

بررسی نقش بافت انیدریت در زون تولیدی سازند آسماری در میدان منصوری

مجتبی کاویانپور سنگو^{۱*}، اعظم نامداریان^۱، سیدرضا موسوی حرمی^۲، اسدالله محبوبی^۲ و آرمین امیدپور^۳

^۱ کارشناسی ارشد، گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران

^۲ استاد، گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران

^۳ دانشجوی دکترا، گروه زمین‌شناسی، شرکت ملی مناطق نفتخیز جنوب، اهواز، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۰۱/۲۰ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۱/۰۶/۲۰

چکیده

تبخیری‌ها شامل طیف گسترده‌ای از نهشته‌های شیمیایی هستند که در سطح یا نزدیک سطح زمین از شورابه‌های تغلیظ شده به وسیله تبخیر حاصل می‌شوند. فرایندهای دیاژنزی از جمله مهم‌ترین عواملی هستند که در کیفیت مخازن هیدروکربنی می‌توانند مؤثر باشند. مخزن آسماری در میدان منصوری با سن الیگومیوسن متشکل از توالی کربناتی و آواری است که کیفیت مخزنی این نهشته‌ها متأثر از فرایندهای دیاژنزی در طول زمان است. از مهم‌ترین این فرایندها تشکیل سیمان انیدریت است که به صورت لایه‌ای، پویکیلو توپیک، پرکننده خلل و فرج و فراگیر، گرهکی اولیه، گرهکی دفنی، بلورهای پراکنده، پرکننده شکستگی و رگچه‌ای در مخزن گسترش دارد. گسترش سیمان انیدریت بر روی کیفیت مخزنی تأثیر منفی دارد. از سوی دیگر قابلیت انحلال بالای این سیمان نسبت به سیمان‌های کربناتی می‌تواند دارای اثری مثبت در افزایش کیفیت مخزنی باشد. تأثیر متقابل فرایندهای دیاژنزی و بافت انیدریت در افزایش یا کاهش ویژگی‌های مخزنی سازند آسماری دیده می‌شود. نتایج این مطالعه نشان می‌دهد که انیدریت (در طی دیاژنزی) بیشترین نقش را به شکل بافت‌های فراگیر پرکننده خلل و فرج و فابریک پویکیلو توپیک در کاهش کیفیت مخزن داشته است. ولی فرایندهایی مانند انحلال نقش اصلی را در افزایش کیفیت مخزن در سازند آسماری در میدان منصوری داشته‌اند.

کلیدواژه‌ها: میدان منصوری، سازند آسماری، کانی تبخیری، بافت انیدریت، دیاژنزی.

*نویسنده مسئول: مجتبی کاویانپور سنگو

E-mail: mojtabakavianpour@yahoo.com

۱- پیش‌گفتار

تبخیری‌ها شامل طیف گسترده‌ای از نهشته‌های شیمیایی هستند که در سطح یا نزدیک سطح زمین از شورابه‌های تغلیظ شده به وسیله تبخیر حاصل می‌شوند (Warren, 2006; Schreiber & El Tabakh, 2000). تبخیری‌ها همچنین به صورت رشد بلوری، جان‌شینی و یا به صورت سیمان درون سنگ‌های میزبان تبخیری یا غیر تبخیری تشکیل می‌شوند. سنگ آهک، دولومیت و رس‌های آهکی متداول‌ترین رسوبات همراه با تبخیری‌ها هستند (Schreiber & Helman, 2005; Bugge et al., 2002). حضور انیدریت و دیگر تبخیری‌ها نشانگر یک محیط دربر گرفته شده در شرایط آب‌وهوایی گرم و خشک است (El Tabakh et al., 2003; Marengo et al., 2008). فرایندهای دیاژنزی از مهم‌ترین عواملی هستند که در کنترل کیفیت مخزنی مخازن هیدروکربنی می‌توانند مؤثر باشند (Flugel, 2010; Cai-neng et al., 2008). بیشتر این فرایندها می‌توانند در افزایش یا کاهش کیفیت مخزنی با توجه به نوع و شدت آنها مؤثر باشند. میدان منصوری به‌عنوان یکی از آخرین میادین هم‌روند با ساختارهای زاگرس در جنوب فروافتادگی دزفول شمالی و در ۶۰ کیلومتری جنوب شهر اهواز قرار دارد (حیدری، ۱۳۸۱). این میدان از شمال باختر به میدان اهواز می‌رسد و از باختر در همسایگی میدان آب تیمور و از شمال خاور در همسایگی میدان شادگان قرار دارد. طول میدان نفت حدود ۳۹ کیلومتر و عرض آن در حدود ۳/۵ کیلومتر است (شکل ۱) (حیدری، ۱۳۸۱). سازند آسماری به‌عنوان جوان‌ترین و مهم‌ترین مخزن هیدروکربنی ایران در زاگرس و فروافتادگی دزفول اهمیت بالایی دارد. این سازند در جنوب باختر ایران شامل سنگ‌های کربناتی و در برخی مناطق ماسه‌سنگ و سنگ‌های تبخیری است (Thomas, 1948). مخزن آسماری با سن الیگومیوسن در میدان منصوری متشکل از توالی کربناتی و آواری است (Motiei, 1994) که کیفیت مخزنی آنها متأثر از فرایندهای دیاژنزی در طول زمان است. از مهم‌ترین این فرایندها تشکیل سیمان انیدریت در مخزن است. گسترش انیدریت به صورت سیمان روی کیفیت مخزنی تأثیر منفی دارد. از سوی دیگر قابلیت انحلال بالای این سیمان نسبت به سیمان‌های کربناتی در افزایش کیفیت مخزنی دارای اهمیت است. هدف

این مطالعه بررسی تأثیر متقابل انواع بافت انیدریت و فرایندهای دیاژنزی مؤثر بر آن در زون تولیدی سازند آسماری در میدان منصوری و تأثیر آنها بر ویژگی مخزنی سازند آسماری در این میدان است.

۲- روش کار

بر پایه مطالعات سنگ‌نگاری، سازند آسماری در میدان منصوری در چاه‌های ۴۷ و ۴۸ تا ژرفای حفاری شده به ۴ زون تقسیم‌بندی شده است. زون ۱ بیشتر کربناتی (سنگ آهک و دولومیتی)، زون‌های ۲، ۳ و ۴ بیشتر ماسه‌سنگی (بخش ماسه‌سنگی اهواز) است (حیدری، ۱۳۸۱). مطالعات صورت گرفته از زون‌های ۱ تا ۴ که زون‌های تولید کننده نفت هستند، از رأس آسماری تا سطح آب-نفت با ستبرای حدودی ۱۱۸ متر در چاه شماره ۴۸ و ۱۲۹ متر در چاه شماره ۴۷ را شامل می‌شود (شکل ۲). زون ۱ در چاه ۴۷ ژرفای ۲۱۶۴ تا ۲۱۸۶/۵ متری دارای ۲۲/۵ متر ستبرا و در چاه ۴۸ ژرفای ۲۱۸۱/۵ تا ۲۲۰۵ متری دارای ۲۳/۵ متر ستبرا و بیشتر از تناوب رخساره‌های دولومادستونی و پکستون-وکستون دولومیتی تشکیل شده است. زون ۲ در چاه ۴۷ ژرفای ۲۱۸۶/۵ تا ۲۲۲۱/۵ متری دارای ۳۵ متر ستبرا و در چاه ۴۸ ژرفای ۲۲۰۵ تا ۲۲۳۴ متری دارای ۲۹ متر ستبرا است که بیشتر ماسه‌سنگی با سیمان انیدریتی و دولومیتی است، در چاه شماره ۴۷ دارای یک لایه شیلی و در چاه شماره ۴۸ دارای لایه‌های دولومادستونی است. زون ۳ در چاه ۴۷ ژرفای ۲۲۲۱/۵ تا ۲۲۹۳ متری دارای ۷۱/۵ متر ستبرا و در چاه ۴۸ ژرفای ۲۲۳۴ تا ۲۲۹۸ متری دارای ۶۴ متر ستبرا است که بیشتر ماسه‌سنگی با سیمان دولومیتی و نوارهایی از دولستون است. زون ۴ بخش حفاری شده شامل نوارهایی از ماسه‌سنگ دولومادستون و وکستون است که در چاه ۴۷ دارای ۱۷ متر ستبرا و در چاه ۴۸، ۱۱ متر ستبرا است. به منظور بررسی و مطالعه بافت انیدریت‌ها در سازند در میدان منصوری ۱۹۱ مقطع نازک تهیه شده از مغزه چاه‌های ۴۷ و ۴۸ مورد مطالعه سنگ‌نگاری قرار گرفته است. بافت‌های مختلف انیدریت بر پایه تقسیم‌بندی Lucia (2007) دسته‌بندی و به روش نقطه شماری درصد

فراوانی آنها تعیین شده است. برای رسم نمودارها از نرم‌افزارهای Excel 2010 و Geolog6.7.1 استفاده شده است.

۳- بحث و بررسی

بر پایه مطالعات صورت گرفته، بافت‌های انیدریتی در سازند آسماری به ۲ دسته با فراوانی بیشتر شامل انیدریت‌های فراگیر و پرکننده تخلخل، لایه‌ای، پویی کیلوتوپیک و گرهکی اولیه و انواع با فراوانی کمتر شامل بلورهای پراکنده و منفرد انیدریت، سیمان انیدریت پرکننده شکستگی‌ها، گرهکی دغنی و همچنین شکل‌های رگچه‌ای شناسایی شده است. فراوان‌ترین بافت در مطالعات صورت گرفته بافت فراگیر و پرکننده تخلخل (Pore-filling and Pervasive Anhydrite Cement) با بیشترین پراکندگی و کمترین بافت، بافت گرهکی دغنی (Burial Anhydrite Nodules) با کمترین گسترش است.

۳-۱. انیدریت لایه‌ای (Layered Anhydrite)

انیدریت‌های لایه‌ای بیشتر در بخش‌های بالایی میدان و در همسایگی سازند گچساران در ژرفای ۲۱۸۱ متری با ستبرای ۳ متر و همچنین در ژرفاهای ۲۲۴۶ تا ۲۲۴۷ متری به ستبرای ۱ متر و از ژرفای ۲۲۵۰ تا ۲۲۵۰/۳۰ متری به ستبرای ۳۰ سانتی‌متر در چاه شماره ۴۸ وجود دارد. این نوع انیدریت شامل ترکیب فشرده‌ای از بلورهای هم‌بعد یا سوزنی (Acerate) کشیده و درهم بافته با جهت گیری نیمه‌موازی یا نامنظم و تصادفی (Stochastic) (کدخدایی ایلخچی و همکاران، ۱۳۹۰) است که در نمونه‌های مورد مطالعه به‌طور معمول شناسایی شده است (شکل‌های ۳- a و b). انیدریت‌های لایه‌ای احتمالاً به‌صورت ژئیس اولیه در شورابه‌های سیخی ته‌نشین و سپس در نتیجه آب‌زدایی و تدفین به انیدریت تبدیل شده است (کدخدایی ایلخچی و همکاران، ۱۳۹۰). این بافت اولین بافت شناسایی شده در مخزن مورد مطالعه است، ولی از دید فراوانی در درجه دوم با ۲۰ درصد حجم بافت شناسایی است و می‌تواند به‌عنوان سدی باشد که مانع مهاجرت نفت به لایه‌های بالاتر می‌شود.

۳-۲. انیدریت پرکننده تخلخل و فراگیر

(Pore-filling and Pervasive Anhydrite Cement)

این انیدریت به شکل بلورهای بزرگ (۵/۱ تا ۱ سانتی‌متر) و بیشتر پرکننده تخلخل میان‌بلوری و میان‌دانه‌ای در رخساره‌های دولستون، دولوپکستون دانه‌غالب (Grain-dominated) و نیز در کوارتزآرانایت‌های موجود در بخش ماسه‌سنگی گسترش یافته است. همراهی این سیمان با رخساره‌های بیشتر دولومیتی مانند رخساره دولستونی و رخساره‌های پکستون دولومیتی شده بیانگر تأثیر شورابه‌های تبخیری در فرایند دولومیتی شدن است (کدخدایی ایلخچی و همکاران، ۱۳۹۰). در تفسیر روند دولومیتی شدن و گسترش سیمان انیدریت همراه آن می‌توان گفت که دولومیتی شدن نیازمند سیال‌های فقیر از منیزیم و غنی از کلسیم است. این امر ارتباط میان دولومیتی شدن و ته‌نشینی انیدریت را در جایی که سولفات کافی موجود باشد نشان می‌دهد (Kendall & Walter, 1977; Wilson et al., 2001). در نمونه‌های مورد مطالعه سیمان انیدریت فراگیر به‌صورت مجموعه‌های از بلورهای بزرگ، یکنواخت و پیوسته فضای میان‌دانه‌ای را پر کرده است که گاه در سطوح تماس میان بلورهای درشت مرز سه‌گانه (Triple-Junction) و یا بیشتر دیده می‌شود (شکل‌های ۳- d و e). اندازه درشت‌بلورهای سیمان، نبود آن در سطح تماس میان دانه‌ها و تشکیل آن پس از سیمان‌های کلسیتی مراحل اولیه دیاژنز، بیانگر تشکیل آن طی مراحل دیاژنز دغنی است (کدخدایی ایلخچی و همکاران، ۱۳۹۰). ولی از سوی دیگر فضای باز میان دانه‌ها نشان می‌دهد که رخساره‌های دارای این نوع سیمان پیش از تشکیل سیمان انیدریتی تدفین قابل ملاحظه‌ای را تحمل نکرده‌اند. بر پایه این شواهد می‌توان محیط تشکیل آن را یک محیط دیاژنز تدفین کم‌ژرفا در نظر گرفت. این سیمان در مخزن مورد مطالعه همه منافذ میان‌بلوری و میان‌دانه‌ای و حتی ریزتخلخل‌ها را اشغال کرده

است. بنابراین در بررسی‌های کیفیت مخزنی دارای اهمیت است و سبب کاهش کیفیت مخزنی می‌شود (شکل‌های ۳- c و f). این بافت با داشتن ۴۵ درصد حجم بافت‌های شناسایی شده بیشترین گسترش و پراکندگی را در مخزن مورد مطالعه دارد.

۳-۳. انیدریت پویی کیلوتوپیک (Poikilotropic Anhydrite)

این نوع انیدریت به‌صورت تجمعی از بلورهای بزرگ با گسترش پراکنده و نامنظم (Sporadic)، در مواردی همراه با ادخال‌های دولومیتی است (کدخدایی ایلخچی و همکاران، ۱۳۹۰). این بافت بیشتر در رخساره‌های دولومادستونی و به‌مقدار کمتر در رخساره‌های دولوکستون تشکیل شده است. برخی شواهد مانند وجود ادخال‌های دولومیتی درون این نوع سیمان، تشکیل آن به‌صورت بلورهای بزرگ، شکستگی در بلور و نیز رخ یک جهتی مشخص، بیانگر تشکیل آن طی مراحل دیاژنز تدفینی است (کدخدایی ایلخچی و همکاران، ۱۳۹۰). انیدریت پویی کیلوتوپیک با داشتن ۱۰ درصد حجم بافت‌های شناسایی شده، پس از بافت فراگیر و لایه‌ای به‌عنوان فراوان‌ترین بافت و سیمان انیدریت موجود در مخزن مورد مطالعه است (شکل‌های ۳- g و h).

۳-۴. انیدریت گرهکی اولیه (Early Nodular Anhydrite)

این نوع بافت به‌صورت مجموعه‌هایی از بلورهای ریز و درهم بافته با جهت گیری تصادفی است. اندازه این گرهک‌ها در حد چند میلی‌متر تا چند سانتی‌متر است. گرهک‌های انیدریت معمولاً طی مراحل اولیه دیاژنز در محیط‌های سیخی و در رسوبات دانه‌ریز مانند دولومادستون تشکیل می‌شوند (Hovorka, 1992; Kasprzyk & Orti, 1998; Machel & Burton, 1991; Gundogan et al., 2005).

این گرهک در رخساره‌های ماسه‌سنگی نیز دیده می‌شود (شکل‌های ۴- a و c). به احتمال زیاد این گرهک‌ها در مواردی به‌صورت ژئیس اولیه تشکیل و سپس در اثر آب‌زدایی به انیدریت تبدیل می‌شوند که وجود رگچه‌های تبخیری همراه این بافت می‌تواند این امر را توجیه کند. به‌سوی بخش‌های بالایی منطقه فراکشنندی (Supratidal) یا سیخا با افزایش شوری به‌تدریج بر شمار و بزرگی گرهک‌ها افزوده و ساخت قفس مرغی (Chickenwire Structure) ایجاد شده است (Porthero & Schwab, 1996; Warren, 2006) (شکل ۴- c). فرایند رشد گرهک‌ها و همچنین بلورهای پراکنده‌ای از تبخیری‌ها به‌صورت جایگیری (Displacement) و جانشینی (Replacement) درون رسوبات کربناتی تقریباً همزمان با دولومیتی شدن آنهاست (Alsharhan, 2006; Pomoni-Pappaioannou & Karakitsios, 2002). این نوع بافت ۷ درصد بافت‌های شناسایی شده را شامل می‌شود و فراوانی کمتری نسبت به سیمان انیدریت فراگیر و پرکننده تخلخل، لایه‌ای و پویی کیلوتوپیک دارد و از همین رو تأثیر آن بر کیفیت مخزن نسبت به این دو نوع بافت کمتر است. این نوع انیدریت به‌علت همراهی با و دولومادستون (بلورهای کوچک‌تر از ۲۰ میکرون) در مراحل اولیه دیاژنز تشکیل شده است (Rahimpour-Bonab et al., 2010) (شکل‌های ۴- a و b).

۳-۵. گرهک‌های انیدریت دغنی (Burial Anhydrite Nodules)

گرهک‌های انیدریت دغنی می‌توانند از عمق صفر تا چند هزار متر تشکیل شوند (Machel, 1993). در این بافت بلورها به‌صورت ریز و درهم بافته دیده می‌شوند. در مخزن مورد مطالعه گرهک‌های دغنی فراوانی کمتری نسبت به گرهک‌های مراحل اولیه دیاژنز دارند. این گرهک‌ها در امتداد استیلولیت تشکیل شده‌اند و بر خلاف گرهک‌های مراحل اولیه دیاژنز شواهدی از فرایند آب‌زدایی و همراهی با رگچه‌های تبخیری را نشان نمی‌دهند که بیانگر تشکیل این گرهک‌ها طی مراحل دیاژنز دغنی ژرف است (کدخدایی ایلخچی و همکاران، ۱۳۹۰) (شکل ۴- d). همچنین این بافت در میان کل بافت‌های شناسایی شده کمترین فراوانی را با ۳ درصد دارد.

۳-۶. بلورهای تبخیری پراکنده و منفرد

(Sparse and isolated evaporate crystals)

در مقاطع مورد بررسی، بلورهای منفرد در شکل‌ها و اندازه‌های مختلف و به‌صورت

سیمان در مخزن مورد مطالعه است و از آنجا که کانی‌های تبخیری قابلیت انحلال بالایی دارند، فرایند انحلال و تشکیل تخلخل به صورت گسترده‌ای در کل مخزن هم در بخش کربناتی و هم در بخش ماسه‌سنگی دیده می‌شود. در برخی از این تخلخل‌ها باقیمانده سیمان انیدریتی دیده می‌شود که نشان‌دهنده حضور و انحلال این سیمان است. انحلال این سیمان در مخزن آسماری در میدان منصوری سبب ایجاد انواع تخلخل‌های میان‌دانه‌ای در رخساره ماسه‌سنگی، تخلخل میان بلوری در رخساره دولستونی و تخلخل قالبی در رخساره‌ای دولومادستونی شده است (شکل‌های ۴-۶ تا d).

۴-۳. فشردگی (Compaction)

یکی از فرایندهای اصلی دیاژنزی است که بیشتر به ژرفای دفن شدن رسوبات بستگی دارد (Tucker & Wright, 1990) و سبب کاهش تخلخل و سنگ شدن رسوبات می‌شود (Flugel, 2010). از اثرات این فرایند روی تبخیری‌های مورد مطالعه ایجاد شکستگی در کانی (شکل ۳-h) و همچنین تشکیل این سیمان در طول استیلولیت‌ها مانند بافت گرھکی دفتی، انیدریت رگچه‌ای و انیدریت پرکننده شکستگی است (شکل‌های ۴-d, g, h).

۵- نتیجه‌گیری

گسترش انیدریت به صورت بافت‌ها و شکل‌های مختلف از مهم‌ترین فرایندهای دیاژنزی در مخزن آسماری در میدان منصوری است. این بافت‌ها شامل انیدریت لایه‌ای، انیدریت پرکننده تخلخل و فراگیر، انیدریت پویی کیلوتوپیک، انیدریت گرھکی اولیه، انیدریت گرھکی دفتی، بلورهای پراکنده انیدریت، سیمان انیدریتی پرکننده شکستگی و رگچه‌های تبخیری است. این بافت‌ها در طی فرایندهای دیاژنزی تشکیل شده‌اند. از این میان، بافت‌های پرکننده تخلخل و فراگیر بیشترین فراوانی را دارند و در سنگ‌شناسی‌های مختلف از کربناتی تا آواری، بیشتر در رخساره‌های دانه‌غالب مانند ماسه‌سنگ‌ها، و کستون-پکستون دولومیتی شده و دولستون دیده می‌شوند. همچنین این بافت را می‌توان در رخساره‌های دولومادستونی دید. بافت لایه‌ای به صورت بلورهای سوزنی ریز و درهم تا بلورهای درشت‌تر و دارای جهت‌یافتگی، با سبب برای بیش از ۱ متر تا ۳۰ سانتی‌متر بیشترین حضور را در بخش ابتدایی مخزن آسماری در چاه ۴۸ دارد. بافت پویی کیلوتوپیک تنها در رخساره‌های کربناتی و معمولاً در رخساره‌های دولومادستونی و دولو کستون دیده می‌شود. بافت گرھکی در اندازه‌های متفاوت در رخساره‌های ماسه‌سنگی و دولومادستونی گسترش دارد. بافت گرھکی دفتی نیز با فراوانی کمتر در رخساره‌های کربناتی دولومادستونی در امتداد استیلولیت‌ها دیده می‌شود.

انیدریت پراکنده به صورت بلورهای ریز در بخش‌های دولومادستونی شناسایی شده است. انیدریت پرکننده شکستگی در مراحل دیاژنزی دفتی در شکستگی‌ها ایجاد می‌شود. بافت رگچه‌های تبخیری معمولاً بر اثر آب‌زدایی ژپس به صورت رگچه‌هایی در متن سنگ در رخساره‌های دولومادستونی شناسایی شده است. از تأثیر متقابل انیدریت و فرایندهای دیاژنزی در این میدان می‌توان به مواردی اشاره کرد که در تشکیل انواع خاصی از بافت‌ها اثرگذار است. از این فرایندها می‌توان به فشار و استیلولیتی شدن - که به ترتیب سبب تشکیل بافت‌های رگچه‌ای و گرھکی دفتی می‌شوند - اشاره کرد. همچنین انیدریت نوع پرکننده شکستگی نیز با پر کردن شکستگی‌های حاصل از فشار ایجاد می‌شود. همچنین در برخی از فرایندهای دیاژنزی نوع بافت کانی انیدریت تأثیر ندارد و تنها خاصیت انحلال پذیری زیاد این کانی نقش اصلی را در این فرایندها ایفا می‌کند که سبب گسترش انواع تخلخل می‌شود که می‌توان به تخلخل‌های میان‌بلوری، میان‌دانه‌ای و قالبی اشاره کرد. بر پایه این مطالعه انیدریت‌های نوع پرکننده تخلخل و فراگیر و انیدریت پویی کیلوتوپیک با حضور گسترده در انواع رخساره‌های آواری و

پراکنده در رخساره دولومادستونی دیده می‌شوند. در مواردی در اثر رخنمون و انحلال این بلورها، قالب‌های آنها به صورت تخلخل‌های مجزا درون رسوبات باقی مانده است. این تبخیری‌ها بیشتر در رخساره‌های بالای پهنه میان‌کشدنی تا ابتدای سبختی مراحل اولیه دیاژنزی تشکیل شده‌اند (Flugel, 2010) (شکل‌های ۴-c و f). این بافت ۵ درصد بافت‌های شناسایی شده را شامل می‌شود.

۳-۷. سیمان انیدریت پرکننده شکستگی‌ها

(Fracture Filling Anhydrite)

این نوع انیدریت به صورت بلورهای درشت و پرکننده شکستگی‌ها در رخساره‌های دانه‌ریز دولومادستون و دولومادستون ماسه‌ای دیده می‌شود. این نوع انیدریت در مرحله دیاژنزی کم‌ژرفا تا ژرف با پر کردن شکستگی‌ها سبب کاهش میزان تراوایی شده و به این صورت روی کیفیت مخزن اثر گذاشته است (کدخدایی ایلخچی و همکاران، ۱۳۹۰) (شکل ۵-g). این بافت ۴ درصد بافت‌های شناسایی شده را به خود اختصاص داده است.

۳-۸. رگچه‌های انیدریتی (Evaporite Veins)

این رگچه‌ها به شکل باریک با حاشیه نامنظم همراه با گرھک‌های انیدریت دیده می‌شوند و احتمالاً در نتیجه آب‌زدایی ژپس اولیه و تبدیل آن به انیدریت و آب در مرحله دیاژنزی کم‌ژرفا تا ژرف تولید می‌شوند. این آب به صورت رگچه‌هایی درون رسوبات دانه‌ریز گسترش یافته است و تولید ژپس می‌کند (رحیم‌پور بناب، ۱۳۸۴). این رگچه‌ها خود می‌توانند به عنوان مجرای برای سیال‌ها رفتار کنند و تا حدودی در افزایش تراوایی رخساره‌های دانه‌ریز و ناتراوا مؤثرند (کدخدایی ایلخچی و همکاران، ۱۳۹۰) (شکل ۴-f). ۷ درصد بافت‌های انیدریت شناسایی شده از نوع رگچه‌ای هستند.

در شکل ۵ میزان فراوانی انواع بافت انیدریتی شناسایی‌شده در مخزن آسماری میدان منصوری به صورت چارت رنگی و در جدول ۱ توالی همبود انواع بافت انیدریت شناسایی شده نشان داده شده است.

۴- بررسی عملکرد فرایندهای دیاژنزی بر انیدریت

فرایندهای دیاژنزی می‌توانند عامل تعیین‌کننده و مؤثری در نوع بافت انیدریت باشند (Lucia, 2007)؛ کدخدایی ایلخچی و همکاران، ۱۳۹۰، همچنین خاصیت انحلال‌پذیری زیاد این کانی در گسترش برخی تخلخل‌ها نقش مهمی دارد (Lucia, 2007). در این مطالعه ابتدا فرایندهای چیره دیاژنزی در مخزن به صورت خلاصه در جدول ۲ تشریح و سپس فرایندهایی که حضور انیدریت در آنها نقش بنیادین دارد بررسی شد.

۴-۱. سیمانی شدن (Cementation)

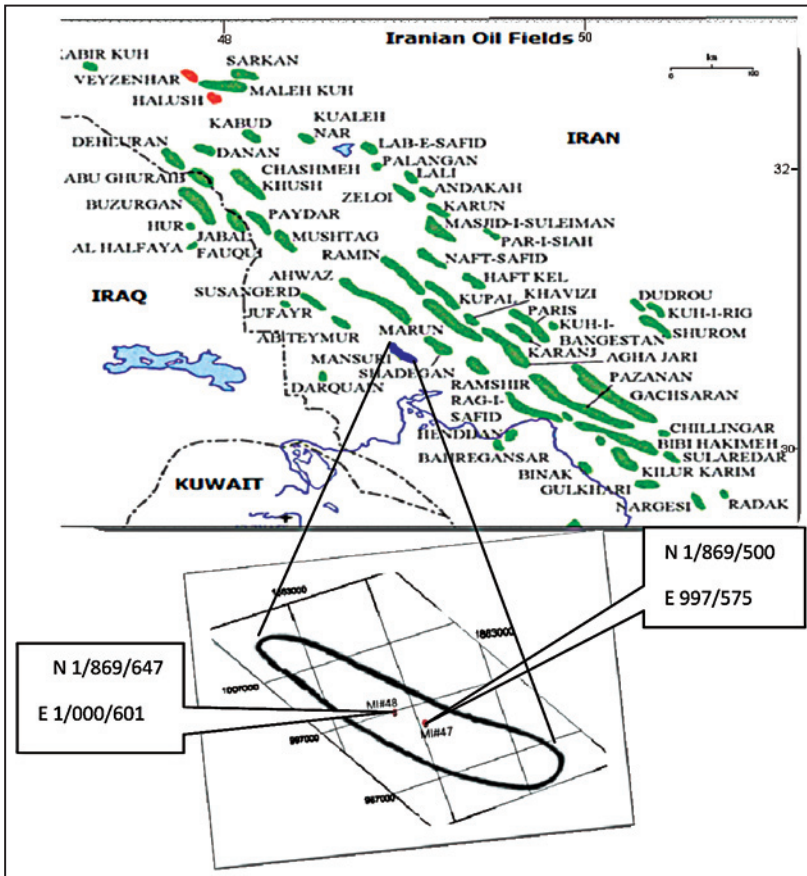
بلورهای درشت انیدریت به صورت پویی کیلوتوپیک در بسیاری از سنگ‌آهک‌های تدفین شده دیده می‌شوند که می‌تواند پیش یا پس از انواع سیمان‌های تدفینی یا در ژرفای بیش از ۳۰۰ متری از شورابه‌ها تشکیل شده باشند (رحیم‌پور بناب، ۱۳۸۴). سیمان انیدریتی در مخزن آسماری در میدان منصوری به فراوانی وجود دارد. انیدریت به صورت پرکننده فضای خالی و جانشینی در همه سازند آسماری وجود دارد ولی انیدریت‌های اولیه بیشتر با دولومیکرایت به صورت‌های مختلف دیده می‌شود که اولیه بودن آنها بر پایه همراهی با این سنگ‌شناسی و بر پایه تشکیل در رخساره فراکشدنی است که در زون ۱ سازند آسماری در میدان منصوری دیده می‌شود. این سیمان در انواع رخساره‌های موجود در این سازند با بافت فراگیر، پویی کیلوتوپیک و گرھکی دیده می‌شود (شکل‌های ۴-f تا h g).

۴-۲. انحلال و تخلخل (Dissolution and Porosity)

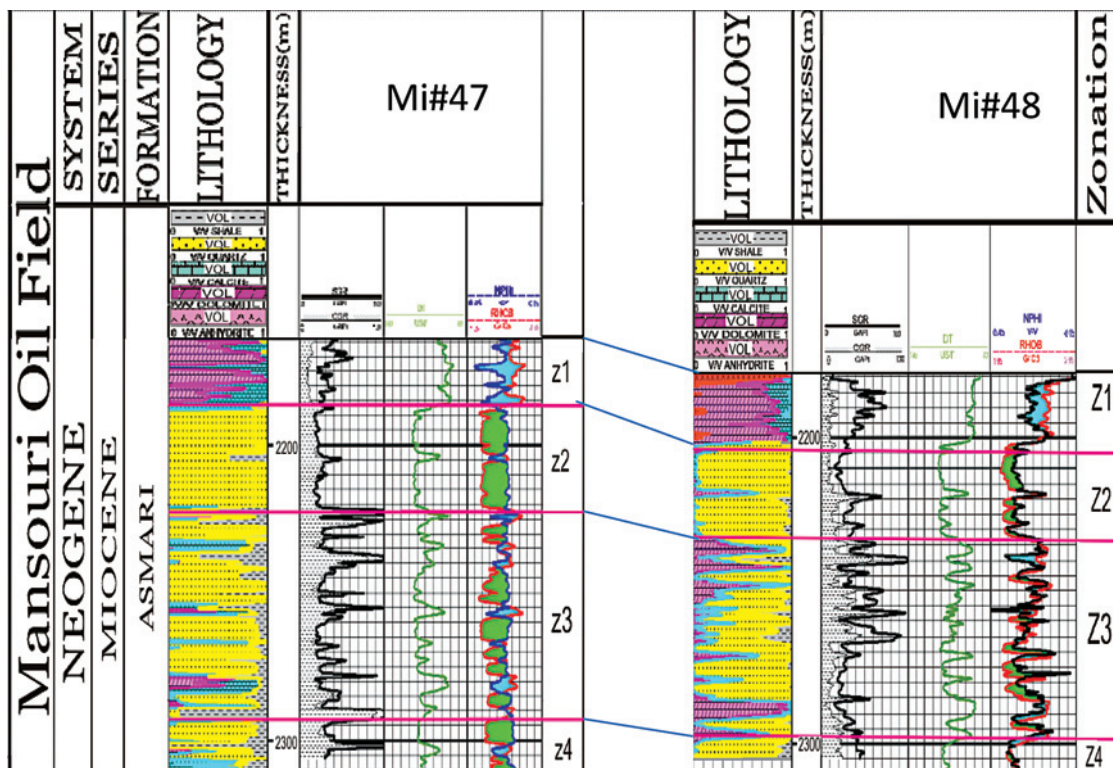
یکی از فرایندهای مهم در مخازن هیدروکربنی انحلال است که به توسط آن و تشکیل تخلخل کیفیت مخزنی افزایش می‌یابد. از آنجا که انیدریت معمول‌ترین

پراکندگی در ستبرای مورد مطالعه سازند آسماری در میدان منصوری کمترین تأثیر را بر کیفیت مخزن دارند. انیدریت لایه‌ای به دلیل گسترش در رأس سازند آسماری می‌تواند به عنوان سد در مخزن آسماری در میدان منصوری رفتار کند.

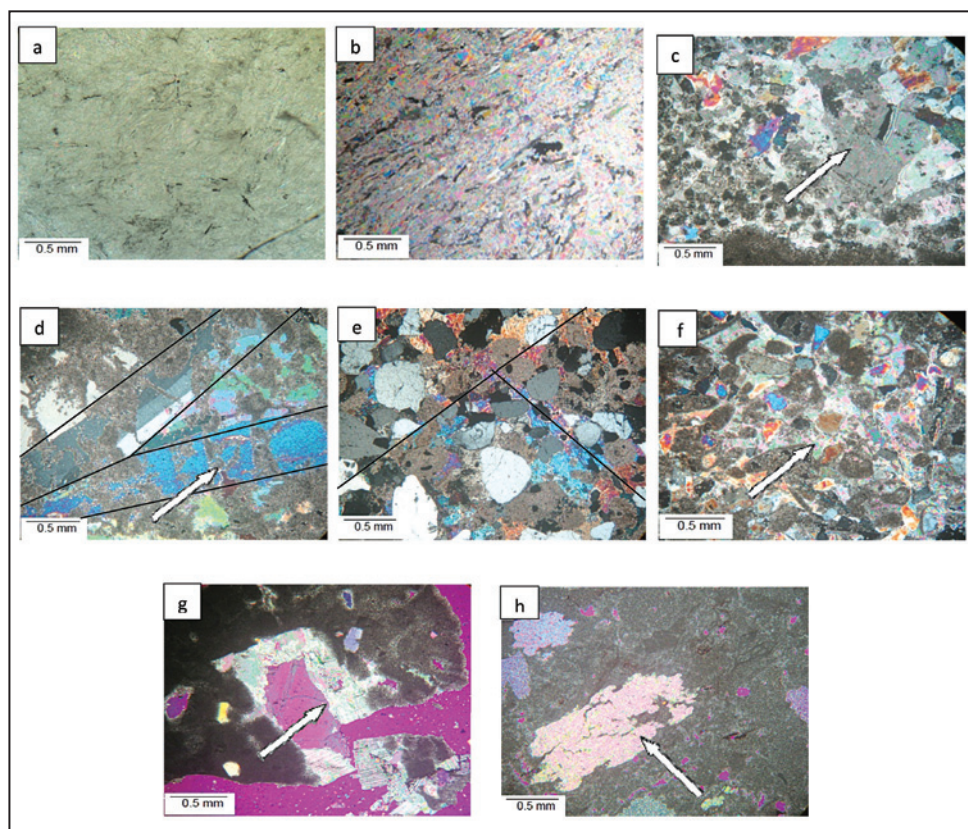
کربناتی در ستبرای مورد مطالعه بیشترین تأثیر منفی را به عنوان سیمان بر کیفیت مخزن سازند آسماری در میدان مورد مطالعه دارند و در پایان انیدریت‌های با بافت‌های پرکننده شکستگی، رگچه‌ای و گره‌کی دفی با کمترین گسترش و



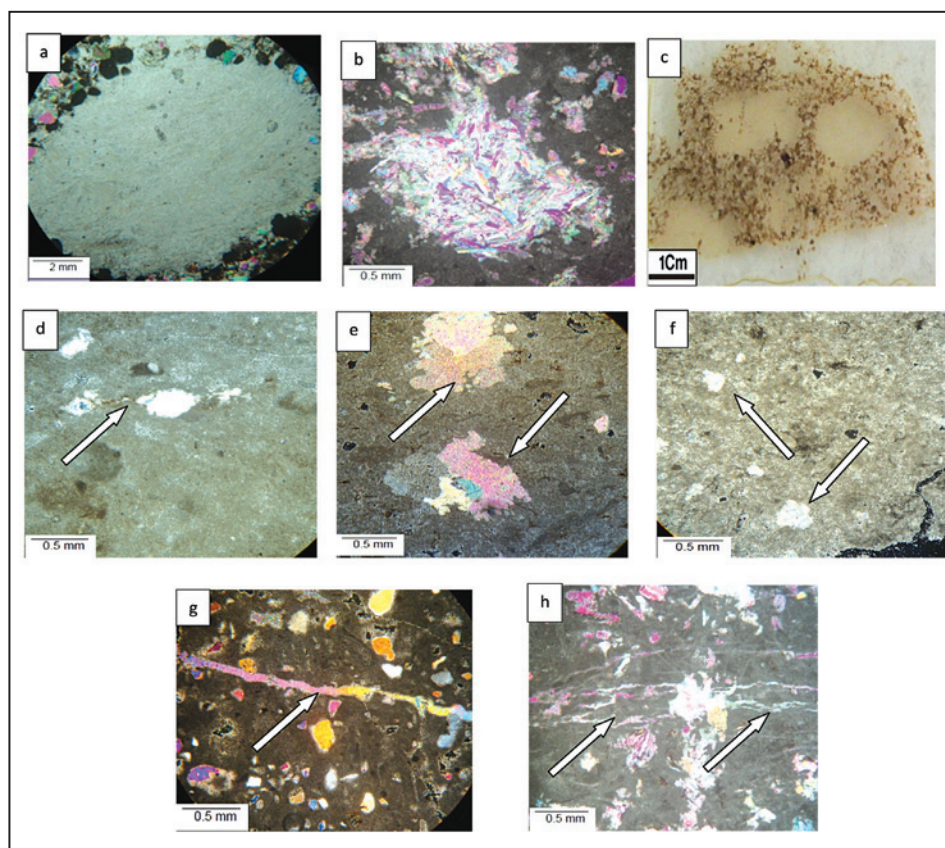
شکل ۱- موقعیت جغرافیایی میدان منصوری در فروافتادگی دزفول و چاه‌های مورد مطالعه در آن (برگرفته از حیدری، ۱۳۸۱ با تغییرات).



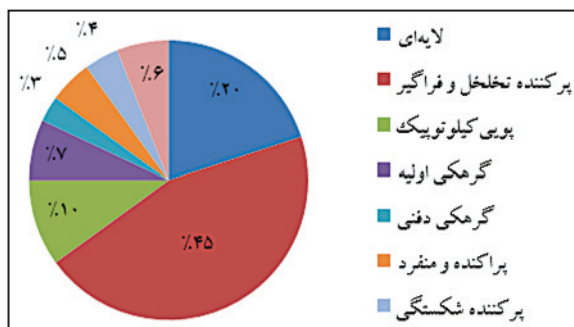
شکل ۲- ستون چینه‌سنگی همراه با زون‌بندی سازند آسماری در چاه‌های ۴۷ و ۴۸ سازند آسماری میدان منصوری.



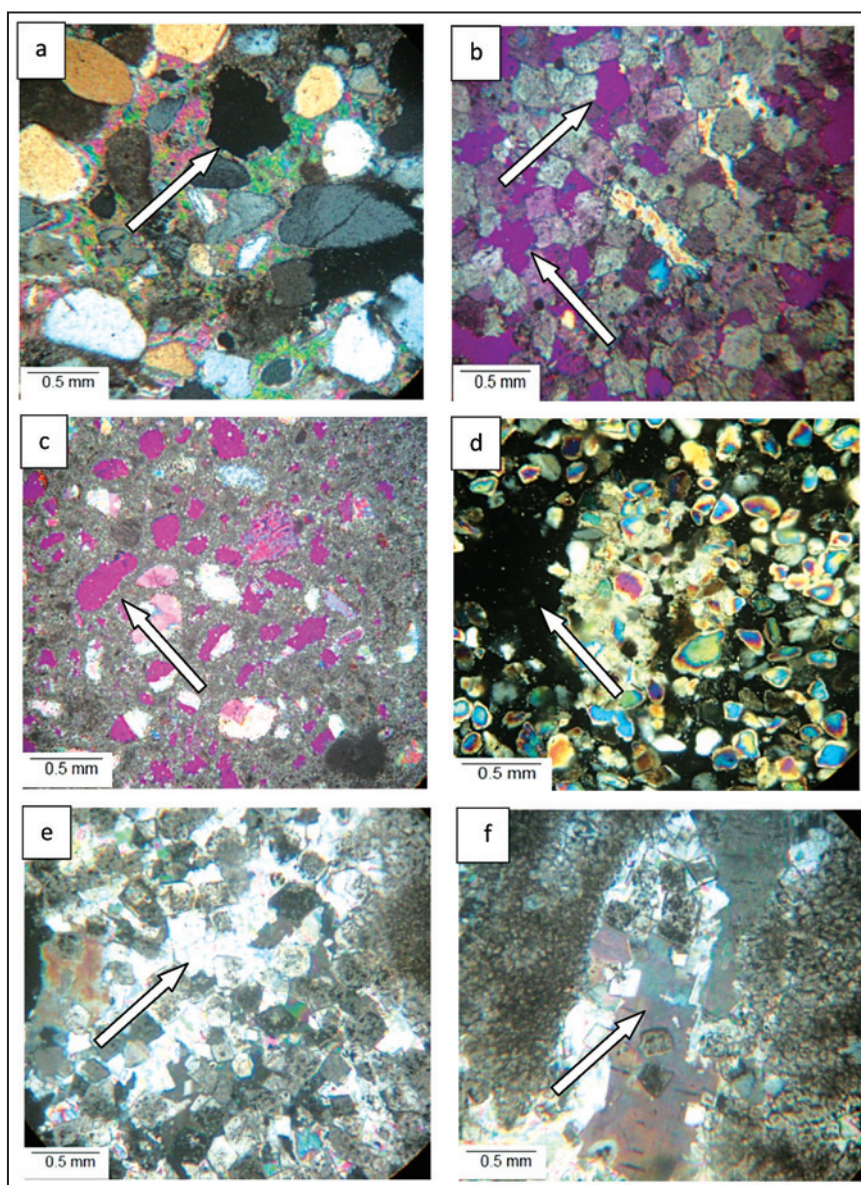
شکل ۳- (a) انیدریت لایه‌ای با بافت متراکم، چاه شماره ۴۸ با ژرفای ۲۱۹۰/۹۰ متری (نور XPL)؛ (b) انیدریت لایه‌ای با بلورهای جهت یافته، چاه شماره ۴۸ با ژرفای ۲۱۹۳/۷۵ متری (نور XPL)؛ (c) انیدریت فراگیر در یک دولستون با بلورهای درشت و جهت‌گیری نامنظم، چاه شماره ۴۸ با ژرفای ۲۲۲۳/۶ متری (نور XPL)؛ (d) انیدریت فراگیر در یک دولستون دارای ماگل و مرز چهارگانه، چاه شماره ۴۸ با ژرفای ۲۲۰۸ متری (نور XPL)؛ (e) انیدریت فراگیر در یک ماسه‌سنگ با مرز سه‌گانه مشخص، چاه شماره ۴۸ با ژرفای ۲۱۹۴/۹۰ متری (نور XPL)؛ (f) انیدریت فراگیر در یک گرینستون در چاه شماره ۴۸ با ژرفای ۲۲۴۴/۱۵ متری (نور XPL)؛ (g) انیدریت پویکلوئوپیک با رخ‌های یک جهتی مشخص، چاه شماره ۴۸ با ژرفای ۲۱۲۲ متری (نور XPL)؛ (h) انیدریت پویکلوئوپیک همراه با ادخال دولومیت، چاه شماره ۴۸ با ژرفای ۲۲۸۵/۸۵ متری (نور XPL).



شکل ۴- (a) انیدریت گرهکی در ماسه سنگ، چاه شماره ۴۸ با ژرفای ۲۱۹۴ متری؛ (b) انیدریت گرهکی در دولستون، چاه شماره ۴۸ با ژرفای ۲۱۸۹/۴ متری (نور XPL)؛ (c) انیدریت گرهکی با بافت قفس مرغی، چاه شماره ۴۸ با ژرفای ۲۱۹۴/۹۰ متری؛ (d) انیدریت گرهکی تدفینی در امتداد استیلولیت، چاه شماره ۴۸ با ژرفای ۲۱۸۸/۲۰ متری (نور XPL)؛ (e) و (f) انیدریت پراکنده و منفرد، چاه شماره ۴۸، (e) با ژرفای ۲۱۸۶/۴۷ متری و (f) با ژرفای ۲۱۸۵ متری (نور XPL)؛ (g) انیدریت پراکنده شکستگی، چاه شماره ۴۷ با ژرفای ۲۱۸۹ متری (نور XPL)؛ (h) انیدریت رگچه‌ای، چاه شماره ۴۸ با ژرفای ۲۱/۴ متری (نور XPL).



شکل ۵- درصد فراوانی انواع انیدریت در سازند آسماری.



شکل ۶- (a) گسترش تخلخل بین بلوری بر اثر انحلال انیدریت در دولستون، آثار سیمان انیدریت دیده می‌شود. چاه شماره ۴۸ با ژرفای ۲۲۸۷/۱۰ متری؛ (b و d) تخلخل بین دانه‌ای در ماسه‌سنگ بر اثر انحلال انیدریت، آثار سیمان انیدریت دیده می‌شود. چاه شماره ۴۸ با ژرفای ۲۱۹۴/۹۰ متری، (c) تخلخل قالبی در یک دولستون و چاه شماره ۴۸ با ژرفای ۲۱۹۴/۹۰ متری، (d) چاه شماره ۴۸ با ژرفای ۲۲۲۰/۴۸ متری؛ (e) تخلخل قالبی در یک دولستون و پرشدگی با انیدریت، چاه شماره ۴۸ با ژرفای ۲۱۹۶/۹۰ متری؛ (f و e) سیمان انیدریت در دولوستون، چاه شماره ۴۸ با ژرفای ۲۲۲۳/۶۰ متری.

جدول ۱- توالی همبود انواع بافت انیدریت در مخزن مورد مطالعه.

رویدادهای دیاژنزی متداول ----- کمتر متداول	محیط‌های دیاژنزی			توضیحات
	محیط دیاژنزی سطحی	تدفین کم ژرفا	تدفین ژرف	
انیدریت لایه‌ای	_____			درون شورابه‌های سیخایی و احتمالاً به‌صورت ژپس ته‌نشین شده است
پرکننده تخلخل و فراگیر	_____			بلورهای درشت و یکنواخت که کل منافذ سنگ را پر می‌کند
پویی کیلوتوپیک	-----	_____		به‌صورت پرکننده تخلخل و جان‌شینی و گاهی با ادخال دولومیت
انیدریت گره‌کی اولیه	_____	-----		بیشتر در ارتباط با محیط‌های سیخایی و تحت تأثیر شورابه‌هاست
انیدریت گره‌کی دفی	_____		_____	در امتداد استیلولیت‌ها تشکیل می‌شود و کمترین فراوانی را دارد
بلور تبخیری پراکنده و منفرد	_____			ژپس و انیدریت که بیشتر در ارتباط با پهنه کشندی هستند
پرکننده شکستگی	_____			به‌صورت بلورهای درون شکستگی‌ها گسترش دارد
رگچه‌های انیدریتی	_____			در نتیجه آب‌زدایی گره‌ک‌های ژپس تشکیل شده است

جدول ۲- فرایندهای دیاژنزی دیده‌شده در توالی مورد مطالعه در مخزن آسماری، میدان منصور.

محصولات دیاژنزی	محیط دیاژنزی	فرایند دیاژنزی
میکریتی شدن و آشفستگی زیستی (بورینگ و بارو)	دریایی	فرایندهای زیستی
انواع مختلف سیمان کربناتی	دریایی، جوی، دفی	سیمانی شدن
ایجاد و گسترش انواع تخلخل	جوی، دفی	انحلال
تبدیل پوسته ناپایدار آراگونیتی آلو کمها به شکل پایدار خود	دفی	نوشکلی
عوارض فشردگی مکانیکی (شکستگی در پوسته و...) و فشردگی شیمیایی (استیلولیت و...)	دفی	فشردگی
دولومیت، دولومیت جان‌شینی و سیمان دولومیتی	جوی، دفی	دولومیتی شدن
سیمانها و گره‌کهای انیدریتی و...	جوی، دفی	انیدریتی شدن

کتابنگاری

حیدری، خ.، ۱۳۸۱- مطالعه جامع زمین‌شناسی مخزن آسماری در میدان منصور، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه شهید چمران اهواز، ۱۲۵ص.
 رحیم‌پور بناب، ح.، ۱۳۸۴- سنگ‌شناسی کربناته (ارتباط دیاژنوز و تکامل تخلخل)، انتشارات دانشگاه تهران، ۴۸۳ صفحه.
 کدخدایی ایلخچی، ر.، رحیم‌پور بناب، ح.، موسوی حرمی، س. ر. و کدخدایی ایلخچی، ع.، ۱۳۹۰- فاکتورهای کنترل‌کننده گسترش بافت‌های مختلف سیمان انیدریت و ارتباط آن با کیفیت مخزنی در مخازن کربناته دالان بالایی و کنگان، میدان پارس جنوبی، مجله پژوهش‌های چینه‌نگاری و رسوب‌شناسی، سال بیست و هفتم، شماره پیاپی ۴۲، صفحات ۱ تا ۲۶.

References

- Alsharhan, A. S., 2006- Sedimentological character and hydrocarbon parameters of the middle Permian to Early Triassic Khuff Formation: United Arab Emirates, *GeoArabia*, v.11, 121-158.
- Bugge, T., Ringas, E., Leith, D. A., Mangerud, G., Weiss, H. M. & Leith, T. L., 2002- Upper Permian as a new play model on the mid-Norwegian continental shelf: Investigated by shallow stratigraphic drilling, *AAPG Bulletin*, V. 86, No. 1.
- Cai-neng, Z., Shi-zhen, T., Hui, Z., Xiang-xiang, Z., Dong-bo, H., Chuan-min, Z., Lan, W., Xue-song, W., Fu-heng, L., Ru-kai, Z., Ping, L., Xuan-jun, Y., Chun-chun, X. & Hua, Y., 2008- Genesis, classification, and evaluation method of diagenetic facies. In: *Petroleum Exploration and Development*, v. 35, No. 5, p. 526-540.
- El-Tabakh, M., Mory, A., Schreiber, C. B. & Yasin, R., 2003- Anhydrite cements after dolomitization of shallow marine Silurian carbonates of the Gascoyne Platform, Southern Carnarvon Basin, Western Australia, *Sedimentary Geology*, 164.

- Flugel, E., 2010- *Microfacies of Carbonate Rocks: Analysis, Interpretation and Application*. Springer Verlag, New York, 996 pp.
- Gundogan, I., Mehmet, O. & Tolga, D., 2005- Sedimentology, petrography and diagenesis of Eocene– Oligocene evaporites: the Tuzhisar Formation, SW Sivas Basin, Turkey. *Journal of Asian Earth Sciences*, v. 25, p.791–803.
- Hovorka, S. D., 1992- Halite pseudomorphes after gypsum in bedded anhydrite – clue to gypsum – anhydrite relationships: *Journal of Sedimentary Petrology*, v. 62, No. 6, p. 1098 – 1111.
- Kasprzyk, A. & Otri, F., 1998- Palaeogeographic and burial controls on anhydrite genesis: the Badenian basin in the Carpathian Fore deep (southern Poland, western Ukraine). *Sedimentology* v. 45, 889-907.
- Kendall, A. C. & Walter, K. L., 1977- The age of metasomatic anhydrite in Mississippian reservoir carbonates, southeastern Saskatchewan: *Canadian Journal of Earth Sciences*, v. 15, p. 424-430.
- Lucia, F. J., 2007- *Carbonate reservoir characterization*, 2nd edition: New York, Springer-Verlag, 336 p.
- Machel, H. G., 1993- Anhydrite nodules formed during deep burial. *Journal of Sedimentary Petrology*, v. 63, No. 4, p. 659-662.
- Machel, H. G. & Burton, E. A., 1991- Burial – diagenetic sabkha – like gypsum and anhydrite nodules : *Sedimentary Geology*, v. 61, No. 3, p. 394-405.
- Marenco, P. J., Corsetti, F. A., Kaufman, A. J. & Bottjer, D. J., 2008- Environmental and diagenetic variations in carbonate associated sulfate: An investigation of CAS in the Lower Triassic of the western USA; *Geochimica et Cosmochimica Acta*, V. 72, p 1570-1582.
- Motiei, H., 1994- *Geology of Iran: Stratigraphy of Zagros*. Geological Survey of Iran Publication, Tehran, p. 583.
- Pomoni-Papaioannou, F. & Karakitsios, V. 2002- Facies analysis of the Trypali carbonate unit in central western Crete (Greece): an evaporite formation transformed into solution collapse breccias. *Sedimentology*, v. 49, No. 5, p. 1113-1132.
- Prothero, D. R. & Schwab, F., 1996- *Sedimentary Geology: An introduction to sedimentary rocks and stratigraphy*. In: New York: W.H. Freeman & Co. pp. 575.
- Rahimpour - Bonab , H., Esrafil-Dizaji, B. & Tavakoli, V., 2010- Dolomitization and anhydrite precipitation in Permo-Triassic carbonates at the South Pars gasfield, offshore Iran: Controls on reservoir quality. In: *Journal of Petroleum Geology*, v. 33(2), pp. 1-24.
- Schreiber, B. C. & Helman, M. L., 2005- Criteria for distinguishing primary evaporate features from deformation features in sulfate evaporites. *Journal of Sedimentary Research*, v. 75, p. 525–533.
- Schreiber, B. S. & El Tabakh , M., 2000- Deposition and early alteration of evaporites. *Sedimentary geology*. 47. 215-238.
- Thomas, A. N., 1948, Facies variations in the Asmari Limestone, Iranian Offshore Oil Company Report. No. 706 (Unpublished).
- Tucker, M. E. & Wright, P. V., 1990- *Carbonate Sedimentology*: Blackwell, Scientific Publication, London, 482 pp.
- Warren, J. K., 2006- *Evaporites: Sediments, Resources and Hydrocarbons* Springer-Verlag, Burlin, pp.1035.
- Wilson, A., Sanford, W., Whitaker, F. & Smart, P., 2001- Spatial patterns of diagenesis during geothermal circulation in carbonate platforms: *American Journal of Science*, v. 301, p. 727–752.