

## مقایسه رخساره‌های رسوبی هولوسن پلایاهای حوض سلطان و گرمسار

سعید رضاییان لنگرودی\*؛ کارشناس ارشد، رسوب‌شناسی و سنگ‌شناسی رسوبی، دانشگاه خوارزمی تهران، شرکت مهندسین مشاور کاوشگران  
راضیه لک؛ استادیار، رسوب‌شناسی و سنگ‌شناسی رسوبی، پژوهشکده علوم زمین، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور  
داود جهانی؛ دانشیار، رسوب‌شناسی و سنگ‌شناسی رسوبی، گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شمال

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۰۷/۲۸ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۰۲/۰۱

### چکیده

این پژوهش با هدف تفکیک زیرمحیط‌های رسوبی پلایای حوض سلطان و گرمسار با مطالعه مغزه‌های رسوبی و بر اساس شواهد رسوب‌شناسی و کانی‌شناسی انجام گرفته است. در این پژوهش، نه مغزه از پلایای حوض سلطان تهیه شد. از بخش‌های سطحی تا عمق ۲۰ سانتی‌متری پلایای گرمسار نیز نمونه‌برداری انجام شد. ۱۱۳ نمونه از رخساره‌های رسوبی پلایای حوض سلطان و ۳۰ نمونه از پلایای گرمسار تهیه و آنالیز دانه‌بندی و کانی‌شناسی شد. تیپ رسوبات هر دو پلایا از نظر اندازه ذرات شامل گل‌ماسه‌ای با کمی گراول، ماسه گلی با کمی گراول، گل، گل‌ماسه‌ای و ماسه گلی است. در پلایای حوض سلطان سه نوع رخساره تخریبی، کربناته و تبخیری و در پلایای گرمسار سه نوع رخساره سیلیسی تخریبی، مخلوط سیلیسی تخریبی با تبخیری و تبخیری مشاهده شده است. کانی‌های تشکیل‌دهنده پلایای حوض سلطان شامل کوارتز، فلدسپات، کانی‌های رسی، کلسیت و به‌ندرت آراگونیت زپیس، هالیت، اندیریت، پلی‌هالیت، کارنالیت، تناردیت، باسانیت و هگزاهیدریت است. کانی‌های تشکیل‌دهنده پلایای گرمسار هالیت، زپیس، کلسیت، باسانیت، کارنالیت، کارنالیت آمونیم، سیلویت، کلرید منیزیم پتاسیم، کوارتز، آلبیت، آنورتیت، مسکویت، کلریت و ایلیت است. ترک‌های گلی، توده‌های ماسه‌ای بادی، تی‌بی و سطوح گل‌کلمی از متداول‌ترین عارضه‌های شناسایی شده در هر دو پلایاست. زیرمحیط‌های رسوبی هر دو پلایا از خارج به داخل حوضه شامل بادبزنی آبرفتی، پهنه ماسه‌ای، پهنه گلی، پهنه گلی نمکی، پهنه نمکی و دریاچه موقت است. این زیرمحیط‌های رسوبی بر اساس تغییر محیط رسوبی متأثر از تغییر اقلیم در دوره هولوسن به یکدیگر تبدیل می‌شوند.

کلیدواژه‌ها: پلایای حوض سلطان، پلایای گرمسار، رسوب‌شناسی، کانی‌شناسی.

### مقدمه

پلایا حوضه خشک درون‌قاره‌ای با تراز آب منفی است. بیش از ۷۵٪ طول سال خشک و حواشی موینگی آن به‌قدری به سطح زمین نزدیک است که تبخیر ناشی از آن سبب تخلیه آب و تشکیل کانی‌های تبخیری می‌شود (بریر، ۲۰۰۰: ۳). بررسی و مطالعه دریاچه‌های شور و پلایاها اهمیت زیادی دارد، از جمله مطالعات لیمنولوژی و پالئولیمنولوژی بر مبنای تأثیر تغییرات اقلیمی (یان و ژنگ، ۲۰۱۵)، تکامل ژئوشیمیایی پلایاها (تاگورتی و همکاران، ۲۰۱۳)، بررسی تغییرات دمایی سطحی با استفاده از مطالعات سنجش از راه دور (کی و سانگ، ۲۰۱۴)، بررسی‌های ژئوفیزیکی در تعیین روند تکاملی پلایاها (گوتیز و همکاران، ۲۰۱۳)، مطالعات ایزوتوپی (روبرتز و همکاران، ۲۰۰۸)، بررسی ترکیب شیمیایی و میکروبیولوژیکی دریاچه‌های شور در ارتباط با موقعیت اکولوژیکی آن‌ها (گوسوا و همکاران، ۲۰۱۴)، رسوب‌شناسی و کانی‌شناسی (وراسینگهام و همکاران، ۲۰۱۴)، هیدروژیومی و هیدروژئوشیمی (رضاییان لنگرودی و همکاران، ۲۰۱۳) و اندازه‌گیری چند متغیره از آلوده‌کننده‌های ارگانیکی در دریاچه‌های شور (بالستروس و همکاران، ۲۰۱۴).

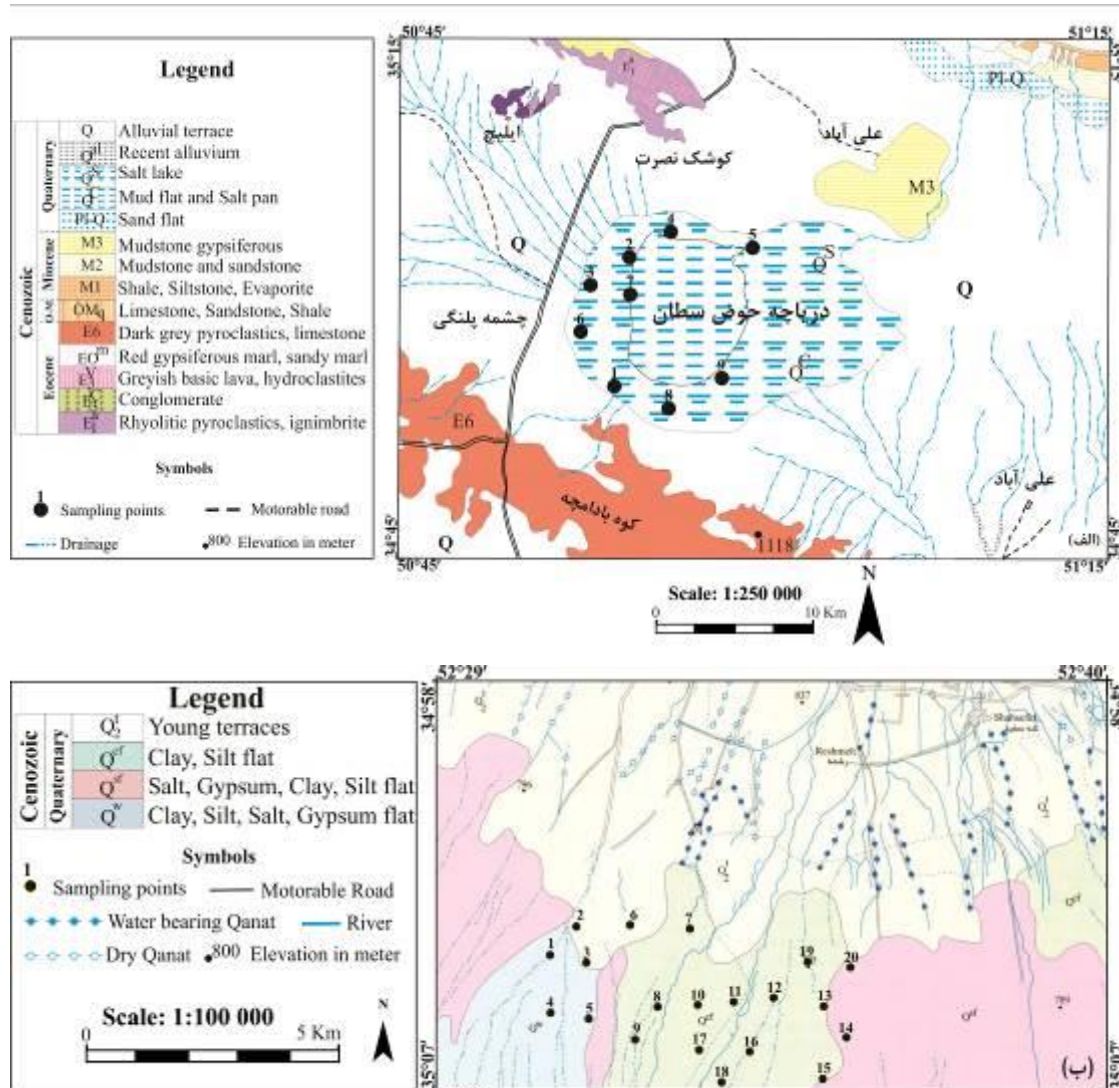
\* نویسنده مسئول: saeedsediment@yahoo.com، تلفن: ۰۹۱۱ ۳۹۳ ۶۹ ۸۶، فاکس: ۰۲۱-۶۴۵۹۲۴۰۷

در ایران نیز توجه خاصی به پلایاها و دریاچه‌های شور شده است. برای مثال، کرینسلی (۱۹۷۰)، بر اساس شواهد میدانی، مطالعات آزمایشگاهی، رسوب‌شناسی و استفاده از تصاویر ماهواره‌ای پلایاهای ایران را مطالعه کرده است. عبدی و رحیم‌پور بناب (۱۳۸۹) به بررسی منشأ، هیدروژئوشیمی و نحوه تکامل شورابه در پلایای میقان اراک پرداخته‌اند. ترشیزیان (۱۳۹۰) به بررسی رسوب‌شناسی و زمین‌ریخت‌شناسی پلایای ساغند در ایران مرکزی پرداخته است. لک و رضاییان لنگرودی (۱۳۹۴) به بازسازی محیط‌های رسوبی هولوسن دریاچه مهرارلو با شواهد رسوب‌شناسی و کانی‌شناسی پرداخته‌اند. کلتس و شهرابی (۱۹۸۶) روی رسوبات هولوسن دریاچه فوق‌اشباع ارومیه مطالعاتی انجام دادند. فیاضی (۱۹۹۱) تعدادی مغزه از ۴۰ سانتی‌متری سطح دریاچه حوض سلطان تهیه کرد و بر این اساس، سه افق را تشخیص داد، شامل یک افق اکسیده با رنگ قرمز (A)، افق حاوی رسوبات سبزرنگ متمایل به خاکستری (B) و افق شامل رسوبات قرمز آجری‌رنگ تشکیل‌شده در شرایط آب‌وهوایی خشک (C). وی همچنین، با توجه به شکل‌گیری کربنات‌ها در حاشیه خارجی دریاچه نزدیک منطقه تغذیه جریان‌های سطحی و زیرزمینی، سپس رسوبات سولفات‌ها در حاشیه داخلی دریاچه، در نهایت رسوبات کلروره، به‌ویژه هالیت در مرکز دریاچه، الگوی قطره‌اشکی را برای این دریاچه پیشنهاد کرد. با توجه به اینکه ناحیه گرمسار از دیدگاه کشاورزی، زمین‌شناسی و معدنی اهمیت ویژه‌ای دارد، عمده مطالعات انجام‌شده در رابطه با بررسی‌های کیفی آب‌های سطحی و زیرسطحی، کشاورزی، رسوب‌شناسی، زمین‌ساخت، دی‌اپیریسم و معادن مختلف به‌ویژه معادن نمک بوده است. هدف این پژوهش تفکیک زیرمحیط‌های رسوبی پلایاهای حوض سلطان و گرمسار، با مطالعه مغزه‌های رسوبی و بر اساس شواهد رسوب‌شناسی و کانی‌شناسی طی دوره هولوسن است. از نتایج آن می‌توان در شناسایی، تفکیک و تفسیر سایر نهشته‌های مشابه در نواحی دیگر ایران استفاده کرد.

### موقعیت جغرافیایی، زمین‌شناسی و اقلیم منطقه

بر اساس تقسیم‌بندی سونفلد (۱۹۹۱)، دریاچه حوض سلطان حوضه‌ای رسوبی و درون‌قاره‌ای محسوب می‌شود. این دریاچه با مساحت تقریبی ۱۹۵ کیلومتر مربع و عمق ۲۰-۵۰ سانتی‌متر، در حدود ۳۵ کیلومتری شمال شهر قم در استان قم و در شرق آزادراه تهران-قم بین عرض‌های جغرافیایی ۵۳° ۳۵' و ۵۶° ۳۴' شمالی و طول‌های جغرافیایی ۵۳° ۵۰' و ۲۰° ۵۱' قرار گرفته است (فیاضی و همکاران، ۲۰۰۷: ۳۵) (شکل ۱). این دریاچه شامل دو چاله جدا از هم یکی به نام «حوض سلطان» و دیگری به نام «حوض مره» است که با آبراهه باریکی به هم وصل می‌شود (کرینسلی، ۱۹۷۰: ۲۸۶). منطقه مورد مطالعه بر اساس تقسیم‌بندی آفانباتی (۱۳۸۳: ۴۲) در زون ایران مرکزی قرار دارد. طبقات رسوبی متعلق به سازند قم در بخش شمال‌غربی، جنوب‌شرقی و شمال‌شرقی طاق‌دیس کاج-امین‌آباد به‌صورت کنگلومرای قاعده‌ای، آهک‌های تخریبی/مارنی/ریفی/ماسه‌سنگی/گلوکونیت‌دار حاوی شکستگی‌های فراوان و هاله‌های کم‌رنگ لیمونیتی حاصل از اثر آب‌های نفوذی به‌صورت برجستگی‌های غیرممتد و غالباً گسل‌خورده در لابه‌لای توده‌های آندزیتی، ماسه‌سنگ و مارن روی سنگ‌های آذرین ائوسن گسترش دارد، در حالی که در بخش شمالی و غربی محدوده مورد مطالعه این طبقات رسوبی وجود ندارد و جای خود را به سازند قرمز فوقانی می‌دهد (معمد و پورمعمد، ۱۳۵۶؛ پورمعمد و معمد، ۱۳۵۸). متوسط بارندگی سالانه در منطقه ۱۴۵/۹۲ میلی‌متر و میانگین حرارت ۱۸/۵۵ درجه سانتی‌گراد است. لذا، بر اساس ضریب خشکی دومارتن (۱۹۲۶) اقلیم منطقه از نوع خشک است. دشت گرمسار با مختصات جغرافیایی ۰۷' ۳۵° و ۵۸' ۳۴° عرض شمالی و ۲۹' ۵۲° و ۴۰' ۵۲° طول شرقی در شمال ایران مرکزی و در فاصله ۱۰۰ کیلومتری جنوب‌شرق تهران قرار دارد. این ناحیه به‌طور کلی متأثر از رودخانه بزرگ حبله‌رود و رودخانه‌های محلی دیگر است. رودخانه حبله‌رود از کوه‌های شمالی سرچشمه گرفته است و به‌سوی دشت جریان دارد. این امر سبب تشکیل بادبزن آبرفتی بزرگ گرمسار، رودخانه‌های بریده‌بریده، تپه‌های ماسه‌ای، دشت‌های رسی، پلایا و پهنه‌های وابسته به آن است (شکل ۱). بررسی نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ گرمسار همراه با مطالعات گسترده صحرائی نشان می‌دهد که این منطقه از واحدهای سنگی گوناگون با سن‌های مختلف تشکیل شده است که به‌طور عمده با سازندهای کرج، کند، قرمز پایینی، قم، قرمز بالایی و هزاردره، نهشته‌های کواترنری و گنبد‌های نمکی مرتبط است. وسعت دشت گرمسار حدود ۹۰۰ کیلومتر مربع است که از این مقدار ۵۰۰ کیلومتر مربع زمین‌های قابل کشت و بقیه را پلایا تشکیل می‌دهد. متوسط بارندگی سالانه در منطقه برابر با ۱۰۰ میلی‌متر و میانگین درجه حرارت برابر با ۱۸/۵۰ درجه سانتی‌گراد است (سازمان

هواشناسی کشور، ۱۳۸۷).



شکل ۱. نقشه زمین‌شناسی و نقاط نمونه‌برداری الف) پلایای حوض سلطان (امینی و امامی، ۱۹۹۶؛ حاجیان، ۱۹۹۶؛ قلمقش، ۲۰۰۰، حقی‌پور، ۱۳۶۵) و ب) پلایای گرمسار (نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ گرمسار)

## مواد و روش‌ها

در این پژوهش، به‌منظور بررسی چرخه رسوبی، تعیین دوره‌های خشکسالی و ترسالی، تعیین رخساره‌ها و زیرمحیط‌های رسوبی، تعداد نه مغزه دست‌نخورده از بخش‌های در دسترس پلایای حوض سلطان تا ۷۰۰ سانتی‌متر در بهمن‌ماه ۱۳۸۸، توسط اوگر دستی<sup>۱</sup> تهیه شد. به‌دلیل انجام عملیات نمونه‌برداری در فصل مرطوب و در دسترس نبودن تجهیزات مورد نیاز، امکان دسترسی به بخش شرقی دریاچه حوض سلطان وجود نداشت. موقعیت مناطق مغزه‌گیری در شکل ۱ (الف و ب) نشان داده شده است. از غرب به شرق پلایای گرمسار نیز نمونه‌برداری صورت گرفت که به‌طور عمده از بخش‌های سطحی تا عمق ۲۰ سانتی‌متر بوده است. هم‌زمان با نمونه‌برداری، موقعیت نقاط نمونه‌برداری با استفاده از دستگاه سیستم موقعیت‌یاب جهانی<sup>۲</sup> ثبت و عمق نمونه‌برداری و وضعیت آن یادداشت شد. در مجموع، تعداد ۱۱۳ نمونه از مغزه‌های به‌دست‌آمده از پلایای حوض سلطان و تعداد سی نمونه از پلایای گرمسار تهیه شد. با توجه به ویژگی‌های بافت، ساخت،

1. Handy auger
2. Global Positioning System (GPS)

رنگ و نوع رسوب، زیرمحیط‌های رسوبی هر رخساره تعیین شد و از هر زیرمحیط رسوبی نمونه‌برداری صورت گرفت. نمونه‌ها در آزمایشگاه در دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد برای مدت ۴۸ ساعت در آون خشک و آنالیز دانه‌بندی شد. آنالیز دانه‌بندی ذرات بزرگ‌تر از ۶۳ میکرون با دستگاه الک‌شیکر نوع مرطوب و ذرات کوچک‌تر از ۶۳ میکرون با دستگاه دانه‌بندی لیزری انجام شد. همچنین، از پلايای حوض سلطان تعداد ۱۱۳ نمونه و از پلايای گرمسار تعداد ۱۵ نمونه با دستگاه پراش پرتو ایکس مدل فیلیپس با مشخصات تیوپ نوع مس ( $Cu=1.54\text{Å}$ )، ولتاژ ۴۰ کیلوولت، شدت جریان ۴۰ میلی‌آمپر و زاویه پراش ۴-۷۰ درجه آنالیز شد. در این آنالیزها، تمامی کانی‌های تخریبی، کربناته و تبخیری به‌صورت نیمه کمی تعیین شد. بررسی اجزای رسوبی با میکروسکوپ بینوکولار نیکون و میکروسکوپ الکترونی مرکز پژوهش‌های کاربردی سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور صورت گرفت. تمامی نمونه‌های پلايای حوض سلطان در آزمایشگاه سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور آنالیز شد. آنالیز پراش‌سنجی (دیفراکتومتری) نمونه‌های پلايای گرمسار در آزمایشگاه کانساران بینالود انجام گرفته است.

### یافته‌های پژوهش

بررسی‌های صحرایی و آزمایشگاهی مختلف از قبیل دانه‌بندی، کانی‌شناسی، مطالعات میکروسکوپ الکترونی روبشی، مورفومتری و مورفوسکوپی رسوبات مغزه‌های تهیه‌شده و پردازش داده‌های به‌دست‌آمده در پلايای حوض سلطان سه نوع رخساره تخریبی، کربناته و تبخیری و در پلايای گرمسار سه نوع رخساره سیلیسی تخریبی، مخلوط سیلیسی تخریبی با تبخیری و تبخیری را معرفی می‌کند. رسوبات بخش مرکزی هر دو پلايا به‌طور عمده حاصل فرایندهای شیمیایی (کانی‌های کربناته مانند کلسیت و غیر کربناته به‌ویژه هالیت) و رسوبات حاشیه دریاچه تخریبی- شیمیایی است. تیپ رسوبات غالب هر دو پلايا از نظر اندازه ذرات شامل گل‌ماسه‌ای با کمی گراول، ماسه گلی با کمی گراول، گل، گل‌ماسه‌ای و ماسه گلی است. رسوبات پلايای گرمسار طی سه مرحله سیلابی شدن، تبخیر و تغلیظ یونی و خشک‌شدگی تشکیل شده است. منشأ اصلی عناصر و یون‌های تشکیل‌دهنده رسوبات تبخیری پلايای گرمسار به‌طور عمده نهشته سنگ‌های اتوسن پسین- الیگومیوسن است (آرین، ۱۳۸۸) که به شکل‌های گوناگون به‌ویژه لایه‌ای و گنبد/ زبانه‌های نمکی در شمال و غرب پلايای گرمسار رخنمون دارد و با رودخانه‌ها به پلايای گرمسار حمل می‌شود. نتایج حاصل از مطالعات پراش پرتو ایکس، معرف کانی‌های کوارتز، فلدسپات، کانی‌های رسی، میکا، منیتیت، هماتیت، آمفیبول و پیروکسن، کلسیت و به‌ندرت آراگونیت، ژپس، هالیت، انیدریت، پلی‌هالیت، کارنالیت، تناردیت، باسانیت و هگزاهیدریت برای پلايای حوض سلطان است. کانی‌های شناسایی‌شده در پلايای گرمسار شامل هالیت، ژپس، کلسیت، باسانیت، کارنالیت، کارنالیت آمونیم، سیلویت، کلرید منیزیم پتاسیم، کوارتز، آلبیت، آنورتیت، مسکویت، کلریت و ایلیت است (جدول ۱). زیرمحیط‌های رسوبی هر دو پلايا از خارج به داخل حوضه شامل بادبزنی، پهنه ماسه‌ای، پهنه گلی، پهنه گلی‌نمکی، پهنه نمکی و دریاچه موقت است.

جدول ۱. رسوبات و کانی‌های شناسایی‌شده در پلايای حوض سلطان و گرمسار

| نوع رسوب/کانی      | پلايای حوض سلطان  | پلايای گرمسار  |
|--------------------|---|--|
| رسوبات             | تخریبی، کربناته و تبخیری  | سیلیسی تخریبی، مخلوط سیلیسی تخریبی با تبخیری و تبخیری                              |
| کانی‌های تخریبی    | کوارتز، فلدسپات، میکا، منیتیت، هماتیت، آمفیبول، پیروکسن، کاتولینیت و ایلیت                        | کوارتز، آلبیت، آنورتیت، مسکویت، کلریت و ایلیت                                      |
| کانی‌های غیرتخریبی | کلسیت و به‌ندرت آراگونیت، ژپس، هالیت، انیدریت، پلی‌هالیت، کارنالیت، تناردیت، باسانیت و هگزاهیدریت | هالیت، ژپس، کلسیت، باسانیت، کارنالیت، کارنالیت آمونیم، سیلویت، کلرید منیزیم پتاسیم |

### رسوب‌شناسی و کانی‌شناسی

رسوبات تشکیل‌دهنده پلاياها بر اثر فرایندهای رسوبی حاکم بر آن کنترل می‌شود (لانگر و کر، ۱۹۶۶؛ لست، ۱۹۸۰). پلاياها معمولاً حاوی رسوبات تخریبی ریزدانه از قبیل رس یا سیلت، و رسوبات غیرتخریبی از قبیل تبخیری‌هاست (کوک‌ه و وارن، ۱۹۷۳). بر اساس مشاهدات صحرایی و بررسی نمونه‌های گرفته‌شده از بخش‌های مختلف پلايای حوض سلطان

و گرمسار، می‌توان سه منشأ تخریبی، کربناته و تبخیری برای رسوبات هر دو پلایا معرفی کرد. رسوبات هر دو پلایا طی سه مرحله سیلابی شدن با دریاچه لب‌شور، تبخیر و تغلیظ یونی با دریاچه شور و خشک‌شدگی تشکیل شده است که طی آن یک حوضه خشک ساخته شده و آب‌های زیرزمینی تنها منبع تغذیه‌کننده آن است.

### کانی‌شناسی رسوبات تخریبی

کانی‌های تخریبی موجود در پلایای حوض سلطان شامل کوارتز، فلدسپات، میکا، منیتیت، همتایت، آمفیبول، پیروکسن و کانی‌های رسی است. کوارتز فراوان‌ترین کانی موجود در سرتاسر مغزه‌های گرفته‌شده است. فلدسپات فراوانی کمتری دارد و در بسیاری از نمونه‌ها وجود ندارد. بالاترین میزان رسوبات تخریبی در حاشیه دریاچه، به‌ویژه بخش شمال‌غرب، غرب و جنوب‌غرب دریاچه است. با توجه به اینکه نمونه‌برداری در فصل مرطوب انجام شده است و به دلیل نبود تجهیزات لازم، امکان دسترسی به بخش شرقی دریاچه حوض سلطان وجود ندارد، لذا نمی‌توان در مورد پراکندگی رسوبات تخریبی در بخش شرقی این دریاچه اظهار نظر کرد. رسوبات تخریبی پلایای گرمسار شامل کانی‌های کوارتز، آلیت، آنورتیت، مسکویت و کانی‌های رسی است. در مطالعه پلایاهای کانی‌های رسی به دلیل تنوع کانی‌شناسی در منطقه منشأ، تغییرات هوازدگی و تغییرات اقلیم اهمیت زیادی دارد (پاردو و همکاران، ۱۹۹۹). اسمکتیت و ایلیت مهم‌ترین کانی‌های رسی معمول در پلایاهاست، اما کائولینیت و کلریت نیز در این مناطق رایج است (شافرنر، ۲۰۰۰). کانی‌های رسی پلایای حوض سلطان شامل کائولینیت (۷۸-۱۱٪) و ایلیت (۹۰-۱۰٪) است (کرینسلی، ۱۹۷۰). نتایج حاصل از تجزیه‌های اشعه ایکس رسوبات پلایای گرمسار حاکی از وجود کانی‌های رسی از قبیل کلریت و ایلیت است (جهانی، ۱۳۸۹: ۱۲).

### کانی‌شناسی رسوبات شیمیایی

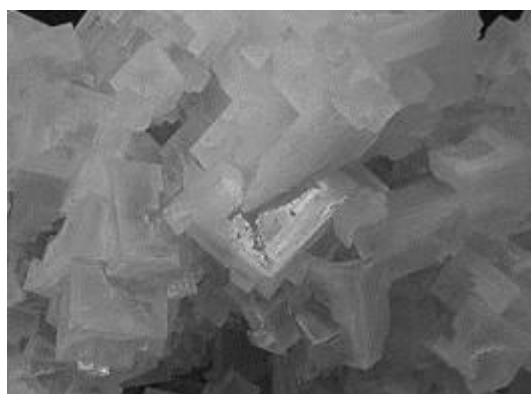
به‌طور کلی، در حوضه‌های بسته از جمله پلایاها و دریاچه‌های شور از حاشیه حوضه به سمت مرکز، ابتدا زون کربناته، سپس زون سولفات و در بخش‌های مرکزی و عمیق‌تر، زون کلروره ایجاد می‌شود (اوگستر و هاردای، ۱۹۷۸). خاستگاه کربنات‌ها در رسوبات دریاچه‌ای و پلایاها ممکن است تخریبی، آندوژنیک<sup>۱</sup> یا اتوژنیک<sup>۲</sup> باشد. کانی‌های کربناته به‌صورت نهشت غیرآلی، غیرآلی بیولوژیکی یا کاملاً به‌صورت نهشت آلی ایجاد می‌شود (لست و همکاران، ۱۹۹۴: ۲۷۴). بعد از ته‌نشست کانی‌های کربناته، به دلیل کاهش نسبت کلسیم/سدیم، سولفات‌ها ته‌نشین می‌شود. در بین کانی‌های سولفات، ژیبس و انیدریت معمول‌ترین فازهای موجود در طبیعت است که بر اساس گرما، فشار و شوری آب در حوضه‌های رسوبی به یکدیگر تبدیل می‌شود (کینسمن، ۱۹۷۴: ۲۵۶). در حوضه‌های بسته، پس از کربنات‌ها و سولفات‌ها، کلریدها در آخرین مرحله ته‌نشست می‌کند. هالیت جزء مهمی از تبخیری‌های پرکننده حوضه‌های بزرگ و کانی‌های تبخیری اصلی در دریاچه‌های نمکی و حوضچه‌های شور عهد حاضر است. تنوع زیادی از خصوصیات بافتی و لایه‌بندی در هالیت مشاهده می‌شود که غالباً تحت تأثیر محیط رسوبگذاری ایجاد می‌شود (واران، ۲۰۱۰: ۲۵۷). رسوبات شیمیایی پلایای حوض سلطان شامل کانی‌های کربناته (کلسیت و به‌ندرت آراگونیت) و تبخیری (ژیبس، هالیت، باسانیت، پلی‌هالیت، کارنالیت، تئاردیت و هگزاهیدریت) است. هالیت کانی کلرید غالب است و در همه اعماق وجود دارد. کلسیت به‌صورت سیمان در بادبزن‌های آبرفتی و به‌طور پراکنده در ریبیل مارک‌های ماسه‌ای وجود دارد. کانی‌های سولفات دریاچه حوض سلطان به‌صورت ژیبس و به‌ندرت پلی‌هالیت، باسانیت و گاه انیدریت وجود دارد. در پهنه ماسه‌ای ژیبس به‌صورت بلورهای منشوری نیمه‌شفاف با جلای شیشه‌ای به رنگ‌های سفید، خاکستری و قهوه‌ای متمایل به زرد وجود دارد. قطر بلورهای ژیبس بین ۵۰-۱۳۰ میکرون متغیر است. بلورهای ژیبس با ماکل دم‌پرستویی نیز وجود دارد (شکل ۲). باسانیت به رنگ سفید متمایل به زرد و به شکل پودر، به‌صورت بلورهای حلقوی ریز در نتیجه آزدایی ژیبس در افق‌های مربوط به دوره‌های خشک تشکیل شده (فیاضی، ۱۹۹۱: ۴۸) و معمولاً همراه با ژیبس است. هالیت رخساره سنگی قشر سطحی دریاچه با وسعت ۷۹ کیلومتر مربع است که عمدتاً در مرکز بخش غربی و به‌طور جزئی در بخش شرقی دریاچه وجود دارد. دو نوع اصلی هالیت در دریاچه وجود دارد: هالیت توده‌ای و نیمه‌خودشکل که بخش عمده پهنه نمکی را

1. Endogenic
2. Autogenic

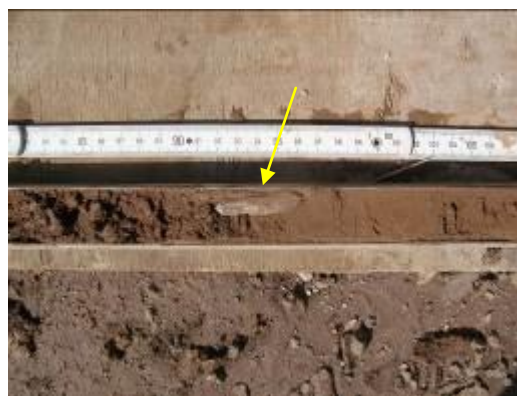
می‌پوشاند و مکعب‌های هوپر هالیت که در ماتریکس گلی خاکستری و قرمز پراکنده است. بلور هوپر در کف حوضه هسته مناسبی برای رشد لامینه‌های هالیت می‌شود (شکل ۳) (واران، ۲۰۱۰: ۲۲۳). پلی‌هالیت کانی هم‌زمان با رسوبگذاری و نسبت به سیلویت و کارنالیت پایدارتر است (شربیر و تبخ، ۲۰۰۰). پلی‌هالیت به رنگ سفید، بیرنگ، خاکستری، قرمز، قرمز آجری یا صورتی معمولاً همراه هالیت، انیدریت، کارنالیت و سیلویت مشاهده می‌شود. کارنالیت، در اندازه ماسه و به رنگ‌های سفید، قرمز، صورتی متمایل به زرد و قهوه‌ای تیره در شرق و جنوب‌شرق بخش غربی پلایای حوض سلطان وجود دارد. کارنالیت معمولاً با سیلویت، کبیریت، هالیت و پلی‌هالیت همراه است. میان‌بارهای موجود در بلورهای کارنالیت مؤید ترکیب تماس آب‌های عمقی حوضه با اتمسفر است (فیاضی، ۱۹۹۱: ۶۱). تناردیت، معمولاً به صورت انبوه‌هایی با بلورهای توده‌ای و به رنگ‌های خاکستری، سفید، بی‌رنگ، سفید متمایل به قهوه‌ای و در پهنه ماسه‌ای پلایای حوض سلطان تشکیل شده است. این کانی معمولاً با هالیت، ژیبس، گلوپریت و ترونا همراه است. هگزا‌هیدریت به رنگ‌های سفید، سفید متمایل به سبز و بی‌رنگ در تعدادی از نمونه‌های بخش جنوب شرق پلایای حوض سلطان یافت شده است.

رسوبات تبخیری موجود در پلایای گرمسار را می‌توان به دو دسته رسوبات تبخیری قدیمی و جدید تقسیم کرد. رسوبات تبخیری قدیمی به‌طور عمده به سازندهای قرمز پایینی و قرمز بالایی، کند، قم و گنبد‌های نمکی وابسته است. زمان مناسب برای آغاز تشکیل گنبد‌ها و زبانه‌های نمکی پلیوسن پیشین بوده است (اسدیان و همکاران، ۱۳۸۶: ۷۹؛ آرین، ۱۳۸۸: ۱۱۳). رسوبات تبخیری جدید (برجا) بیشتر در پلایای گرمسار و پلایای ده‌نمک و به مقدار کمتر در داخل رودخانه‌های شور تشکیل می‌شود. رسوبات تبخیری قدیمی در فرسایش و انحلال به‌ویژه در زمان‌های سیلابی به‌سوی پلایا حمل و طی مراحل بعدی رسوبگذاری می‌شود. فرسایش سازندهای موجود در ناحیه گرمسار شدید است و به شکل‌های گوناگون دیده می‌شود. دلیل این امر، به‌طور عمده، نوع لیتولوژی سازندهای یادشده است که بیشتر از نهشته‌های شیل، مارن و تبخیری ساخته شده است.

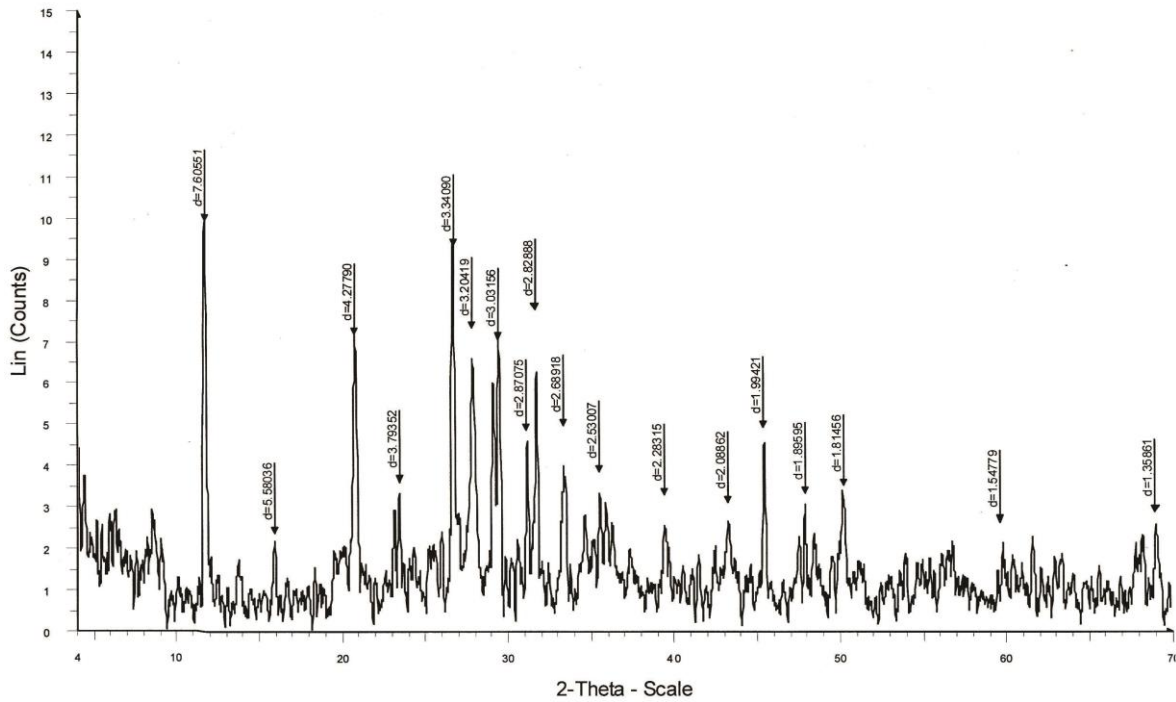
بررسی‌های گسترده صحرائی و آزمایشگاهی نشان می‌دهد که رسوبات پلایای گرمسار از سه دسته رخساره‌ای شامل سیلیسی تخریبی، مخلوط سیلیسی تخریبی با تبخیری و تبخیری در پهنه‌های وابسته به زیرمحیط‌های پلایا پدید آمده است. پهنه‌های رسوبی و رخساره‌های وابسته به آن‌ها از تقسیم‌بندی‌ها و مدل‌های متداول پژوهشگران این امر تبعیت می‌کند (کندال، ۱۹۹۲: ۳۷۵-۴۰۹). نتایج به‌دست‌آمده نشان می‌دهد که عمده کانی‌های وابسته به پهنه‌های گلی، گلی‌نمکی و نمکی پلایای گرمسار شامل هالیت، ژیبس، کلسیت، باسانیت، کارنالیت، کارنالیت آمونیم، سیلویت، کلرید منیزیم پتاسیم، کوارتز، آلبیت، آنورتیت، مسکویت، کلریت و ایلیت بوده است. نمونه‌ای از نمودار XRD پلایای حوض سلطان و گرمسار در شکل ۴ ارائه شده است. هالیت، ژیبس و سایر کانی‌های تبخیری ساخت‌ها و بافت‌های گوناگونی را نشان می‌دهد. این امر نتیجه عوامل مختلفی است، از قبیل میزان و نوع شورابه، زمان تبلور، تأثیر آب‌های سطحی و زیرسطحی و باد. هالیت در پلایای گرمسار به شکل‌های مختلف از قبیل پوسته‌ای، جناغی، رشته‌ای، مویی، استوانه‌ای تا قیفی، گلوله‌ای و گل‌کلمی دیده می‌شود (شکل ۵).



شکل ۳. بلورهای هوپر هالیت

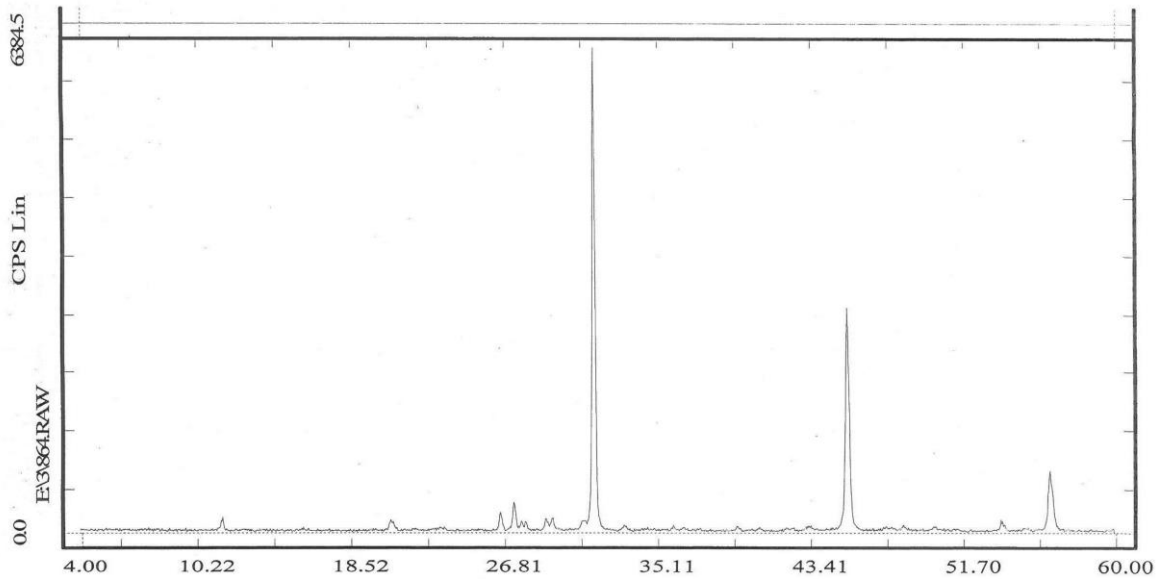


شکل ۲. بلور ژیبس خودشکل دارای ماکل دم‌پرستویی



File: 89-1394.raw - Type: 2Th/Th locked - Start: 4.000 - End: 70.000 - Step: 0.020 - Step time: 1. s - Temp.: 25 C (Room) - Time Started: 41 s - 2-Theta: 4.000 - Theta: 2.000 - Chi: 0.00 - Phi: 0.0  
Operations: Smooth 0.150 Import

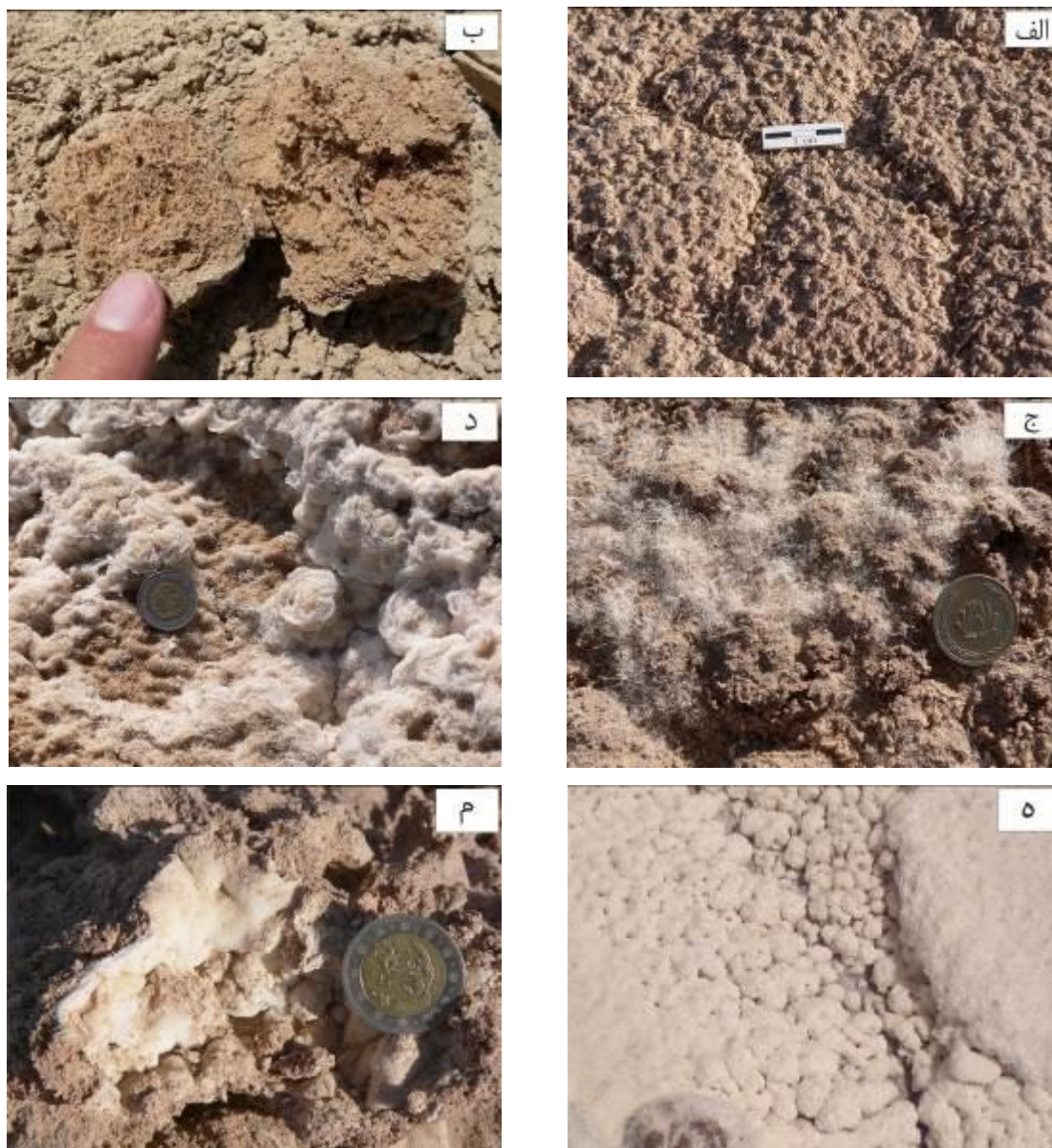
شکل ۴. الف) نمونه‌ای از نمودار XRD کانی‌های بررسی شده در پلایای حوض سلطان



|   |  |   |                |
|---|--|---|----------------|
| Sample:<br>SF1                              | Major Phase(s)<br>Halite (05-0628)<br>NaCl | Minor Phase(s)<br>Gypsum (33-0311)<br>CaSO <sub>4</sub> , 2H <sub>2</sub> O<br>Quartz (33-1161)<br>SiO <sub>2</sub> | Trace Phase(s) |
| Date:<br>7/06/2009                          |  | Anorthite (18-1202)<br>(Ca, Na)(Si,Al) <sub>4</sub> O <sub>8</sub>  |                |
| kV = 40<br>mA = 30<br>Ka. = Cu<br>Fil. = Ni |  | Calcite (05-0586)<br>CaCO <sub>3</sub>  |                |

شکل ۴. ب) نمونه‌ای از نمودار XRD کانی‌های بررسی شده در پلایای گرمسار

رخساره‌های تبخیری موجود پلایاها و دریاچه‌های شور از دو مدل «چشم‌گاوی» و «قطره‌اشکی» تبعیت می‌کند. در صورتی که زون‌بندی کانی‌ها به صورت کاملاً متحدالمرکز باشد (یعنی، ته‌نشست نمک‌های با حداقل قابلیت انحلال در حاشیه پلایا و نمک‌های با حلالیت بالا در مرکز حوضه)، رسوبگذاری کانی‌ها از مدل چشم‌گاوی تبعیت می‌کند. این مدل بیشتر در حوضه‌های کاملاً بسته ایجاد می‌شود، در حالی که مدل قطره‌اشکی شاخص حوضه‌های محدود با ارتباط تقریباً موقت با اقیانوس باز است و در آن نمک‌های با حلالیت بیشتر در دورترین فاصله از ورودی حوضه یافت می‌شود (تاگر، ۲۰۰۳: ۳۶۵-۳۶۶). با توجه به وجود جبهه خروجی در بخش شرقی، در زمان بالا آمدن آب در دریاچه حوض سلطان و سرریز آن به دریاچه قم، نمی‌توان این حوضه را حوضه رسوبی کاملاً بسته در نظر گرفت؛ لذا، می‌توان گفت که رخساره‌های تبخیری موجود در دریاچه حوض سلطان با مدل «قطره‌اشکی» مطابقت دارد.



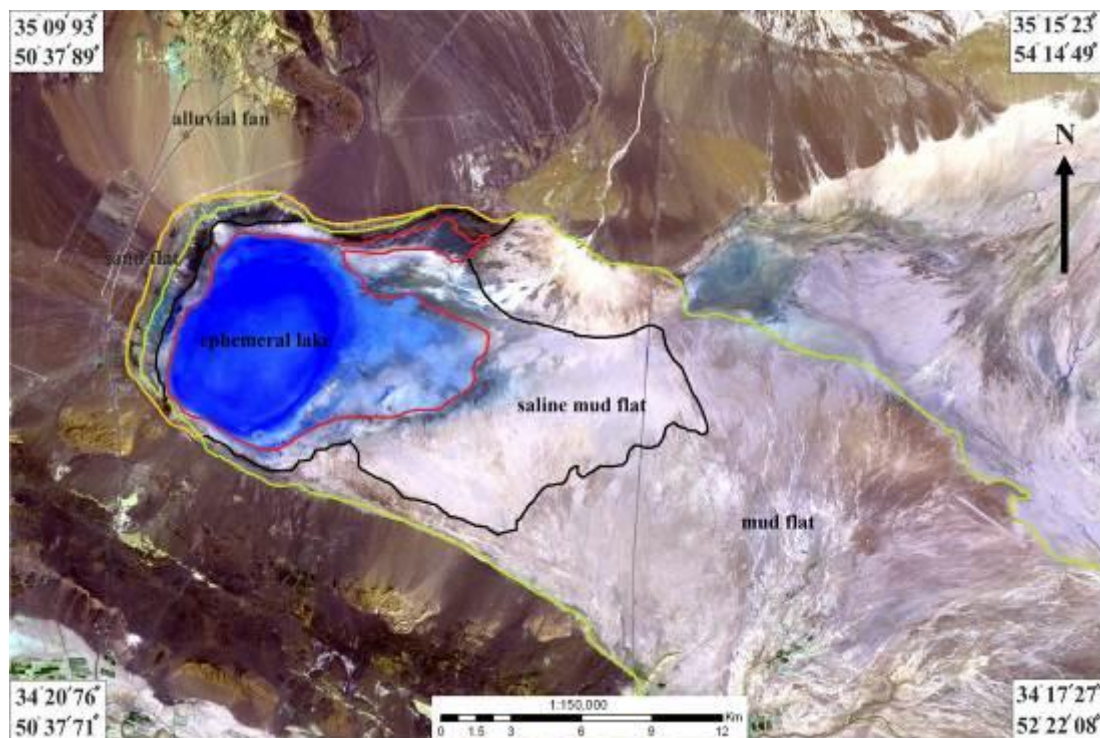
شکل ۵. شکل‌های گوناگون تبلور هالیت در پلایای گرمسار. الف) تبلور پوسته‌ای همراه ترک‌های وابسته به زیرمحیط پهنه نمکی، ب) پوسته نمکی از عمق ۱۰ سانتی‌متری از زیرمحیط پهنه نمکی که در آن اشکال جناغی همراه با آثار انحلال دیده می‌شود، ج) رشد هالیت به شکل‌های رشته‌ای تار مویی در سطح رسوبات زیرمحیط پهنه گلی نمکی در اثر بالا آمدن شورابه بین منفذی به سبب تبخیر و خاصیت موینگی، د) تبلور هالیت گل‌سرخ در یکی از رودخانه‌های منتهی به پلایای گرمسار، ه) تبلور هالیت به شکل گل‌کلمی، م) سیمان هالیت به صورت پرکننده فضاهای خالی رسوبات

## رخساره‌ها و زیرمحیط‌های رسوبی

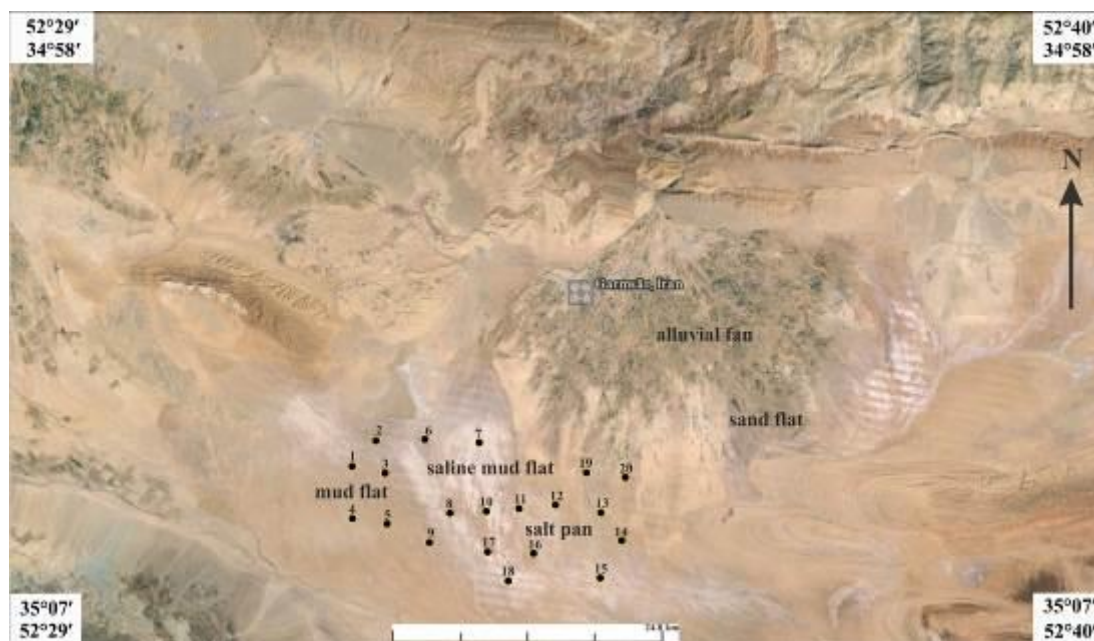
زیرمحیط‌های رسوبی پلایا از ارتفاعات به سمت مرکز حوضه شامل بادبزنی آبرفتی و پهنه ماسه‌ای، پهنه گلی، پهنه گلی نمکی، پهنه نمکی، دریاچه موقت و دریاچه دائمی است (هواری و همکاران، ۲۰۱۴). شکل ۶ زیرمحیط‌های رسوبی پلایای حوض سلطان و گرمسار را نشان می‌دهد. لازم به ذکر است که محدوده‌های تعیین شده فقط برای زمان خاصی معتبر است، زیرا وسعت محدوده‌ها برحسب شرایط اقلیمی در زمان‌های مختلف متغیر است. مرز این زیرمحیط‌ها معمولاً تدریجی است. به دلیل تعداد زیاد مغزه‌های تهیه شده از بستر دریاچه حوض سلطان (نه مغزه) و به منظور تعیین چرخه رسوبی و دوره‌های خشکسالی و ترسالی، در ادامه به توصیف صرفاً رخساره‌ها و زیرمحیط‌های رسوبی یک مغزه به شماره HS4 و مربوط به بخش غربی پلایا، با عمق بیشینه ۳۰۰ سانتی‌متر می‌پردازیم. مشخصات کلی این مغزه در جدول ۲ و ستون چینه‌شناسی، زیرمحیط رسوبی، دانه‌بندی و تراز آب پلایای حوض سلطان در شکل ۷ ارائه شده است.

محدوده بادبزنی آبرفتی و پهنه ماسه‌ای پلایای حوض سلطان، اطراف دریاچه به سمت جنوب را دربرمی‌گیرد. رسوبات این پهنه غالباً در اندازه ماسه درشت تا ریز است. تقریباً ۶۰-۷۰ درصد این پهنه ترکیبی از بلورهای دیسکی شکل و خودشکل ژئیس به رنگ‌های خاکستری متمایل به قهوه‌ای و سفید است. در بخش جنوبی دریاچه، رپیل مارک‌های ماسه‌ای با ارتفاع بیشینه ۲۰۰ سانتی‌متر در نتیجه وزش بادهای به سمت جنوب تجمع یافته است (شکل ۸ الف). بادبزنی آبرفتی حبلرود بزرگ‌ترین بادبزنی آبرفتی در ناحیه گرمسار و ترکیبی از نهشته‌های جریان‌های خرده‌دار (کنگلوما با برتری ماتریکس و جورشدگی بد) و رودخانه‌های بریده‌بریده کم‌عمق است (پشته‌های طولی درشت‌دانه با رسوبات بین سدی ریزدانه که به ترتیب در زمان سیلابی شدن و کاهش سرعت سیلاب تشکیل شده) (شکل ۸ ب).

پهنه گلی با شورابه اشباع نمی‌شود و با ترک‌های گلی چندوجهی و قشرهای نمکی نازک قهوه‌ای‌رنگ مشخص می‌شود که در نتیجه تکرار دوره‌های ترسالی و خشکسالی ایجاد شده است. پهنه گلی پلایای حوض سلطان ترکیبی از رسوبات بسیار ریز، سیلت، رس، بلورهای ژئیس و هالیت همراه با ساختمان‌های رسوبی از قبیل ترک‌های گلی و توده‌های ماسه‌ای بادی است (شکل ۹ الف). پهنه گلی در پلایای گرمسار که با گستردگی زیاد و به صورت حلقه‌ای در حاشیه بیرونی پهنه گلی نمکی قرار دارد، ترکیبی از رسوبات ریزدانه در اندازه سیلت و رس است (شکل ۹ ب).



شکل ۶. الف) تفکیک زیرمحیط‌های رسوبی پلایای حوض سلطان (تصویر مربوط به دوره پربابی) (LANDSAT, 2004)



شکل ۶. ب) تفکیک زیرمحیط‌های رسوبی پلایای گرمسار (Google Earth, 2012)

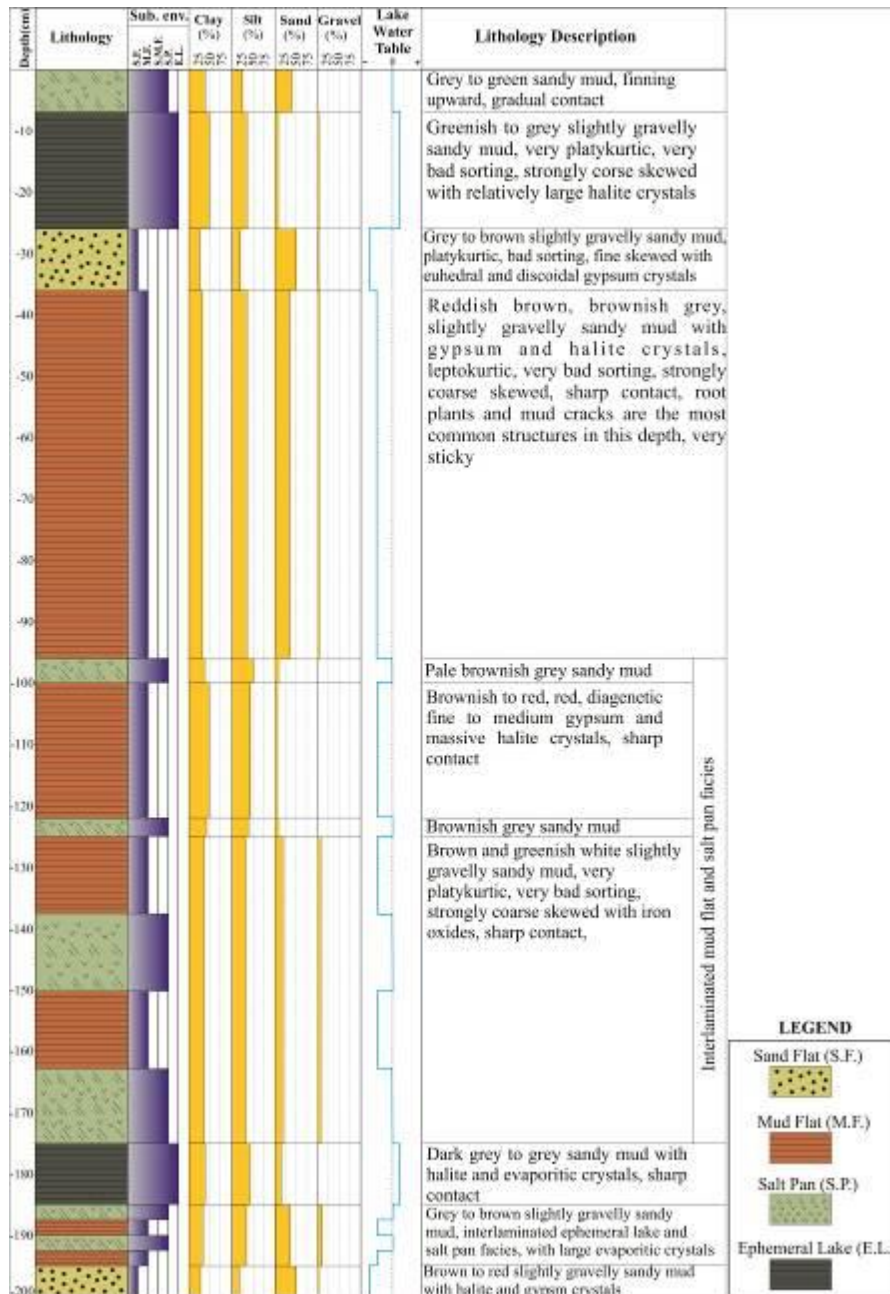
جدول ۲. مشخصات کلی مغزه‌های گرفته‌شده از دریاچه حوض سلطان

| شماره مغزه                              | HS4  |
|---|--|
| طول جغرافیایی                           | ۳۴° ۵۹' ۴۹"  |
| عرض جغرافیایی                           | ۵۰° ۵۳' ۱۹"  |
| طول مغزه (سانتی‌متر)                    | ۳۰۰  |
| تیپ رسوب                                | گل‌ماسه‌ای و گل‌ماسه‌ای با کمی گراول   |
| انواع زیرمحیط‌های رسوبی از سطح به عمق   | دریاچه موقت، پهنه ماسه‌ای، پهنه گلی، پهنه گلی نمکی، پهنه نمکی، پهنه گلی، پهنه گلی نمکی، پهنه گلی |
| زیرمحیط‌های رسوبی کنونی مغزه برداری شده | پهنه گلی   |
| کانی‌های مشاهده‌شده                     | کوارتز، ژئیس، کلسیت، هالیت و کانی‌های رسی در مقادیر کم   |

پهنه گلی نمکی، که در حاشیه دریاچه موقت تشکیل می‌شود، شامل سطحی نرم، خشک و گل‌کلمی شکل است (شکل ۱۰ الف). رسوبات این پهنه، ترکیبی از سیلت رسی دارای خاصیت پلاستیکی و کانی‌های تبخیری (عمدتاً هالیت و ژئیس) است که معمولاً به رنگ قرمز قهوه‌ای یا سیاه دیده می‌شود. قطر چندوجهی‌های هالیت پلایای حوض سلطان تقریباً ۶ متر است، اما در حاشیه جنوب شرق این پلایا قطر بیش از ۵۰ متر هم گزارش شده است (کرینسلی، ۱۹۷۰: ۵۹). در پلایای گرمسار پایین بودن سطح آب زیرزمینی در حاشیه‌های بیرونی پهنه گلی نمکی احتمالاً سبب افزایش تبخیری‌هایی در منطقه وادوز شده است. پوسته‌های نمکی شوره زده در پهنه گلی نمکی پلایای گرمسار به‌طور عمده با شورابه‌های زیرزمینی نزدیک به سطح این پهنه تشکیل شده است. این پوسته‌ها به واسطه سیلاب‌های سطحی ممکن است به‌طور مکرر تحت تأثیر فرایند انحلال قرارگیرد (شکل ۱۰ ب). تی‌پی ساختمان رسوبی شاخص در پهنه گلی نمکی است که به‌صورت سطوح چندوجهی ناشی از ترک‌های گلی به‌رنگ خاکستری و نفوذ شورابه در اثر خاصیت مویبندی در بین ترک‌های آن است (۱۱ الف و ب).

پهنه نمکی پلایای حوض سلطان شامل مناطق معمولاً خشک است و با رسوبات (سیلت و رس تا ماسه‌های ریز گل‌دار) و نمک (عمدتاً متشکل از لایه‌ای کلرور سدیم) پوشیده شده است. پهنه نمکی و دریاچه موقت بر اساس دوره‌های خشک و تر به یکدیگر تبدیل می‌شود. بخش مرکزی این پلایا پوششی از قشرهای نمک تبلور یافته با لایه‌بندی ضعیف و شفاف است که تقریباً ۲۴٪ سطح پلایا را دربرمی‌گیرد (کرینسلی، ۱۹۷۰: ۱۸۶). متداول‌ترین عارضه موجود در این پهنه، سطوح گل‌کلمی است که بخش عمده پهنه نمکی را می‌پوشاند (شکل ۱۲ الف). پهنه نمکی پلایای گرمسار پست‌ترین

بخش این حوضه رسوبی و منطقه‌ای است که در فصول خشک با لایه‌هایی از نهشته‌های تبخیری پوشیده می‌شود و در فصول مرطوب به صورت دریاچه موقت درمی‌آید. این زیرمحیط در اطراف با پهنه گلی نمکی احاطه شده می‌شود که با پوششی از پوسته‌های نمکی شور زده مشخص است (شکل ۱۲ ب). زیرمحیط پهنه نمکی پس از خشک‌شدگی به‌طور اولیه سفیدرنگ است، ولی گردوغبار ناشی از وزش باد و چسبیدن آن به سطوح مرطوب بلورهای نمک سبب می‌شود که پوشش‌های نمکی این زیرمحیط با گذشت زمان تیره‌رنگ‌تر شود (واران، ۲۰۱۰: ۲۴۲). شباهت‌ها و تفاوت‌های زیرمحیط‌های شناسایی‌شده هر دو پلایا در جدول ۳ ارائه شده است.



شکل ۷. ستون چینه‌شناسی، زیرمحیط رسوبی، دانه‌بندی، نوسان تراز آب دریاچه و توصیف کلی مغزه HS4



شکل ۸. ب) بخشی از بادبزن ابرفتی حبله رود در پلایای گرمسار



شکل ۸. الف) ریپل مارک‌های ماسه‌ای در بخش جنوبی پلایای حوض سلطان



شکل ۹. ب) ترک‌های گلی چندوجهی در پهنه گلی پلایای گرمسار



شکل ۹. الف) ترک‌های گلی چندوجهی در پهنه گلی پلایای حوض سلطان



شکل ۱۰. ب) زیرمحیط پهنه گلی نمکی در خاور پلایای گرمسار



شکل ۱۰. الف) سطح نرم، خشک و گل‌کلی شکل در پهنه گلی نمکی دریاچه حوض سلطان

### نتیجه‌گیری

رسوبات پلایای حوض سلطان شامل رسوبات تخریبی و شیمیایی (کربناته و تبخیری) است. رسوبات بخش مرکزی حوض هر دو پلایا تقریباً تماماً شیمیایی و رسوبات حاشیة حوضه تخریبی- شیمیایی است. رخساره‌های تبخیری موجود در پلایای حوض سلطان تقریباً با مدل «قطره‌اشکی» مطابقت دارد. رسوبات پلایای گرمسار به سه رخساره سیلیسی تخریبی، مخلوط سیلیسی تخریبی با تبخیری و تبخیری تقسیم می‌شود. رسوبات هر دو پلایا طی سه مرحله سیلابی شدن با دریاچه لب‌شور، تبخیر و تغلیظ یونی با دریاچه شور و خشک‌شدگی تشکیل شده است که طی آن حوضه‌ای خشک ساخته شده و آب‌های حاصل از سیلاب و نیز آب‌های زیرزمینی منابع تغذیه‌کننده آن است.

نبود کانی سیلویت در نمونه‌های آنالیز شده در پلایای حوض سلطان، به دلیل کم بودن مقدار پتاسیم در شورابه این پلایاست، به طوری که همه پتاسیم موجود به صورت کارنالیت ته نشین شده است. کم بودن این کاتیون را می توان به نبود فلدسپات‌های آلکالن در حوضه زهکش دریاچه حوض سلطان یا جذب آن در کانی‌های رسی نسبت داد. وجود کانی‌های سولفات- از جمله ژپس، تاردیت، باسانیت، انیدریت، پلی‌هالیت و هگزا هیدریت- با فراوانی نسبتاً زیاد در هر دو پلایا را می توان با لیتولوژی سازند قم در ارتباط دانست که منشأ اصلی سولفات در این دو منطقه است. هالیت توده‌ای و سابه‌درال، به صورت قشری پف کرده، بخش مرکزی هر دو پلایا را می پوشاند. در پلایای حوض سلطان، هالیت به صورت بلورهای هوپر جانشینی در سرتاسر ماتریکس کربناته وجود دارد. در پلایای گرمسار، هالیت به شکل‌های مختلف از قبیل پوسته‌ای، جناغی، رشته‌ای، مویی، استوانه‌ای تا قیفی، گلوله‌ای و گل کلمی دیده می شود.

کانی ژپس در پلایای حوض سلطان در حواشی دریاچه به صورت ریپل مارک‌ها و در زیر قشر نمک به صورت لایه‌ای با ضخامت کمتر از چند سانتی‌متر وجود دارد. همچنین، در این حوضه، ژپس، معمولاً، به صورت بلورهای دیسکی شکل در لایه‌ها و به صورت بلورهای منشوری جانشین در داخل ماتریکس گلی مشاهده می شود. در پلایای گرمسار ژپس بیشتر به صورت بلورهای منفرد و دوقلو دیده می شود.

کلسیت در حواشی بیرونی‌تر پلایای حوض سلطان به صورت زیر گسترش دارد: باسانیت همراه با ژپس، کارنالیت که در بسیاری از نمونه‌های رسوبات این پلایا در بخش بیرونی پهنه نمکی همراه با هگزا هیدریت و پلی‌هالیت است و در نهایت، هگزا هیدریت در نمونه‌های بخش شمال شرق و جنوب شرق پلایا. کانی‌های تخییری به طور عمده در پهنه‌های نمکی و پهنه‌های گلی- نمکی و کانی‌های تخریبی به طور عمده در سایر پهنه‌های رسوبی گسترش دارد.



شکل ۱۱. ب) ساختار تی پی در پهنه گلی نمکی پلایای گرمسار



شکل ۱۱. الف) ساختار تی پی در پهنه گلی نمکی پلایای حوض سلطان



شکل ۱۲. ب) نمای نزدیک از کفه‌های نمکی در پهنه نمکی پلایای گرمسار



شکل ۱۲. الف) سطوح گل کلمی موجود در پهنه نمکی پلایای حوض سلطان

## جدول ۳. مشخصات کلی زیرمحیط‌های رسوبی گرفته‌شده از پلایای حوض سلطان و گرمسار

| پلایای رسوبی                  | پلایای حوض سلطان   | پلایای گرمسار  |
|-------------------------------|--|--|
| بادبزین آبرفتی و پهنه ماسه‌ای | رسوبات غالباً در اندازه ماسه درشت تا ریز؛ بلورهای دیسکی شکل و خودشکل ژپیس به رنگ‌های خاکستری متمایل به قهوه‌ای و سفید؛ وجود ریپل مارک‌های ماسه‌ای با ارتفاع بیشینه ۲۰۰ سانتی‌متر؛ کانی‌های تبخیری (معمولاً هالیت) به دلیل وجود املاح موجود در آب‌های سطحی و زیرزمینی و تبخیر آن‌ها به صورت پرکننده فضای بین ذرات، به مقدار خیلی کم در بعضی بخش‌ها مشاهده می‌شود. | ترکیبی از نهشته‌های جریان‌های خرده‌دار (کنگلوامرا با برتری ماتریکس و جورشدگی بد) و نهشته‌های رودخانه‌های بریده‌بریده (پشته‌های طولی درشت‌دانه با رسوبات بین سدی ریزدانه که به ترتیب در زمان سیلابی شدن و کاهش سرعت سیلاب تشکیل شده است)؛ بادبزین آبرفتی‌های این حوضه دارای نفوذپذیری زیادی است.  |
| پهنه گلی                      | ترکیبی از رسوبات بسیار ریز، سیلت، رس، بلورهای ژپیس و هالیت در حاشیه بیرونی پهنه گلی نمکی همراه با ساختمان‌های رسوبی ناشی از تناوب دوره‌های خشک و تر از قبیل ترک‌های گلی و توده‌های ماسه‌ای بادی  | شامبه بیرونی پهنه گلی نمکی همراه با ساختمان‌های رسوبی ناشی از تناوب دوره‌های خشک و تر از قبیل ترک‌های گلی، همچنین گسترش افقی‌های خاک ناشی از هوازدگی پوسته‌های نمکی شورزده و تشکیل شده از شورابه‌های زیرزمینی نزدیک به سطح این پهنه؛ قطر چندوجهی‌های هالیت پلایای گرمسار، در حد سانتی‌متر تا چند متر است؛ چندوجهی‌ها غالباً فرم و شکل کاملی ندارد؛ وجود ساختمان‌تی‌پی به صورت سطوح چندوجهی ناشی از ترک‌های گلی به رنگ خاکستری و نفوذ شورابه در اثر خاصیت مویینگی در بین ترک‌های آن |
| پهنه گلی نمکی                 | رسوبات غالباً ترکیبی از سیلت رسی دارای خاصیت پلاستیکی و کانی‌های تبخیری (عمدتاً هالیت و ژپیس) معمولاً به رنگ قرمز قهوه‌ای یا سیاه؛ قطر چندوجهی‌های هالیت پلایای حوض سلطان تقریباً ۶ متر است؛ وجود ساختمان تی‌پی به صورت سطوح چندوجهی ناشی از ترک‌های گلی به رنگ خاکستری و نفوذ شورابه در اثر خاصیت مویینگی در بین ترک‌های آن                                     | شامل رسوبات رسی دانه‌ریز دارای خاصیت پلاستیکی که سبب اتصال و استحکام ماسه‌های گل موجود در محل می‌شود؛ حاوی کانی‌های تبخیری درون‌رسوبی و پوسته‌های نمکی شورزده سطحی که بیشتر از آب‌های شور زیرزمینی حاصل شده است؛ متداول‌ترین عارضه موجود در این پهنه، سطوح گل کلمی است که بخش عمده پهنه نمکی را می‌پوشاند.   |
| دریاچه موقت                   | سطح ایستابی شورابه زیرزمینی در پوسته نمکی پلایا در مواقع آب‌وهوای خشک و عادی معمولاً در عمق ۱۰ تا ۳۰ سانتی‌متری سطح پوسته نمک قرار گرفته ولی در مواقع پرباران و شارژ غیرعادی، سطح آب بالا آمده است و در بعضی مناطق پلایا تشکیل دریاچه‌های کم‌عمق فصلی می‌دهد. رسوبات مربوط به این محیط شامل تناوب سیکل‌های تبخیری-تخریبی و غالباً تبخیری است.                    | منطقه‌ای که در فصول خشک با لایه‌هایی از نهشته‌های تبخیری پوشیده می‌شود و در فصول مرطوب به صورت دریاچه فصلی و شور درمی‌آید؛ این زیرمحیط در اطراف با پهنه گلی نمکی احاطه شده که با پوششی از پوسته‌های نمکی شورزده مشخص است.  |

زیرمحیط‌های رسوبی هر دو پلایا به ترتیب از بیرون به سمت مرکز حوضه شامل بادبزین آبرفتی، پهنه ماسه‌ای، پهنه گلی خشک، پهنه گلی نمکی، پهنه نمکی و دریاچه موقت است. تی‌پی ساختمان رسوبی شاخص پهنه گلی نمکی در هر دو پلایای مورد مطالعه است که به صورت سطوح چندوجهی ناشی از ترک‌های گلی به رنگ خاکستری و نفوذ شورابه

در اثر خاصیت مویینگی در بین ترک‌های آن است که به صورت کانی‌های تبخیری عمدتاً هالیت و به رنگ سفید دیده می‌شود.

در هر دو پلایا تناوب رسوبات تخریبی، شیمیایی و تبخیری مشاهده می‌شود که ناشی از تغییرات اقلیمی و محیط رسوبی در دوره هولوسن است.

## منابع

- اسدیان، ف.، پورکرمانی، م.، آرین، م. (۱۳۸۶). ژئومورفولوژی ساختارهای نمکی در گستره گرمسار- لاسجرد، فصلنامه پژوهش‌های جغرافیایی، ۶: ۷۵-۸۴.
- آرین، م. (۱۳۸۸). دیپایریسم و تکتونیک نمک، انتشارات آثار نفیس، مرکز پژوهشی زمین‌شناسی فرازمین، ۳۱۳ ص.
- آقاناتی، س.ع. (۱۳۸۳). زمین‌شناسی ایران، انتشارات سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، ۵۸۶ ص.
- پورمحمد، ف.، معتمد، ا. (۱۳۵۸). زمین‌شناسی شمال حوض سلطان (ارتفاعات علی‌آباد و کوشک نصرت)، مجله دانشکده علوم، (۱ و ۲): ۱-۶.
- ترشیزیان، ح. (۱۳۹۰). بررسی رسوب‌شناسی و زمین‌ریخت‌شناسی پلایای ساغند، ایران مرکزی، استان یزد، پژوهش‌های چینه‌نگاری و رسوب‌شناسی، ۲۷، شماره پیاپی ۴۲ (۲): ۱۳۷-۱۶۲.
- جهانی، د. (۱۳۸۹). رسوب‌شناسی و کانی‌شناسی پلایای گرمسار، دوفصلنامه تخصصی نمک، ۱: ۱-۱۶.
- حقی‌پور، ع. (۱۳۶۵). نقشه زمین‌شناسی تهران (مقیاس ۱:۲۵۰۰۰۰)، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور.
- سازمان هواشناسی کشور، آمار و اطلاعات (۱۳۸۷). به نشانی اینترنتی: <http://www.irimo.ir/far>.
- عبدی، ل.، رحیم‌پور بناب، ح. (۱۳۸۹). منشأ، هیدروژئوشیمی و نحوه تکامل شورابه در پلایای میقان اراک، پژوهش‌های چینه‌نگاری و رسوب‌شناسی، ۲۶، شماره پیاپی ۳۸ (۱): ۲۵-۴۲.
- لک، ر.، رضاییان لنگرودی، س. (۱۳۹۴). بازسازی محیط‌های رسوبی هولوسن دریاچه مهرلو با شواهد رسوب‌شناسی و کانی‌شناسی، فصلنامه کوآترنری ایران، (۱): ۸۳-۹۷.
- معتمد، ا.، پورمحمد، ف. (۱۳۵۶). بررسی زمین‌شناسی حوض سلطان، مجله دانشکده علوم، (۳ و ۴): ۱۱۹-۱۳۰.
- Abdi, L., Rahimpour-Bonab, H. (2010). Origin, hydrogeochemistry and brine evolution of Meyghan Playa, Arak, Stratigraphy and Sedimentology Researches, 26(1): 25-42. [in Persian]
- Amini, B., Emami, M.H. (1996). Aran geological map (Scale: 1:250000), Geological Survey of Iran, Tehran.
- Aqanabati, S.A. (2004). Geology of Iran, Geological Survey of Iran, 586p. [in Persian]
- Arian, M. (2009). Diapirism and salt tectonics, Farazamin Geology Research Center, Nafis Publications, 313 p. [in Persian]
- Asadian, F., Pourkermani, M., Arian, M. (2007). Tectonic geomorphology of salt structures in the Garmsar-Lasjerd area, Geographical Research Quarterly, 60: 75-84. [in Persian]
- Ballesteros, M.L., Miglioranza, K.S.B., Gonzalez, M., Fillmann, G., Wunderlin, Bistoni, M.A. (2014). Multimatrix measurement of persistent organic pollutants in Mar Chiquita, a continental saline shallow Lake, Science of the Total Environment, 490: 73-80.
- Briere, R.G. (2000). Playa, Playa Lake, Sabkha: proposed definitions for old terms, Journal of Arid Envrionments, 45: 1-7.
- Cooke, R.U., Warren, A. (1973). Geomorphology in deserts, University of California Press, Berkeley, 374 p.
- De Martonne, E. (1926). Une nouvelle fonction climatologique: Lindice daridite. La Meteorologie: 449-458.
- Eugster, H.P., Hardie, L.A. (1978). Saline Lakes, In Lerman A. (Ed.), Lakes, Chemistry, Geology and Physics, Springer Verlag: 237-293.
- Fayazi, F. (1991). Sedimentological studies in the Qom area: Ph.D. dissertation, Unpublished UEA, U.K.
- Fayazi, F., Lak, R., Nakhaei, M. (2007). Hydro-geochemistry and brine evolution of Maharlu saline Lake, Southwest of Iran, Carbonates and Evaporites, 22: 34-42.
- Guseva, N.V., Nalivyko, N.G., Kopylova, Y.G., Khvaschevskaya, A.A., Vaishlya, O.B. (2014). Chemical and microbial composition of Khakassia Saline lakes with regard to their ecological state, IERI Procedia, 8: 130-135.
- Gutiérrez, F., Valero-Garcés, B., Desir, G., González-Sampériz, P., Gutiérrez, M., Linares, R., Zarroca, M., Moreno, A., Guerrero, J., Roque, C., Arnold, L.J., Demuro, A. (2013). Late Holocene evolution of Playa Lakes in the central Ebro depression based on geophysical surveys and morpho-stratigraphic analysis of lacustrine terraces, Geomorphology, 196: 177-197.
- Haghipour, A.A. (1986). Tehran geological map (Scale: 1:250000), Geological Survey of Iran, Tehran. [in Persian]
- Hajian, J. (1996). Qom geological map (Scale: 1:250000), Geological Survey of Iran, Tehran.
- Howari, F.M., Banat, K.M., Abu-Salha, Y.A. (2014). Depositional and diagenetic processes of Qa Khanna Playa, North Jordan basaltic plateau, Jordan, Journal of Asian Earth Sciences, 39(4): 275-284.
- Jahani, D. (2010). Sedimentology and Mineralogy of Gramsar Playa, Specialty Semiannual Journal of Salt, 1(1): 1-16. [in Persian]
- Ke, L., Song, Ch. (2014). Remotely sensed surface temperature variation of an inland saline Lake over the central Qinghai-Tibet Plateau, ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, 98: 157-167.
- Kelts, K., Shahrabi, M. (1986). Holocene sedimentology of hypersaline Lake Urmia, northwestern Iran, Journal of Paleogeography, Paleoclimatology, Paleoecology, 54: 105-130.

- Kendall, A.C. (1992). Evaporite, in *Facies Models: Responses to sea level change*, edited by Walker, R.G. and James, N.P., Geological Association of Canada: 375-409.
- Kinsman, D.J.J. (1974). Evaporite deposits of continental margins, 4<sup>th</sup> Symposium on Salt, North Ohio Geological Society, 1: 255-259.
- Krinsley, D.B. (1970). *Geomorphological and paleo-climatological Studies of the Playa of Iran*: US Government Printing Office Washington D.C.: 20-402.
- Lak, R., Rezaeian Langeroudi, S. (2015). Holocene sedimentary environment of Maharlou Lake by sedimentological and mineralogical evidences, *Quaternary Journal of Iran*, 1(1): 83-97. [in Persian]
- Langer, A.M., Kerr, P.F. (1966). Mojave Playa crusts, Physical properties and mineral content, *Journal of Sedimentary Petrology*, 36: 377-396.
- Last, W.M. (1980). *Sedimentology and postglacial history of Lake Manitoba*, Ph.D. thesis, University of Manitoba, Winnipeg, 686 p.
- Last, W.M., Teller J.T., Forester, R.M. (1994). Paleohydrology and paleochemistry of Lake Manitoba, Canada: the isotope and ostracode records, *Journal of Paleolimnology*, 72: 269-282.
- Meteorological Organization of Iran (2008). *Statistics and Information*: www.irimo.ir.
- Motamed, A., Pourmotamed, F. (1977). Geological investigations of the Howz-e-Soltan salt Lake, *Bulletin of Faculty of Science, Tehran University*, 7(3,4): 119-130. [in Persian]
- Pardo, A., Adatte, T., Keller, G., Oberhansli, H. (1999). Palaeo-environmental changes across the Cretaceous-Tertiary boundary at Koshak, Kazakhstan, based on planktic foraminifera and clay mineralogy, *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 154: 247-273.
- Pourmotamed, F., Motamed A. (1979). Geology north of Hoz-e-Soltan, *Bulletin of Faculty of Science, Tehran University*, 1(1,2): 1-6. [in Persian]
- Qalamqash, J. (2000). *Saveh geological map (Scale: 1:250000)*, Geological Survey of Iran, Tehran.
- Rezaeian Langeroudi, S., Lak, R., Mahdlou Turkamani, S. (2013). Investigation of hydrogeochemical characteristics and groundwater quality of Hoz-e-Soltan Lake, *Journal of Tethys*, 1(3): 189-198.
- Roberts, N., Jones, N., Benkaddour, M.D., Eastwood, A., Filippi, W.J., Frogley, M.L., Lamb, M.R., Leng, H.F., Reed, M.J., Stein, J.M., Stevens, M., Valero-Garces, L., Zanchetta, B.G. (2008). Stable isotope records of Late Quaternary climate and hydrology from Mediterranean Lakes: the ISOMED synthesis, *Quaternary Science Reviews*, 27: 2426-2441.
- Schreiber, B.C., Tabakh, M.E. (2000). Deposition and early alteration of evaporites, *Sedimentology*, 47: 215-238.
- Shoffner, L.R. (2000). *The sedimentology, stratigraphy and chemistry of Playa Lake deposits resulting from Hurricane Nora in the Chapala basin, Baja California, Mexico*. M.Sc. Thesis, Miami University, Oxford, Ohio, 156 p.
- Sonnenfeld, P. (1991). Evaporite basin analysis. In Force, E.R., (ed.), *Sedimentary and Diagenetic Mineral Deposits: A basin analysis approach to exploration*: 159-169.
- Tagorti, M.A., Essefi, E., Touir, J., Guellala, R., Yaich, Ch. (2013). Geochemical controls of groundwaters upwelling in saline environments: Case study the discharge Playa of Sidi El Hani Sahel, Tunisia, *Journal of African Earth Sciences*, 86: 1-9.
- Torshizian, H. (2011). Sedimentology and geomorphology of Saghand Playa in Central Iran, *Stratigraphy and Sedimentology Researches*, 27(2): 137-162. [in Persian]
- Tucker, M.E. (2003). *Sedimentary rocks in the field*, John Wiley and Sons, New York, 234 p.
- Veerasingam, S., Venkatachalapathy, R., Ramkumar, T. (2014). Distribution of clay minerals in marine sediments off Chennai, Bay of Bengal, India: Indicators of sediment sources and transport processes, *International Journal of Sediment Research*, 29(1): 11-23.
- Warren, J.K. (2010). Evaporites through time: Tectonic, climatic and eustatic controls in marine and nonmarine deposits, *Earth-Science Reviews*, 98: 217-268.
- Yan, L., Zheng, M. (2015). Influence of climate change on saline lakes of the Tibet Plateau, *Journal of Geomorphology*, 246: 68-78.