

تدوین دانش فنی استحصال سدیم سولفات از آب دریاچه ارومیه

مجید اسم حسینی^{۱*}، سیما صولتی فر^۲

۱- استادیار گروه شیمی دانشگاه ارومیه

۲- دانشجوی کارشناسی ارشد شیمی معدنی دانشگاه ارومیه

تاریخ پذیرش: ۸۷/۸/۲۰

تاریخ دریافت: ۸۷/۲/۸

چکیده

در این مطالعه، میزان استحصال و بررسی شرایط بهینه جهت بهره برداری سدیم سولفات از آب دریاچه ارومیه با بهره گیری از شرایط اقلیمی منطقه و حداقل انرژی و با استفاده از روش های غیر تبخیری مورد بررسی قرار گرفته است. به دلیل فراوانی ذخایر سولفات سدیم در ایران و همچنین عدم وجود واکنش شیمیایی در فرایند فرآوری و در نتیجه، سادگی تجهیزات، نکاتی فنی و شرایط عملیاتی مطالعه در این زمینه اهمیت زیاد دارد. جهت تعیین تاثیر عوامل مختلف از قبیل مدت زمان، دما و ... بر بازده محصول و خلوص بیشتر سدیم سولفات، نمونه هایی از آب دریاچه ارومیه در ظرف هایی با اندازه و شرایط یکسان تهیه شده و چگونگی استحصال سدیم سولفات با استفاده از شرایط دمایی محیط و بدون نیاز به روش های تبخیری مورد بررسی قرار گرفت. همچنین عناصر دیگر از جمله کلر، منیزیم، کلسیم، سدیم و پتاسیم در نمک استحصال شده بررسی شد. در ضمن مطالعات اقتصادی در مورد استحصال سدیم سولفات انجام گرفت و طرحی برای ایجاد واحد های نیمه صنعتی و صنعتی جهت استحصال سدیم سولفات با صرف کمترین انرژی و هزینه پیشنهاد شده است.

واژگان کلیدی: دریاچه ارومیه، سدیم سولفات، دانش فنی، استحصال املاح معدنی.

مقدمه

آب از دیرباز در سرزمین خشک و بیابانی ایران از اهمیت خاصی برخوردار بوده است. چرا که به غیر از قسمت های شمالی و غربی ایران، سایر مناطق در محدوده ای قرار می گیرند که از بارندگی مناسبی برخوردار نیستند! مسئله آب های شور یکی از مشکلاتی است که کشورمان با آن روبرو است. جداسازی نمک ها از آب شور پساب های صنعتی، زه

تدوین دانش فنی استحصال سدیم سولفات از آب دریاچه ارومیه

کشی زمین های کشاورزی می تواند نقش بسزایی در بهبود کیفیت منابع آب و بالا بردن کیفیت محصولات صنعتی ایفا نماید. از طرف دیگر بعضی از این نمک های مصرفی بعد از جداسازی و خالص سازی از ارزش بالایی در بعضی صنایع کشور برخوردار خواهد بود و از این رو می تواند درآمدزا باشد. امروزه در کشورهای توسعه یافته یا در حال توسعه، برنامه ریزی، طرح و بهره برداری بهینه از منابع آبی و معادن جهت استحصال و افزایش بهره برداری اهمیت ویژه ای پیدا کرده است به طوریکه محققان زیادی در سراسر دنیا برای دستیابی به این منابع و یا هر چه نزدیکتر شدن به هدف مورد نظر، طرح های تحقیقی مختلفی را پیشنهاد می کنند. برآورد و تخمین میزان منابع موجود و همچنین خالص سازی منابع بهره برداری شده از اهمیت بسیار بالایی برخوردار است به طوریکه یکی از پایه های اصلی صنایع و اقتصاد هر کشوری به شمار می رود. براساس این مطالعه و با توجه به وجود ذخایر فراوان در کشورمان، مخصوصاً دریاچه ارومیه که حاوی غلظت بالایی از یون از جمله سولفات و سدیم و ... است، ضروری می نمود تا طرحی نیمه صنعتی پیشنهاد شود که در مقیاس صنعتی استحصال سدیم سولفات را مورد مطالعه قرار دهد. سولفات دو سود از املاح قابل استحصال شوراب ارومیه است. سولفات دو سود به صورت کانی میرابیلیت در حوضچه ها تشکیل شده و طی فرایند های شیمیایی خاصی به سولفات دو سود تبدیل می شود.^۲

مشخصات عمومی دریاچه ارومیه

دریاچه ارومیه بین عرض های جغرافیایی ۹'-۳۷° تا ۱۲'-۳۸° درجه شمالی و طول جغرافیایی ۶'-۴۵° تا ۴'-۴۵° شرقی بین استان های آذربایجان شرقی و آذربایجان غربی قرار گرفته است. این دریاچه بزرگترین دریاچه داخلی ایران بوده و با مساحتی حدود ۵۸۲۲ کیلومتر مربع، بیستمین دریاچه جهان از لحاظ وسعت می باشد. طول دریاچه از ۱۳۰ تا ۱۴۶ کیلومتر متغیر بوده و عرض دریاچه در پهن ترین قسمت، ۵۸ کیلومتر و در کم عرض ترین قسمت آن در محلی بین کوه زنبیل و جزیره اسلامی واقع شده، که ۱۵ کیلومتر می باشد. وسعت حوضه آبریز دریاچه ۵۲۳۵۵ کیلومتر مربع می باشد. این دریاچه دارای ۱۰۲ جزیره کوچک و بزرگ است که جزیره اسلامی بزرگترین جزیره آن محسوب می شود. از نظر طبقه بندی شیمیایی، آب دریاچه ارومیه تیپ کلره داشته و باقیمانده خشک عناصر محلول در آب آن در دوران پراچی در حدود ۲۲۰-۲۸۰ گرم در لیتر می باشد. البته در دوران کم آبی غلظت املاح بیشتر از مقادیر بیان شده می باشد. لذا این دریاچه دومین دریاچه شور دنیا بعد از بحرالمیت محسوب می شود. حجم آب دریاچه در مساحت ۵۸۲۲ کیلومتر مربع و با عمق متوسط ۵/۴ متر بالغ بر ۳۱ میلیارد متر مکعب تخمین زده می شود.^۳

عوامل موثر بر ریزش منطقه

۱) نزدیکی به دریا: وسعت دریاچه ارومیه نزدیک به ۱۰ درصد حوضه آبریز آن می باشد. از نظر بارندگی دریاچه تأثیری در افزایش بارندگی در اطراف خود ندارد. بعد از دریاچه ارومیه، دریای خزر در ۳۰۰ کیلومتری و در طرف شرق حوضه قرار دارد گرچه این دریا می تواندست بالقوه عامل موثری در تامین رطوبت لازم برای بارش در منطقه باشد ولی به علت سد مرتفع کوه های البرز رطوبت ناشی از این دریا در حالات معمولی تأثیری در آب و هوای منطقه ندارد و تنها جریانات هوای وارد از سیبری و آسیای مرکزی ممکن است موقع عبور از ورای این دریا رطوبت آن را با خود به حوضه دریاچه ارومیه بیاورد.

۲) توپوگرافی منطقه: قسمت عمده حوضه دریاچه ارومیه را مناطق کوهستانی تشکیل می دهد و درجه حرارت متوسط آن نسبت به سایر نقاط ایران پایین است به این دلیل و همچنین از آن جهت که جریان های مرطوب اغلب در زمستان وارد منطقه می شوند در حدود نصف نزولات جوی منطقه به صورت برف در چهار ماه آذر تا اسفند نازل می شود.

۳) توده های عبوری از منطقه: اساسی ترین عامل در بارش منطقه اثر جریانات هوای بین قاره ای است که از منطقه عبور می کنند این جریانات به طور کلی بر دو دسته اند: جریان هوای مرطوب از اقیانوس آرام و دریای مدیترانه در زمستان و اوائل بهار ضمن عبور از منطقه نزولات قابل توجهی به صورت برف از خود در کوه های بلند و سایر ارتفاعات آن بر جریان می گذارد. جریان هوای سرد ناحیه پر فشار سیبری و یا آسیای مرکزی که اثر آن بیشتر کاهش درجه حرارت در منطقه است.^۴

ترکیب شیمیایی دریاچه ارومیه

آب دریاچه ارومیه مقادیر زیادی املاح NaCl ، MgCl_2 ، Na_2SO_4 ، KCl و ... و مقادیری لیتیم و برم را به صورت محلول در خود دارد. میزان شوری (TDS) آب دریاچه ارومیه را عواملی نظیر، میزان نزولات جوی و آب ورودی دریاچه توسط رودخانه ها، میزان تبخیر و بار محلول ورودی به دریاچه کنترل می کند. بنابراین تغییرات فصلی تأثیر مهمی در میزان شوری آن خواهد داشت.^۵ بخش عمده املاح دریاچه را کلرید سدیم، سولفات سدیم، کلرید منیزیم، سولفات منیزیم و سولفات پتاسیم تشکیل می دهد. مقدار یون های مخرب در آب دریاچه ارومیه بسیار بیشتر از دریا های دیگر و حتی خلیج فارس می باشد. به طور مثال مقدار یون کلر موجود در آب دریاچه ارومیه که یکی از عوامل مهم در خوردگی بتن می باشد ۶/۷ برابر یون کلر موجود در آب خلیج فارس و ۱۶ برابر دریای بالتیک است. همچنین مقدار سولفات موجود در آب دریاچه ارومیه ۸/۳ برابر یون سولفات موجود در آب خلیج فارس و ۱۸/۲ برابر دریای بالتیک می باشد. یون سولفات نیز از مخربترین یون های موجود در آب دریا می باشد که دوام سازه ای بتن را به صورت جدی

تدوین دانش فنی استحصال سدیم سولفات از آب دریاچه ارومیه

تهدید می کند. در جدول شماره ۱ مقایسه ای بین املاح شیمیایی موجود در دریاچه ارومیه و دریاهای مهم دنیا آمده است^۶ :

جدول شماره ۱. مقایسه ترکیبات دریاهای مختلف با آب دریاچه ارومیه (بر حسب میلی اکی والان در لیتر)

نسبت املاح دریاچه به خلیج فارس	نسبت املاح دریاچه ارومیه به دریای بالتیک	دریای بالتیک	دریای اتلانتیک	دریای مدیترانه	خلیج فارس	دریاچه ارومیه	یون ها
۳/۱۲	۷/۸	۱۸۰	۴۳۰	۴۲۰	۴۵۰	۱۴۰۴	K ⁺
۳/۱۶	۷/۱۵	۱۹۰	۴۱۰	۴۷۰	۴۳۰	۱۳۶۰	Ca ⁺²
۸/۵	۲۰/۶۹	۶۰۰	۱۵۰۰	۱۷۸۰	۱۴۶۰	۱۲۴۱۸	Mg ⁺²
۸/۳	۱۸/۲	۱۲۵۰	۲۵۴۰	۳۰۶۰	۲۷۲۰	۲۲۷۵۲	SO ₄ ⁻²
۶/۹	۱۷/۲۸	۴۹۸۰	۹۹۵۰	۱۱۵۶۰	۱۲۴۰۰	۸۶۰۶۶	Na ⁺
۶/۷	۱۶/۰۳	۸۹۶۰	۱۷۸۳۰	۲۱۳۸۰	۲۱۴۵۰	۱۴۳۷۰۴	Cl ⁻
۶/۸	۱۶/۵۶	۱۶۱۶۰	۳۲۶۶۰	۳۸۶۷۰	۳۸۹۱۰	۲۶۷۷۰۴	مجموع

تاریخچه سولفات سدیم

سولفات سدیم طبیعی بدون هیچ دلیل موجهی تا ابتدای قرن شانزدهم به عنوان یک ماده دارویی مورد استفاده قرار می گرفت و اغلب منابع شناخته شده، آشنایی با خواص این ماده معدنی و کاربرد و موارد مصرف آن در صنعت را حدوداً در سال ۱۶۵۰ میلادی گزارش نموده اند. برای اولین بار در سال ۱۶۶۵ میلادی دانشمندی به نام جی - آر - گلابر سولفات سدیم را در ضایعات و پسماندهای حاصل از کارخانه های تولید اسیدکلریدریک که در نتیجه اثر اسیدسولفوریک بر نمک طعام حاصل شده بودند، مورد شناسایی قرار داد و سپس آنرا به طور اصولی و دقیق شرح داد و با توجه به ماهیت دارویی آن (ملین) آنرا به نام میرابل نامگذاری نمود و پس از آن در سال ۱۶۶۷ میلادی این نمک سولفات از آب دریاچه استخراج شد و با نام ملح فریدریک به بازارهای مصرف جهانی ارائه گردید. به خاطر مطالعه و شناسایی این ماده معدنی توسط گلابر به افتخار وی، بلور هیدراته شده سولفات سدیم، نمک گلابر نامیده شد و چنانچه آنرا از آب چشمه های معدنی بدست آورند، می جوشد و به همین علت به آن بلورهای جوشان نیز می گویند^۷.

سولفات سدیم

تnardیت و میرابیلیت دو کانی طبیعی و تجاری سولفات سدیم می باشند. در طبیعت سولفات سدیم آبدار به صورت نمک آبدار میرابیلیت پدیدار می گردد که نام عمومی آن نمک گلوبر می باشد و تnardیت نوع بی آب آن است. سولفات سدیم نمکی است با رنگ سفید که بر حسب ناخالصی‌های موجود و همچنین آب تبلور رنگ آن سفید روشن تا سفید شیری تغییر می‌کند و در اکثر مناطق دنیا هم وجود دارد، در طبیعت به صورت ترکیبات گوناگون و کانی‌های مختلفی ممکن است یافت شود، حالت جامد سولفات سدیم در طبیعت اغلب به صورت نمک آبدار میرابیلیت یا بدون آن (تnardیت) یافت می‌شود و در بسیاری موارد هم نمک‌های دیگر به صورت ناخالصی همراه آنها می‌باشند و لذا کانی‌های سولفات سدیم دارای عیارهای مختلفی هستند، این ماده معدنی به صورت ترکیبات دیگری از قبیل گلوبریت که نمک مضاعف سولفات سدیم و سولفات کلسیم بی‌آب است و بورکثیت که نمک مضاعف کربنات سدیم و سولفات سدیم بی‌آب و بلوندیت (آستراخانیت) که دو نمک آبدار سولفات سدیم و منیزیم می‌باشد، نیز یافت می‌شود و به طور کلی این ماده معدنی اغلب همراه با ترکیب یا مخلوط با دو یا بیشتر نمک‌های همگن می‌باشد.^۷

شرایط تشکیل سدیم سولفات

روش طبیعی: سولفات سدیم به ویژه کانی میرابیلیت در فصل سرما شروع به تبلور و راسب شدن می نماید. میرابیلیت که به روش طبیعی تشکیل شده حاوی ناخالصی است که می توان آن را خالص ساخت.
روش مصنوعی: در مناطقی که فصل سرما وجود ندارد و غلظت ترکیبات سولفات سدیم آب زیاد است، به روش مصنوعی آب را سرد می کنند. در این شرایط کانی میرابیلیت به سرعت شروع به تشکیل می نماید که در این حالت آن را جدا می سازند.^۷

کارهای عملی

انجام پروژه های نیمه صنعتی برای کاهش فاصله بین نتایج تئوری و آزمایشگاهی با عملکرد واقعی سیستم و در نتیجه مطابقت عوامل طراحی می باشد، بنابراین لازم است در مواردی که از روش های شیمیایی استفاده می شود پارامترهای لازم برای یک سیستم، در یک واحد کوچک نیمه صنعتی نظیر آنچه که بعدها در مقیاس صنعتی احداث خواهد شد مطالعه گردد. استحصال سدیم سولفات از آب دریاچه ارومیه شامل مراحل زیر می باشد:

(۱) جمع آوری نمک میرابیلیت رسوب داده شده از آب دریاچه ارومیه در مواقع سرد سال

(۲) تهیه نمک Na_2SO_4 بدون آب از میرابیلیت $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10 \text{H}_2\text{O}$ بر اثر حرارت و پودر شدن

با توجه به اطلاعات قبلی و مشاهدات در مورد دریاچه ارومیه که همه ساله در پاییز و زمستان سدیم سولفات از آب جدا شده و در ساحل جمع شده است. همچنین یک روش اقتصادی جهت استحصال سدیم سولفات، استحصال در دمای زیر ۸-، ۷- است. ابتدا چهار نمونه ۱۵ لیتری به ارتفاع ۱۰ سانتی متر از آب دریاچه ارومیه در ظرف های بزرگی با شرایط یکسان تهیه شده و به مدت ۴۴ روز (از ۱۵ دی تا ۳۰ بهمن که هوا خنک تر می باشد) در محیط بیرون آزمایشات انجام شده است. همچنین ۱۰ نمونه ۱ لیتری هم آزمایش شدند. و در فاصله هر ۸ ساعت دما اندازه گیری شده است، تا بهترین شرایط جهت خلوص بیشتر سدیم سولفات به دست آید و بتوان میزان تقریبی سدیم سولفات به دست آمده از دریاچه ارومیه را تخمین زد. با توجه به شرایط جغرافیایی محیط و هوای سرد، نمک از آب جدا شده و رسوب تولید شده است. نمونه های بزرگ به ترتیب در هر ۱۱ روز نمونه برداری شده و نمونه های ۱ لیتری در هر ۴ روز نمونه برداری شده است نمک به دست آمده قبل از خشک شدن وزن شده است و سپس در آون در دمای بیشتر از ۱۰۵ درجه سانتی گراد حرارت داده شده است تا به صورت کاملاً پودر تبدیل شده و وزن شده است. از روی اختلاف وزن و با استفاده از محاسبات، نتیجه شده، نمک به دست آمده سدیم سولفات از نوع میرابیلیت (سدیم سولفات همراه ۱۰ مولکول آب) می باشد که بعد از حرارت به سدیم سولفات بدون آب تبدیل شده است. به صورت کاملاً خشک و پودر تبدیل شده است. همچنین میزان ناخالصی ها در نمک موجود، از قبیل کلر، کلسیم و منیزیم و ... اندازه گیری شدند. برای اندازه گیری سولفات از روش وزن سنجی استفاده شده است. که اساس کار رسوب دادن سولفات با باریوم کلرید ۲ آبه در محیط اسیدی و سپس صاف و خشک کردن و توزین می باشد. در جدول شماره ۲ نتایج حاصل از نمونه های ۳ و ۴ آمده است.

جدول شماره ۲. مقادیر اندازه گیری شده عناصر در نمک به دست آمده از آب دریاچه ارومیه

نام نمونه	کلر mg/kg	کلسیم mg/kg	منیزیم g/kg	سولفات g/kg	سدیم g/kg	پتاسیم g/kg	کربنات mg/ kg	سدیم سولفات g/kg	درصد سدیم سولفات
نمونه سوم	۷۳/۷	۴۸۰	۴	۶۵۰	۳۴۶	۷/۱	۵/۲	۹۶۰	۹۶
نمونه چهارم	۷۳/۷	۴۸۱	۴/۰۵	۶۵۰	۳۴۷	۶/۵	۶	۹۶۰	۹۶

کاربردهای سدیم سولفات

الف) پودرهای شوینده و پاک کننده: خنثی بودن سولفات سدیم در دماهای پائین و تمایل به واکنش در دماهای بالا موجب استفاده از آن به عنوان یکی از مواد اولیه اصلی صنایع شوینده (پودرهای شوینده خانگی) به عنوان یکی از بهترین پاک کننده‌ها و حلال‌ها، شده است. این ماده معدنی در ساختمان پودرهای شوینده، علاوه بر سازنده و پرکننده ارزان قیمت، باعث افزایش خاصیت پاک‌کنندگی و ازدیاد خاصیت تعلیق آن نیز می‌شود و بر روی خواص کلوئیدی سیستم تمیزکن نیز اثر می‌گذارد. به طور کلی امروزه حدود یک سوم ($1/3$) وزن مواد پاک کننده مصرفی در ماشین‌های رختشویی، سولفات سدیم است و در آمریکا 25% تا 40% حجم فرآورده (پودر شوینده) را سولفات سدیم به عنوان پرکننده تشکیل می‌دهد.

ب) صنایع شیشه: سولفات سدیم یک منبع تجاری و مناسب برای Na_2O در تعدادی از صنایع از جمله شیشه، کاغذ کرافت، رنگرزی پارچه‌های نساجی، دباغی و چرم سازی، صنایع چوب و... می‌باشد.

ج) صنایع تولید خمیر کاغذ: امروزه مصرف کاغذ پتانسیل قابل توجهی برای رشد دارد به طوری که اقتصاددان ها در کشورهای در حال توسعه، رسیدن به بازارهای رشد در کشورهای توسعه یافته را در دستور کار خود قرار داده‌اند. مصرف عمده سولفات سدیم در صنایع کاغذسازی در تهیه خمیر کاغذ کرافت است که اغلب به آن خمیر سولفات می‌گویند. این ماده معدنی در طی یک فرآیند شیمیایی مخصوص، در تشکیل خمیر مایه کاغذ کرافت موثر است.

د) صنایع نساجی: سولفات سدیم در صنایع نساجی به عنوان پرکننده و وزن دهنده به الیاف، برای بهبود خاصیت کیفیت و رنگ‌پذیری به کار می‌رود، برای استاندارد کردن رنگ‌ها در صنایع رنگرزی از این ماده معدنی استفاده شده است.^۷

برآورد اقتصادی استحصال سدیم سولفات از آب دریاچه ارومیه

دریاچه ارومیه با مساحتی حدود 5750 کیلومتر مربع و حجمی در حدود $10^{10} \times 45/3$ متر مکعب ($10^{13} \times 45/3$ لیتر، این حجم بر اساس عمق حداقل 6 متر مقایسه گردیده است) حاوی مقادیر فراوانی از املاح و عناصر معدنی می‌باشد که بهره برداری اصولی هر یک از این عناصر می‌تواند منبع اقتصادی ارزشمندی باشد. همچنین همه ساله مقادیر فراوانی از املاح و ترکیبات معدنی توسط رودخانه‌های اطراف به این دریاچه سرازیر می‌شوند که به میزان محتویات آن می‌افزایند.^۴ با توجه به مقادیر فراوان سولفات سدیم در آب دریاچه ارومیه و با توجه به حجم آب دریاچه تخمین زده می‌شود چندین میلیارد تن سولفات سدیم در دریاچه نهفته است. که در صورت بهره برداری از نظر اقتصادی به منطقه و کشور یاری خواهد رساند.

اشتغال زایی

با توجه به اینکه اغلب منابع معدنی در نقاط دور افتاده و محروم کشور از نظر امکانات راه، برق و غیره قرار دارند، بدیهی است که در صورت تأسیس امکانات بهره‌برداری از یک ماده معدنی، خود به خود تحولی در منطقه مورد مطالعه ایجاد می‌گردد که موجب اشتغال زایی کوتاه مدت و بلند مدت نسل جوان و فارغ التحصیلان دانشگاهی می‌شود. همچنین صنایع جنبی که باعث تبدیل کانسنگ سولفات سدیم به فرآورده‌های آن جهت مصرف در صنایع مختلف می‌شوند منجر به اشتغال عده کثیری از مردم منطقه مورد مطالعه می‌گردد و نیز امکانات فراهم شده جهت بهره‌برداری در منطقه مورد مطالعه باعث عمران و آبادانی منطقه خواهد شد. آنجا که معادن و ذخایر سولفات سدیم ایران جزو معادن و ذخایر کوچک مقیاس محسوب می‌شوند و همچنین از پراکندگی نسبتاً خوبی در سطح کشور و یا برخی از استانها برخوردار می‌باشند لذا سرمایه‌گذاری و بهره‌برداری از آنها همانند معادن بزرگ منجر به اشتغال زایی محدود به یک منطقه نخواهد شد بلکه اشتغال زایی نیز از توزیع و پراکندگی مناسبی در سطح کشور و یا سطح استان برخوردار خواهد بود.

نتیجه گیری و پیشنهاد

دریاچه ارومیه علاوه بر جاذبه های طبیعی و توریستی، دارای املاح باارزشی در خود می باشد که بهره برداری اصولی از آن ها بی شک تاثیر مهمی در رونق اقتصادی منطقه خواهد داشت. حال با توجه به این ذخایر خدادادی که نظایر مشابه آن در سایر نقاط دنیا نظیر دریاچه بحرالमित و دریاچه بزرگ نمک آمریکا در حال حاضر در حال بهره برداری هستند، این سوال پیش می آید که چرا چنین فعالیتی تاکنون در دریاچه ارومیه صورت نگرفته است؟ یکی از دلایل آن شاید عدم انجام مطالعات فراوری، امکان سنجی و بررسی های فنی - اقتصادی باشد و در حال حاضر با توجه به طرح های انجام گرفته و داده های موجود در خصوص ترکیب شیمیایی آب دریاچه و میزان املاح آن، می توان گفت که نیاز چندانی به انجام مطالعات مشابه وجود ندارد. اگر چه انجام مطالعات استحصال و بررسی های فنی - اقتصادی و زیست محیطی در رابطه با این دریاچه بسیار ضروری است و باید محور مطالعات و بررسی های آتی باشد. با توجه به مطالب ارائه شده نتیجه گیری می کنیم که دریاچه ارومیه همانند بسیاری از دریاچه های شور دیگر کشورها پتانسیل بالایی را جهت استحصال و تهیه ترکیبات معدنی به صورت خالص و ارزان قیمت را نشان می دهد.

مراجع:

- ۱- هاشمی، علی؛ دریاچه ارومیه نگین ایران، مجموعه مقالات اولین همایش دریاچه ارومیه، ص ۵۱۲، ۱۳۸۰
- ۲- سجادی، علی اکبر و هاشمیان، جمال الدین؛ استحصال املاح معدنی از دریاچه ارومیه، مجموعه مقالات اولین همایش دریاچه ارومیه، ص ۴۵۸، ۱۳۸۰
- ۳- جبارلوی شبستری، بهرام؛ دریاچه ارومیه اشک طبیعت ایران، انتشارات مهر، تهران، فصل اول، ۱۳۷۸
- ۴- معادی، امیر؛ روشهای آزمایشگاهی برای استحصال منیزیم کلرید از آب دریاچه ارومیه، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه ارومیه، ۱۳۸۱
- ۵- امامعلی پور، علی؛ بررسی زمین شناسی و پتانسیل معدنی دریاچه ارومیه، مجموعه مقالات اولین همایش دریاچه ارومیه، ص ۹، ۱۳۸۰
- ۶- لطف اللهی یقین، محمدعلی و معروفی، سعید؛ تاثیر بکارگیری مواد مضاف در کاهش خوردگی آب دریاچه ارومیه روی بتن آرمه، مجموعه مقالات اولین همایش دریاچه ارومیه، ص ۲۰۶، ۱۳۸۰

7- [http:// www.ngdir.ir](http://www.ngdir.ir)

