مقعر، تغییر شکل دانه‌ها و جهت یافتگی اجزا شده است (شکل ۵، الف) فشردگی شیمیایی به‌صورت استیلولیتی شدن در بسیاری ازمغزه‌های چاه‌های مورد مطالعه مشاهده شده است (شکل ۵، ح).

سیمانی‌شدن

سیمانی‌شدن معمولا در طی مرحله دفن نیمه عمیق تا عمیق و در اثر افزایش درجه حرارت، تغییرات در غلظت سیالات و فشردگی شیمیایی روی می‌دهد [۱۹]. در چاه‌های مورد مطالعه سیمانی شدن به‌صورت کلسیتی با فابریک‌های دروزی، هم بعد، هم ضخامت، هم محور و بلوکی (شکل ۵، ب)، دولومیتی و در موارد نادر سیلیسی (با فابریک هم محور) مشاهده شده است.



شکل ۵- تصاویر میکروسکوپی فرآیندهای دیاژنزی در سازند آسماری

الف: فشردگی، که باعث ایجاد تماس‌های محدب ـ مقعر و مماسی در بین دانه‌های کوارتز شده است، (XPL) (چاه ۳۰، عمق ۲۱۶۱/۰۳ متری)؛ ب: سیمان کلسیت بلوکی (XPL) (چاه ۳۰، عمق ۲۱۷۲ متری)؛ پ: تخلخل حفره‌ای ایجاد شده توسط فرآیند انحلال (XPL) (چاه ۶۴، عمق ۲۱۶۰/۱۱ متری)؛ ت: تخلخل درون دانه‌ای (XPL) (چاه ۱۴۹، عمق ۲۷۴۰/۲۵ متری)؛ ث: شکستگی، (XPL) (چاه ۶۴، عمق ۲۳۹۶/۰۳ متری)؛ ج: انیدریت پویی کیلوتاپیک (XPL) (چاه ۶۴، عمق ۲۱۶۰/۴۲ متری)؛چ : میکریتی شدن، دولومیتی شدن، و پیریتی شدن، (PPL) (چاه ۳۰، عمق ۲۱۶۴/۶۸ متری)؛ ح: استیلولیت که در امتداد آن هماتیتی شدن روی داده است، (XPL) (چاه ۳۰، عمق ۲۱۶۵/۶۰ متری). خ: تخلخل قالبی ناشی از حل شدن دولومیت (XPL) (چاه۳۰، عمق ۲۱۷۲ متری)؛ د: میکریتی شدن جلبک قرمز (XPL) (چاه ۱۴۹، عمق ۲۷۳۳ متری).
.Mic=micrite, pyr= pyrite, dol=dolomite

www.SID.ir

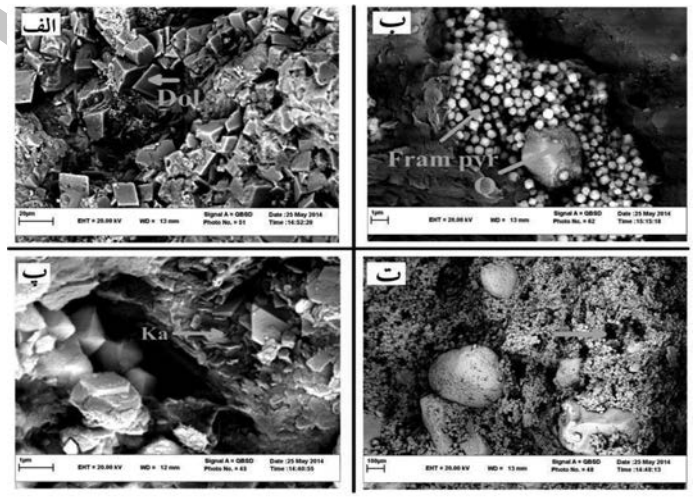
تاثیر فرآیند سیمان دولومیتی را می‌توان در چاه شماره ۶۴ مشاهده کرد. سیمان دولومیتی در این چاه با پر کردن فضاهای خالی بین دانه‌ای کوارتز باعث کاهش کیفیت مخزنی شده است (شکل ۵ چ و ۶ الف). از سیمان‌های رسی موجود می توان به کائولینیت، مونتموریونیت و ایلیت اشاره کرد (شکل ۵، پ). سیمان انیدریتی در زون‌های مورد مطالعه عمدتاً با فابریک پویی کیلوتاپیک (شکل ۵، ج) و با فراوانی کم مشاهده شده است.

میکریتی‌شدن

میکریتی از دیگر فرآیندهای دیاژنزی است که بیشتر زمینه را تحت تأثیر قرار داده است اما در برخی قسمت‌ها ذرات کربناته (از جمله پلوئید، اائید، میلیولید، جلبک قرمز، بریوزوئر) نیز میکریتی شده‌اند (شکل ۵، چ و د).

انحلال

انحلال فرآیند دیاژنزی است که باعث ایجاد انواع تخلخل ثانویه و در نتیجه افزایش کیفیت مخزنی می‌شود [۲۰]. این فرآیند در مقاطع مورد مطالعه به خوبی گسترش پیدا کرده و بیشتر رخساره‌های موجود (ماسه میکریتی، میکریت ماسه‌ای، ماسه آهکی آلوکم دار، پکستونی، گرینستونی)، مخصوصاً رخساره‌های کربناته، را تحت تأثیر قرار داده است و باعث ایجاد تخلخل‌های حفره‌ای (شکل ۵، پ) و قالبی (به نسبت بیشتر) و تخلخل‌های بین دانه‌ای و درون دانه‌ای (شکل ۵، ت) به نسبت کمتر در این رخساره‌ها شده است. در بررسی مقاطع نازک سازند آسماری با استفاده از تقسیم بندی چوکت و پری [۱۰] انواع تخلخل شامل تخلخل درون دانه‌ای، تخلخل بین دانه‌ای، تخلخل بین بلوری و تخلخل قالبی و حفره‌ای را می‌توان شناسایی کرد. تخلخل قالبی حاصل انحلال ذرات کربناته است که از فابریک سنگ تبعیت می‌کند اما تخلخل حفره‌ای در اثر انحلال ایجاد شده و از فابریک سنگ تبعیت نمی‌کند. در قسمت‌های ماسه سنگی بیشتر تخلخل نوع حفره‌ای ناشی از حل شدن سیمان و یا افزایش اندازه تخلخل بین بلوری دیده شده است. در نمونه‌های مورد مطالعه چاه شماره ۳۰ بعضی از بلورهای دولومیت حل شده و با ایجاد تخلخل قالبی باعث افزایش کیفیت مخزنی شده است (شکل ۵، خ). با توجه به انواع تخلخل‌های مشاهده شده میانگین تخلخل به‌دست آمده برای نمونه‌های چاه شماره ۳۰ در حدود ۴/۲٪ و در چاه شماره ۶۴ آغاجاری ۴/۹ ٪ و در چاه شماره ۱۴۹ نیز تقریباً ۴/۹٪ است.



شکل ۶- تصاویر SEM نمونه‌های ماسه سنگی سازند آسماری میدان آغاجاری
الف: دولومیت پرکننده فضاهای خالی بین دانه‌های کوارتز (چاه ۱۴۹، عمق ۲۷۱۷ متری)؛ ب: پیریت دانه تمشکی که فضاهای خالی را پر کرده است، (چاه ۱۴۹، عمق ۲۷۳۳ متری)؛ پ: کائولینیت، (چاه ۳۰، عمق ۲۳۰۲ متری)؛ ت: تخلخل حفره ای (چاه ۱۴۹، عمق ۲۷۱۷ متری).
.dol=dolomite, q=quartz, ka=kaolinite, fram pyr=framboidal pyrite

Archive of SID

www.SID.ir

شکستگی

شکستگی از جمله فرآیندهای فیزیکی است که اجزای اسکلتی و گاه سیمان را تحت تأثیر خود قرار داده است (شکل ۵، ث). در چاه شماره ۶۴ این شکستگی‌ها بیشتر در قسمت‌های بالایی تا میانی زون ۴ رخ داده است. در چاه شماره ۳۰ شکستگی‌ها در زون ۳ بیشتر در قسمت بالایی و در زون ۴ در قسمت میانی و به میزان کمتر در قسمت بالایی ایجاد شده است. در چاه شماره ۱۴۹ تجمع شکستگی‌ها بیشتر در قسمت پایینی زون ۳ دیده می‌شود.

جانشینی

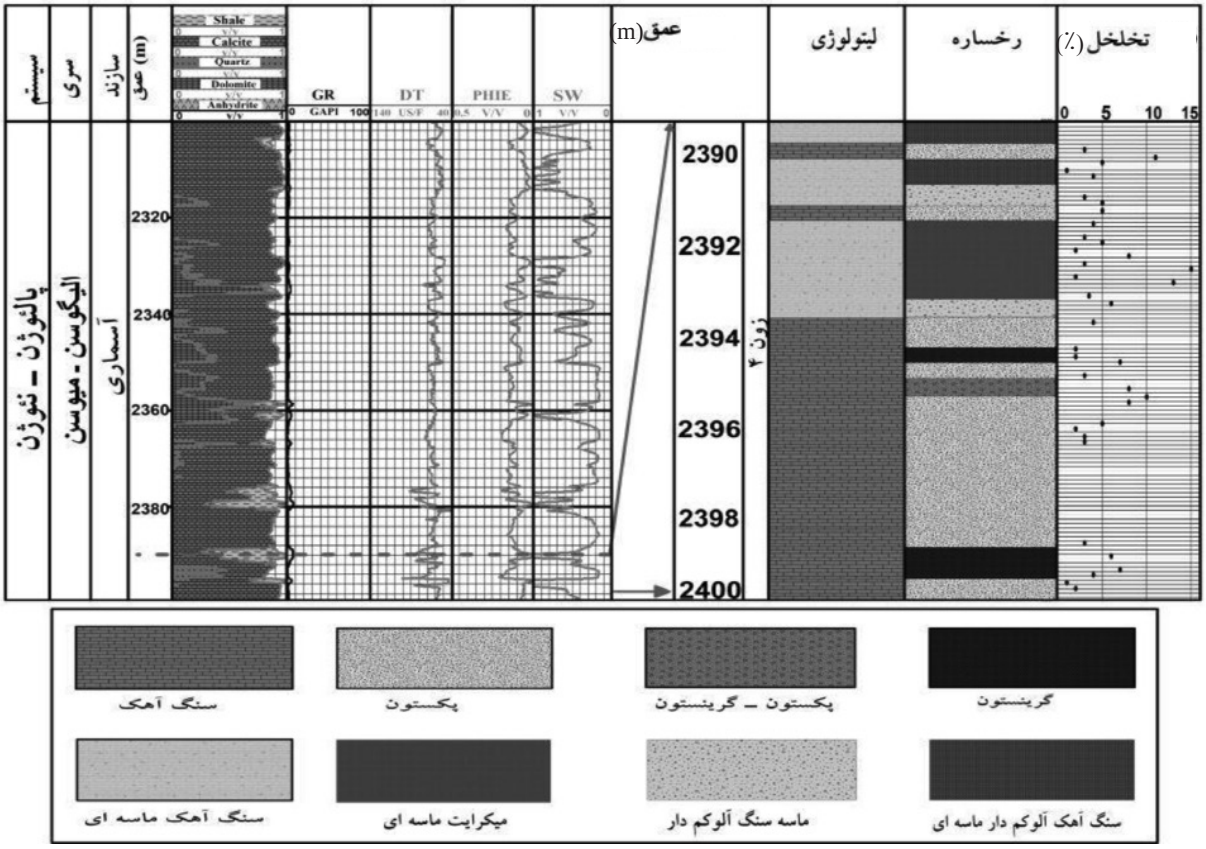
فرآیند جانشینی در نمونه‌های مورد مطالعه سازند آسماری به‌صورت دولومیتی شدن و پیریتی شدن مشاهده شده است. دولومیتی شدن با ایجاد تخلخل بین بلوری باعث افزایش کیفیت مخزن در چاه‌های ۳۰ و ۱۴۹ شده است. پیریتی شدن به دو صورت کروی و دانه تمشکی را می‌توان به‌صورت گسترده و تقریباً در تمامی نمونه‌های مورد مطالعه مشاهده کرد و در برخی از نمونه‌ها پیریت‌ها در امتداد استیلولیت‌ها تشکیل شده‌اند. با توجه به تصاویر SEM پیریت‌ها در فضاهای خالی بین بلورهای دولومیت تشکیل شده‌اند و با توجه به این مطلب می‌توان تشکیل آنها را پس از دولومیتی شدن در نظر گرفت (شکل ۵ چ و ۶ ب).

کیفیت مخزن

تغییرات دیاژنتیکی در توالی‌های آواری، توسط عوامل مختلف شیمیایی، فیزیکی و بیوشیمیایی کنترل می‌شود که تأثیر به‌سزایی بر تغییر تخلخل و تراوایی اولیه و در نتیجه کیفیت مخزنی دارد [۲۱]. فرآیندهای فشردگی، دولومیتی شدن، سیمانی شدن و انحلال از جمله مهم‌ترین فرآیندهای تاثیر گذار بر روی کیفیت مخزن در سازند آسماری می باشند [۲۲] که در میدان آغاجاری نیز همین عوامل بیشترین تأثیر را در چگونگی کیفیت مخزن سازند آسماری داشته است. در چاه‌های مورد مطالعه فشردگی و سیمانی شدن باعث کاهش کیفیت مخزن و انحلال و دولومیتی شدن باعث افزایش کیفیت مخزنی شده است. البته در چاه ۶۴، دولومیتی شدن منجر به کاهش کیفیت مخزن شده است. به طور کلی دولومیتی شدن از جمله فرآیندهایی است که می‌تواند باعث افزایش و در بعضی موارد کاهش کیفیت مخزنی شود و بر روی آن تأثیر مثبت یا منفی داشته باشد [۲۳]. سیمانی شدن از جمله فرآیندهای دیاژنزی است که با پر کردن فضاهای خالی موجود در بین اجزا و قرارگیری در بین دانه‌ها باعث کاهش تخلخل و در نهایت کیفیت مخزنی می‌شود [۲۰]. سازند آسماری در فروافتادگی دزفول دارای رخساره‌های مختلف رسوبی است که بسیاری از ویژگی‌های مخزنی در قسمت‌های مختلف آن تحت تأثیر شرایط متفاوت رسوب‌گذاری و تغییرات متفاوت دیاژنتیکی، در تغییر است. از بین رخساره‌های موجود در این چاه‌ها رخساره‌های دانه پشتیبان مانند گرینستون به‌علت ویژگی‌های بافتی معمولاً پتانسیل مخزن شدن خوبی دارند که نشان‌دهنده تشکیل در یک محیط پر انرژی ساحلی است. فشردگی مکانیکی با آرایش نزدیک‌تر دانه‌ها منجر به کاهش زیاد تخلخل به‌خصوص تخلخل اولیه می‌شود [۲۴] که این فرآیند را در رخساره گرینستونی و ماسه آهکی میدان آغاجاری می‌توان مشاهده کرد (شکل ۳). با توجه به تأثیر هر یک از این عوامل بر رسوبات می‌توان به‌طور کلی در نظر گرفت که فرآیندهای دولومیتی شدن، شکستگی، انحلال باعث افزایش تخلخل و در نتیجه بالاتر رفتن کیفیت مخزنی و در مقابل فرآیندهای سیمانی شدن، استیلولیتی شدن و میکریتی شدن با کم کردن میزان تخلخل و فضاهای آزاد باعث کاهش کیفیت مخزن در بخش ماسه سنگی آسماری میدان آغاجاری شده است (شکل ۵، ب، ث، ح). در بعضی از نمونه‌های مورد مطالعه تخلخل، نوع شکستگی باعث افزایش تخلخل و تراوایی و در نتیجه افزایش کیفیت مخزنی شده است. سیمان انیدریتی به دلیل فراوانی کم و بافت

Archive of SID
www.SID.ir

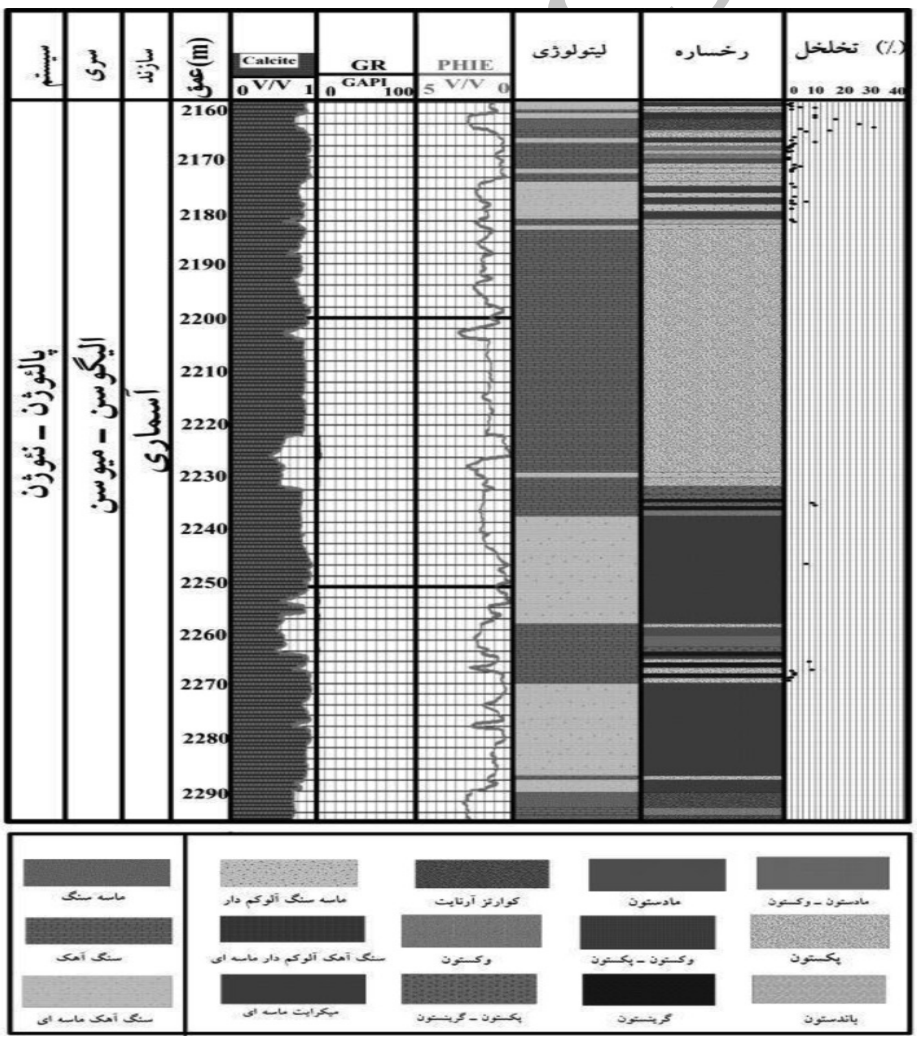
پویکیلوتاپیک تاثیر چندانی در کاهش کیفیت مخزنی سازند آسماری نداشته است. کانی‌های رسی به‌خصوص نوع کائولینیت (شکل ۶، پ) با شکل کتابی خود فضاهای خالی را پر کرده و باعث کاهش کیفیت مخزنی می‌شوند [۲۳] که این نوع کانی رسی نیز در میدان آغاجاری وجود داشته و کیفیت مخزنی را کاهش می‌دهد. از طرفی میکریتی شدن با تشکیل ماتریکس به نظر می‌رسد که نقش مخرب در کیفیت مخزنی داشته و آن را کاهش می‌دهد. نمودارهای ژئوفیزیکی از جمله ابزار قدرتمند جهت بررسی خواص مخزنی سنگ‌ها از جمله تخلخل، نسبت اشباع آب و نفت، ضخامت زون تولید، لیتولوژی و تراوایی هستند [۲۵]. در این قسمت به بررسی تغییرات خواص مخزنی چاه‌ها با استفاده از این نمودارها می‌پردازیم: مطالعات انجام شده در چاه شماره ۶۴ مربوط به زون ۴ است، اما با توجه به اینکه فقط ۱۰ m از ضخامت سازند آسماری در این چاه مطالعه شده است تمام بخش ماسه سنگی در این قسمت وجود ندارد و از عمق ۲۳۸۹ تا ۲۳۹۹ m این سازند شامل بخش کربناته و بخش مخلوط آواری- کربناته است (شکل۷). با این وجود، با توجه به نمودارهای چاه‌پیمایی به‌خوبی می‌توان مشاهده کرد که میزان تخلخل در بخش‌هایی که میزان ذرات آواری بیشتر شده است (عمق ۲۳۹۱ تا ۲۳۹۳ m)، به‌طور قابل ملاحظه افزایش یافته است (شکل۷). با توجه به تخلخل محاسبه شده در نمونه‌های مورد مطالعه بیشترین میزان تخلخل مربوط به قسمت آواری ـ کربناته است و در نمونه‌های مطالعه شده نیز به‌خوبی مشخص است که در بخش‌هایی که میزان ماسه افزایش پیدا می‌کند میزان تخلخل افزایش می‌یابد.



شکل ۷- لاگ‌های چاه‌پیمایی، و ستون رخساره‌ای و نمودار درصد تخلخل محاسبه شده از مقاطع نازک زون ۴ سازند آسماری در چاه شماره ۶۴ میدان آغاجاری

www.SID.ir

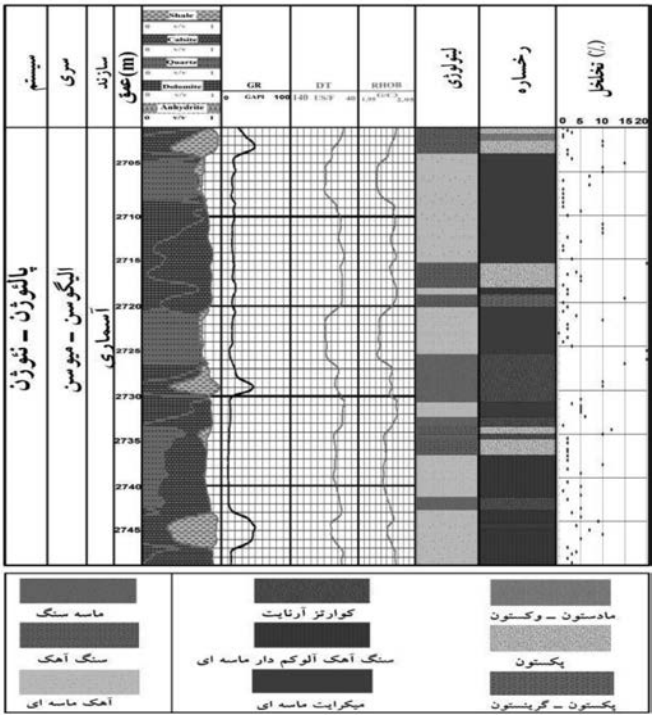
مقایسه لاگ‌های DT و PHE با SW نیز بیانگر این مطلب هستند که در قسمت‌های ماسه‌ای میزان اشباع شدگی آب کاهش و تخلخل افزایش می‌یابد و در لاگ SW حدود صفر و در لاگ PHIE به حدود ۱/۵٪ می‌رسد. اما برخلاف چاه شماره ۳۰ تشکیل دولومیت در این چاه نقش معکوس داشته و به‌صورت سیمان فضاهای خالی را پر کرده است به طوری که با وجود افزایش میزان ماسه در برخی قسمت‌ها، شاهد کاهش درصد میزان تخلخل هستیم (شکل ۷). برای بررسی کیفیت مخزنی چاه شماره ۳۰ از عمق ۲۱۵۹ تا ۲۲۹۵ m به ضخامت ۱۳۶ m مربوط به زون‌های ۳ و ۴ مطالعه صورت گرفته است. رخساره‌های این چاه بیشتر مربوط به سنگ‌های کربناته بوده و رخساره‌های آواری از ضخامت کمتری برخوردار هستند. با توجه به نمودار رسم شده براساس درصد تخلخل به‌دست آمده مشاهده می‌شود که در بخش‌های آواری (افق‌های ۲۱۶۰ -۲۱۶۴ m و ۲۲۹۵-۲۲۹۰ m) میانگین تخلخل (حدود۳۰٪) به‌طور قابل ملاحظه‌ای افزایش یافته و باعث افزایش در میزان کیفیت مخزنی شده است (شکل ۸). همچنین در این قسمت‌ها نمودار تخلخل مؤثر به طور قابل ملاحظه‌ای افزایش یافته (از ۰/۵٪ به حدود ۲/۵٪ رسیده است) که تأیید کننده آن است.



شکل۸- لاگ‌های چاه‌پیمایی، ستون رخساره‌ای و نمودار درصد تخلخل محاسبه شده از مقاطع نازک زون ۳ و۴ سازند آسماری در چاه شماره ۳۰ میدان آغاجاری

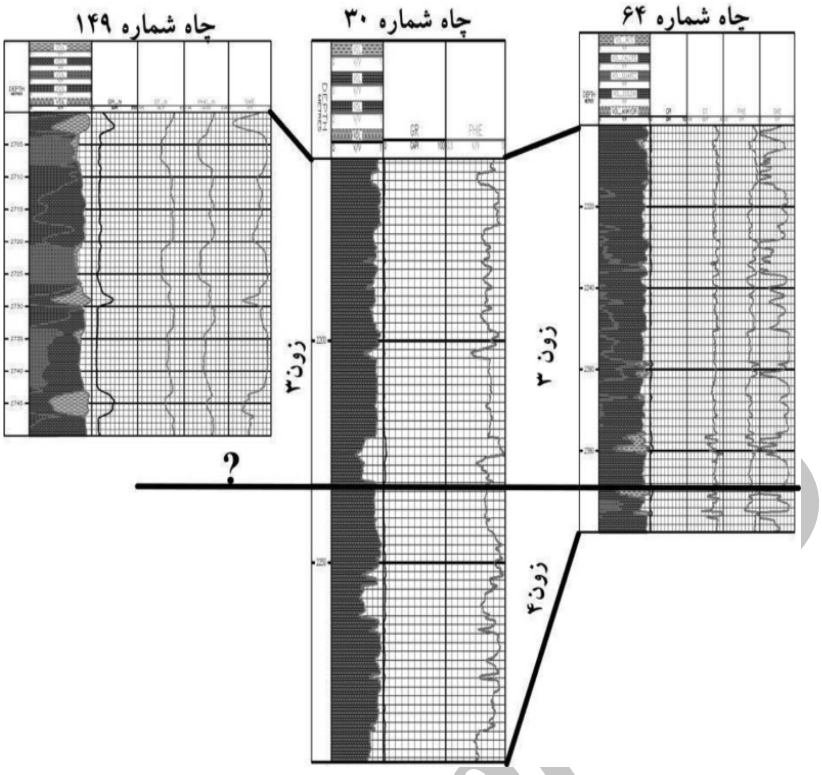
www.SID.ir

در قسمت‌های دیگر چاه که بیشتر رخساره‌های کربناتی (مادستونی-وکستونی-پکستونی و گرینستونی) و مخلوط کربناتی- آواری (میکریت ماسه‌ای و ماسه سنگ آلوکم‌دار) تشکیل شده است روند نمودار تخلخل مؤثر به‌صورت یکنواخت بوده و مقدار متوسطی در حدود ۰/۶٪ را نشان می‌دهند ولی در قسمت‌هایی که فرآیندهای دیاژنزی دولومیتی شدن وانحلال روی داده کیفیت مخزنی بهتری را می‌توان مشاهده کرد و نمودار تخلخل مؤثر مقدار تقریباً بالایی در حدود ۲/۵٪ را نشان می‌دهد (شکل ۸). چاه شماره ۱۴۹ در قسمت غربی یال شمالی میدان آغاجاری قرار داشته و در بین این سه چاه مطالعه شده بیشترین ضخامت بخش ماسه سنگی را داراست (شکل ۹). ۵۰ m از ضخامت مطالعه شده این چاه مربوط به زون ۳ است و همان‌طور که مشاهده می‌شود بیشترین درصد تخلخل آن مربوط به قسمت ماسه سنگی و مخلوط آواری- کربناته است. نمودارهای چاه‌پیمایی نیز به‌خوبی نشان می‌دهند که در قسمت‌های ماسه سنگی به‌خصوص از عمق ۲۷۲۷ تا عمق ۲۷۳۰ m میزان لاگ RHOB به سمت ۲/۹۵٪ افزایش نشان می‌دهد که نشان دهنده بالا رفتن تخلخل و کیفیت مخزن در این قسمت است. در چاه شماره ۱۴۹ بر خلاف چاه شماره ۶۴، دولومیتی شدن باعث ایجاد تخلخل بین بلوری شده است و در بیشتر نمونه‌ها، این تخلخل‌های بین بلوری به تخلخل حفره‌ای تبدیل شده‌اند (به عنوان مثال عمق ۲۷۱۶ m) در نتیجه در افزایش کیفیت مخزنی این زون نقش موثری داشته‌اند (شکل ۹). در یک نگاه کلی‌تر و با انطباق نمودارهای چاه پیمایی رسم شده (شکل ۱۰) برای این سه چاه می‌توان گفت که افزایش میزان ماسه در افزایش کیفیت مخزن این چاه‌ها نقش موثری داشته و با توجه به زون بندی انجام شده براساس خصوصیات سنگ‌شناسی و پارامترهای مخزنی، کیفیت مخزن در زون ۳ بیش از زون ۴ آسماری است که اصلی‌ترین دلیل آن علاوه بر افزایش درصد کوارتز، دولومیتی شدن گسترده در زون ۳ آسماری در این بخش از میدان آغاجاری است.



شکل ۹- لاگ‌های چاه‌پیمایی، ستون رخساره‌ای و نمودار درصد تخلخل محاسبه شده از مقاطع نازک زون ۳ سازند آسماری در چاه شماره ۱۴۹ میدان آغاجاری

Archive of SID
www.SID.ir



شکل۱۰- انطباق لاگ‌های چاه‌پیمایی مربوط به سه چاه ۳۰، ۶۴ و ۱۴۹ میدان آغاجاری.
خط مبنا قاعده زون ۳ یا به‌عبارتی رأس زون ۴ در نظر گرفته شده است.

نتیجه‌گیری

ـ فرآیندهای انحلال، دولومیتی شدن، فشردگی، سیمانی شدن، پیریتی شدن فرآیندهای دیاژنزی موثری هستند که در زون‌های مورد مطالعه سازند آسماری میدان آغاجاری قابل مشاهده است و هر یک براساس نوع و میزان گسترش خود باعث افزایش و یا کاهش کیفیت مخزن سازند آسماری مخصوصا بخش ماسه سنگی آن در میدان آغاجاری شده است.

ـ با توجه به تغییراتی که در ماسه سنگ‌های چاه‌های مورد مطالعه وجود دارد می‌توان به‌خوبی مشاهده کرد که ضخامت و میزان رسوبات آواری از سمت جنوب غربی به شمال شرقی کاهش یافته است. به این صورت که چاه شماره ۱۴۹ بیشترین (در حدود ۱۷ m) و چاه شماره ۳۰ کم‌ترین (در حدود ۳ m) مقدار ماسه سنگی را در زون ۳ و ۴ دارا هستند.

ـ به‌طور کلی افزایش کیفیت مخزن در چاه‌های مورد مطالعه بیشتر در قسمت‌های ماسه سنگی و ماسه‌های مخلوط که انحلال و دولومیتی شدن در آنها روی داده است، مشاهده می‌شود.

ـ با مقایسه کیفیت مخزنی در این دو زون مشاهده می‌شود که زون ۳ نسبت به زون ۴ از کیفیت مخزنی بهتری برخوردار است که مهم‌ترین دلیل آن را می‌توان مربوط به افزایش میزان ذرات آواری و بیشتر شدن فضاهای خالی، در نتیجه دولومیتی شدن دانست.

ـ با توجه به رخساره‌های شناسایی شده در سازند آسماری در میدان آغاجاری، مشاهده می‌شود که به ترتیب رخساره‌های ماسه آلوکم‌دار، آهک ماسه‌ای آلوکم‌دار و کوارتزآرنایتی دارای درصد بیشتری کوارتز بوده و با مقایسه نمودارهای چاه‌پیمایی در این رخساره‌ها کیفیت مخزنی، روند بهتری را نشان می‌دهد.

تشکر و قدردانی

نویسندگان بر خود لازم می‌دانند از حمایت‌های بی دریغ مناطق نفت خیز جنوب جهت در اختیار قرار دادن داده‌های لازم برای انجام این مطالعه کمال تشکر و قدردانی را داشته باشند.

Archive of SID
www.SID.ir

مراجع

[1]. Alavi M., *"Regional Stratigraphy of the Zagros Fold- Thrust belt of Iran and its Proforland evolution,"* American Journal of Science, Vol. 304, pp. 1-20, 2004.

[2]. Alavi M., *"Structures of the Zagros Fold -Thrust belt in Iran,"* American Journal of Sciences, Vol. 307, pp.1064-1095, 2007.

[3]. Schlumberger, *"Reservoir optimization conference",* A Geological Overview of Iran, pp. 13-31, 2003.

[۴]. قربانی قشقایی، "مطالعات تکمیلی زمین‌شناسی مخزن آسماری میدان آغاجاری"، گزارش شماره پ ـ ۴۹۴۰ ، ص. ۵۶، ۱۳۷۹.

[۵]. مطیعی ه.، "زمین‌شناسی ایران: چینه‌شناسی زاگرس"، چاپ اول، انتشارات سازمان زمین‌شناسی کشور، تهران، ۱۳۷۲.

[۶]. نقشه شماره ۱۶,۰۳۱/m ،سال ۱۳۹۰، شرکت ملی مناطق نفت خیز جنوب.

[7]. Dunham R. J., *"Classification of Carbonate Rocks According to Depositional Texture,"* in: Classification of Carbonate Rocks, a Symposium ed. W. E. Ham. American Association of Petroleum Geologists Bulletin, Mem 1, pp. 108-121, 1962.

[8]. Mount J., *"Mixed siliciclastic and carbonate sediments; a proposed first-order textural and compositional classification,"* Sedimentology, Vol. 32, pp. 435-442, 1985.

[9]. Folk R. L., *"Petrology of Sedimentary Rocks,"* Hemphill Publication Company, Texas, p. 182, 1980.

[10]. Choquette P. W. and Pray L. C., *"Geologic Nomenclature and Classification of Porosity in Sedimentary Carbonates"* American Association of Petroleum Geologists Bulletin, Vol. 54, pp. 207-250, 1970.

[۱۱]. میرمرقابی ا.، پتروگرافی و تاریخچه رسوب‌گذاری افق‌های ماسه سنگی آسماری زیرین در میدان نفتی مارون، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه فردوسی مشهد، ایران، ۱۳۹۳.

[12]. Adams T. D., *"The Asmari Formation of Lurestan and Khuzestan Province,"* Iranian Oil Operating Companies, Geological and Exploration Division, Unpublished Report No. 1074, 1969.

[۱۳]. امین رسولی ه.، لاسمی ی.، "رخدادهای تکتونیکی الیگو ـ میوسن در زاگرس چین خورده"، خلاصه مقالات دوازدهمین همایش انجمن زمین شناسی ایران، اهواز، ۱۳۸۷.

[۱۴]. آدابی م. ح.، صادقی ع.، حسینی برززی م.، لطف‌پور م.، معلمی ع.، طهماسبی ع.ر.، حسینی ا.، هنرمند ج.، زهدی ا.، صالحی م. ع.، جعفرزاده م. و خطیبی مهر م.، "بررسی گسترش و منشاء افق‌های ماسه سنگی سازند آسماری در زون ایذه. گزارش نهایی پروژه پژوهشی و تحقیقاتی، پژوهش و توسعه وزارت نفت، ۲۸۳ ص، ۱۳۸۷.

[15]. Vaziri-Moghaddam H., Kimiagari M. and Taheri A., *"Depositional environment and sequence stratigraphy of the Oligo-Miocen Asmari Formation in SW Iran,"* Facies, Vol. 52 ,No.1, pp. 41-51, 2005.

[16]. Jafarzadeh M. and Hosseini-Barzi M., *"Petrography and geochemistry of Ahwaz Sandstone Member of Asmari Formation, Zagros, Iran: implication on provenance and tectonic setting,"* Revista Mexicana de Ciencias Geologicas,Vol. 25, pp. 247-260, 2008.

[۱۷]. حسینی برزی م.، شادان م.، "برخاستگاه و هوازدگی سنگ مادر ماسه سنگ‌های سازند خان براساس پتروگرافی، آنالیز مدال و ژئوشیمی عناصر اصلی در برش چاه روف، بلوک پشت بادام" فصلنامه زمین‌شناسی ایران، سال سوم، شماره دوازدهم، ص ۲۷-۳۷، ۱۳۸۸.

Archive of SID

www.SID.ir

[18]. Clark W. J., Moor W. R., Ali S. A. and Dribus J. R., *"Diagenesis and reservoir quality,"* Oil Field Review, Vol. 2, p. 22, 2010.

[19]. Hens G. M., *"Investigations of Burial Diagenesis in Carbonate Hydrocarbon Reservoir Rocks,"* Geoscience Canada, Vol. 32 pp. 103-128, 2005.

[20]. Kassab, M.A., Hassanain, I.M., Salem, A.M., *"Petrography, diagenesis and reservoir characteristics of the Pree-Cenomanian sandstone, Sheikh Attia area, East Central Sinai, Egypt,."* Journal of African Earth Sciences. Vol. 96, pp. 122-138, 2014.

[21]. Kordi, M., Turner, B., Salem, A.M.K, *"Linking diagenesis to sequence stratigraphy in fluvial and shallow marine sandstone: Evidence from the Cambrian-Ordovician lower sandstone unite in southwestern Sinai, Egypt,."* Marine and Petroleum Geology, Vol. 28, pp. 1554-1571, 2011.

[22]. Honarmand, J., Amini, A., *"Diagenetic processes and reservoir properties in the ooid grainstone of the Asmari Formation, Cheshmeh Khush Oil Field, SW Iran,."* Journal of Petroleum Science and Engineering, Vol. 81, pp. 70-79, 2012.

[23]. Neilson, J.E., Oxtoby, N.H., *"The relationship between petroleum, exotic cements and reservoir quality in carbonates – A review,."* Marine and Petroleum Geology, Vol. 25, pp. 778-790, 2008.

[24]. Lucia. F.J., *"Carbonate Reservoir Characterization,."* Second Edition, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, p. 236, 2007.

[۲۵]. رضایی م. ر.، زمین‌شناسی نفت، چاپ دوم، سازمان آموزشی و انتشاراتی فرهیختگان علوی، تهران،۱۳۸۴.

Archive of SID

www.SID.ir