

Mechanism of halite crystal shapes formation in evaporites of Member 2 in Gachsaran Formation at Ab-Teymure Oil Field

R. Moussavi-Harami¹, A. Mahboubi¹, A. Bavi Ovidie¹, H. Amiri-Bakhtiar²

1. Department of Geology, Faculty of Science, Ferdowsi University of Mashhad

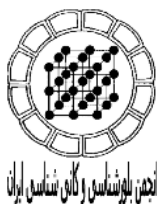
2. South Oil Field Company of the National Iranian Oil Company, Ahwaz

Email: Harami2004@yahoo.com

(Received: 25/12/2007, in revised form: 8/6/2008)

Abstract: Cutting samples from evaporite deposits of Member Two of Gachsaran Formation in well #1 at Ab-Teymure Oil Field have been studied by petrographic microscope, SEM with EDX attachment and XRD to identify the halite crystal shapes. This study led to recognition of three stages, including flooding, concentration and desiccation, for the formation of halite in salt pan. In the flooding stage, the flooding water dissolves the saline crust in the floor of salt pan, which are flat and vuggy. At the second stage, dissolution of halite and evaporation continued. As the concentration of brine increased, rafts, plates and hopper shapes of halite crystals form at the air-brine interface. Finally, these crystals precipitated to the bottom of the salt pan as the weight of crystals increased. At the last stage, salt pan was dried and hyper saline condition was dominated below the surface during lowstand. During this stage, halite crust formed on the surface of salt pan and clear crystals of halite in cubic and cumulative form may have been precipitated in vuggy pores that formed during dissolution of salt.

Keywords: hopper, halite shape, Gachsaran Formation, salt pan.



سازوکار تشکیل شکل‌های بلوری هالیت در تبخیری‌های بخش ۲ از سازند گچساران - میدان نفتی آب تیمور

سیدرضا موسوی حرمی^۱، اسد الله محبوبی^۱، عبدالرضا باوی عویدی^۱، حسن امیری بختیار^۲

۱- گروه زمین‌شناسی دانشکده علوم دانشگاه فردوسی مشهد

۲- شرکت ملی مناطق نفت خیز جنوب

پست الکترونیکی: Harami2004@yahoo.com

(دریافت مقاله ۸۶/۱۰/۴، نسخه نهایی ۸۷/۳/۱۹)

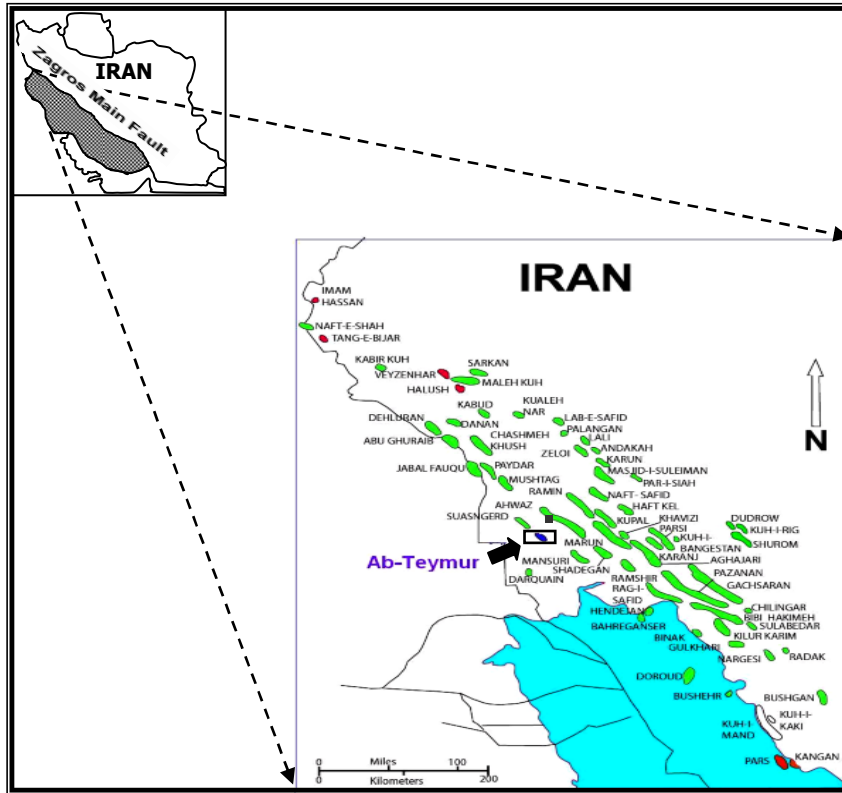
چکیده: بررسی خرده‌های حفاری نمک از بخش ۲ سازند گچساران در چاه شماره ۱ میدان نفتی آب تیمور با میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM) مجهز به آنالیزور عنصری نقطه‌ای (EDX) و نیز آنالیزور پراش پرتو X (XRD)، منجر به شناسایی چگونگی تشکیل هالیت در سه مرحله سیلابی، تراکم، و خشک‌شدگی در کف نمکی شده است. در مرحله سیلابی، پیشروی دریا باعث شکل‌گیری دریاچه‌ای شور و گسترش انحلال در پوسته‌های هالیت بستر کف نمکی به صورت سطوح صاف و حفره‌ای شده است. مرحله دوم با ادامه تبخیر و نیز انحلال هالیت همراه است. افزایش غلظت شورابه باعث تشکیل بلورهای هالیت خرواری، ورقه‌ای و قیفی شکل در مرز شورابه - هوا شده است. این بلورها سرانجام بر اثر افزایش وزن، در بستر کف نمکی ته‌نشین شده‌اند. در مرحله آخر بر اثر افت سطح آب، کف نمکی خشک و شرایط خیلی شور در زیر بستر آن حکمفرما شده است. در این مرحله ضمن تشکیل پوسته‌های هالیت در سطح کف نمکی، بلورهای هالیت شفاف با اشکالهای مکعبی و تجمعی در درون حفره‌های انحلالی نیز تشکیل شده‌اند.

واژه‌های کلیدی: هالیت قیفی، مکعبی، تجمعی، ورقه‌ای، سطوح و حفره‌های انحلالی.

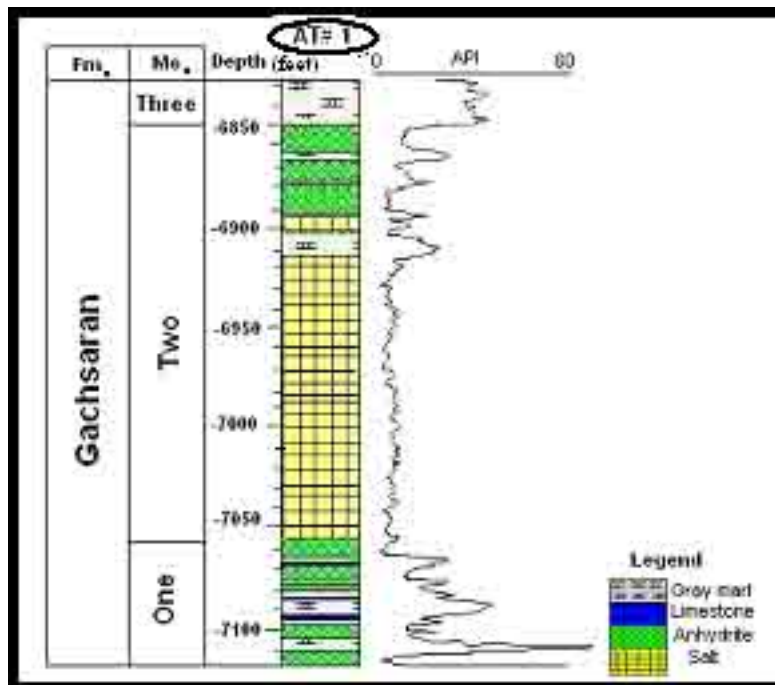
مقدمه

نفتی آب تیمور واقع در ۲۵ کیلومتری جنوب غربی اهواز است (شکل ۱). این میدان از لحاظ موقعیت زمین‌شناسی، در مرز بین فروافتادگی دزفول و دشت آبادان قرار دارد [۳] و جزء میادینی است که دارای رخساره حاشیه‌ای سازند گچساران است [۴]. سازند گچساران در این میدان از ۷ بخش با ترکیب سنگ‌شناسی متناوب شامل مارن‌های خاکستری و سرخ، نمک و میان‌لایه‌های آهکی تشکیل شده است. بخش دو این سازند حاوی یک دنباله ضخیم نمک (در حدود ۴۰ متر) است (شکل ۲). هدف این کار پژوهشی جداسازی شکل‌های بلوری هالیت و شناسایی ساز و کار تشکیل آنها در بخش ۲ سازند گچساران است.

ته‌نشستهای تبخیری در ایران در سه گروه پرکامبرین، ژوراسیک فوقانی، و ترشیاری (سازندهای قم و گچساران) قرار دارند [۱]. سازند گچساران به دلیل اینکه به عنوان پوش سنگ مخازن نفتی حوضه زاگرس (کشورهای ایران و عراق) در نظر گرفته می‌شود، از اهمیت زیادی برخوردار است. این سازند در حوضه‌ای با راستای شمال غربی - جنوب شرقی از شمال شرقی سوریه تا جنوب غربی ایران تشکیل شده است [۲]. با این وجود بررسی‌های انجام شده به منظور شناخت محیط ته‌نشستی آن بسیار اندکند، که با توجه به گسترش جغرافیایی زیاد این سازند نیازمند بررسی‌های بیشتری است. منطقه مورد مطالعه، میدان



شکل ۱ موقعیت جغرافیایی میدان نفتی آب تیمور.



شکل ۲ موقعیت نمک بخش ۲ سازند گچساران در چاه شماره ۱ میدان نفتی آب تیمور.

روش مطالعه

اساس این بررسی بر پایه داده‌های زیر زمینی چاه شماره یک میدان نفتی آب تیمور است. برای دستیابی به هدفهای تعیین شده، نخست با بررسی نمودارهای چاه پیمایی با پرتو گاما و مقایسه آنها با نمودارهای ترسیمی چاه، ضخامت دقیق نمک در اعماق چاه شماره یک میدان یاد شده مشخص شد. سنگهای تبخیری مانند نمکها دارای کمترین میزان مواد رادیواکتیو و بنابراین دارای پرتو گامای اندکی هستند [۵]. پس از این مرحله، ستون چینه شناسی در محیط نرم افزاز Log plot (2005) ترسیم شد. در ادامه تعدادی از خرده‌های نمک حاصل از حفاری به منظور تعیین نوع نمک و شکل‌های بلوری آن با XRD مدل Philips Expert و میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM) مدل LEO 1450 VP مجهز به آنالیزور عنصری نقطه‌ای (EDX) در آزمایشگاه مرکزی دانشگاه فردوسی مشهد مورد بررسی قرار گرفتند.

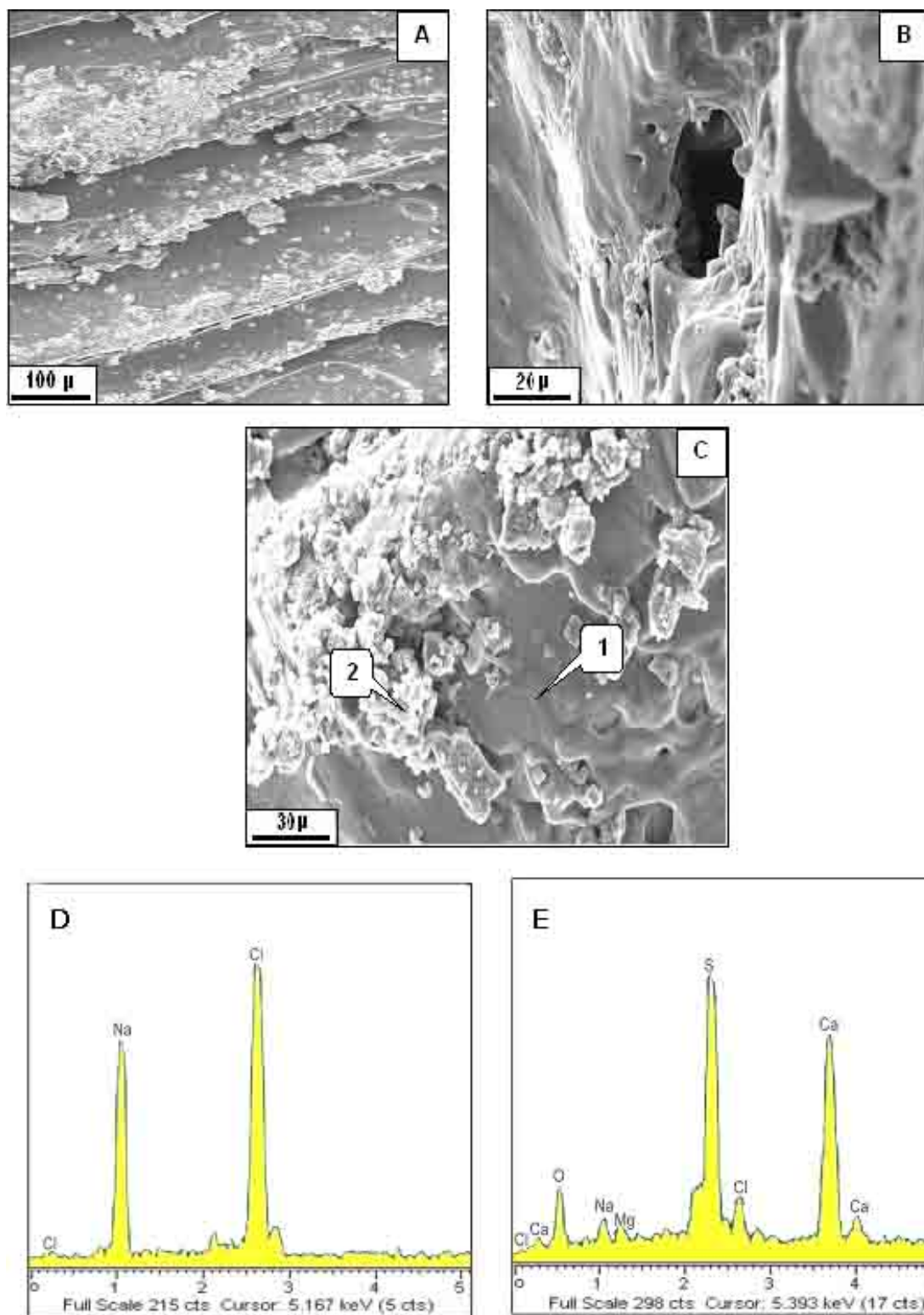
بحث

ته نشستهای تبخیری برای بازسازی شرایط آب و هوایی، جغرافیایی و اقیانوس شناختی دیرینه از ته نشستهای با ارزش هستند، زیرا شناساگرها نسبت به شرایط جغرافیایی، آب و هوایی و شیمی آب حساسند [۶]. کانیهای تبخیری در حقیقت کانیهایی هستند که در نتیجه افزایش غلظت نمکهای محلول - تحت تاثیر تبخیر- و در اثر اشباع ته نشین می‌شوند [۷]. تشکیل ته نشستهای تبخیری نیازمند افزایش نسبت تبخیر به ورود و تغذیه، حضور یک سد فیزیوگرافی و نیز عدم وجود جریان داخلی در حوضه ته نشستی است. گر چه شرایط یاد شده در محیطهای این زمان فراهم نیست، ولی در دوران‌های گذشته به طور گسترده‌ای وجود داشته است [۸]. ته نشستهای تبخیری در گستره گسترده‌ای از محیطهای ته نشستی، مانند حوضه‌های عمیق دائمی، دریاچه‌های کم عمق دائمی، سبخاها و کفه‌های نمکی تشکیل شده است [۹]. کفه‌های نمکی از شکل‌های همیشگی مناطق با شرایط آب و هوایی خشک و نیمه خشک جهانند. این سیستم‌ها در شرایط آب شناختی قدیمی که مستلزم تغییر در سطح آب دریا بوده است، تشکیل شده‌اند [۱۰]. کفه نمکی از لایه‌های متعدد نمک (هالیت) پوشیده می‌شود. به طور کلی تکرار سیکل‌های کفه نمکی باعث شکل گیری هالیت لایه لایه شده، که با میان لایه‌های گلی، مواد آلی و یا سطوح انحلالی از هم جدا می‌شوند. هر سیکل کفه نمکی شامل

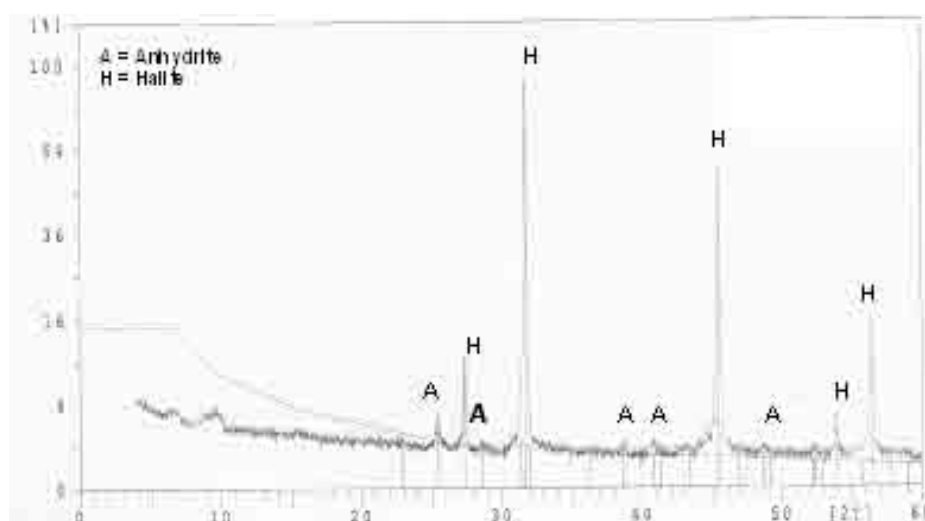
سه مرحله سیلاب، تغلیظ و خشک شدن است [۱۱ و ۱۲]. این مراحل بر پایه شناسایی شکل‌های بلوری مختلف هالیت در ناحیه مورد مطالعه تفسیر شده‌اند، که نشان دهنده ساز و کارهای موثر در تشکیل انواع نمک است. مراحل تشکیل به شرح زیرند.

۱- مرحله سیلابی

در این مرحله، سیلاب و هجوم آب در یک کفه نمکی باعث تشکیل یک دریاچه شور موقتی می‌شود که معمولاً این ناحیه از منطقه کفه نمکی گسترده‌تر است. مهمترین فرایند مرحله سیلابی گسترش شکل‌های انحلالی به صورت حفره‌های انحلالی است که به علت نا اشباع بودن آب نسبت به نمک ایجاد می‌شود. این شکلها در پوسته‌های هالیتی که در مرحله خشک شدگی تشکیل شده‌اند به وجود می‌آیند. لایه‌های هالیت مناطق کم عمق از رشته‌ای از پهنکها (لایه‌های نازک) تشکیل شده‌اند که با سطوح انحلالی صاف جدا می‌شوند. روی این سطوح انحلالی نیز لایه بسیار نازکی از ژیبس تشکیل می‌شود [۱۳]. این لایه بندی متشکل از ریز پهنکهای هالیت و ژیبس بازتاب دهنده تغییرات در میزان ته نشستی ناشی از نوسانهای کوتاه مدت شوری کفه نمکی است [۱۴]. به اعتقاد کندال و هاروود [۱۵] ورود آب دریا یا آب جوی باعث ایجاد این سطوح انحلالی می‌شود. فرایند انحلال در نمکهای بخش ۲ سازند گچساران در تصاویر میکروسکوپ الکترونی (SEM) به دو صورت حفره‌ای و سطوح صاف بین پوسته‌ای تشخیص داده شدند. نتایج آنالیز نقطه‌ای (EDX) در نقطه 1 در شکل ۳ فراوانی عناصر کلر و سدیم را نشان می‌دهد بنابر این می‌تواند نشان دهنده هالیت باشد. در نقطه 2 که دارای رنگ روشن تری است، عناصر گوگرد، کلسیم و اکسیژن از فراوانی بیشتری برخوردارند و به عنوان قشر ژیبسی تفسیر می‌شوند که در اعماق، به علت افزایش دما و فشار بر اثر فرایند آزدایی، تبدیل به انیدریت می‌شوند (شکل ۳). همراهی بلورهای انیدریت و هالیت در آنالیز XRD پوسته-های نمک نیز این موضوع را تایید می‌کند (شکل ۴). فرایند انحلال در محیطهای شورابه‌ای دائمی فقط به صورت سطوح انحلالی صاف دیده می‌شوند [۱۶]. با توجه به همراهی حفره‌ها و سطوح انحلالی، می‌توان محیط آبی کم عمقی را برای این بخش تفسیر کرد که به صورت دوره‌ای در معرض پیشروی دریایی و انحلال قرار می‌گرفته است. از آنجا که سازند گچساران در رده تبخیری‌های تخته‌گهی است [۱۷]، بنابراین شرایط اخیر به خوبی توانسته است در آن گسترش یابد.



شکل ۳ تصاویر میکروسکوپ الکترونی (SEM) از سطوح انحلالی صاف بین پوسته‌های حالت (تیره)، بلورهای انیدریتی (روشن) (A) و انحلال حفره ای (B). تصویر C محل آنالیز نقطه ای بلورهای حالت (1) و انیدریت (2) را نشان می‌دهد که به ترتیب در D و E نشان داده شدند (عمق ۶۹۹۰ فوتی).



شکل ۴ نمودار XRD یک نمونه از نمک بخش ۲ سازند گچساران در میدان نفتی آب تیمور. چنانکه دیده می‌شود، تنها نمک تشکیل شده هالیت است. انیدریت نیز بین پوسته‌های هالیت و روی سطوح انحلالی تشکیل شده است که با نتایج میکروسکوپ الکترونی مطابقت دارد (عمق ۶۹۹۰ فوتی).

۲- مرحله تغلیظ

رسوبات سولفاتی به علت افزایش غلظت نمک در شورابه است [۲۱]. ضخامت کم انیدریت در محل تماس با نمک به خوبی در منطقه یاد شده دیده می‌شود (شکل ۲). تشکیل نمک روی انیدریت می‌تواند نشان دهنده محدودیت بیشتر حوضه و در واقع آغاز تبدیل محیط سبخایی (Sabkha) به نمکزار (Salina) باشد.

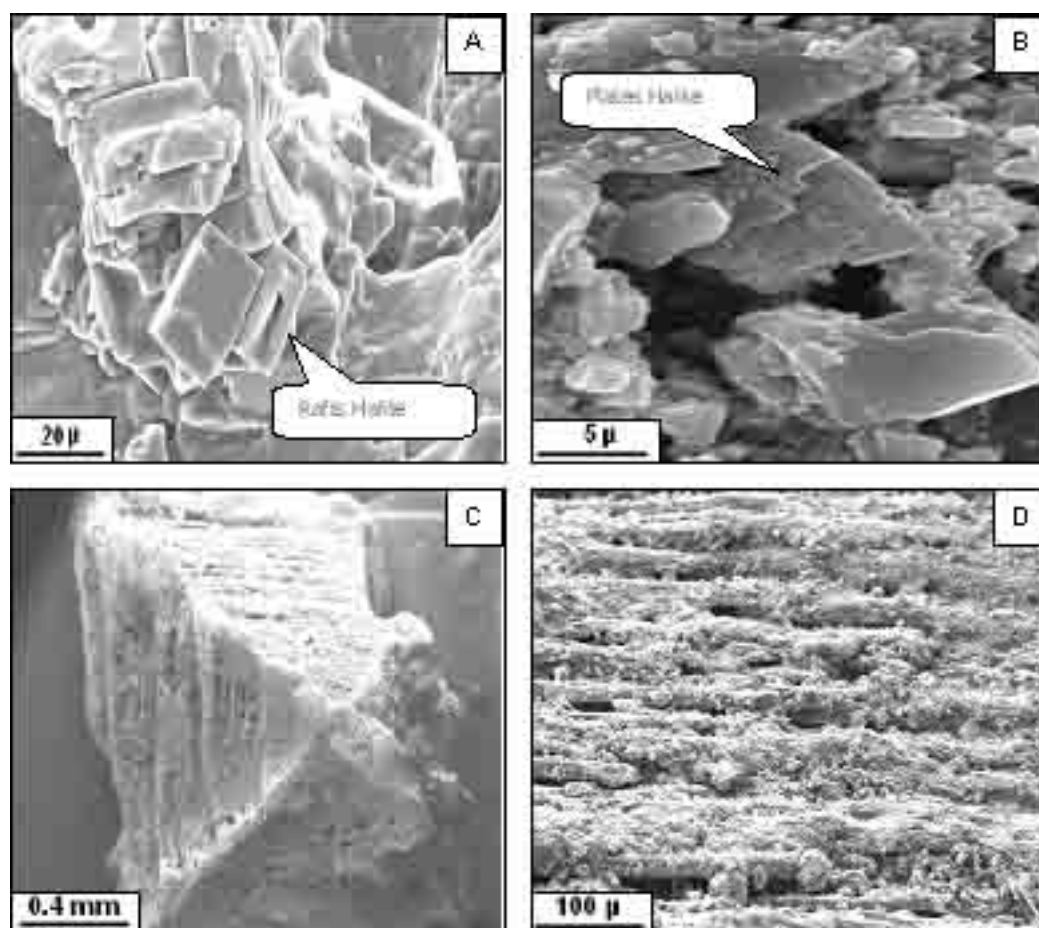
۳- مرحله خشک شدگی

آخرین مرحله سیکل کف نمکی، خشک شدگی کامل دریاچه موقتی است. طی این مرحله، سطح آب در زیر بستر کف نمکی قرار می‌گیرد و باعث شکسته شدن بستر کف نمکی به صورت پوسته‌های چند وجهی هالیت می‌شود [۱۲]. به اعتقاد کازاس و لوستاین [۲۲] تشکیل بلورهای شکل‌دار پر کننده حفره‌ها و نیز هم رشدی هالیت روشن در این مرحله صورت می‌گیرد. در ناحیه مورد مطالعه نیز بر اثر افت سطح شورابه و خشک شدگی کف نمکی بلورهای تجمعی بی شکل و مکعبی شفاف هالیت در حفره‌های انحلالی تشکیل شده‌اند (شکل ۶، A، B و C). این گونه شکل‌های بلوری که بر اثر انحلال هالیت درجا تشکیل می‌شوند، نشان دهنده شرایط محیطی بسیار شور طی ته نشینی است. بر شدگی حفره‌ها طی دفن کم عمق صورت می‌گیرد [۲۳]. فراوانی پوسته‌های هالیت در سازند گچساران (شکل ۳،

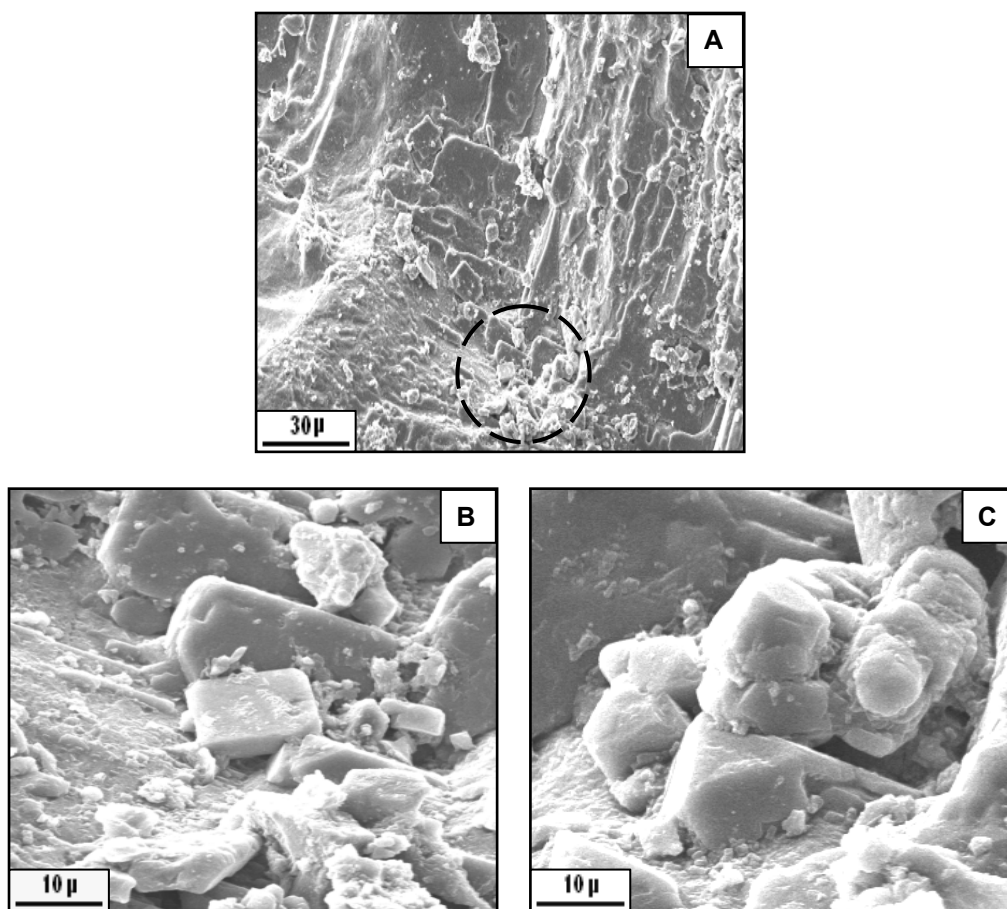
بر اثر ادامه تبخیر و نیز انحلال پوسته‌های بستر، درجه شوری آب دریاچه بالا رفته و شورابه به حالت ابر اشباع در می‌آید. در چنین شرایطی بلورهای هالیت شناور، اولین ته نشست‌هایی است که در سطح شورابه- هوا به صورت شناور تشکیل می‌شود. هنگامی که وزن این بلورها از کشش سطحی شورابه بیشتر شود، به صورت تجمعی از بلورهای هالیت شکل دار تا نیمه شکل دار و بدون سم‌تگیری در کف حوضه ته نشین می‌شوند [۱۸]. در سازند گچساران این بلورها به صورت تجمعی از شکل‌های مکعب مستطیلی و مکعبی (Rafts) و برگه‌های مستطیلی (Plates) تشکیل شده‌اند (شکل ۵، A و B). علاوه بر این هالیت به صورت بلورهای چهار وجهی قیفی (Hopper) با سطح پلکانی نیز تشکیل می‌شود (شکل ۵، C و D). این شکل بلوری از انواع معمول تبلور هالیت در مرز شورابه- هواست که بر اثر رشد انتخابی بیشتر گوشه‌ها و لبه‌های بلوری نسبت به سطوح آن به وجود می‌آید [۱۹]. میزان رطوبت جو نیز بر نوع کانی تبخیری تشکیل شده تاثیر دارد. به اعتقاد تاگر [۲۰] این مقدار برای ته نشست هالیت باید کمتر از ۷۶ درصد باشد. یکی از نتایج ته نشست نمک در کف نمکی، انحلال لایه-های ژئیس (انیدریت) زیرین است. این فرایند که با کاهش ضخامت این لایه‌ها همراه است ناشی از افزایش قابلیت انحلال

دماغه‌ای زاگرس [۲۷] تشکیل شده است. این گونه حوضه‌ها دارای خاصیت فرونشینی زیادی هستند [۲۸] که به وسیله ته نشست تبخیری با خواص پلاستیکی شدت می‌گیرد [۲۹]. در این حوضه بر اثر فعالیت دوباره گسل‌های پی سنگ طی میوسن، شرایط محصور به وجود آمده که باعث گسترش محیط تشکیل تبخیری‌ها شده است. این گسل‌ها نقش یک سد را برای محیط تبخیری دارد [۳۰]. به نظر می‌رسد که فرونشینی زمین‌ساختی در حوضه ایجاد شده بر اثر فعالیت گسلی که به وسیله ته نشست تبخیری‌ها شدت می‌گرفته است، باعث تکرار پیشروی و پسروی‌های فرعی دریایی و ته نشست دنباله دار ضخیم نمک بخش ۲ سازند گچساران در یک محیط دریایی کم عمق شده است.

(A) نشان دهنده خشک شدگی دوره‌ای حوضه است. تکرار تشکیل پوسته‌های نمکی یکی از ویژگی‌های تبخیری‌های محیط آبی کم عمق است [۲۴]. به اعتقاد ویلسون و لانگ [۲۵] بلورهای هالیت تشکیل شده در حوضه‌های تبخیری ممکن است بر اثر فرایندهای درونزادی مانند تدفین، انحلال و ته نشستی دوباره و نیز جاننشینی دستخوش تغییرات کانی‌شناختی شوند و نمک سری پتاس را تشکیل دهند. البته این نوع نمکها بر اثر تکامل شیمی شورابه ناشی از فرایند تبخیر نیز به وجود می‌آیند [۲۶] ولی با توجه به اینکه تنها نمک موجود در منطقه مورد مطالعه هالیت است، بنابراین تغییرات درونزادی چشمگیری رخ نداده است و یا این شدت تبخیر در حد تشکیل کانیهای سری پتاس نبوده است و سازند گچساران در حوضه



شکل ۵ تصاویر میکروسکوپ الکترونی از شکل‌های بلوری هالیت در مرحله تغلیظ. هالیت تجمعی مستطیل و مکعبی (A)، ورقه‌ای (B) (عمق ۷۰۴۰ فوتی)، قیفی (C) و نمایی از سطح پلکانی آن (D) (عمق ۶۹۸۰ فوتی).



شکل ۶ تصاویر میکروسکوپ الکترونی از شکل‌های بلوری هالیت شفاف پر کننده حفره‌ها در مرحله خشک شدگی. نمای کلی (A)، نمای نزدیکتر از بلورهای هالیت مکعبی شکل (B) و تجمعی بی شکل (C) (عمق ۶۹۹۰ فوتی).

برداشت

بلورهای تجمعی بی شکل و مکعبی هالیت شفاف شده است. تشکیل دنباله ضخیم نمک بخش ۲ سازند گچساران در یک محیط آبی کم عمق را می‌توان ناشی از فعالیت گسلها در ایجاد شرایط محصور و نیز فرونشینی کفه نمکی در بخش حاشیه حوضه فورلندی زاگرس دانست.

مراجع

- [1] Rahimpour Bonab, H., and Kalantarzadeh, Z., "Origin of secondary potash deposits; a case from Miocene evaporate of NW central Iran", *Journal of Asian Earth Science* 25 (2005) 157-166
- [2] Tucker, M.E., "Sabkha cycles, stacking and controls, Gachsaran (Lower Fars/Fata) Formation, Miocen, Mesopotamian basin, Iraq", *Neues*

نتایج بررسی نمکهای بخش ۲ سازند گچساران در میدان نفتی آب تیمور با میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM) و آنالیز XRD، نشان دهنده ته نشست آنها در یک کفه نمکی دارای محیط کم عمق است، که مکرر در معرض سیلاب، تغلیظ و خشک شدگی قرار گرفته است. در آغاز هر سیکل بر اثر پیشروی دریا شکل‌های انحلالی به صورت سطوح صاف و حفره-ای در بستر کفه نمکی گسترش یافته‌اند، سپس با افزایش تبخیر بلورهای هالیت به شکل‌های خرواری، ورقه‌ای و قیفی تشکیل شده‌اند. در مرحله آخر این سیکل ته نشستی، بر اثر خشک شدگی کفه نمکی، پوسته‌های هالیت در بستر آن تشکیل شده‌اند. در ادامه شرایط آبی خیلی شور در زیر سطح این پوسته‌ها باعث پر شدن حفره‌های انحلالی به وسیله

- [13] Schreiber, B. C., El Tabakh, M., "Depositional and early alteration of evaporate", *Sedimentology* 47 (2000) 215-238.
- [14] Warren, J.K., "The hydrological setting, occurrence and significance of gypsum in late Quaternary salt lakes in South Australia", *Sedimentology* 29 (1982) 609-637.
- [15] Kendall, A.C., and Harwood, G.M., "Marine Evaporates: Arid Shorelines and Basins", Oxford, Blackwell Scientific Publication (1995) 688 p.
- [16] Warren, J.k., "Evaporate: their Evolution and Economic", Blackwell, Scientific Oxford (1999) 438p.
- [17] Tucker, M.E., "Evaporites in a sequence stratigraphic context", *Biuletyn Pafstwowego Instytutu Geologicznego* 387 (1999) 67-68.
- [18] Melvin, J.L., "Evaporates, Petroleum and Mineral Resources", Elsevier Science Publishing Company (1991) 556p.
- [19] Handford, R.C., "Halite depositional facies in a solar salt pond: a key to interpreting physical energy and water depth in ancient deposits?", *Geology* 18 (1990) 691-694.
- [20] Tucker, M.E., "Sequence stratigraphy of carbonate-evaporite basins: models and application to the Upper Permian (Zechstein) of northeast England and adjoining North Sea", *Journal of the Geological Society, London* 148 (1991) 1019-1036
- [21] Sonnefeld, P., "Brines and Evaporates", Academic Press, Orlando (1984) 613p.
- [22] Casas, E., and Lowenstein, T.K., "Diagenesis of salinepan halite: comparison of petrographic features of modern, Quaternary, and Permian halites", *Journal of Sedimentary Petrology*, 59 (1989) 724-739.
- [23] Martill, D.M., Loveridge, R., and Heimhofer, U., "Halite pseudomorphs in the Crato Formation (Early Cretaceous, Late Aptian), Araripe Basin, northeast Brazil: further evidence for jahrbuch Geologisch und Paläontologisch Abhandlung 124 (1999) 45-69
- آقا نباتی، ع.، ۱۳۸۵، زمین‌شناسی ایران، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، چاپ دوم، ۶۰۳ صفحه
- [4] Gill, W.D., and Ala, M.A., "Sedimentology of Gachsaran Formation Lower Fars Series Southwest Iran", *AAPG* 56 (1974) 1965-1974
- [5] Hearst, J.R., Nelson, P.H., and Paillett, F.L., "Well Logging for physical properties, A hand book for Geophysicists, Geologists and Engineers", Wiley, second edition (2000) 492 p.
- [6] Benison, K.C., and Goldstein, R.H., "Permian paleoclimate data from fluid inclusions in halite", *Chemical Geology* 154 (1999) 113-132
- [7] Warren, J.K., "Evaporite Sedimentology", Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey (1989) 285p.
- [8] Sarg, J.F., "The sequence stratigraphy, sedimentology, and economic importance of evaporate- carbonate transitions a review", *Sedimentary Geology* 140 (2001) 9-34
- [9] Satterfield, C.L., Lowenstein, T.K., Vreeland, R.H., and Rosenzweig, W.D., "Paleobrine temperatures, chemistries, and paleoenvironment of Silurian Salina Formation F-1 Salt, Michigan Basin, USA., From petrography and fluid inclusion in halite", *Journal of Sedimentary Research* 75 (2005) 534-546
- [10] Yechieli, Y., and Wood, W.W., "Hydrogeologic processes in saline systems, playas, sabkhas, and saline lake", *Earth Science Reviews* 58 (2002) 343-365.
- [11] Benison, K.C., and Goldstein, R.H., "Sedimentology of ancient saline pan: an example from the Permian Opeche Shale, Williston Basin, North Dakota, U.S.A.", *Journal of Sedimentary Research* 70 (2000) 159-169.
- [12] Lowenstein, T.K., and Hardie, L.A., "Criteria for the recognition of salt-pan evaporate", *Sedimentology* 32 (1985) 627-644.

- [27] Alavi M., "Regional stratigraphy of the Zagros fold-thrust belt of Iran and proforland evolution", *American Journal of Sciences* 304 (2004) 1-20.
- [28] Mial, A.D., "The Geology of Stratigraphic Sequence", Springer-Verlag, Berlin (1997) 433 p.
- [29] Rosen, M.R., "The importance of ground water in playas: a review of classifications and sedimentology and hydrology of playas", *Geological Society of America, Special Paper*, 289 (1994) 1-18.
- [30] Bahroudi, A., and Koey, H.A., "Tectono-sedimentary framework of the Gachsaran Formation in the Zagros foreland basin", *Marine and Petroleum Geology* 21 (2004) 1295-1310
- hypersalinity", *Cretaceous Research* 28 (2007) 613-620.
- [24] Warren, J.k., "Evaporates: Sediments, Resources and Hydrocarbons", Springer-Verlag Berlin (2006) 1035p.
- [25] Wilson, T.P., and Long, D.T., "Geochemistry and isotope chemistry of Ca-Na-Cl brines in Silurian Strata, Michigan Basin, USA", *Applied Geochemistry* 8 (1993) 507-524.
- [26] Moller, P., Rosenthal, E., Fleyer, A., and Geyer, S., "Chemical evolution of saline waters in the Jordan-Dead Sea transform and in adjoining areas", *International Journal of Earth Science* 96 (2007) 541-566