IRANIAN SOCIETY of CRYSTALLOGRAPHY and MINERALOGY

Vol. 17, No. 1, Spring 1388/2009

IRANIAN JOURNAL of CRYSTALLOGRAPHY and MINERALOGY

Brains evolution and evaporate minerals formation in Saghand playa in central Iran, and compare with some saline lake in the world

H. Torshizian

Department of Geology, Islamic Azad University- Mashhad Branch, Iran
Email: h.torshizian @ yahoo.com

(Received: 11/4/2008, in revised form: 8/9/2008)

Abstract: Saghand playa is located about 150 km northeast of Yazd in central Iran. In order to study brine evolution and effect of brine origin on mineralogical distribution and hydrochemical characteristics of evaporate minerals for exploration, 21 samples were collected from different parts of this playa. The samples were analyzed using the XRD to determine mineralogical characterstics of the brine. Normalized XRF results were led to establish elemental analysis of the samples. Results were compared with data of Great Saline Lake, the Death Valley and the Great Salt pan in North the America. Cation and anion variations in the Saghand playa brine, hydrochemically and physicochemically are similar to the Great Saline Lake the brine type is Na-K-Mg-Cl-SO_4 as alkaline meteoric brine. Mineralogically, halite, gypsum and bazanite are the most frequent evaporite minerals in this playa which suggest higher Concentration in of Saghand playa brine in comparison with the other mentioned playa.

Keywords: *Playa – Brine – Saghand – Central Iran*

[Downloaded from ijcm.ir on 2025-07-06]

مجله بلورشناسی و کانی شناسی ایران

سال هفدهم، شمارهٔ ۱، بهار ۸۸، از صفحهٔ ۴۳ تا ۵۴

انجمن بلورشناسی و کانی شناسی ایران

تکامل شورابه‌ها و تشکیل کانی‌های تبخیری در پلایای ساغند ایران مرکزی، و مقایسهٔ آن با دریاچهٔ بزرگ نمک و حوضهٔ درهٔ مرگ در ایالات متحده

حبیب اله ترشیزیان

دانشگاه آزاد اسلامی مشهد، دانشکدهٔ علوم پایه، گروه زمین شناسی

پست الکترونیکی: h.torshizian @ yahoo.com

(دریافت مقاله: ۸۷/۱/۲۳، نسخه نهایی: ۸۷/۶/۱۸)

چکیده: پلایای ساغند ایران مرکزی، در ۱۵۰ کیلومتری شمال خاوری شهرستان یزد واقع شده است. به منظور بررسی روند تکاملی شورابه‌ها و تاثیر خاستگاه آنها بر تغییرات کانی‌شناسی و هیدروژئوشیمی پلایا، کانی‌های تبخیری با ارزش، ۲۱ نمونه شورابه به صورت سیستماتیک از بخش‌های مختلف پلایا برداشت شدند. نمونه‌های جمع آوری شده برای تعیین غلظت یون‌ها به روش فلوئورسانی پرتو ایکس (XRF) و تعیین ویژگی‌های کانی‌شناسی با استفاده از پراش پرتو ایکس (XRD) مورد بررسی قرار گرفتند. نتایج حاصل از این دستاوردها، با داده‌های مشابه آن از چند دریاچهٔ نمکی بزرگ دنیا از جمله دریاچهٔ نمکی بزرگ و حوضه‌های درهٔ مرگ ایالات متحده و نیز پهنهٔ نمکی بزرگ آمریکای شمالی، مقایسه شدند. نتایج تغییرات کاتیونی و آنیونی در شورابه‌های پلایای ساغند نسبت به دریاچه-های دیگر نشان داد که این شورابه‌ها از نظر ویژگی‌های هیدروژئوشیمیایی و فیزیکوشیمیایی به ویژه اسیدیته، مشابه دریاچهٔ نمکی بزرگ ایالات متحده بوده، و نوع شورابهٔ آن از نوع $Na\text{-}K\text{-}Mg\text{-}Cl\text{-}So_4$ یا شورابه‌های جوی قلیائی است، به طوریکه بیشینه غلظت یون‌های مربوط به کلر با ۴۱۸۲۸، سدیم ۲۵۵۳۸، وسولفات۲۱۴۸۲ میلی گرم در لیتر است. از دیدگاه کانی‌شناسی نیز هالیت، ژیپس، و باسانیت فراوانترین کانی تبخیری در این پلایا هستند که نشان‌دهندهٔ تکامل بالاتر شورابه‌های پلایای ساغند در مقایسه با پلایای دیگر است.

واژه‌های کلیدی: *پلایا، شورابه، ساغند، ایران مرکزی .*

مقدمه

از دیدگاه زمین‌شناسی آب پن (Pans)، پلایا، سالینا، و دریاچهٔ نمکی (Salt flat) مشابه‌اند و تفاوتشان در نوع مرزبندی آنهاست. این مناطق به علت تاثیر بر بوم‌شناسی، آب‌های زیرزمینی و فعالیت‌های اقتصادی در سراسر دنیا، محیط‌های مهمی محسوب می‌شوند [۱]. ژئوشیمی آب دریاچهٔ نمکی تحت تاثیر یک سیستم پیچیده شامل تهنشستی به وسیلهٔ آب‌های جوی، هوازدگی، آب‌های زیرزمینی، تبخیر، واکنش‌های انحلال-تهنشستی و فعالیت‌های زیستی قرار می‌گیرد. بررسی پلایاها شامل علوم مختلفی مانند آب‌شناسی [۲]کانی‌شناسی [۳] رسوب‌شناسی [۴، ۵] و ژئوشیمی آب شورابه [۶] است.

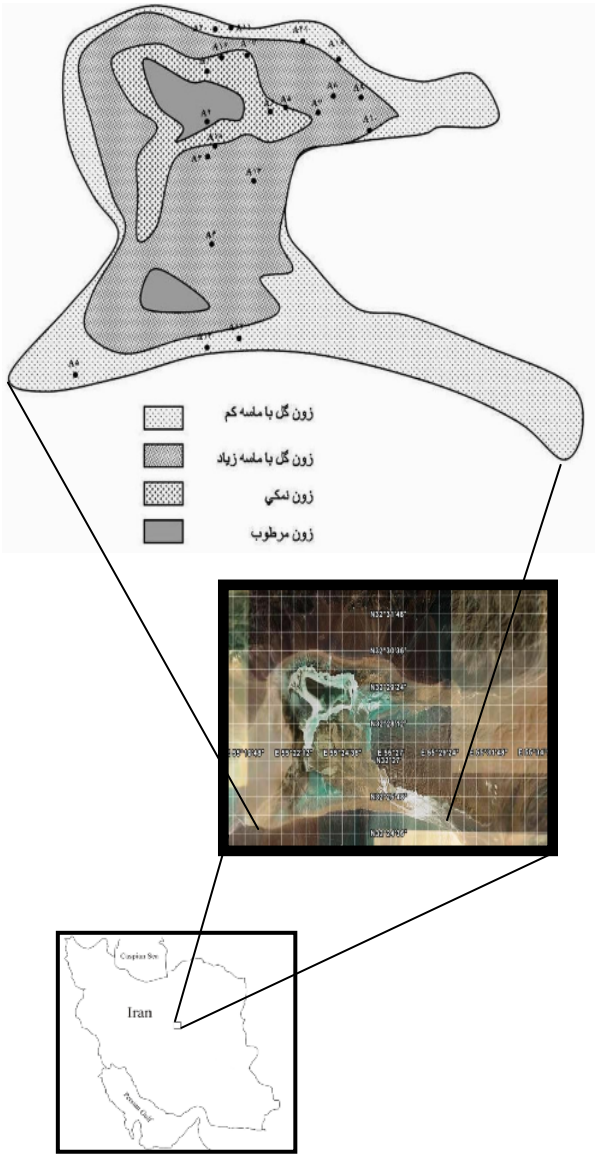
دریاچه‌های نمکی در سرتاسر جهان، و با توجه به شرایط مختلف آب و هوایی، تشکیل می‌شوند. چنین محیط‌هایی می-توانند در پیرامون بالا آمدگی قاره‌ای، بین کشیدگی حوضه‌ها در حوضه‌های درون قاره‌ای، و در پهنه‌های یخچالی شکل گیرند[۱]. عوامل زمین‌شناسی، آبشناسی، و چگونگی آب و هوا، فاکتورهای اصلی کنترل کننده در ایجاد چنین محیط‌هایی هستند، ولی از آنجاکه تبخیر (عامل آب و هوا) نقش مهمی در گسترش دریاچه‌های نمکی دارد، محیط‌های خشک و نیمه خشک بهترین مناطق در این زمینه محسوب می‌شوند [۷].

سه شرط اصلی برای تشکیل و باقی ماندن دریاچهٔ نمکی وجود دارند که عبارتند از: عدم وجود یا محدود بودن جریان خروجی آب از دریاچه، بالا بودن میزان تبخیر، و نزدیک بودن

[Downloaded from ijcm.ir on 2025-07-06]

دریاچه به جریان ورودی آب [۶]. با توجه به شرایط اقلیمی و چگونگی توپوگرافی در ایران، چنین محیط‌هایی به صورت گسترده در مرکز و خاور آن یافت می‌شوند [۸].

پلایای ساغند در ایران مرکزی، استان یزد، یکی از این پلایاهاست که ترکیب شورابه به منظور بررسی روند تکاملی و تاثیر خاستگاه بر نوع کانی‌های تبخیری حاصل، مورد بررسی قرار گرفته است. این پلایا در ۱۵۰ کیلومتری خاور یزد قرار دارد. نام این پلایا از روستایی به همین نام در منطقه اقتباس شده است. دریاچهٔ نمکی ساغند در گسترهٔ طول‌های جغرافیایی ´۲۰ °۵۵ تا ´۳۱ °۵۵ خاوری و عرض‌های جغرافیایی ´۸ °۳۲ تا ´۳۱ °۳۲ شمالی، مساحتی در حدود ۱۰۰ کیلومتر مربع را در بر می‌گیرد (شکل-۱). راه‌های دسترسی به این منطقه از باختر، و از طریق مسیر ساغند ـ یزد، و از جنوب مسیر ساغند ـ معدن چادرملوست. این گستره از نظر رده‌بندی آب و هوایی، از اقلیم صحرایی و گرم و خشک برخوردار است، به طوریکه بیشینه دمای ۵۰ درجه سانتیگراد در ماه‌های تیر و مرداد و کمینه دمای در حدود ۱۷ درجه سانتیگراد در ماه‌های دی و بهمن اندازه‌گیری شده است. میانگین بارندگی سالانه نیز در حدود ۴۰ میلیمتر و درجه رطوبت نسبی بین ۲۰ تا ۲۵ درصد و میزان تبخیر سالانه بیش از میزان بارندگی است و تا حدود ۷۰ میلیمتر در سال نیز می‌رسد [۹]. منابع آبی این منطقه را آب‌های سطحی رودخانه‌ای و آب‌های زیرزمینی تشکیل می‌دهند، ولی در مجموع، این گستره فاقد جریان‌های دائمی است و رودخانه‌ها از نوع فصلی هستند.



شکل ۱ موقعیت جغرافیائی و راه دسترسی به پلایای ساغند.

[Downloaded from ijcm.ir on 2025-07-06]

روش پژوهش

به منظور بررسی شورابه‌های پلایای ساغند، نخست کلیهٔ اطلاعات وابسته به موضوع پژوهش شامل مقالات، نقشه‌های توپوگرافی و زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ و ۱:۲۵۰۰۰۰ اردکان، عکس‌های هوایی ساغند در مقیاس ۱:۵۰۰۰۰ و تصاویر ماهواره‌ای و اطلاعات رقومی خام مربوط به ماهوارهٔ پژوهشی ASTER، جمع‌آوری و مورد بررسی قرار گرفتند. در نتیجه با بررسی اطلاعات رقومی و دورسنجی، نقشهٔ ریخت‌شناسی پلایا تهیه شد. با توجه به گسترش و وسعت زون نمکی پلایا، شبکه بندی مناسب به منظور نمونه‌برداری از شورابه‌های پلایا طراحی شد.

با اینکه کاملترین توالی شورابه‌ها در پلایا در اواخر تابستان تشکیل می‌شود، نمونه‌برداری در اواخر شهریور۱۳۸۴ انجام شد. تعداد ۲۱ نمونه از شورابه‌های پلایا و ۳ نمونه از نهشته‌های نمکی آن از عمق بین ۵۰ تا ۲۰۰ سانتیمتر برداشت و موقعیت نمونه‌ها با استفاده از GPS ثبت شد.

نمونه‌های جمع‌آوری شده از درون گمانه‌ها در بطری‌های پلی اتیلن جمع‌آوری و به منظور آزمایش‌های مورد نیاز به آزمایشگاه‌های مربوطه ارسال شدند. در آزمایشگاه سازمان انرژی اتمی ایران نمونه‌ها به روش فلوئورسانی پرتو ایکس (XRF) بررسی، و مقدار اکسیدهای عناصر اصلی و کمیاب موجود در آنها اندازه‌گیری شدند. همچنین کانی‌های موجود در شورابه‌ها پس از تبخیر آن به روش پراش پرتو ایکس (XRD) با دستگاه (Simense D500 X- Ray Difractmeter) تعیین، و ویژگی‌های مهم فیزیک و شیمیایی شورابه‌ها مانند اسیدیته (Ph)، باقیماندهٔ تبخیر (T.D.S) و سختی کل (T.H) نیز اندازه‌گیری شدند. اطلاعات به دست آمده با استفاده از نرم افزارهای مختلف مانندExcel, Surfer, Spss و... مورد بررسی قرار گرفتند.

زمین شناسی گسترهٔ پلایای ساغند

پلایای ساغند در پهنهٔ ساختاری ایران مرکزی تشکیل شده است [۱۰، ۱۱]. در اثر حرکت‌های زمین‌ساختی در پلیوکواترنر مرکز ایران، حوضه‌های بسته‌ای به صورت پلایا شکل گرفته‌اند [۱۲]. پلایای ساغند که در مرکز ایران به عنوان یک حوضهٔ درون قاره‌ای محسوب می‌شود، تحت تاثیر گسل پشت بادام در یک فروافتادگی ساختاری [۱۳] تشکیل شده است. پیرامون این پلایا، سنگ‌هائی از پرکامبرین تا کواترنر مشاهده می‌شدند. پلایای ساغند از شمال به کمپلکس بنه شورو و سازند تاشک به سن پرکامبرین، از جنوب، علاوه بر این سنگ‌ها، به گرانیت زریگان، از باختر به نهشته‌های نئوژن و شیل و سنگ آهک بیابانک و از خاور به دون‌های ماسه‌ای کواترنر محدود می‌شود.

بحث و بررسی

نمک‌های تبخیری از مهمترین کانسارهای تهنشستی شیمیایی هستند که در صنعت کاربرد فراوانی دارند. از آنجا که تشکیل این نمک‌ها به خاستگاه شورابه‌های سازندهٔ آن بستگی دارد، شناخت هیدروژئوشیمی شورابه‌ها به عنوان کلیدی در پی‌جویی نمک‌های تبخیری حائز اهمیت است [۱۴]. عناصر اصلی موجود در دریاچه‌های نمکی شامل $Hco^{-}_{3} + Co_{3}^{2}$، So_{4}^{2-}، Cl^{-}، Mg^{2+}، Ca^{2+}، K^{+}، Na^{+} و به مقدار کمتر Sio_2 است. با توجه به خاستگاه شورابه‌ها، فراوانی کاتیون‌ها و آنیون‌ها در شورابه تغییر می‌کنند، لذا هر دریاچهٔ نمکی سیستم ویژهٔ خود را دارد. در بررسی‌های انجام گرفته معلوم شد که حداقل دارای شش خاستگاه اصلی شورابه‌ها [۱۵-۱۹] هستند (جدول-۱). از نظر اسیدیته نیز بررسی‌های گسترده‌ای روی شورابه‌ها صورت گرفته است، به طوریکه شورابه‌های با اسیدیته بین ۶ تا ۸.۵ را قلیایی متوسط و اسیدیته ۱۲ به بالا را قلیایی و اسیدیته ۲-۳ را اسیدی در نظر می‌گیرند. در شورابه‌های با اسیدیته اسیدی، کربنات‌ها حل می‌شوند و مقدار سیلیس در شورابه افزایش می‌یابد [۱] و از این نظر شورابه‌های متئوریک به دو گروه قلیایی و خنثی تقسیم می‌شوند. شورابه‌های نوع اول که شورابه‌های قلیایی فقیر از کلسیم و منیزیم نامیده می‌شوند، حاوی یونهای Cl^{-}، So_{4}^{-2}، Co_{3}^{-2}، K^{+}، Na^{+}و شورابه‌های نوع دوم که شورابه‌های خنثای فقیر از کربنات و بیکربنات هستند، حاوی یون‌های So_{4}^{-2}، Mg^{+2}، K^{+}، Na^{+}، Ca^{+2} هستند.

تکامل شورابه با انحلال و هوازدگی شیمیایی آغاز می‌شود. سیر تکامل شورابه با جنس برونزدهای سنگی پیرامون، واکنش با آب‌های موجود، و ویژگی‌های آبها ارتباط دارد [۱]. جنس برونزدهای سنگی می‌تواند نوع تکامل شورابه و میزان کاتیون‌ها و آنیون‌های موجود در آن را تحت تاثیر قرار دهد. قابلیت انحلال در سنگ‌های مختلف متفاوت است. تبخیری‌ها بیشترین

[Downloaded from ijcm.ir on 2025-07-06]

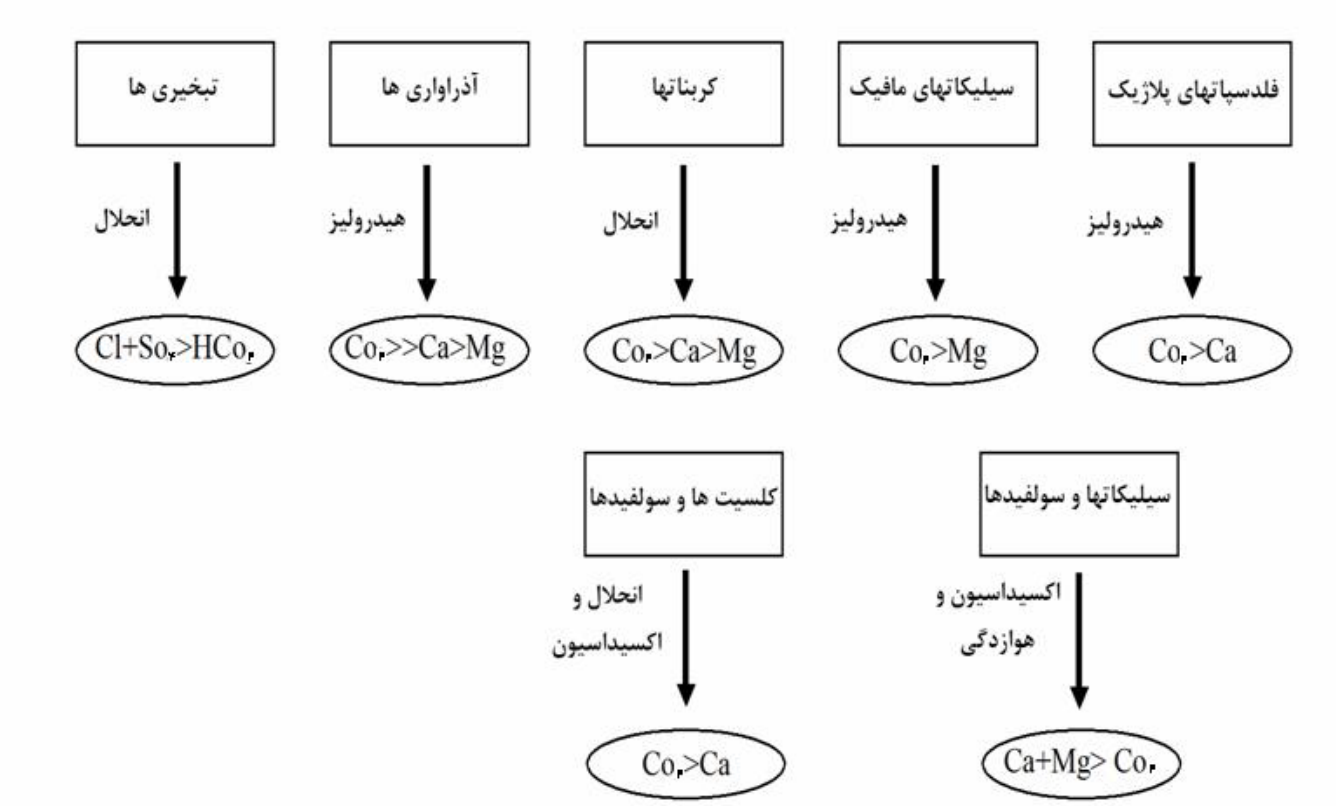
میزان و سنگ‌های آذرین اسیدی کمترین مقدار را در شرایط یکسان نشان می‌دهند (شکل-۲). در اثر هوازدگی شیمیایی تبخیری‌ها، میزان $Cl^{-}+So_4^{-2}$ بیشتر از HCo_3^{-} خواهد بود، به عبارتی کلرید و سولفات بیشتری از کربنات در محلول وجود خواهد داشت. در صورتیکه اگر سنگ‌های مافیک هیدرولیز شوند، فاز کربناتی بیشتری از Mg^{+2} خواهیم داشت ($Co_3^{+2}>Mg^{+2}$) (شکل-۲). لذا با تفاوت جنس برونزدهای سنگی، نوع نمک‌های موجود در شورابه متفاوت خواهد بود که موجب اختلاف در نسبت $\frac{Hco3}{Ca+Mg}$ اولیه در محلول می‌شود که عامل مهمی در مسیر تکامل شورابه محسوب می‌شود [۱]. حتی در صورتیکه در مراحل بعدی در اثر انحلال، اکسایش و هوازدگی، سولفیدهای موجود در خاستگاه نیز به صورت محلول در آیند، نسبت بالا معکوس شده و چنانکه در شکل-۲ دیده می‌شود، در بخش بالا $Co_3^{-2} > Ca^{+2}+Mg^{+2}$ و در اثر انحلال سولفیدها $Ca^{+2}+Mg^{+2} > Co_3^{+2}$ خواهد شد که عامل تعیین کنندهٔ مهمی در تکامل شورابه‌هاست [۱].

بنابراین چنانکه در همهٔ نمودارها دیده می‌شود، در اثر تکامل شورابه، نخست‌کانی‌های گروه‌کربناتی($HCo_3^{-} + Co_3^{2-}$)، و سپس سولفات‌ها (So_4^{2-})، و در پایان کلریدها (Cl^{-}) نهشته می‌شوند. لذا در توالی تکاملی کانی‌شناسی، کانی‌های تبخیری را نیز می‌توان بر حسب فراوانی کانی‌ها، میزان تکامل شورابه اولیه تفسیر کرد.

جدول ۱ ترکیب شیمیائی و نوع شورابه‌ها اقتباس از اگستر و هاردی (۱۹۷۸).

انواع شورابه‌های مشتق شده	ترکیب شیمیایی اصلی	انواع آبهای درونی	حوضه تبخیری
شورابه‌های دریایی $Na\text{-}K\text{-}Mg\text{-}Cl\text{-}SO_4$	$Na\text{-}K\text{-}Mg\text{-}Ca\text{-}Cl\text{-}SO_4$	آب دریا	دریایی
الف) شورابه‌های قلیایی $Na\text{-}K\text{-}CO_3\text{-}Cl\text{-}SO_4$ ب) شورابه‌های خنثی $Na\text{-}K\text{-}Mg\text{-}Cl\text{-}SO_4$	$Na\text{-}K\text{-}Mg\text{-}Ca\text{-}HCO_3\text{-}Cl\text{-}SO_4$	جوی	غیردریایی
شورابه‌های کلسیم-کلر $Na\text{-}K\text{-}Mg\text{-}Ca\text{-}Cl$ (؟)شبیه به **گرمابی**	$Na\text{-}K\text{-}Mg\text{-}Ca\text{-}Cl\text{-}SO_4$ (؟)	**گرمابی** دیاژنتیک	
الف آبهای سولفاته اسیدی ب) آبهای سولفات - کلراسیدی $SiO_2\text{-}Al\text{-}Fe\text{-}NH_4\text{-}Na\text{-}K\text{-}Mg\text{-}Ca\text{-}SO_4\text{-}Cl$	$Na\text{-}K\text{-}Mg\text{-}Ca\text{-}HCO_3\text{-}Cl\text{-}SO_2$ $+SiO_2\text{-}Al\text{-}Fe\text{-}NH_4\text{-}H$	ولکانوژنیک	
	مخلوط هر یک از انواع بالا	مخلوط	

[Downloaded from ijcm.ir on 2025-07-06]



شکل ۲ رابطهٔ بین خاستگاه و ترکیب شورابهٔ اقتباس از جونز و دکامپو (۲۰۰۳).

بررسی ژئوشیمی آب و تکامل شورابه‌های پلایای ساغند

نتایج به دست آمده از نمونه‌های برداشت شده در جدول ۲ ارائه شده‌اند. بنابراین نتایج، بیشترین فراوانی یون‌های موجود در شورابه‌ها به آنیون کلر (Cl^-) با بیشینهٔ ۴۱۸۲۸ $^{me}/_{L}$ وابسته به نمونهٔ A_{21} و کمینهٔ ۴۹۸۲ $^{me}/_{L}$ وابسته به نمونه A_{10} مربوط است. پس از کلر کاتیون سدیم (Na^+) ۲۵۵۳۸ $^{me}/_{L}$ و آنیون سولفات(So_4^{-2}) با بیشینهٔ ۲۱۴۸۲ $^{me}/_{L}$ در نمونه A_{21} فراوانترین یون‌ها به حساب می‌آیند، و سختی کل ۵۳۸۲۹ $^{me}/_{L}$ است.

به منظور بررسی ژئوشیمی آب شورابه‌های پلایای ساغند، نتایج به دست آمده به صورت نمودار $So_4^{2} - HCo^{-}_{3} + Co_3^{2-} - Cl^-$ با چند دریاچهٔ نمکی مهم مقایسه شده‌اند. چنانکه دیده می‌شود مکان نمونه‌ها در نمودار بیشتر نزدیک به رأس Cl^- واقع شده است. این امر نشان دهندهٔ تکامل بالای شورابه‌های پلایای ساغند است (شکل-۳الف). چنانکه در این نمودار دیده می‌شود، پلایای ساغند دارای روند تکاملی مشابه دریاچه‌های نمکی پیرامید و سودا از دریاچه‌های نمکی مهم آمریکاست [۱].

نتایج تجزیه شورابه‌ها در نمودار اسپنسر [۳] نیز وارد شدند (شکل-۳ب)، و نشان می‌دهد که مکان نمونه‌ها روی نمودار اسپنسر بیشتر در محدودهٔ Cl^- قرار گرفته است. به عبارتی پس از ته‌نشست کلسیت و تشکیل و تخلیه آن، محلول از یون‌های کربنات Co_3^{-2} به سمت ته‌نشست، سولفاتها روند تکاملی خود را طی کرده‌اند، چنین حالتی در درهٔ مرگ Tlue spring آمریکا نیز گزارش شده است [۱،۳]. در بررسی کانی‌شناسی شورابه‌ها نیز وجود هالیت به همراه باسانیت، ژیپس و انهیدریت حاکی از چنین شرایطی است. از این نظر، پلایای ساغند جزء شورابه‌های کلریدی Cl^- محسوب می‌شود که می‌توان چنین حالتی را در دریاچه نمکی بزرگ آمریکا [۱] نیز مشاهده کرد البته دریاچه-های نمکی دیگر با شورابه‌های متفاوت نیز در این شکل نشان داده شده‌اند.

در نمودار $So_4^{2} - HCo^{-}_{3} + Co_3^{2-} - Mg^{+2}$ نیز داده‌ها وارد شده‌اند (شکل۳-ج). به عقیده اسپنسر و همکاران [۳] در نخست کلسیت نهشته می‌شود، و در صورتیکه نسبت $^{Mg+2}/_{Ca}^{+2}$ در شورابه زیاد باشد کربنات منیزیم آب‌دار به وجود

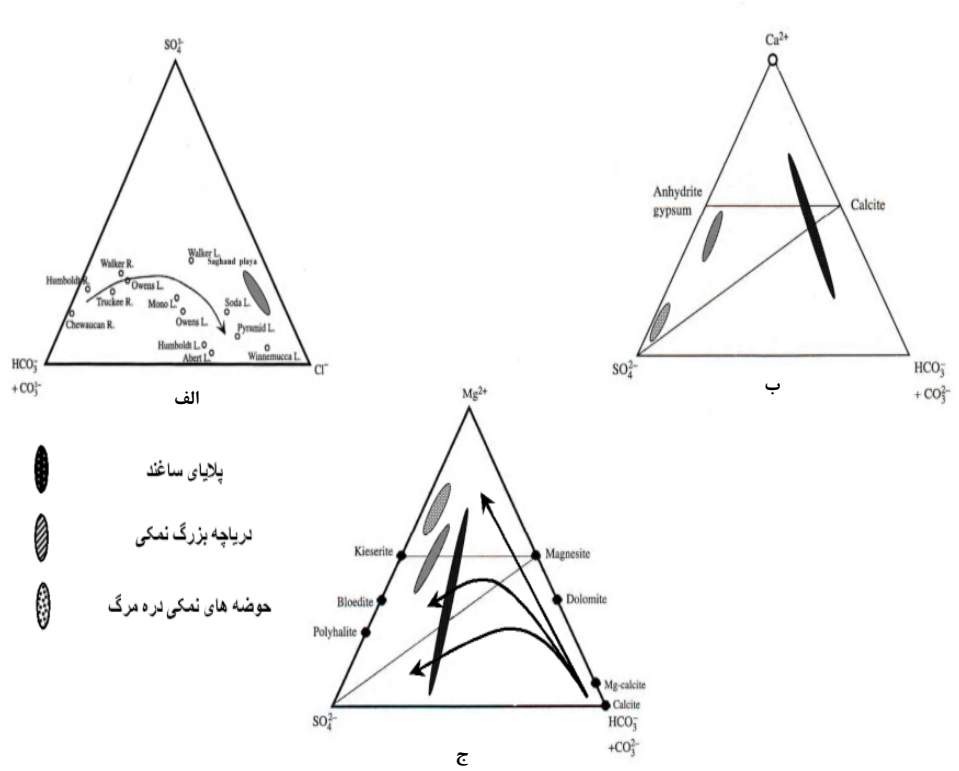
[Downloaded from ijcm.ir on 2025-07-06]

می‌آید، و در اثر ادامهٔ روند تکاملی دولومیت و سپس مگنزیت و هونتیت نهشته می‌شوند. بسته بـه میـزان Ca^{+2} اولیـهٔ محلـول، روند تکاملی شورابه متفاوت خواهد بود، به طوریکه با توجـه بـه میزان Ca^{+2}، Mg^{+2} و So_4^{-2} تکامل شورابه به سمت هر یک از رئوس حرکت کرده و کانی‌های مشخصی نهـشته مـی‌شـوند. بـا توجه به موقعیت نشان داده شده برای پلایـای سـاغند، در ایـن نمودار شورابه از Ca^{+2} نـسبتاً بـالایی برخـوردار بـوده، و در اثـر تکامل به سمت رأس So_4^{-2} حرکت می‌کند و کانی‌های سولفاته نظیر ژیپس و سولفات‌های منیزیم‌دار نهشته مـی‌شـوند. چنـین شرایطی در دریاچهٔ نمکی بزرگ آمریکا نیز مشاهده می‌شود. لذا می‌توان گفت که پلایـای سـاغند جـزء دریاچـه‌هـای نمکـی بـا شورابه‌های تکامل یافته و از نوع کلریدی Cl^- محسوب می‌شود.

جدول ۲ نتایج تجزیه شیمیایی شورابه‌های پلایای ساغند به روش فلوئورسانی پرتو ایکس (XRF).

نمونه	Na(me\l)	Cl(me\l)	HCO_3+CO_3(me\l)	Ca(me\l)	Mg(me\l)	SO_4(me\l)
۱A	۱۱٫۷۶۰	۱۹٫۲۵۶	۲۸	۱۰۳۶٫۷۴	۱۴۰۲٫۸۹	۶۹۹٫۴۴
۲A	۱۴٫۲۴۶	۲۳٫۳۲۶	۳۴	۱۲۵۵	۱۹۱۱٫۳۶	۶۹۹٫۴۴
۳A	۱۱٫۵۱۰	۱۸٫۸۴۲	۲۷	۱۰۱۴٫۲۷	۱۵۸۹٫۴۱	۷۹۹٫۳۶
۴A	۴٫۹۶۰	۸٫۱۲۲	۱۲	۴۳۷٫۹۴۸	۹۰۳٫۳۴۷	۱۰۹۹٫۱۲
۵A	۵٫۰۶۲	۸٫۲۹۱	۱۲	۴۴۶٫۵۰۷	۱۱۰۳٫۲۶	۱۰۹۹٫۱۲
۶A	۵٫۶۷۵	۹٫۲۹۵	۱۴	۵۰۰٫۷۱۶	۱۳۴۰٫۳۹	۸۴۹٫۳۲
۷A	۷٫۱۸۵	۱۱٫۷۶۷	۱۷	۶۳۳٫۳۸۴	۲۶۹۳٫۱۷	۱۲۹۸٫۹۶
۸A	۴٫۹۸۳	۸٫۱۶۱	۱۲	۴۳۹٫۳۷۵	۱۵۴۵٫۷۶	۲۲۷۳٫۱۸
۹A	۸٫۸۴۲	۱۴٫۴۸۲	۲۱	۷۷۹٫۹۶۱	۲۰۰۳٫۳۷	۵۲۹۵٫۷۶
۱۰A	۳٫۰۴۲	۴٫۹۸۲	۷	۲۶۸٫۵۴۶	۱۸۲۵٫۵۴	۳۳۹۷٫۲۸
۱۱A	۲۱٫۳۲۷	۳۴٫۹۳۱	۵۱	۱۸۷۹٫۸۲	۹۸۸٫۵۹۲	۵۷۴۵٫۴
۱۲A	۲۳٫۹۱۴	۳۹٫۱۶۹	۵۷	۲۱۰۷	۱۱۳۷٫۹۹	۲۱۴۸۲٫۸
۱۳A	۱۲٫۲۴۷	۲۰٫۰۵۹	۲۹	۱۰۷۹٫۸۹	۱۱۰۲٫۷۷	۱۴۱۳۸٫۷
۱۴A	۹٫۶۸۲	۱۵٫۸۵۷	۲۳	۸۵۳٫۷۸۵	۱۸۷۳٫۶۶	۹۱۶۷٫۶۶
۱۵A	۶٫۸۴۴	۱۱٫۲۱۰	۱۶	۶۰۳٫۰۷	۳۳۲۹٫۶۳	۲۶۹۷٫۸۴
۱۶A	۱۱٫۴۶۴	۱۸٫۷۷۶	۲۷	۱۰۱۰٫۷	۱۰۴۷٫۷	۶۹۹٫۴۴
۱۷A	۹٫۳۱۸	۱۵٫۲۶۲	۲۲	۸۲۱٫۶۸۸	۸۲۷٫۹۴۴	۱۴۴۸٫۸۴
۱۸A	۱۲٫۵۴۲	۲۰٫۵۴۲	۳۰	۱۱۰۵٫۲۱	۱۲۱۳٫۳۹	۶۷۴٫۴۶
۱۹A	۲۴٫۵۸۴	۴۰٫۲۶۶	۵۸	۲۱۶۶٫۵۶	۹۴۷٫۹۹۳	۱۱۴۱۵٫۹
۲۰A	۲۳٫۹۹۴	۳۹٫۲۹۹	۵۷	۲۱۱۴٫۱۳	۹۸۴٫۷۰۲	۹۴۱۷٫۴۶
۲۱A	۲۵٫۵۳۸	۴۱٫۸۲۸	۶۱	۲۲۵۰٫۳۷	۱۱۴۵٫۹۳	۱۳۹۱۳٫۹

[Downloaded from ijcm.ir on 2025-07-06]



شکل ۳ الف) روند تکاملی شورابه که با پیکان نشان داده شده و موقعیت پلایای ساغند. ب) مثلث اسپنسر و همکاران (۱۹۹۰) و موقعیت پلایای ساغند در مقایسه با دریاچه بزرگ نمکی و حوضه های موجود در درهٔ مرگ. ج) روند نهشته شدن کانی‌های تبخیری و مقایسهٔ آن با دریاچهٔ بزرگ نمکی و حوضه‌های موجود در درهٔ مرگ. اقتباس از جونز و دکامپو (۲۰۰۳) و اسپنسر و همکاران (۱۹۹۰) با اندکی تغییرات.

نمونه‌ها برای تعیین ویژگی‌های کانی‌شناسی به روش پراش پرتو ایکس (XRD) مورد بررسی قرار گرفته‌اند. چنانکه در شکل ۴ دیده می‌شود، کانی‌های کلریدی نظیر هالیت (NaCl) و تاکی هیدریت ($CaMg_2Cl_6,12H_2o$) فراوانترین کانی‌های تبخیری در شورابه‌های پلایای ساغندند که با توجه به کلریدی بودن شورابه، چنین ترکیب کانی‌شناسی نیز عادی است. علاوه بر هالیت می‌توان به کانی‌های سولفاتی مانند باسانیت ($CaSo_4,0.5H_2o$)، میرابیلیت ($Na_2So_4,10H_2o$)، انیدریت ($CaSo_4$) و ژیپس ($CaSo_4,2H_2o$) و کانیهای کربناتی مانند کلسیت ($CaCo_3$)، دولومیت ($CaMg(Co_3)_2$) و مگنزیت ($MgCo_3$) اشاره کرد.

در بررسی‌های انجام گرفته مشخص شد که از حاشیه به مرکز پلایا، از میزان کانی‌های کربناتی و سولفاتی کاسته شده و بر میزان کانی‌های کلریدی افزوده می‌شود، به طوریکه در مقطع طولی برداشت شده از حاشیه به مرکز پلایا که شامل نمونه‌های A_1 تا A_4 است، روند تغییرات ترکیب کانی‌شناسی به صورت زیر است:

A_1: هالیت، تاکی هیدریت، میرابیلیت

A_2: هالیت، ناترون، کلسیت، دولومیت، ژیپس، کلرومگنزیت

A_3: هالیت، تاکی هیدریت، بازانیت، دولومیت

A_4: هالیت، تاکی هیدریت

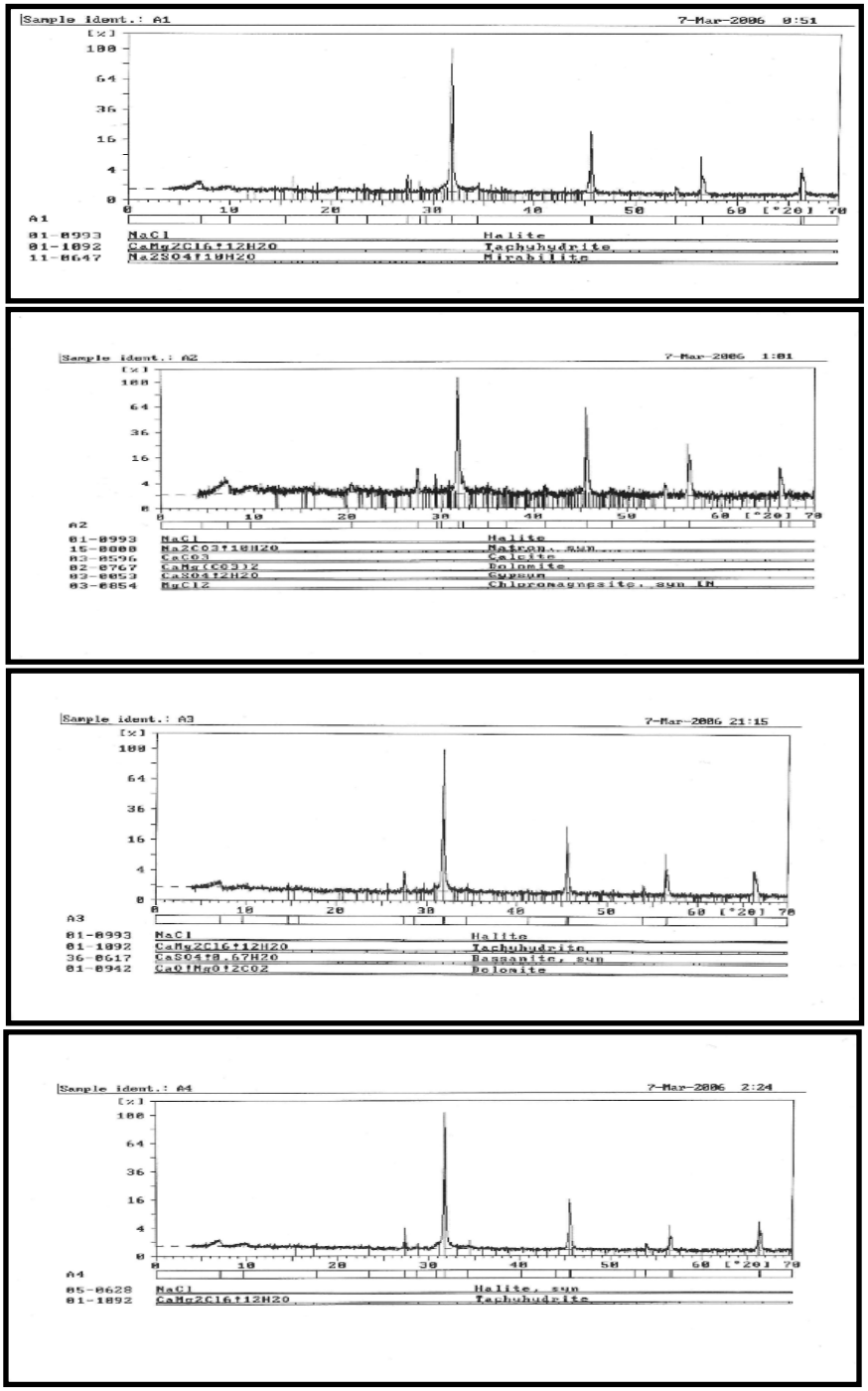
این تغییرات نشان می‌دهد که شورابه به سمت مرکز پلایا سیر تکاملی داشته است. از طرفی با توجه به جنس برونزدهای سنگی پیرامون پلایا، نوع کانی‌های تبخیری نهشته شده نیز متفاوت است، به طوریکه در باختر دریاچه که بیشتر نهشته‌های نئوژن حاوی ژیپس برونزد دارد، به علت وجود رابطهٔ $Cl^-+So_4^{-2} > Co3^{-2}$ در نمونه، A_{15} بیشتر نهشته‌های کلریدی و سولفاتی است. این املاح شامل هالیت، باسانیت، بیچوفیت، و سیلویت است، ولی در حاشیهٔ شمالی پلایا که بیشتر سنگ‌های آذرین مافیک برونزد دارند، کانی‌های کربناتی شامل کلسیت، دولومیت، مگنزیت و ناترون در ترکیب شورابه تشخیص داده شده‌اند.

به منظور بررسی روند تکاملی شورابه و سیر احتمالی آن با استفاده از نموداری که توسط اگستر و هاردی [۶] ارائه شد (شکل-۵)، و شکل‌گیری احتمالی هر کانی با توجه به شرایط موجود مورد بررسی قرار گرفت. با توجه به بررسی‌های انجام شده، پس از نهشته‌شدن کانی‌های کربناتی، به علت تخلیه محلول از Co_3^{-2} در صورت وجود Ca^{+2} و Mg^{+2} به اندازهٔ

[Downloaded from ijcm.ir on 2025-07-06]

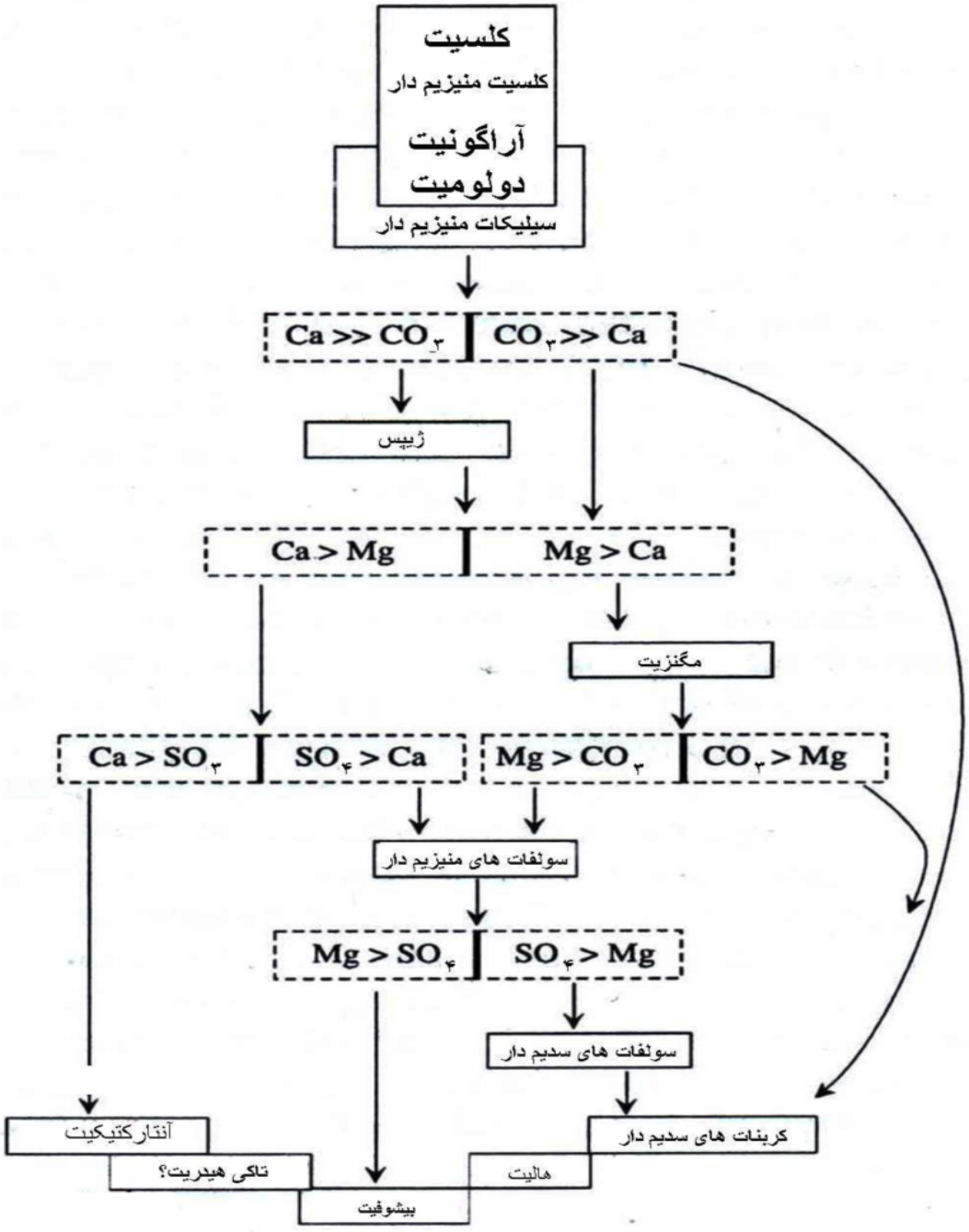
کافی، ژیپس و سولفاتهای منیزیم‌دار برجای گذارده شده‌اند. افزایش دما و از دست دادن مقداری آب، موجب تبدیل ژیپس به باسانیت، و در ادامه این روند انهیدریت تشکیل شده است.

در اثر کمبود این عناصر و بالا رفتن میزان سدیم در شورابه کانی میرابیلیت بر جای گذارده می‌شود که علت عدم وجود آن در شورابه ، ناپایداري این کاني در دماي بالاتر از ۴-۶ درجه سانتیگراد است [۲۰] به طوریکه میرابیلیت در حوضه‌های بسته معمولا دیده نمی‌شود زیرا دوباره حل شده و به شکل گلوبریت و هالیت دیده می‌شود [۲۱]. در پایان نیز با افزایش میزان Cl در محلول، کانی‌های کلریدی نظیر هالیت ته‌نشست شده‌اند.



شکل ۴ تعدادی از نمودارهای پراش پرتو ایکس (XRD) شورابه‌های پلایای ساغند که کانی‌های غیر رسی با استفاده از قله‌های استاندارد شناسائی و کانی‌های رسی کربنات‌ها، مواد آلی و ... که در شناسائی آنها ایجاد مشکل می‌کنند با شستشو با اسید استیک ۰٫۵نرمال به مدت ۱۲ ساعت و آب اکسیژنه ۳۰٪ ، تیمار شدند.

[Downloaded from ijcm.ir on 2025-07-06]



شکل ۵ روند نهشته شدن کانی‌های تبخیری در پلایا، اقتباس از جونز و دکامپو (۲۰۰۳).

برداشت

پلایای ساغند در ایران مرکزی و در یک فروافتادگی زمین-ساختی تشکیل شده است. بررسی‌های ژئوشیمی آب و کانی-شناسی شورابه‌های پلایا نشان داد که بیشترین تمرکز یون‌های موجود در شورابه مربوط به یون‌های کلر، سولفات، سدیم، پتاسیم و منیزیم است. از این نظر شورابه در گروه شورابه‌های Na-K-Mg-Cl-So4 یا شورابه‌های جوی قلیایی رده‌بندی می‌شود. فراوانترین کانی‌های موجود در شورابه‌ها شامل کانی-های هالیت، ژیپس و باسانیت است. بررسی تکامل شورابه‌های پلایای ساغند نشان داد که پیرامون پلایا نخست کانی‌های گروه

[Downloaded from ijcm.ir on 2025-07-06]

کربناتی و به سمت مرکز پلایا کانی‌های گروه سولفاتی و در پایان کلریدها ته‌نشین شده‌اند که از این نظر پلایای ساغند در ردهٔ دریاچه‌های نمکی با شورابه تکامل یافته قرار می‌گیرد. از طرفی با توجه به محل نهشته شدن کانی‌های تبخیری در پلایا مشخص شد که نوع کانی‌ها تحت تاثیر جنس برونزدهای سنگی پیرامون پلایا هستند. مقایسهٔ روند تکاملی شورابه‌های پلایای ساغند با تعدادی از دریاچه‌های نمکی بزرگ ایالات متحده نشان می‌دهد که این روند در پلایای ساغند مشابه دریاچهٔ نمکی بزرگ در حوضهٔ درهٔ مرگ ایالت متحده است. امید است اطلاعات ارائه شده بتواند به عنوان ابزاری در پی‌جوئیهای کانی-های تبخیری و عناصر کمیاب مورد استفاده قرار گیرند.

تشکر و قدردانی

بدینوسیله بر خود لازم می‌دانم از معاونت محترم پژوهشی دانشگاه آزاد اسلامی مشهد که امکان انجام این پروژه تحقیقاتی را با عنوان طرح پژوهشی فراهم نمود تشکر و قدردانی نمایم. همچنین از همکاران محترم آقایان دکتر ملایی، مهندس جوانبخت، و مهندس کتابداری به خاطر مشاورهٔ علمی و همکاری صمیمانه‌شان سپاسگزارم.

مراجع

[1] JONES, B.F. AND DEOCAMPO, D.M.: *"Geochemistry of Saline Lakes",* In Treatise on Geochemistry vol. 5 (Ed, Drever, J.I.). Surface and Ground Water Weathering, and Soils. – Elsevier (2003) 393-424.

[2] ROSEN, M. R. *"the importance of ground water in playas*", a review of playa classifications and the sedimentology and hydrology of playas. In Paleoclimate and Basin Evolution of Playa Systems. Special paper 289 (ed. M. R. Rosen). Geological society of America, Boulder (1994) 1-18.

[3] SPENCER R. J., LOWENSTEIN T. K., CASAS E., AND PENGXI Z. "*Origin of potash salts and bring in the Qaidam Basin*, *China*", In Fluid-Mineral Interaction: A Tribute to H. P. Eugster (eds R. J. Spencer and L-M. Chou). Geochemical Society, San Antonio, (1990) 395-408.

[4] HARDIE, L. A., SMOOT, J. P & EUGSTER, H. P. "*Saline lakes and their deposits*", a sedimentological approach. In Modern and Ancient Lake Sediments (eds. A. Matter and M. E. Tucker). International association of sedimentologists, Oxford (1978) 7-41

[5] SMOOT, J. & LOWENSTEIN, T. "*Depositional environments of non marine evaporate*", In Evaporates, Petroleum, and Mineral Resources: Developments in sedimentology (ed. J. Melvin). Elsevier, New York, Vol. 50 (1991) 189-384.

[6] EUGESTER, H.P. & HARDIH, L.A. "*Saline Lakes*", In: Lerman (ed), Lakes; Chemistry, Geology, Physics. - Springer- Verlag, New York (1978) 237-293.

[7] COOKE, R.U., BRUSDEN, D., DOORNKAMP, J.C., AND JONES, D.K.C, "*Desert Geomorphology*", Ucl Press, (1993) 526.

[8] TORSHIZIAN, H., MOUSSAVI-HARAMI, R. AND MOLLAI, H. "*The surrounding lithology on the concentration of Lithium in the brine of Bajestan Playa South of Khorassan province, East of Iran*", (abstract). – Proceeding of 32nd International Geological Congress, Florence- Italy (2004) 40.

[۹] سالنامه آماری کشوری، مرکز آماری ایران، (۱۳۷۳) ۷۰۵ص.

[۱۰] احمدی، ح، *"ژئومورفولوژی کاربردی"*، انتشارات دانشگاه تهران، (۱۳۶۵) ۵۷۵ ص.

[۱۱] درویش زاده،ع، *"زمین شناسی ایران"*، انتشارات امیر کبیر تهران، (۱۳۷۰) ص ۹۰۰.

[۱۲] اشتوکلین،جی و ستوده نیا، ع، *"فرهنگ چینه شناسی ایران"*، سازمان زمین شناسی ایران، تهران، (۱۳۷۰) ۴۱۰ص.

[۱۳] نوگل سادات،م.ع.ا و هو شمندزاده،ع.ر ، *"نقشه سایز موتکتونیک ایران مقیاس ۱:۱/۰۰۰/۰۰۰"*، انتشارات سازمان زمین شناسی کشور. (۱۳۷۲).

[۱۴] ترشیزیان، ح.ا و موسوی حرمی، ر *"رسوب شناسی، ژئوشیمی و هیدروشیمی پلایای زرین در ایران مرکزی"* ،مجله علوم زمین، شماره ۳۰- ۲۹، (۱۳۷۷) ۲-۱۶ ص.

[Downloaded from ijcm.ir on 2025-07-06]

[15] BRATISH, O., "*Salt Deposits, Their Origin and Composition*", New Yourk, Sriner-Verlag, (1971) 297.
[16] RILEY, J. P., AND CHSTER, R., "*Introduction to Marine Chemistry*", New York, Academic Press. (1971) 465.
[17] HOLLAND, H.D., "*The geologic history of sea water-an attempt to solve the problem*", Geochemical et Cosmoechim. Acta, V.36, (1972) 639-651.
[18] HARDIE L.A. AND EUGSTER H.P. "*The evolution of closed-basin brines*", Spec. Publ. Min. Soc. Am 3, (1970) 173-290.
[19] WHITE, D.E., "*Diverse origin of hydrothermal fluids*", Econ. Geology, V.69, (1974) 954-973.
[20] TEKIN, E., AYYILDIZ, T., GUNDOGAN, I., AND ORTI, F., "*Modern halolites (halit oolites) in the Tuz Golu, Turley*", Sedimentary Geology, Volume 195, (2007) 101-112.
[21] INGEBRITSEN, S, E., AND SANFORD, W, E., "*Groundwater 'in Geologic Processes*", Cambridge University Press, England, (1998) 341.

[Downloaded from ijcm.ir on 2025-07-06]