

مطالعه چینه شناسی، تنوع فابریکی و تغییرات دیاژنزی رسوبات سولفات در پوش سنگ (بخش ۱ سازند گچساران) میدان نفتی آغاچاری

بهمن سلیمانی* و قاسم قلی‌زاده گللو**

* گروه زمین شناسی، دانشگاه شهید چمران اهواز

** دانشجوی کارشناسی ارشد زمین شناسی نفت، دانشگاه شهید چمران اهواز

چکیده

رسوبات سولفات از اجزای مهم بسیاری از میداین نفتی می باشد و معمولاً پوش سنگ مخازن هیدروکربنی را تشکیل می دهد. در این مطالعه رسوبات سولفات در پوش سنگ میدان نفتی آغاچاری مورد ارزیابی قرار گرفته است. در این میدان، بخش ۱ سازند گچساران با ضخامت متوسط ۵۰ متر و سنگ شناسی انیدریتی، مارن، آهک و شیل بیتومینه بعنوان پوش سنگ در نظر گرفته می شود. در این مطالعه روش های زیر بکار گرفته شده است: نمودارهای چاه پیمایی Gamma Ray و Sonic، مقاطع نازک میکروسکوپی، میکروسکپ الکترونی مجهز به سیستم تجزیه عنصری (SEM-EDS) و ایزوتوپ کربن. با توجه به ستون لیتواستراتیگرافی ترسیم شده برای کل میدان ۷ تا ۸ واحد مجزای انیدریتی با ضخامت متفاوت در داخل پوش سنگ شناسایی شد. رسوبات انیدریتی در این واحدها دارای تنوع بافتی و فابریکی زیادی می باشند که پاره‌ای از آنها مثل بافت ندولی، نازک (Lath)، ضربدری، انترالیتیک و بلوکی در تعیین محیط رسوبگذاری و بررسی تغییرات آنها در طی تدفین بکار برده می شود. مهمترین فرایندهای دیاژنزی رسوبات سولفات در میدان نفتی آغاچاری عبارتند از: انیدریت‌زایی، سیمانی شدن، تبلور دوباره، تراکم و جانشینی. مطالعه ایزوتوپ کربن ($\delta^{13}C$) در افق‌های کربناته همراه لایه های انیدریتی مقدار ۲۰/۴- % را نشان می دهد. داده‌های لیتولوژیکی، پتروگرافی و مطالعات ایزوتوپی کربن دلالت بر محیط رسوبگذاری حد واسط (مردابی یا سبخایی) دارد.

واژه‌های کلیدی: پوش سنگ، نمودارهای چاه پیمایی، میکروسکوپ الکترونی، ایزوتوپ کربن، میدان نفتی آغاچاری

The Study of Strarigraphy, Fabric and Diagenetic Changes of Sulfate Deposits in the Caprock (Member 1 of Gachsaran Formation) of the Agh-Jari Oil Field

B. Soleimani* and G.Gholi Zaden Gollelo**
***Geology Department, University of Shahid Chamran**
****MSC Student, petroleum Geologist**

Abstract

Sulphate deposits are one of the important constituents of oilfields and usually form the cap rock of hydrocarbon reservoirs. In the present study, sulphate sediments of the Agha Jari oilfield's cap rock are investigated. In this field, member 1 of Gachsaran Formation with 50 m mean thickness of anhydrite, marl, limestone and bituminous shale is considered as the cap rock. In the present study, the following methods are used: Gamma ray & Sonic well logs, Microscopic thin sections, Scanning Electron Microscope with elemental analyzer (SEM-EDS) and Carbon Isotope. With consideration of lithostratigraphic column of the field, 7-8 separate anhydrite units with different levels of thickness are recognized. Anhydrite sediments show various textures and fabrics such as nodular, lath, decussate, enterolithic and blocky some of which are used to determine the depositional environment and their alteration during burial. Anhydritization, cementation, recrystallization, compaction and replacement are the most important diagenetic processes of sulphate deposits in the Agha Jari oilfield. Carbon Isotopic ($\delta^{13}C$) studies of associated carbonate layers in anhydrites, show the value of ‰ -20.4. All of lithological, petrographical and isotopic data indicate intermediate depositional environment (lagoon or sabkha).

Keywords: Caprock, well logs SEM, Carbon Isotope, Agha Jari Oil Field

مقدمه

کانی‌های ژئیس و انیدریت داری کانی شناسی و بافت مشخصی دارند و نسبت به فرایندهای جان‌شینی، تبلور مجدد و انحلال حساس هستند. شواهد زمین شناسی و رویدادهای عهد حاضر نشان می‌دهد که دو کانی ژئیس و انیدریت در سطح زمین، در زیر آب (در آب‌های کم عمق و عمیق) و در خشکی (در سبخاهای ساحلی و خشکی) رسوب می‌کنند (Tucker, 1994). این کانی‌ها از اهمیت زیادی برخوردارند و فاز پایدار آنها مطابق با درجه حرارت، فشار و درجه شوری حاکم تغییر پیدا می‌کند. (Holser, 1979) تشکیل ژئیس تحت شرایط درجه حرارت - فشار پایین و درجه شوری نسبتاً پایین ولی تشکیل انیدریت در درجه حرارت، فشار و درجه شوری بالاتر صورت می‌گیرد (Warren, 1989).

رسوبات سولفات‌ها بخش عمده‌ای از رسوبات تبخیری را شامل می‌شوند و از اهمیت زیادی برخوردارند. تجزیه رخساره‌ای رسوبات تبخیری نشان می‌دهد که این رسوبات بیشتر بر روی کربنات‌ها که بیش از نصف ذخایر نفتی شناخته شده جهان را شامل می‌شوند قرار دارند (Warren, 1989). این رسوبات از اجزای مهم بسیاری از میدین نفتی می‌باشند و معمولاً پوش سنگ مخازن هیدروکربنی را تشکیل می‌دهند (Tucker, 1994). کانی‌های تبخیری اصلی آنها شامل ژئیس، انیدریت و هالیت می‌باشد. اکثر تبخیری‌های قدیمی بیشتر در اثر افزایش غلظت شورابه‌هایی با منشأ آب دریا تشکیل شده اند (Warren, 1989).

متر ضخامت داشته و سنگ شناسی آن عمدتاً انیدریت، مارن، آهک و شیل بیتومینه می باشد. با توجه به طبقه بندی (Slinger(1948; 1949) و Watson(1960) پوش سنگ در این میدان از ۶ طبقه راهنما (Key bed) تشکیل شده است (از بالا به پائین بترتیب حروف الفبا شامل A, B, C, D, E و F) و انیدریت ها در داخل این طبقات راهنما پراکنده شده اند (شکل ۲ و ۳).

روش کار

در این مقاله بیشتر از اطلاعات و شواهد چینه شناسی، پتروگرافی و سنگ شناسی کمک گرفته شده که این داده ها حاصل بررسی لاگ های چاه پیمایی، مطالعه مقاطع نازک میکروسکپی و آنالیز خرده های حفاری می باشد. برای این منظور با استفاده از لاگ های گاما و صوتی، ستون چینه شناسی پوش سنگ برای ۱۲ حلقه چاه به وسیله نرم افزار Log plot 2003 ترسیم گردید. همچنین حدود ۱۰۰۰ مقطع نازک میکروسکپی از بخشهای مختلف پوش سنگ (از ۲۳ حلقه چاه) مطالعه گردید.

جهت بررسی تکمیلی خرده های سولفات از میکروسکپ الکترونی مجهز به سیستم تجزیه عنصری (SEM-EDS) مدل Leo 1455vp موجود در آزمایشگاه مرکزی دانشگاه شهید چمران استفاده شد. این دستگاه می تواند آنالیز کلی، نقطه ای را انجام دهد. نتایج می تواند بصورت تصویری^۱ و یا عددی ارائه شود. بنابراین می توان بلور و یا خرده سنگ را از نظر درصد

تاکنون مطالعات مختلفی در زمینه رسوبات سولفات در جهان صورت گرفته که از آن جمله می توان به تحقیقات انجام شده توسط (Warren(1989 & Hardie(1984), 1999, Schreiber & El-Tabakh(2000), Kasprzyk(2003 & 2005) اشاره کرد. در ایران مطالعه رسوبات تبخیری به اوایل اکتشاف نفت برمی گردد. از کارهای انجام گرفته در این ارتباط می توان به مقالات Davies(1933); Strong(1939); Slinger(1948) Bahroudi & Koyi(2004) و مطیعی(۱۳۶۴) اشاره کرد.

زمین شناسی ناحیه

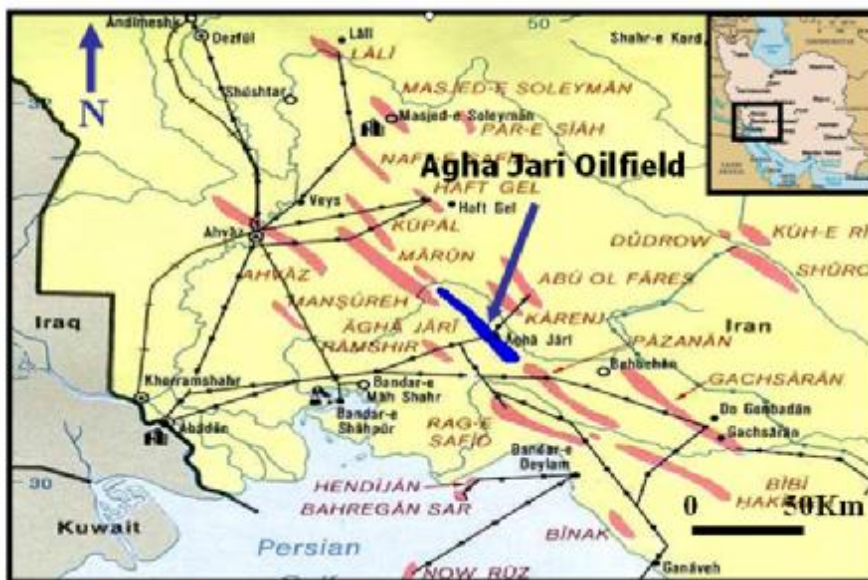
سازند گچساران با حدود ۱۶۰۰ متر ضخامت به طور پیوسته بر روی سازند آهکی آسماری (سنگ مخزن) قرار گرفته و شامل ۷ بخش بوده که بیشتر از انیدریت، نمک، مارن و آهک تشکیل شده و متعلق به میوسن زیرین می باشد (درویش زاده، ۱۳۷۲). میدان آجاجاری یکی از میادین مهم و قدیمی در ناحیه فروافتادگی دزفول مرکزی است که در ۹۰ کیلومتری جنوب شرق شهر اهواز در ابتدای کوهپایه های رشته کوه زاگرس واقع شده است.

این میدان در شمال میادین رگ سفید و رامشیر و جنوب میدان کرنج قرار دارد، از شرق با میدان پازنان و از غرب با میدان مارون همجوار می باشد. این میدان با طول ۵۶ کیلومتر و عرض ۶ کیلومتر و با روند NW-SE در بخش چین خورده ساده زاگرس قرار دارد (شکل ۱).

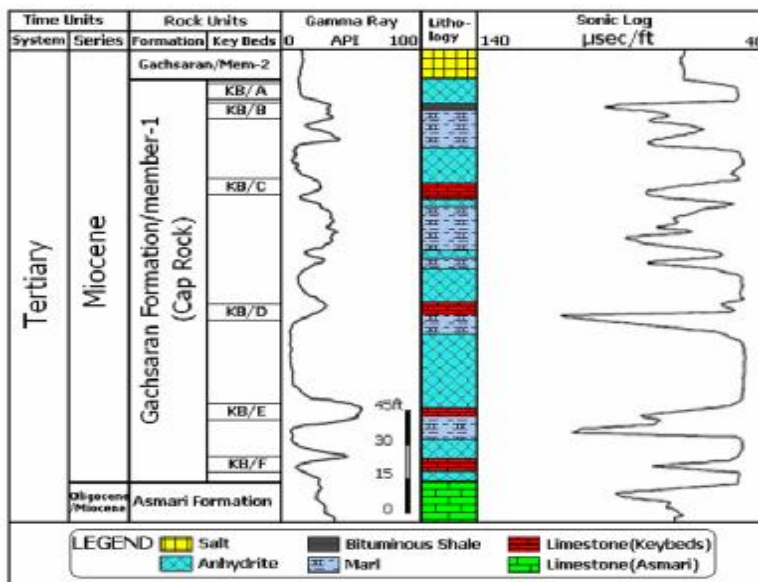
در میدان آجاجاری بخش ۱ سازند گچساران نقش پوش سنگ را ایفا می کند. این بخش به طور متوسط ۵۰

¹ - Elemental Mapping Analyser

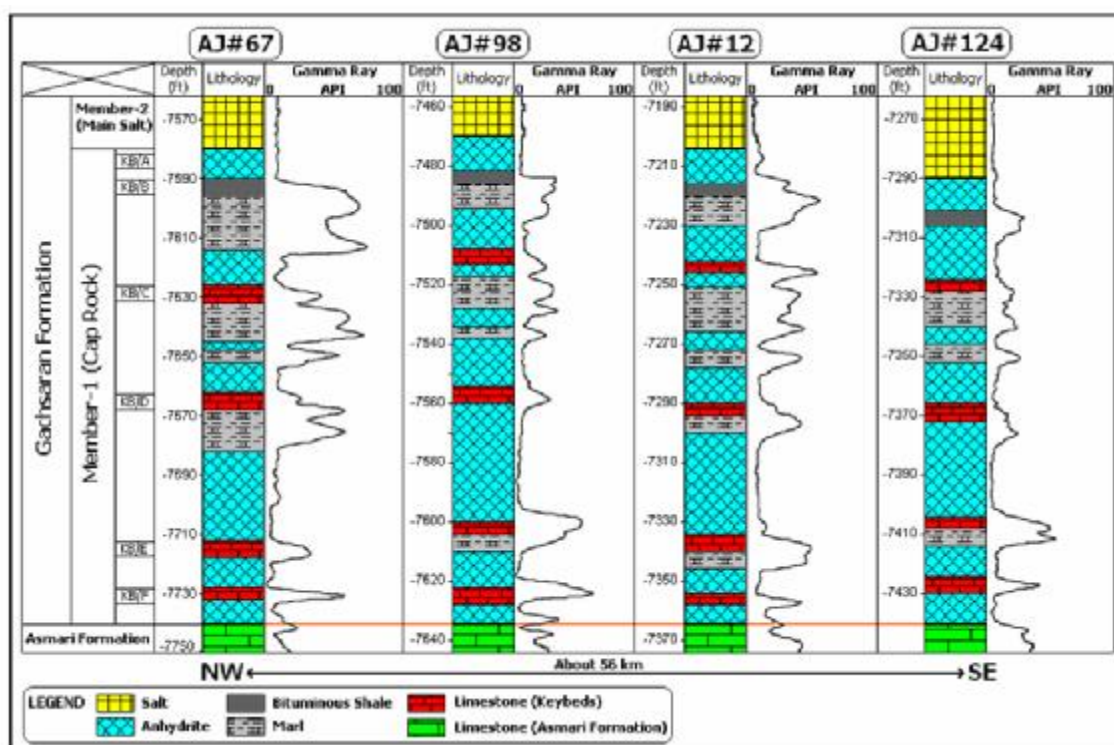
وزنی و یا درصد اتمی عناصر سازنده مورد مطالعه قرار داد. این دستگاه دارای مشخصات زیر است:



شکل ۱- موقعیت میدان نفتی آغا جاری در فرو افتادگی دزفول.



شکل ۲- ستون چینه شناسی راهنمای پوش سنگ میدان نفتی آغا جاری با استفاده از نمودارهای گاما و صوتی برای.



شکل ۳- ستون چینه شناسی پوش سنگ میدان نفتی آغاچاری در ۴ حلقه چاه همراه با موقعیت طبقات راهنما.

The Scanning Electron Microscope	
Resolution	3.5nm(W.D. = 8mm, 35KV)
	10.0nm(W.D. = 39 mm, 35KV)
Acceleration Voltage	0.2 to 5KV(in 0.1KV steps)
	5.0 to 30KV(in 1.0KV steps)
Magnification Range	10X to 300,000X

وفور 13C نسبت به 14C می تواند به دلیل تفریق حاصل از پدیده های بیولوژیکی و فیزیکی باشد، لذا از نسبت 13C/12C به عنوان یک نسبت مهم ایزوتوپی در مطالعات ژئوشیمی یاد می شود. جهت انجام آنالیزهای ایزوتوپی کربن از دستگاه EA-IRMS(Elemental Analyser Isotope Ratio Mass Spectrometry) استفاده گردید. کلیه آنالیزهای مربوط به ایزوتوپ کربن بر روی نمونه های مورد مطالعه، در آزمایشگاه Humble در انگلستان انجام گرفت. برای آنالیز ایزوتوپ کربن ((13C) از تکنیک Elemental Analyser-IRMS

بمنظور بررسی محیط رسوبی رسوبات پوش سنگ، نمونه های کربناته انتخاب شده از ناحیه مورد مطالعه (طبقه راهنمای C) جهت آنالیز ایزوتوپی کربن ($\delta^{13}C$ ‰) به آزمایشگاه Humble در انگلستان فرستاده شد. لازم است یادآوری شود که کربن در طبیعت دارای سه ایزوتوپ 12C، 13C، و 14C بوده و اختلاف اساسی آنها در تعداد نوترون هسته آنها می باشد. برخلاف 14C که محدود به رسوبات جوان می باشد، 13C در تمامی رسوبات قدیمی انتشار دارد. به دلیل این که اختلاف

همزمان بوسیله Faraday Cup Collector جمع آوری و ایزوتوپومرهای^۴ آن در جرم به بارهای (m/z مختلف ۴۴، ۴۵ و ۴۶ مورد شمارش قرار گرفته و به عنوان مقدار عددی ایزوتوپ کربن به نمایش در می‌آیند. برای محاسبه نسبت ایزوتوپی از فرمول زیر، دستگاه قادر به تعیین نسبت فوق می‌باشد:

$$d^{13}C\% = \frac{^{13}C/^{12}C_{(sample)} - ^{13}C/^{12}C_{(standard)}}{^{13}C/^{12}C_{(standard)}} \times 1000$$

این نسبت با δ در واحد ppt^۵ بیان می‌گردد (O'Neil, 1979).

استانداردی که بیشتر برای نمایش آن استفاده می‌گردد، بر اساس بلمنیت روستروم بدست آمده از کربنات دریایی سازند پی دی (Pee Dee با سن کرتاسه در کالیفرنیا جنوبی استوار است که آن را به طور مختصر (Pee Dee Belemnite) PDB می‌نامند (Craig, 1953; Stahl, 1979).

گاهی استانداردهای دیگری نظیر NBS-20 (Solenhofen Limestone) و NBS-21 (Spectrographic Carbon) بکار برده می‌شود که بر مبنای مقیاس PDB بترتیب دارای مقادیر $\delta^{13}C$ ۱/۰۶- و ۲۸/۱۰- است.

بحث

در این مطالعه رسوبات سولفات پوش سنگ بشکل انیدریت و گاه ژپس شناسایی شدند. این رسوبات از

استفاده شده است. در این تکنیک، نمونه‌های مورد آزمایش و نمونه‌های استاندارد^۱ وزن شده و در داخل کپسولهای از جنس قلع قرار داده شده سپس کپسولها پوشانده و بر روی نمونه گیر خودکار در دستگاه آنالیز کننده قرار داده می‌شوند. حال نمونه‌ها به صورت قطره‌ای و متناوب به داخل کوره‌ای^۲ با دمای ۱۰۰۰ درجه سانتیگراد چکانده شده و در حضور اکسیژن سوزانده می‌شوند. پس از مدتی کپسولهای قلعی به یکباره مشتعل شده و دما را در ناحیه‌ای که نمونه در آن قرار دارد به ۱۷۰۰ درجه سانتیگراد می‌رساند. گازهای حاصل از نمونه با قرارگیری در بخار هلیوم از کاتالیزت اکسید کروم (Cr₂O₃)، سیمهایی از جنس اکسید مس و پشم نقره‌ای^۳ عبور داده می‌شوند تا سولفور و هالیدهای آن از بین بروند.

حال گازهای باقیمانده (O₂, H₂O, NO₂, N₂) از سیم‌های مسی خالصی با دمای ۶۰۰ درجه سانتیگراد گذرانده می‌شوند، این عمل سبب می‌شود تا هر گونه ترکیب اکسیژن‌دار حذف شود. از تله شیمیایی پرکلرات منیزیم نیز جهت زدودن آب استفاده می‌گردد. نیتروژن و CO₂ نیز با کمک ستون کروماتوگرافی گازی با دمای ۱۱۰ درجه سانتیگراد از یکدیگر جدا می‌گردند. انواع مختلف گاز CO₂ با جرم‌های مختلف در یک میدان مغناطیسی از یکدیگر جدا شده و سپس به صورت

-
- 1 - Reference Materials
 - 2 - Oven
 - 3 - silver wool

4 - Isotopomers
5 - parts per mil

بنابراین می‌توان پوش سنگ میدان نفتی آغاچاری را در زمره پوش سنگ‌های انیدریتی رده‌بندی نمود.

ستون سنگی چینه‌شناسی رسم شده برای ۱۲ حلقه چاه در طول میدان (شکل ۴) نشان می‌دهد که لایه‌های انیدریتی ضخامت خود را در بخش‌های مختلف میدان حفظ می‌کنند که این امر حاکی از شرایط یکنواخت و متعادل رسوبگذاری در زمان تشکیل این رسوبات در کل میدان می‌باشد. این رسوبات انیدریتی دارای ویژگی‌های پتروگرافیکی و رسوبی خاصی بوده و فرایندهای دیاژنتیکی متعددی را متحمل شده‌اند. این رسوبات بیشتر در محیط‌های حاشیه‌ای (سبخایی و لاگونی) و حوضه نزدیک ساحل (پلاتفرمی) ته‌نشست یافته‌اند.

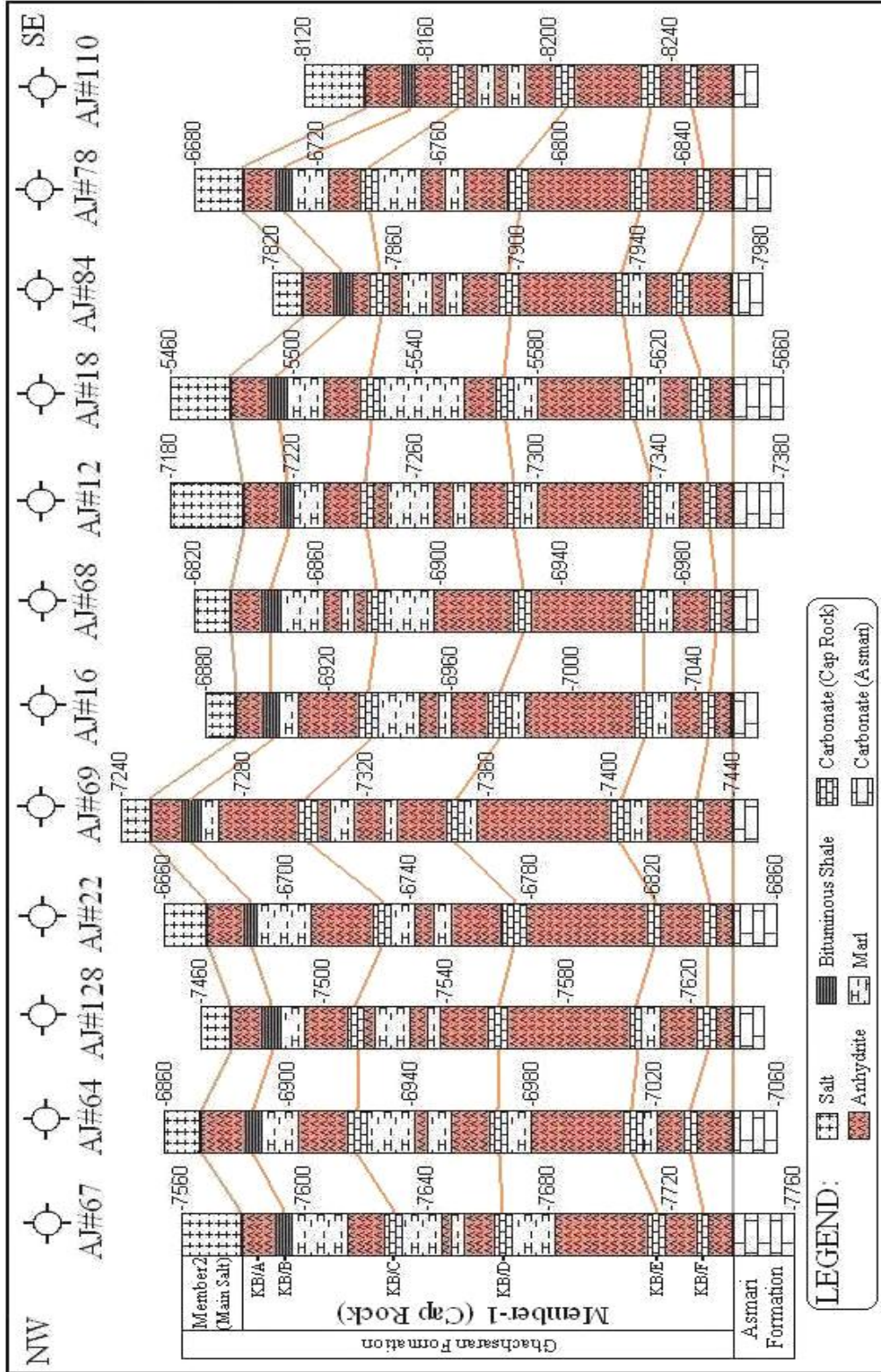
انیدریت دارای تنوع بافتی گسترده می‌باشند. این گستره وسیع بافتی اطلاعات ارزنده‌ای را در خصوص محیط رسوبگذاری و دیاژنتیکی انیدریت‌ها فراهم می‌کند. یکی از شاخص‌ترین بافت‌هایی که در داخل رسوبات انیدریتی مشاهده شد بافت ندولی می‌باشد که تنوع زیادی را در اندازه و شکل از خود نشان می‌دهند (دارای اندازه mm تا dm). این ندول‌ها گاهی بصورت بیضوی و یا کروی مشاهده می‌شوند که همراه با الگوهای انترالیتیک^۱ و قفسه مرغی^۲ (شکل ۵ - A و C) می‌تواند و دیگر ویژگی‌های رشد جانیشینی در رسوبات میزبان را از خود نشان دهند (Kasprzyk, 2003).

لحاظ چینه‌شناسی، بافت‌های میکروسکپی، دگرسانی دیاژنتیکی و آنالیز عنصری (EDS) مورد ارزیابی قرار گرفتند که از طریق نتایج بدست آمده از این مطالعات منشأ، محیط رسوبی و نحوه تغییر این رسوبات استنباط گردید.

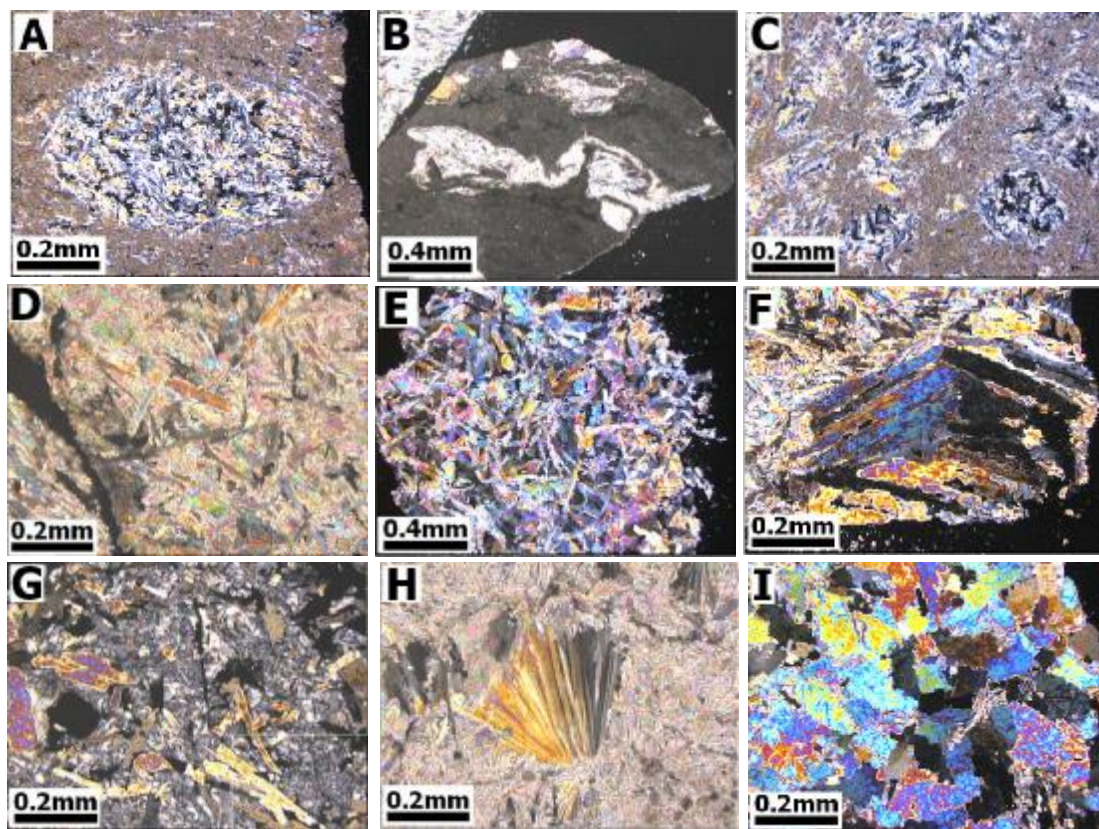
چینه شناسی

با توجه به مطالعات انجام گرفته مشخص شد که پوش سنگ در میدان نفتی آغاچاری ۴۰ تا ۶۰ متر ضخامت داشته و از بالا به وسیله لایه نمک ضخیم بخش ۲ سازند گچساران (Main Salt) و از پایین به وسیله سازند آهکی آسماری محدود شده است (شکل ۲ و ۳). این بخش از بالا با لایه انیدریتی شروع شده (طبقه راهنمای A) و با یک لایه نازک انیدریتی نیز ختم می‌شود. در پوش سنگ این میدان در کل ۷ تا ۸ واحد مجزای انیدریتی شناسایی شده است که بطور متناوب با لایه‌های مارنی (در بخش‌های بالایی پوش سنگ) و لایه‌های کربناته (در بخش پایینی پوش سنگ) قرار دارند. این واحدها دارای ضخامت متغیر می‌باشند (۱۵ - ۱ متر) که ضخیم‌ترین آنها مربوط به لایه انیدریتی بین طبقات راهنمای D و E می‌باشد (شکل ۳ و ۴). بررسی سنگ شناسی پوش سنگ میدان نفتی آغاچاری نشان می‌دهد که بیش از ۶۰٪ ضخامت پوش سنگ را رسوبات تبخیری و بویژه انیدریت تشکیل می‌دهد.

1 - Interolithic
2 - Chicken wire



شکل ۴- نمودار تطابق چینه ای لایه های سولفات و طبقات راهنما با استفاده از لاک های Sonic و Gamma Ray در پورش سنگ میدان نفتی آغاچاری (عمق به فوت).



شکل ۵- بافت میکروسکوپی رسوبات انیدریتی: (A) فابریک ندولی انیدریت در یک زمینه از مادستون، 6821-23ft, AJ#22. (B) بافت انترالیتیک حاصل از دگرشکلی رسوبات انیدریتی، 5635-36ft, AJ#18. (C) انیدریت با بافت قفسه مرغی، 6736-38ft, AJ#22. (D) بلورهای سوزنی و کشیده انیدریت (Lath)، 6732-34ft, AJ#78. (E) بافت ضربدری (Decussate) در داخل بلورهای انیدریتی، 6680-81ft, AJ#22. (F) بافت جناغی (Chevron)، 6845-48ft, AJ#22. (G) بافت پورفیروبلاستیک (بلورهای درشت انیدریت در زمینه ای از ژیس دانه ریز)، 5552-53ft, AJ#18. (H) بافت اسفرولیتی (بادبزی) در یک زمینه از انیدریت دانه ریز 7919ft, AJ#47. (I) بلورهای بلوکی و شکل دار حاصل از تبلور دوباره انیدریت، 6828-31ft, AJ#22.

سنگ بافت های جناغی، پورفیروبلاستیک، اسفرولیتی (بادبزی)، شعاعی، دانه درشت و اسپاری، و میکروکریستالین و لامینه ای را از خود نشان می دهند (شکل ۵، G, F, H و I).

بررسی پتروگرافیکی خرده های برداشت شده از پوش سنگ بوسیله میکروسکپ الکترونی، انواع متنوعی

مطالعه مقاطع میکروسکوپی رسوبات انیدریتی در پوش سنگ میدان آغاچاری نشان داد که بلورهای بلورهای انیدریت گاهی بصورت بلورهای کشیده و نازک (Lath) و یا ضربدری (Decussate) (شکل ۵ - E, D و شکل ۶ - E) در ماتریکسی دانه ریز مشاهده می شوند. علاوه بر بافت های مذکور بلورهای انیدریت در پوش

بین این فرایندها باعث ایجاد ویژگی های پتروگرافیکی و ژئوشیمیایی متعددی در این رسوبات شده است.

۱- انیدریت زایی: انیدریت زایی همزمان با رسوبگذاری بطور گسترده در پوش سنگ اتفاق افتاده و حضور انیدریت های ندولی و ندولی - موزائیکی در داخل رسوبات سولفات پوش سنگ (شکل ۵- A, C) این امر را اثبات می کند. حضور این ندول های انیدریتی همراه با سودومورف های بزرگ انیدریتی و بلورهای مجزا و نازک (Lath) از اشکال متداول انیدریتی شدن اولیه در محیط سبخایی و یا حاشیه پلاتفرمی می باشد (شکل ۵- D و ۶- E). انیدریت نسبت به ژئیس با توجه به انرژی تبلور بالاتر می تواند در محیط بهتر حفظ شود و فاز غالب بحساب آید.

۲- سیمانی شدن: انیدریت و ژئیس از سیمان های متداول در پوش سنگ می باشند و بصورت سیمان بین بلورهای انیدریت، ژئیس، کربنات و کوارتز دیده می شوند و فابریک آنها را در مقابل فشار فزاینده ناشی از وزن روباره و فشار آب های منفذی حفظ می کند. جانشینی ژئیس های اولیه بوسیله بلورهای انیدریتی بوسیله سیمانی شدن انیدریتی همراهی شده و یا پس از آن اتفاق می افتد و باعث حفظ مورفولوژی بلورهای ژئیس اولیه می شود (Kasprzyk, 1995) (شکل ۷- B).

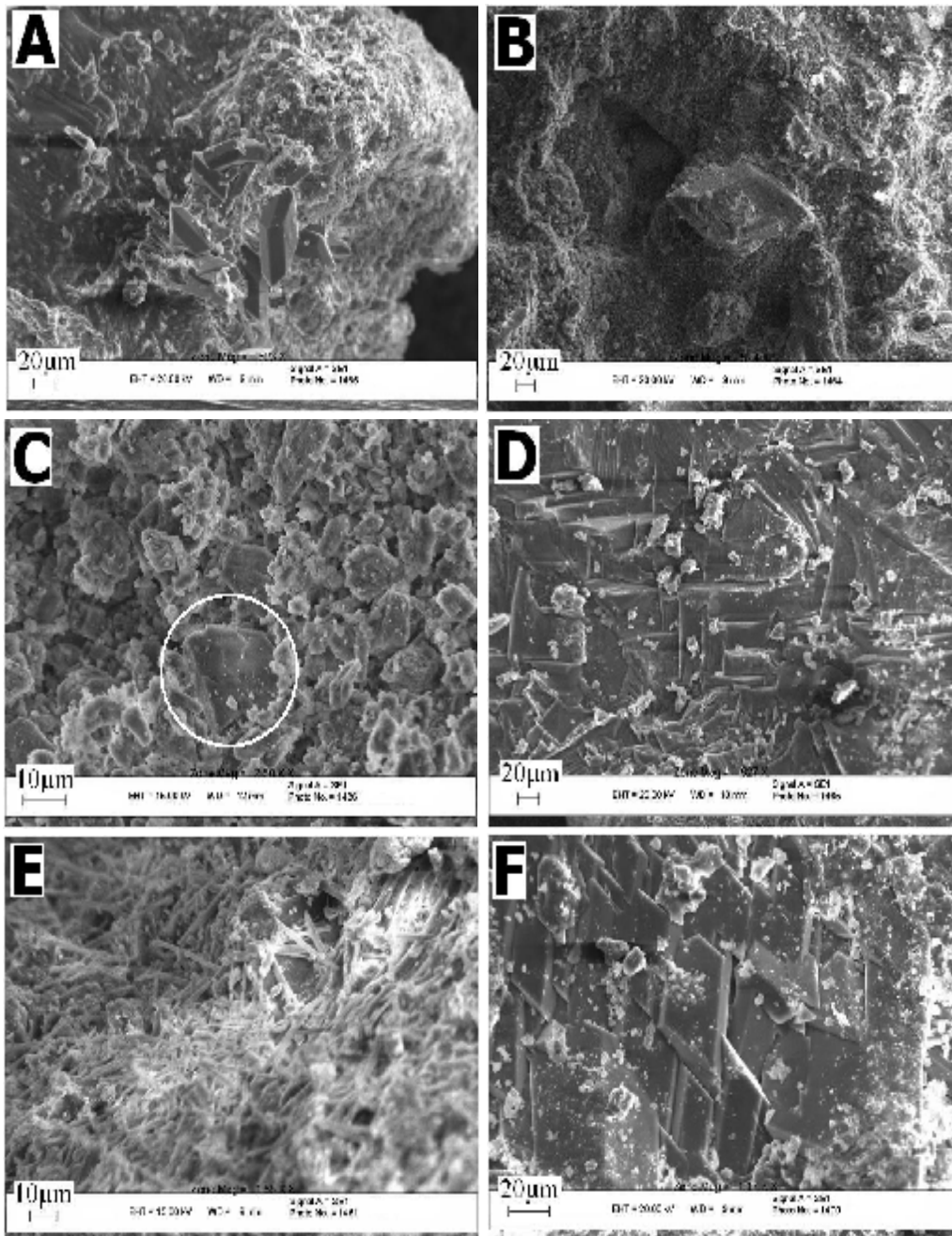
از بافتها را در داخل بلورهای انیدریتی نشان داد که تصاویر برخی از آنها در شکل ۶ آورده شده است.

در این تصاویر انیدریتها بصورت بلورهای اوهدرال تا ساب هدرال می باشند و بافت های جناغی، بلوکی، Lath، ضربدری و غیره (شکل ۶- A, D, E, F) را نشان می دهند. در پاره ای از این انیدریتها نیز پدیده جانشینی اتفاق افتاده است (شکل ۶- B, C).

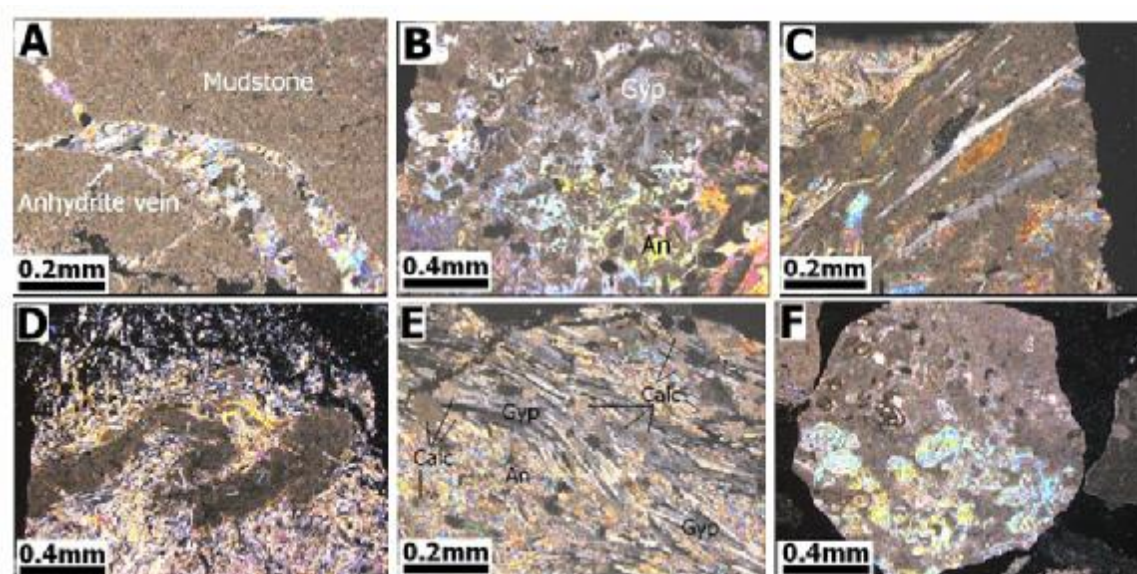
انیدریت در پوش سنگ بصورت لایه، ندول و سیمان دیده می شود. در ندول ها و لایه ها انیدریت بصورت بلورهای ساب هدرال و دانه ریز و یا بصورت موزائیک هایی از بلورهای سوزنی و طویل می باشد که طول آنها به ۰/۸ میلی متر می رسد. سیمان های انیدریتی بصورت بلورهای بلوکی و نیز بلورهای انهدرال و دانه ریز دیده می شوند. این انیدریتها همچنین بصورت رسوبات پرکننده حفرات و رگه ها و نیز جانشینی به جای قالب فسیل های کربناته عمل می کنند (شکل ۷- A, B, F).

تغییرات دیاژنزی

با توجه به بررسی های به عمل آمده مهمترین فرایندهای دیاژنزی رسوبات سولفات در میدان نفتی آغاجاری عبارتند از: انیدریت زایی، سیمانی شدن، تراکم، جانشینی و تبلور دوباره. این فرایندها بسته به تدفین و شرایط جغرافیای دیرینه تغییر می کنند و ارتباط پیچیده



شکل ۶ تصاویر SEM از بلورهای انیدریت. (A) بلورهای اوهدرال انیدریت، 8160-62ft، AJ#110، (B) بلور انیدریت کلسیتی شده در یک زمینه دانه ریز از انیدریت، 62ft، AJ#128، (C) 8518-20ft، AJ#128، بلورهای درشت انیدریت کلسیتی شده در یک زمینه از رسوبات سولفات دانه ریز، 7185-62ft، AJ#93، (D) بافت جناغی (Chevron) در داخل بلورهای انیدریتی، 8160-62ft، AJ#110، (E) بلورهای سوزنی انیدریت (Lath) همراه با بافت ضربدری، 8235-40ft، AJ#110، (F) بلورهای اوهدرال و در هم قفل شده انیدریت (بافت بلوکی)، 8160-62ft، AJ#110.



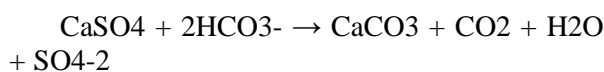
شکل ۷- تأثیر دیاژنز بر روی رسوبات سولفات کلسیم: (A) رگه پر شده توسط انیدریت در داخل مادستون، (AJ#16, 7018-19ft B) سیمان انیدریتی پرکننده فضای بین ذرات کربناته، (AJ#12, 7233ft C) بلورهای سوزنی و کشیده انیدریت (Lath) حاصل تبلور دوباره، (AJ#18, 5570-71ft D) حالت چین خوردگی رگه مادستونی همراه با انیدریت در اثر فرایند تراکم، (AJ#22, 6845-48ft E) بلورهای کشیده ژپس با حالت جریان‌ی در زمینه ای از انیدریت و دانه های پراکنده کربناته، (AJ#60, 8058-60ft F) جانشینی قالب های فسیل *Chilostomellid* توسط انیدریت (بخش پایینی خرده کربناته)، (AJ#67, 7740ft).

۴- تراکم: این فرایند یکی از مهمترین فاکتورهای کنترل کننده فابریک انیدریت ها و پدیده انیدریتیزاسیون رسوبات ژپس اولیه در این میدان می باشد. در نتیجه این بهم فشردگی، دگرشکلی عمده‌ای در فابریک انیدریت اولیه (خم شدگی، شکست و آرایش مجدد) در طی تدفین ایجاد شده است (شکل ۷-D).

در برخی قسمت ها با توجه به فابریک جانشینی انیدریت و دگرشکلی نامحسوس بلورهای سوزنی انیدریت (مثل بافت ضربدری یا Decussate در بلورها) می‌توان استنباط کرد که تراکم مقدم بر انیدریتی شدن باشد (شکل ۵-E و ۵-E). تراکم رسوبات در طی تدفین

۳- تبلور مجدد: در بخش‌هایی از پوش سنگ که رسوبات سولفات در معرض سیالات غنی از کربنات کلسیم و نیز شرایط تدفین بوده اند پدیده تبلور مجدد دیده می شود. این فرایند با حضور بلورهای بزرگ و بلوکی و یا بلورهای سوزنی و کشیده انیدریت مشخص می شود که تحت تأثیر دگرشکلی شدید و تبلور دوباره بخشی قرار گرفته‌اند (شکل ۷-C). این بلورهای دانه درشت در درجه حرارت‌های بالای تدفین و یا در اثر تبلور دوباره بلورهای انیدریت دانه ریز در محیط تدفینی حاصل شده اند (El-Tabakh et al, 2004).

کلسیت زایی ژئیس یا انیدریت مطابق با واکنش زیر دنبال می شود:



آنالیز عنصری (EDS) و ایزوتوپ کربن ($\delta 13\text{C}$)

بوسیله تکنیک آنالیز عنصری (EDS) ترکیب شیمیایی نمونه‌های جامد سولفات‌ها مورد ارزیابی قرار گرفت. که نتایج حاصل از تجزیه برای ۱۲ نمونه در جدول ۱ آورده شده است. این نمونه‌ها دارای مقادیر متفاوت S و Ca و C بوده و همچنین دارای مقادیر جزئی نمک و رس و سایر عناصر می‌باشند. نتایج حاصل از برخی از این داده‌ها فرایندهای کلسیت زایی و جانیشینی را در رسوبات سولفات‌ها تأیید می‌کند (جدول ۱).

جدول ۱- داده‌های حاصل از تجزیه عنصری (EDS) برخی از خرده‌های انیدریت پوش سنگ میدان نفتی آغاچاری

Well No	Depth(m)	O	Na	Mg	Al	Si	S	Ca	C	Cl	Ba	Fe
AJ#49	6254-55	-	5.73	4.68	3.22	7.89	30	38.36	1.63	7.47	-	1.01
AJ#69	7423	-	1.39	-	-	0.61	41.18	53.82	-	-	-	-
AJ#69	7432	-	-	-	-	-	44.62	55.38	-	-	-	-
AJ#93*	7185-90	43.38	0.39	-	-	0.56	14.29	16.87	16.28	-	1.55	6.68
AJ#110*	8160-62	34.97	6.53	-	-	-	7.98	23.58	14.2	12.73	-	-
AJ#110	8160-62	-	7.22	-	-	0.85	32.75	47.66	0.93	11	-	-
AJ#110	8160-62	-	5.64	2.09	1.3	2.77	32.15	43.42	0.99	11.66	-	-
AJ#110	8160-62	-	-	-	-	-	39.47	30.53	-	-	30	-
AJ#110	8160-62	-	2.55	-	-	-	43.59	48.67	-	-	5.2	-
AJ#128*	8518-20	33.65	1.94	-	-	2.37	18.94	28.78	12.76	1.56	-	-

نکته: نمونه‌های مورد مطالعه دارای پدیده کلسیت زایی در چاه‌هایی با علامت * مشخص شده است.

می‌دهند. در مقابل، کربن آلی یک غنی‌شدگی واضحی را در 12C از خود به نمایش می‌گذارد (Weizer, 1983). علت اصلی تفریق ایزوتوپی بین CO₂ و مواد آلی موجود، فتوسنتز می‌باشد. تغییرات ایزوتوپ 13C در مواد مختلف در شکل ۸ آورده شده است.

که با آزدایی ژئیس همراه می‌باشد باعث کاهش ضخامت چینه‌ای رسوبات ژئوسی نیز می‌شود.

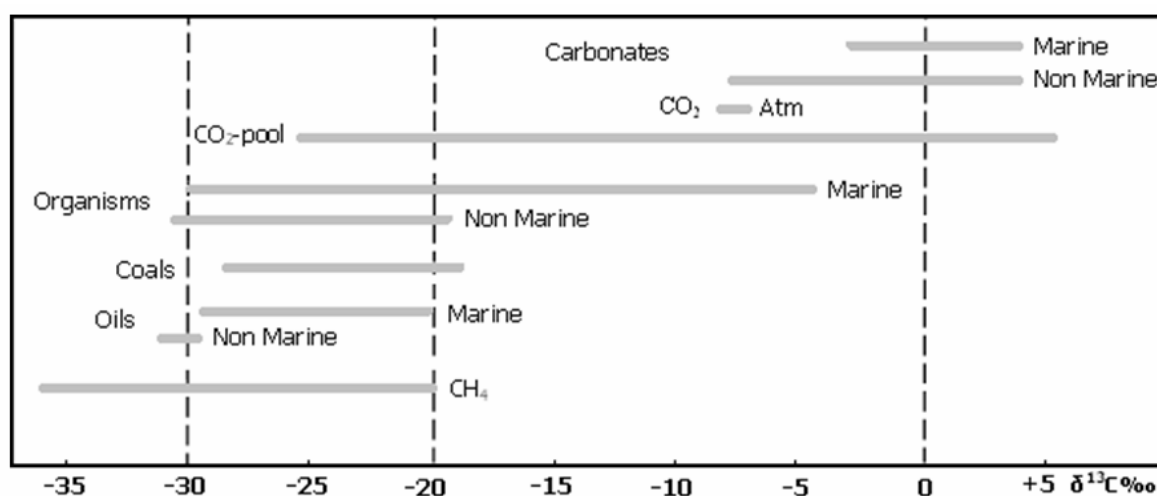
۵- جانیشینی و کلسیت زایی: پدیده جانیشینی در

داخل رسوبات سولفات‌ها پوش سنگ بسیار چشمگیر می‌باشد و این پدیده بصورت جانیشینی انیدریت بجای کربنات‌ها و قالب‌های فسیلی قبلی و یا جانیشینی تبخیری‌ها بوسیله کربنات‌ها و یا سولفیدها می‌باشد (شکل ۷- F, E). شکل ۶- B و C-۶ تصاویر SEM بلورهای انیدریت کلسیتی شده را نشان می‌دهد که تجزیه عنصری آنها در جدول ۱ آورده شده است. سودومورف‌های کلسیت و پیریت حاصل از جانیشینی بلورهای ژئیس و انیدریت بایستی بدلیل نوسان ترکیب محلول و معرفی محلول جدید باشد.

بررسی ایزوتوپ کربن ($\delta 13\text{C}$) در رسوبات می‌تواند بعنوان ابزار مهمی جهت آنالیز محیط رسوبی (Liu et al., 2007; Maruoka et al., 2006) بکار برده شده است. در رسوبات، کربن هم در مواد آلی و هم در کربنات‌ها یافت می‌شود. کربنات‌ها یک غنی‌شدگی جزئی را در 13C نسبت به CO₂ حل شده هیدروسفری یا اتمسفری نشان

کربن آلی ترک می کند. ترکیبات ایزوتوپی کربنات‌های دریایی اولیه ($\delta^{13}\text{C}_{\text{carb}}$) نسبت به کربن غیرآلی آب دریا اندکی غنی شده‌اند (۲-۰٪)، و رسوبگذاری کربنات‌ها تأثیر کمی را بر روی $\delta^{13}\text{C}$ کربن غیرآلی محلول در آب اقیانوس دارد. مقادیر کم $\delta^{13}\text{C}$ در کربنات‌ها معمولاً به یک منشأ بیوژنیک آنها دلالت می‌کند که در طی: ۱- تجزیه بی‌هوازی مواد آلی و ۲- تنفس گیاهان تشکیل شده‌اند. در طی واکنش‌های احیاء سولفات، جایی که مواد آلی به عنوان منبع انرژی به وسیله باکتری‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرند مقدار $\delta^{13}\text{C}$ نزدیک ۲۰٪ می‌باشد. مقادیر مثبت $\delta^{13}\text{C}$ معرف شرایط بی‌هوازی در طی واکنش‌های متانوژنیک و تحت شرایط تبخیری بسیار متداول می‌باشد (Nissenbaum, 1972).

ترکیب ایزوتوپی کربن در کربنات‌های تبخیری که از آب دریا تشکیل شده‌اند اغلب بعنوان یک نماینده برای تغییرات ترکیبی اقیانوس در طی زمان بکار برده می‌شود. تغییرات ایزوتوپی در کربن آب اقیانوس در طی ۵۴۵ میلیون سال گذشته بسیار متغیر بوده (Holland, 1984)، نشان می‌دهد که تغییرات ژئوشیمیایی گسترده‌ای در آب اقیانوس‌ها در طی فانروزوئیک رخ داده است (Holser, 1984). ترکیب ایزوتوپی میانگین کربن غیرآلی حل شده در آب دریا بوسیله ترکیبات ایزوتوپی کربن که وارد اقیانوس‌های جهان شده و یا از آن خارج می‌شود حفظ می‌شود (Schidlowski et al, 1983). کربنی که از فرسایش سنگ‌های قاره‌ای و یا گوشته وارد اقیانوس می‌شود دارای ترکیب ایزوتوپی میانگین حدوداً ۵-٪ می‌باشد. کربن، اقیانوس‌ها را بصورت رسوبات کربناته و یا



شکل ۸- تغییرات ایزوتوپ ^{13}C در برابر مواد رسوبی مختلف (اشکان، ۱۳۸۳).

رسوبگذاری نهشته‌های مورد مطالعه بکار برده شود. بطوری که دامنه تغییرات $\delta^{13}\text{C}$ گزارش شده در سنگ‌های رسوبی از ۲۰+ تا ۹۰-٪ بوده و در محیط‌های آب‌های شیرین این پارامتر کاملاً منفی می‌باشد (Tucker, 1991). بنابراین مقادیر ایزوتوپی کربن ($\delta^{13}\text{C}$) در نمونه‌های مورد مطالعه دلالت بر تأثیر آب‌های شیرین در

مطالعه ایزوتوپ کربن ($\delta^{13}\text{C}$) افق‌های کربناته بین لایه‌های انیدریتی (طبقه راهنمای C) در پوش سنگ مخزن آسماری میدان نفتی آغاچاری مقدار متوسط ۲۰/۴-٪ را نشان می‌دهد که در مقایسه با داده‌های گزارش شده از سایر نقاط دنیا می‌تواند در تفسیر شرایط

۹- رسوبات انیدریتی بیشتر از رشد همزمان با رسوبگذاری و همچنین انیدریتی شدن ژئوپس در طی دیاژنز اولیه تا نهایی حاصل شده است.

۱۰- اکثر رسوبات انیدریتی ویژگی‌های خاصی را نشان می‌دهند که از ژئوپس‌های قبلی به ارث برده‌اند.

۱۱- حضور فابریک‌های ندولی، ندولی - موزائیکی در داخل رسوبات سولفات پوش سنگ و نیز داده‌های ایزوتوپی کربن ($\delta 13C$) نشان دهنده محیط‌های حد واسط (مردابی یا سبخایی) می‌باشد.

تشکر و قدردانی

صمیمانه از همکاری اداره زمین شناسی شرکت ملی مناطق نفت خیز جنوب به واسطه همکاری‌های بی شائبه در انجام این مطالعه و بخش پژوهشی دانشگاه شهید چمران اهواز تشکر می‌شود.

منابع

۱- اشکان، ع. م، اصول مطالعات ژئوشیمیایی سنگ‌های منشأ هیدروکربوری و نفت ها با نگرشی ویژه به حوضه رسوبی زاگرس، شرکت ملی نفت ایران، ۳۵۵ ص، ۱۳۸۳.

۲- درویش زاده، ع، زمین شناسی ایران، انتشارات امیر کبیر، ۹۰۱ ص، ۱۳۷۲.

۳- مطیعی، ه، پوش سنگ، گزارش شماره پ-۳۹۳۲، ۱۱۵ ص، ۱۳۶۴.

4- A., Bahroudi, & H. A., Koyi, Tectono-sedimentary framework of the Gachsaran Formation in the Zagros foreland basin, Marine and Petroleum Geology, No.21, P. 1295-1310; (2004).

5- H., Craig, The geochemistry of the stable carbon isotopes. Geochimica et Cosmochimica Acta, V. 3, P. 53-92; (1953).

کربنات‌های رسوب کرده در محیط رسوبگذاری خشکی - حد واسط (مردابی یا سبخایی) پوش سنگ دارد.

نتیجه‌گیری

این مطالعه نشان داد که در میدان نفتی آجاجاری:

۱- رسوبات سولفات پوش سنگ بیشتر بصورت انیدریت و گاهی ژئوپس می‌باشند.

۲- با توجه به ستون لیتواستراتیگرافی ترسیم شده برای پوش سنگ در چاه‌های مختلف میدان، ۷ تا ۸ واحد مجزای انیدریتی در داخل پوش سنگ شناسایی شد.

۳- انطباق واحدهای انیدریتی در طول میدان حاکی از شرایط یکنواخت رسوبگذاری و عدم وجود پدیده‌های زمین ساختی می‌باشد.

۴- رسوبات انیدریتی بافت‌های متنوعی را نشان می‌دهند که از آنها می‌توان به ندولی، نازک یا Lath، شعاعی، جناغی، پورفیروبلاستیک، اسفرولیتی، اسپاری و میکروکریستالین و غیره اشاره کرد.

۵- فرایندهای دیاژنزی که بلورهای سولفات کلسیم را تحت تأثیر قرار داده‌اند عبارتند از: انیدریت زایی، سیمانی شدن، تراکم، جانشینی و تبلور دوباره.

۶- پدیده‌های تراکم، تبلور مجدد، انیدریت‌زایی ژئوپس (رشد انیدریت جانشینی) انحلال انیدریت و رشد رگه‌های انیدریتی بیشتر در طی تدفین و دیاژنز نهایی صورت گرفته است.

۷- انیدریت با توجه به انرژی تبلوری بالاتر و پایداری بیشتر نسبت به ژئوپس در محیط رسوبی بهتر حفظ شده و ژئوپس انحلال پیدا می‌کند، لذا انیدریت بعنوان فاز حاکم می‌باشد.

۸- بررسی‌های SEM-EDS نمونه‌های انیدریت فرایندهای کلسیت زایی و جانشینی را تأیید می‌کند.

- 17- J.R., O'Neil, Stable isotope geochemistry of rocks and minerals, p235-263. In Jager, E. and Hunziker, J.C.(Edits.): Lectures in isotope geology, Springer - Verlag, 329P; (1979).
- 18- M., Schidlowski, J.M., Hayes, and I.R., Kaplan, Isotopic interfaces of ancient biochemistries: carbon, sulfur, hydrogen and nitrogen. Earth's earliest biosphere: its origin and evolution, Ed. By Shopf, J.W. Princeton University Press, P. 149-186; (1983).
- 19- B. C., Schreiber, M., El-Tabakh, Deposition and early alteration of evaporates, *Sedimentology*, 47(Suppl.1), P. 215-238; (2000).
- 20- F. C. P., Slinger, Agha Jari lower Fars keybeds Report, No. G-721; (1948).
- F. C. P., Slinger, The Agha Jari cap rock, Report No. G-751; (1949).
- 21- W.J., Stahl, Carbon isotopes in petroleum geochemistry, p274-283. In Jager, E. and Hunziker, J.C.(Edits.): Lectures in isotope geology, Springer - Verlag, 329P; (1979).
- 22- M. W., Strong, Notes on petrography and correlation of the lower Fars chemical series of Iran, Report No. G-626; (1939).
- 23- M.E., Tucker, Sedimentary petrology. BlachWell Scientifical Publications, P. 260; (1994).
- 24- M.E., Tucker, Techniques in Sedimentology. Blackwell Scient. Publ, P. 392; (1991).
- 25- J.K., Warren, Evaporite sedimentology importance in hydrocarbon accumulation, P.285; (1989).
- 26- J.K., Warren, Evaporites: their evolution and economics, P. 438; (1999).
- 27- S. E., Watson, Revision of the Lower Fars key beds in Gachsaran field, Report No. G-946; (1960).
- 28- J., Weizer, Trace elements and isotopes in sedimentary carbonates. In: Carbonates, mineralogy and chemistry, Ed. By Reeder, R.J., Review in Mineralogy, V. 11, P.265-269; (1983).
- 6- R., Davies, Local correlation in Lower Fars at Haft Kel and MIS by means of mineral inclusions in the anhydrites, Report No.G-572; (1933).
- 7- M., El-Tabakh, A., Mory, B. C., Schreiber, R., Yasin, Anhydrite cements after dolomitization of shallow marine Silurian carbonates of the Gascoyne Platform, Southern Carnarvon Basin, Western Australia, *Sedimentary Geology* 164, P.75-87; (2004).
- 8- L. A., Hardie, Evaporites: marine or non-marine, *Am. J. Sc.*, 284, P.193-240; (1984).
- 9- H. D., Holland, The chemical evolution of the atmosphere and oceans. Princeton Univ. Press, Princeton, 582 P.; (1984).
- 10- W. T., Holser, Trace elements and isotopes in evaporates, Short Course Notes Mineral. Soc. Am., V.6, P. 295- 346; (1979).
- 11- W.T., Holser, Gradual and abrupt shifts in ocean chemistry during Phanerozoic time. In: Holland, H.D., Trendall, A.F. Eds., Patterns of change in earth evolution. Springer, Berlin, P.123-143; (1984).
- 12- A., Kasprzyk, Diagenetic alteration of Badenian sulphate deposits in the Carpathian Foredeep Basin, Southern Poland: processes and their succession, *Geological Quarterly*, 49(3), P.305-316; (2005).
- 13- A., Kasprzyk, Sedimentological and diagenetic patterns of anhydrite deposits in the Badenian evaporite basin of the Carpathian Foredeep, southern Poland. *Sediment. Geol.*, V.158, P.167-194; (2003).
- 14- J., Liu, A., Gent, and Y., Xiong, The application of stable carbon and hydrogen isotopic compositions of individual n-alkanes to Paleozoic oil source/source rock. Correlation enigmas in the Huanghua depression, China. *J. Petroleum Science and Engineering*, V. 54, No.1-2, P.70-78; (2006).
- 15- T., Maruoka, C., Koeberl, and B.F., Bohor, Carbon isotopic compositions of organic matter across continental Cretaceous -Tertiary(K-T) boundary sections: Implications for paleoenvironment after the K-T impact event, *Earth and Planetary Science Letters*, V. 253, P.226-238; (2007).
- 16- A., Nissenbaum, and I.R., Kaplan, Chemical and isotopic evidence for the in situ origin of marine humic substances. *Limnology and Oceanography*, 570p; (1972).