Archive of SID

محیط زیست طبیعی، منابع طبیعی ایران، دوره ۶۹، شماره ۳، پاییز ۱۳۹۵
صفحات ۸۳۵ تا ۸۵۱

مطالعه محیط های رسوبی و ترکیب شورابه دریاچه ارومیه با نگرشی بر ارائه راهکار مناسب جهت احیا

راضیه لک[۱] و جواد درویشی خاتونی[۲*]

۱. استادیار پژوهشکده علوم زمین، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور

۲. مدیریت زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی جنوب باختری

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۲/۲۲ - تاریخ تصویب: ۱۳۹۵/۹/۲۸)

چکیده:

بحران اخیر محیط زیستی و خشک شدن دریاچه ارومیه هم اکنون یکی از بزرگترین مخاطرات زمین شناختی کشور محسوب می گردد. در این پژوهش بررسی های دورسنجی در بازه زمانی ۳۵ ساله، پردازش داده های اقلیمی ۵۵ ساله و رابطه آن با تغییرات تراز آب دریاچه، پایش هیدروژئوشیمی دریاچه به مدت ۶ سال، تهیه ۲۳ مغزه رسوبی دست نخورده با بیشینه ژرفای ۹ متر از رسوبات بستر دریاچه انجام گرفت. با توجه به نتایج بدست آمده از مغزه گیری، بخش اصلی دریاچه در حداقل ۱۳۰۰۰ سال گذشته، محیط دریاچه ای بوده و رسوبگذاری پیوسته دیده می شود. لذا تغییر اقلیم و بویژه افزایش تبخیر در سال‌های اخیر اگر چه خود عاملی در کاهش تراز آب دریاچه محسوب می گردد، اما علت اصلی خشک شدن دریاچه ارومیه نیست. عوامل آنتروپوژنیک (انسانی) از عوامل مهم کاهش تراز آب دریاچه ارومیه می باشد که شامل احداث میانگذر شهید کلانتری، توسعه بی رویه کشاورزی و استفاده از آب های زیر زمینی و احداث سدها است. از سوی دیگر مراحل تکاملی شورابه دریاچه ارومیه به انتها رسیده است و مقدار منیزیم شورابه بیش از سدیم گردیده است در این شرایط با افزایش بسیار زیاد میزان تبخیر، دریاچه به پلایا یا کفه نمکی شده (ضخامت زیاد نمک در بستر دریاچه به ۶ متر نیز می رسد) و در معرض نابودی است. ورود آب شیرین به صورت مقطعی و نه یکباره به داخل آن، بدون کمک به احیا آن سبب از بین رفتن منابع آب می شود. لذا محدود نمودن دریاچه، برداشت نمک و استفاده اقتصادی از نمک های آن و در نتیجه کاهش بخشی از نمک دریاچه قبل از آبگیری می تواند از راهکارهای مناسب جهت احیا دریاچه باشد. بخش شمالی دریاچه بدلیل عمق ذاتی برای احیا در فاز اول و بخش جنوبی آن برای برداشت نمک و املاح اقتصادی مناسب است.

کلید واژگان: دریاچه ارومیه، پالئوژئولیمنولوژی، محیط های رسوبی، ترکیب شورابه، راهکار احیا

* نویسنده مسئول: تلفن: ۰۹۳۵۹۶۱۲۳۶۰ ایمیل: Darvishi.khatooni@gmail.com

www.SID.ir

Archive of SID

۱. مقدمه

دریاچه اورمیه بین مختصات جغرافیائی ۴۴ درجه و ۱۴ دقیقه تا ۴۷ درجه و ۵۳ دقیقه طول شرقی و ۳۵ درجه و ۴۰ دقیقه تا ۳۸ درجه و ۳۰ دقیقه عرض شمالی واقع شده است (Mohammadi *et al.*, 2010; Darvishi khatooni & Mohammadi, 2011). این دریاچه بزرگترین و شورترین دریاچه دائمی ایران و یکی از بزرگترین دریاچه‌های فوق اشباع از نمک دنیا است که از این نظر با دریاچه بزرگ نمک آمریکا قابل مقایسه است. هر دو دریاچه در یک محیط قاره‌ای خشک، فوق اشباع از نمک، با عمق مشابه و حدود ۱۲۸۰ متر ارتفاع از سطح آب دریا و تیپ شورابه‌ای سدیم، کلر، سولفات می‌باشند. علاوه بر آن رسوبات هر دو آنها غالباً رسوبات درون حوضه‌ای و پلت آرتمیا است و هر دو نوسانات تاریخی یکسانی در تراز آب دریاچه داشته‌اند (Kelt & Shahrabi, 1986). طول دریاچه بین ۱۲۰ تا ۱۵۰ کیلومتر و عرض آن بین ۲۰ تا ۵۰ کیلومتر (Azari Esmaeili Dahesh *et al.*, 2010; Takami, 1993; Sorgeloos, 1997) عمق آن بین ۶ تا ۱۶ متغیر است و میانگین ژرفای آن ۶ متر است (Ghaheri & Baghal-Vayjooee, 1999). دریاچه ارومیه در گستره‌ای با تکتونیک فعال در شمال باختری ایران قرار دارد. در گزارش‌های قدیمی گانتر ۱۸۹۹ دریاچه ارومیه را باقیمانده دریای مدیترانه دانسته است. دریاچه ارومیه در محل برخورد میکرو پلیت های ایران و ترکیه ایجاد شده است و در یک زون تکتونیکی برخوردی بین دو پلیت اورازیا و عربی واقع شده است(MacKenzie, 1972). این دریاچه در پست ترین فرونشست آذربایجان قرار دارد که اطراف آن را کوه‌های مرتفع با ارتفاع بیش از ۲۰۰۰ متر فرا گرفته است. فعالیت گسل تبریز در این منطقه سبب بالاآمدگی قطعه‌ی شمالی این گسل شده و قطعه‌ی فوق‌الذکر با ایجاد مانعی در مقابل جریان آب، موجبات تشکیل دریاچه ارومیه را فراهم آورده است. به لحاظ پیدایش، دریاچهٔ ارومیه جوان است و پس از دوره پلیوسن شکل یافته است (Kelts & shahrabi, 1986). دریاچه‌ارومیه، دریاچه‌ای با آب شیرین بوده که بتدریج شورتر شده تا به حد فوق اشباع از نمک رسیده است (Kelts & Shahrabi, 1986 ؛ Ghadban & Mohajerbavaghar, 1997). میزان شوری دریاچه ارومیه، ۲۱۷ تا ۲۸۰ گرم در لیتر (Touloie, 1998)، ۱۳۰ تا ۱۸۰ ppt و در برخی سال ها تا ۲۳۰ ppt (Jalili, 1995)، حدود۳۰۰ ppt (Islami, 2001)، ۳۸۰ ppt (Darvishi khatooni, 2011)، حدود ۴۰۰ گرم در لیتر(Lak et al., 2011) گزارش شده است. وسعت دریاچه در سال ۱۳۸۸، ۲۷۲۳/۴ کیلومتر مربع (۴۹/۷ درصد) در مقایسه با سال ۱۳۶۸، کاهش یافته است که بالاترین میزان کاهش سطح دریاچه در طول دوره‌های مطالعاتی محسوب می‌شود (Salehipour milani *et al.*, 2010 & 2011).

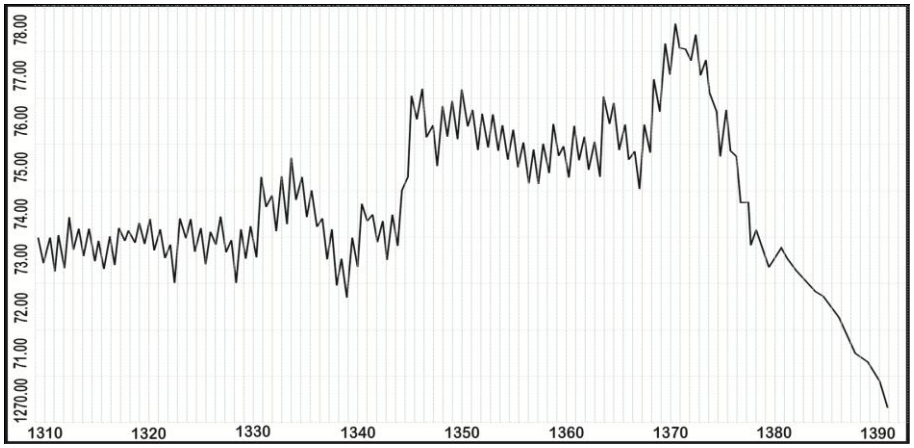
در دو دهه اخیر کاهش شدید سطح تراز به میزان بیش از ۸ متر(شکل ۱) و افزایش میزان شوری آب، مرگ و میر پرندگان(کاهش جمعیت و عدم زادآوری گونه‌های مهم و نادر پرندگان مهاجر مانند پلیکان سفید و فلامینگو)، مختل شدن امور تردد شناورهای

www.SID.ir

Archive of SID

دریایی و عدم کارایی اسکله‌های احداث شده در سواحل بندر شرف خانه، رشکان، گلمانخانه و جزایر اششک و کبودان، پدیدار شدن زمین های شوره زار به میزان حداقل ۱۵۰ هزار هکتار خصوصا در نواحی پست اطراف دریاچه و سواحل جزایر، چسبیده شدن جزایر نه گانه پارک ملی، کاهش شدید تولید سیست آرتمیا (طلای زنده و منحصر به فرد دریاچه ارومیه)شده است و همچنین عدم مدیریت درست منابع و عدم رعایت حق آبه هر یک از رودهای حوضه آبریز دریاچه ارومیه باعث بحرانی شدن وضعیت بزرگترین دریاچه فوق اشباع جهان گردد (Darvishi khatooni, 2011). پیامدهای قابل پیش بینی با توجه به وضع موجود این سرزمین و همچنین تجربه خشک شدن دریاچه آرال در شوروی سابق پس از منحرف نمودن رودخانه های جیحون و سیحون به صحرای قره قوم که در دهه ۱۹۶۰ برای تولید انبوه پنبه انجام شد (Brown, 2003)، این گونه خلاصه می گردد: تنش های بین المللی، آسیب پذیری معیشت و تشدید فقر و تنزل اقتصاد کشاورزی، بیکاری و پویش های جمعیتی آشفته مانند مهاجرت و تخلیه روستاها ، افزایش جرائم گسترش بیماری ها و کاهش امید به زندگی، تشدید جنبش های اعتراضی.

از آنجایی که شتاب افت تراز آب و خشک شدن دریاچه در سال‌های کنونی افزایش چشم گیری داشته است و این مساله تبدیل به بحران جدی زیست محیطی در این منطقه از کشور شده است، شناخت و آگاهی از تاریخچه رسوبگذاری در هولوسن و نحوه تغییر محیط‌های رسوبی و شیمی آب می تواند نقش انسان در این سرعت تغییر را نمایان سازد. این پژوهش سعی دارد ضمن بررسی شرایط فعلی به بازسازی شرایط محیطی و رسوبگذاری دریاچه ارومیه در زمان های گذشته بپردازد. احیا دریاچه ارومیه با تکیه بر تاریخچه رسوبگذاری و محیط های رسوبی و شرایط فیزیکوشیمیایی فعلی و نه بروش آزمون و خطا، روشی مناسب خواهد بود.



شکل ۱) تغییرات سطح تراز دریاچه ارومیه در ۸۲ سال گذشته(Darvishi khatooni & Mohammadi, 2011).

www.SID.ir

Archive of SID

۲. مواد و روش ها

روش مطالعه در انجام این پژوهش شامل جمع آوری اطلاعات موجود از قبیل نقشه های توپوگرافی، زمین شناسی، اطلاعات آب های سطحی و زیرزمینی، هواشناسی، داده های اقلیمی ۵۵ ساله، بررسی های دورسنجی، رسوب شناسی و ژئوفیزیک، مقالات و کتب مرتبط فارسی و لاتین، داده های آب های سطحی و زیر زمینی مربوط به سال های قبل، از مرکز تحقیقات منابع آب وزارت نیرو و سایر مراکز تحقیقاتی انجام و همگی آنها برای پردازش های بعدی به یک بانک داده تبدیل شد. سپس عملیات صحرایی و مغزه گیری، برداشت نمونه آب از شورابه، عملیات آزمایشگاهی، پردازش داده های صحرایی، آزمایشگاهی و دفتری و سپس تعبیر و تفسیر ونتیجه گیری انجام گرفت.

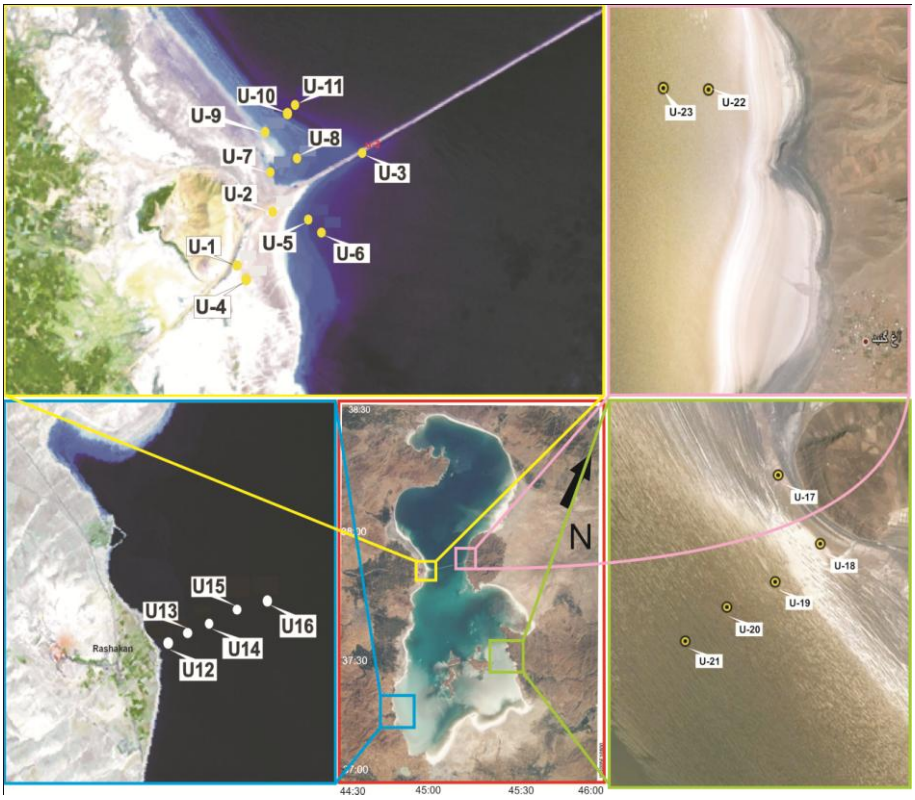
۱،۲عملیات صحرایی و آزمایشگاهی

به منظور بازسازی شرایط و محیط رسوبی گذشته دریاچه ارومیه اقدام به تهیه تعداد ۲۳ مغزه رسوبی دست نخورده از حاشیه غربی و شرقی (جنوب و شمال بزرگراه شهید کلانتری) و جنوب غربی و شرقی دریاچه ارومیه شد. تا ضمن بازسازی شرایط محیطی و رسوبی گذشته، به مقایسه با شرایط فعلی پرداخته و روند خشک شدن دریاچه ارومیه مورد بررسی دقیق تری قرار گیرد. موقعیت مغزه های برداشت شده در شکل ۲ قابل مشاهده می باشد. مغزه ها توسط یک عدد مغزه گیر دستی از نوع Handy Auger تهیه گردید (Piovano *et al*., 2002). بدلیل تعداد زیاد مغزه ها، در اینجا تنها به توصیف رخساره های مربوط به سه مغزه متعلق به یک ترانسکت عمود بر ساحل در جنوب باختر (U-13, U14, U15)دریاچه که از ساحل تا ۴ کیلومتری داخل دریاچه را شامل می گردد، پرداخته می شود.

همچنین جهت بررسی هیدروشیمی و روند تکاملی شورابه دریاچه و تعیین نوع آن، از کلیه آب های وارده به دریاچه اعم از آب های سطحی (رودخانه هایی دارای آب ورودی به دریاچه بودند) و زیرزمینی جهت روشن شده ارتباط آنها با شورابه دریاچه تعداد ۱۲۰ نمونه آب در طول ۶ سال دوره مطالعاتی در یک شبکه نامنظم و بصورت تصادفی و پراکنده در کل دریاچه، نمونه برداری شد و پارامترهای فیزیکی و شیمیایی آن اندازه گیری شد. در زمان برداشت نمونه آب، عمق نمونه برداری و پارامترهای فیزیکی و شیمیائی آب از قبیل، رسانایی الکتریکی (EC)، کل جامد محلول (TDS)، pH و شوری با استفاده از دستگاه مولتی پارامتر اندازه گیری شده است (Suangkiattikum 2005; Ermilio 2005; Hunt *et al*., 2006).

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۲) دریاچه ارومیه و محل های دقیق مغزه گیری

جهت تعیین درصد کاتیون ها و آنیون های اصلی با دستگاه Automated Knauer Ion chromatograph با ستون Hamilton x100 برای آنالیز آنیون ها و ستون Hamilton x200 برای آنالیز کاتیون ها، انجام گردید (Suangkiattikum, 2005; Ikhu-Omoregbel *et al*., 2005; Borgarello et al., 1986;). در مواردی که غلظت املاح بالا بود و امکان تجزیه آب دریاچه بدلیل درصد بسیار بالای کلرید سدیم، با ICP ممکن نبود در نتیجه از روش تیتراسیون استفاده شد.

پس از اخذ نتایج حاصل از آزمایشات مختلف اندازه گیری پارامترهای آب، املاح موجود، آنیون وکاتیون ها، بنیان های اصلی و ...، با استفاده از نرم افزار Rockwork گزینه هیدروژئوشیمی، نمودارهای پایپر (Piper, 1994) و نمودار های استیف (Stiff, 1951) برای سال های مختلف رسم شد (شکل۳ و جدول۱)، به همین طریق تیپ آب های ورودی دریاچه نیز مشخص شد و در ادامه تفسیر و نتیجه گیری انجام گرفت. همچنین پارامترهای آماری، ضرایب همبستگی بین آنیون و کاتیون های مختلف با استفاده از نرم‌افزار SPSS تعیین گردید.

۳. نتایج

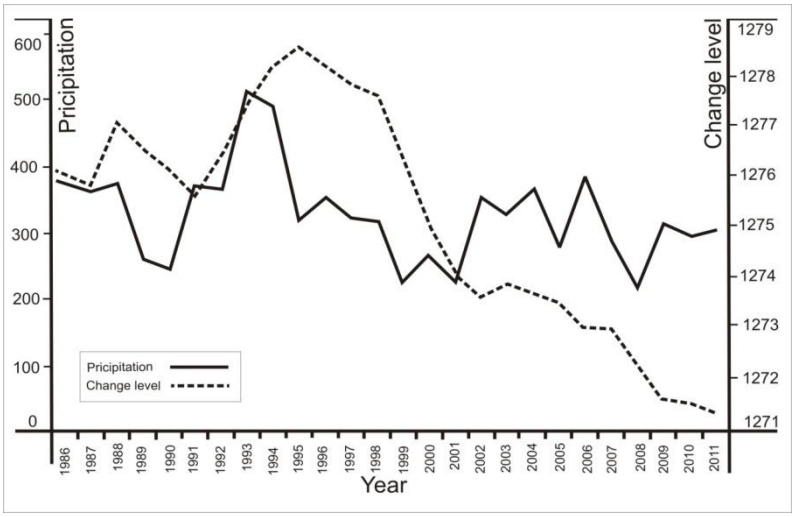
۱،۳ نوسانات سطح تراز دریاچه ارومیه

رابطه بین بارش متوسط یازده ایستگاه در حوضه آبریز و نوسانات سطح آب دریاچه ارومیه در یک بازه ۲۵ ساله نشان می دهد (شکل ۳)که تغییرات سطح

www.SID.ir

Archive of SID

آب دریاچه به دو بازه زمانی تقسیم می شود. دوره اول از سال ۱۹۸۶ تا ۲۰۰۱ می باشد. در این بازه زمانی رابطه بارش و نوسانات سطح اساس، رابطه ای مستقیم می باشد و با افزایش میزان بارش سطح آب دریاچه نیز افزایش می یابد. در این دوره در سال های ۱۹۹۰ تا ۱۹۹۴ بیشترین میزان بارش دریافتی حوضه رخ داده است که اوج بارش های حوضه در سال های ۱۹۹۳ با ۵۲۰ میلی‌متر و ۱۹۹۴ با ۵۰۰ میلی‌متر روی داده است. با مقایسه میزان بارش و نوسان سطح آب دیده می شود که با افزایش میزان بارش سطح آب دریاچه نتیجه بارش های بیشینه متوالی تراز ۱۲۷۹ در این دریاچه رخ داده است و پس از آن با کاهش شدید میزان بارش از سال ۱۹۹۴ تا سال ۲۰۰۱، ۲۳۰ میلی‌متر سطح آب دریاچه نیز به تبع آن کاهش شدیدی داشته است و به تراز ۱۲۷۳/۸ رسیده است که نسبت به سال ۱۹۹۵ در حدود متر کاهش یافته است. دوره دوم از شامل سال های ۲۰۰۱ تا ۲۰۱۰ می باشد. در این ۴/۲ دوره هرچند افزایش میزان بارش در حوضه آبریز در یاچه رخ داده ولی سطح آب دریاچه همچنان به روند کاهشی خود ادامه می دهد و رفتار سطح آب دریاچه مستقل از بارش عمل نموده و همچنان به روند کاهشی خود ادامه می دهد به صورتی که در سال تیر ماه ۲۰۱۱ تراز آب ۱۲۷۲/۱ می باشد که نسبت به سال ۱۹۹۵ در حدود ۷/۸ متر کاهش یافته است و باعث شده منحنی ها هر ساله بیشتر و بیشتر از هم فاصله بگیرند. این روند با توجه به در پیش بودن فصل تابستان و کاهش میزان بارش ادامه خواهد یافت. این امر نشان دهنده این است که عواملی علاوه بر عوامل اقلیمی در این دوره بر کاهش سطح آب دریاچه و بر هم خوردن رژیم آبی آن تاثیر گذارده است.



شکل ۳) رابطه بین بارش و نوسانات سطح آب دریاچه ارومیه

www.SID.ir

Archive of SID

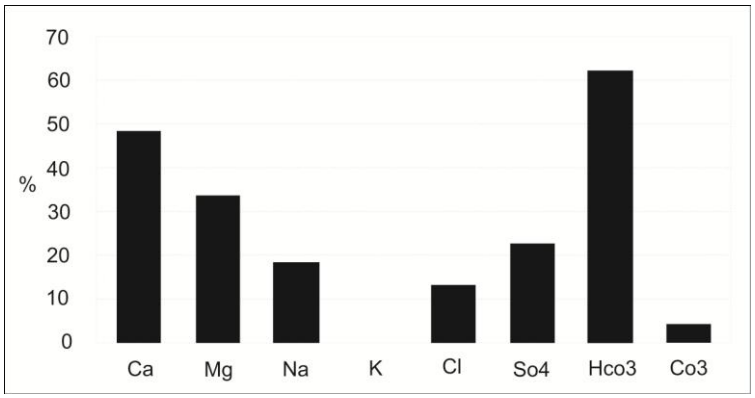
به نظر می رسد بارش در این دوره علاوه بر کاهش میزان بارش در قبل از سال های ۲۰۰۰ استفاده بی رویه از منابع آبی اعم از آب های زیر زمینی و سطحی و اجرای طرح های سد سازی در حوضه طی چند سال اخیر و عدم رعایت حق آبه هر یک از رودهای حوضه آبریز دریاچه ارومیه باعث ایجاد روند نزولی در سطح تراز دریاچه گردیده است. از جمله آن طرح های ملی توسعه منابع آب حوضه آبریز دریاچه ارومیه و احداث سدهای مخزنی است که در طول برنامه دوم، سوم و چهارم به اجرا در آمده است. جدول (۳) سد های مخزنی احداث شده حوضه آبریز دریاچه ارومیه از سال ۱۳۷۳ را در تنها در آذربایجان غربی نشان می دهد. با مشاهده این جدول مشخص می شود تعداد ۱۶ سد با ظرفیت آبگیری ۱/۶۲۵/۷۰۰ متر مکعب فقط در این استان در دست اجرا می باشد و از این تعداد ۶ سد (شهرچای، حسنلو، زولا، دبریک، ساروق) و همچنین افزایش ارتفاع سد زرینه رود به میزان ۱۰ متر، با ظرفیت آبگیری ۷۶۷/۵ میلیون متر مکعب به بهره برداری رسیده است. با بهره برداری از سایر سدها استان های آذربایجان شرقی و کردستان که در محدوده حوضه آبریز دریاچه ارومیه قرار دارد، در سال های آینده سهم حق آبه دریاچه ارومیه هر ساله کاهش یافته و سطح آب این دریاچه نیز افت نموده زمینه برای خشک شدن کامل این دریاچه فراهم می گردد.

۲,۳ منابع تأمین کننده رسوبات و یون‌های دریاچه ارومیه

شیمی اولیه آب های وارد شده به حوضه های بسته، متأثر از لیتولوژی سنگ ها و رسوباتی است که در معرض هوازدگی قرار می گیرند و مدت زمان ماندگاری آب های زیر زمینی درون سنگ های حوضه می‌باشد (Eugster, 1980; Jones and Deocampo, 2004; Lak *et al*., 2007). مراحل مختلف تکامل شورابه و یا به عبارت دیگر نوع کانی های تبخیری که در حوضه ته نشست می کنند سبب تغییر در ترکیب شورابه می‌گردد. آب های رقیق وقتی وارد حوضه می‌گردند، فرآیند شیمیایی تکامل شورابه را طی می‌کنند (Hardie & Eugster, 1978). همچنین بخش اعظم رسوبات و سنگ های حوضه آبریز دریاچه ارومیه غالبا شامل تبخیری ها، کلسیت، سولفیدها و سیلیکات ها می باشند. آب های منطقه بدلیل عبور از سازندهای واجد کانی های تبخیری و همچنین نزدیکی به گنبد نمکی، کانی های تبخیری راحل نموده اند در نتیجه غالبا دارای ترکیب $Cl+SO_4>HCO_3$ می باشند. علاوه بر این بدلیل عبور از سازندهای آهکی، با میزان بالای کلسیت و سولفات ها (ژیپس)، همچنین میزان آنیون و کاتیون های به حالت $Ca>CO_3$ و $Ca+Mg>CO_3$ مواجه هستیم. شکل ۴ نشان دهنده درصد آنیون ها و کاتیون های آب هایی است که در اثر هوازدگی سنگ های مختلف ایجاد می گردد.

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۴) میانگین درصد کاتیون ها و آنیون های آب های وارد شده به دریاچه ارومیه سال ۲۰۱۱

بخش اصلی کانی های رسی در دوره‌هایی با آب و هوای مرطوب و بارش زیادکه سطح آب دریاچه بالاست وارد دریاچه شده اند (Mohammadi, 2005) لذا فراوانی کانی های رسی معرف دوره های پر آبی است. رودخانه آجی‌چای با وجود آبدهی کمتر نسبت به جیغاتی(زرینه رود) ولی میزان رسوب و مواد محلول بیشتری را نسبت به سایر رودخانه‌ها وارد دریاچه می‌کند (بیش از ۴۰ درصد کل رسوب تخریبی وارده به دریاچه در طی یک سال). رودخانه جیغاتی (زرینه رود) با وجود تامین بیش از ۴۰ درصد آب ورودی دریاچه، آورد سالیانه رسوب آن تنها ۲۰ درصد کل رسوبات تخریبی وارده به دریاچه در طی یک سال است.

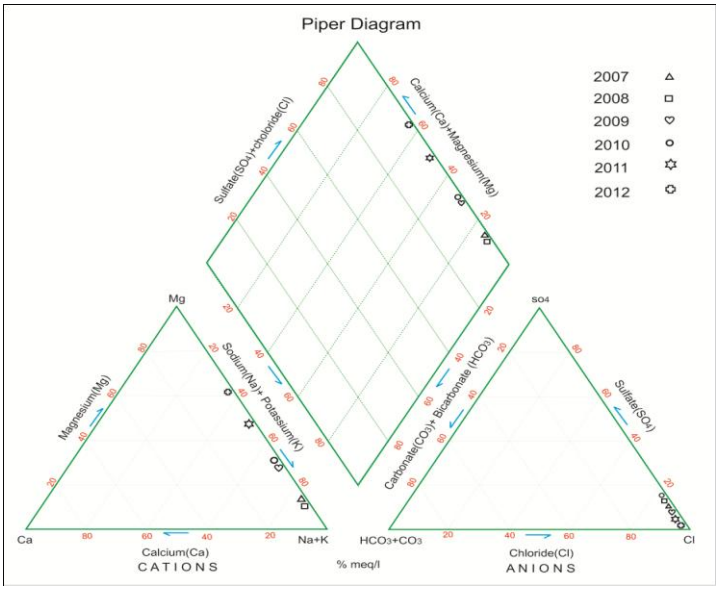
سایر رودخانه‌ها نیز بسته به میزان آبدهی، جنس و میزان فرسایش پذیری سازندهای موجود در حوضه آبریز خود، در تامین رسوبات وارده به دریاچه نقش دارند (Mohammadi, 2005). رسوبات شیمیایی و بیوشیمیایی یکی دیگر از انواع رسوبات بستر دریاچه ارومیه است که حدود ۶۰-۵۰ درصد کل رسوبات دریاچه را شامل می‌گردند. نسبت رسوبات شیمیایی و بیوشیمیایی نسبت به رسوبات آواری شاخص مهمی برای بررسی شرایط محیطی و وضعیت آب و هوایی محسوب می‌شوند. همچنین افزایش و کاهش میزان اجزاء تبخیری و کانیهای رسی در رسوبات، نشان دهنده شرایط آب وهوایی محیط است. مهمترین اجزاء شیمیایی و بیوشیمیایی رسوبات دریاچه شامل گل های آراگونیتی، دانه‌های پوشش‌دار، پلت های دفعی آرتمیا و کانی های تبخیری (هالیت، ژیپس و انیدریت و به مقدار کمتری کانی های تبخیری دیگر مانند پلی هالیت، هگزاهیدرات، کیزریت، کارنالیت و بیشوفیت می باشند. به طور کلی با افزایش درجه شوری به ترتیب کربنات ها، سولفات ها (ژیپس و انیدریت) و کلرورها (هالیت) تشکیل می گردند (Warren, 2006) و سرعت رسوبگذاری در حاشیه بیش از مناطق مرکزی تر دریاچه است (Lak *et al*., 2007).

۳,۳ تیپ و روند تکامل ژئوشیمیایی شورابه دریاچه ارومیه

www.SID.ir

Archive of SID

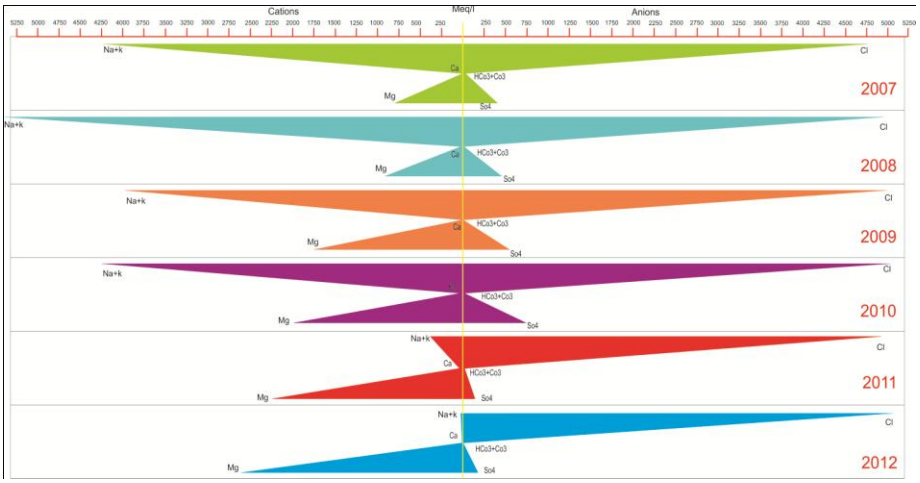
ترکیب شیمیایی شورابه ها، به املاح موجود در آب های وارده، آب های جوی و نیز واکنش های هوازدگی شیمیایی وابسته است (Eugster, 1980). دریاچه ارومیه یک دریاچه فوق اشباع استثنایی است. تغییرات سریع تیپ آن در مدت کمتر از ۴ سال بیانگر آن است که با کاهش ورود آب، پایین آمدن تراز آب، افزایش تبخیر و افزایش غلظت شورابه، غلظت عناصر بالا می رود. با ته نشست ژیپس، مقدار کلسیم کاهش می یابد. تا جایی که هالیت ته نشست می گردد. در آن صورت مقدار Na^{+} و Cl^{-} کاهش می یابد. اما مقدار منیزیم، به شدت افزایش می یابد (Valero-Garces *et al.*, 2000). از سال ۲۰۰۷ تا ۲۰۱۲ میزان سدیم در اثر ته نشست بسیار کاهش و در مقابل با تبلور مستقیم و غیر مستقیم سدیم میزان منیزیم در شورابه به شدت افزایش یافته است. همان گونه که مشاهده می شود در سال ۲۰۱۲ میزان منیزیم نسبت به سدیم بسیار بالا رفته ترکیب شورابه Mg-Na-Cl بوده و در شمال و جنوب دریاچه به دلیل عدم تبادل آب در محل میانگذر اختلاف فاحشی بین ترکیب شیمیایی آب دریاچه در بخش شمالی با بخش جنوبی دریاچه مشاهده می شود. مقایسه نتایج آنالیزهای شیمیایی شورابه ها با آب های ورودی، مبین افزایش میزان غلظت آنیون ها و کاتیون ها به سمت مرکزحوضه می باشد. ترکیب شیمیایی آب های حوضه آبریز و درنتیجه آب های وارده به پلایا، مختلف و از انواع کربناته، سولفاته و کلروره (بیشترسولفاته) است (شکل ۴). درحالی که ترکیب شیمیایی شورابه موجود در دریاچه، کلروره و سولفاته (بیشتر کلروره) می باشد (شکل های ۵ و ۶).



شکل ۵) دیاگرام پایپر نشان دهنده ترکیب شیمیایی دریاچه ارومیه در ۶ سال اخیر

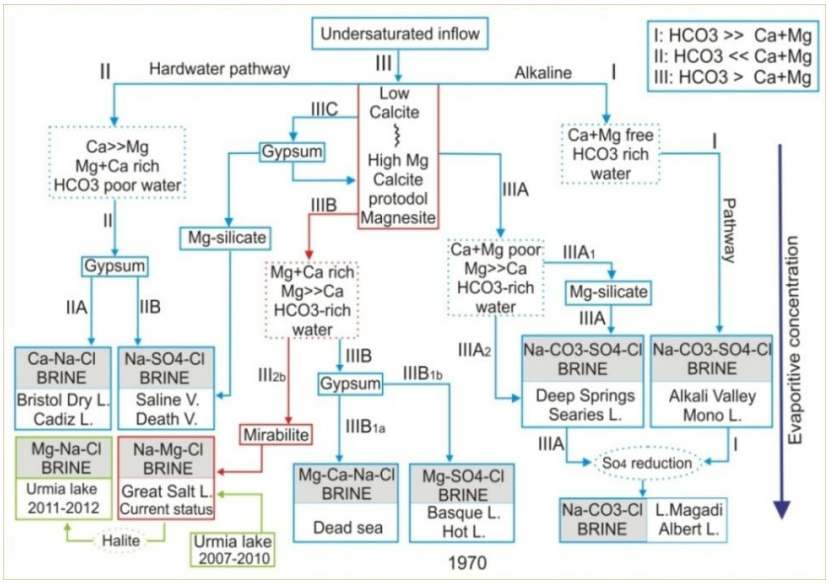
www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۶) دیاگرام استیف آنیون و کاتیون های شورابه دریاچه ارومیه به تفکیک در ۶ سال اخیر

تکامل ژئوشیمیایی دریاچه های شور، با ترکیب شیمیایی آب های وارده، جدایش انتخابی املاح و تغلیظ در اثر تبخیر صورت می گیرد (Sinha & Raymahashoy, 2004). تیپ شورابه دریاچه ارومیه تا سال ۲۰۱۰ از نوع III بوده که قابل مقایسه با دریای بزرگ نمک در آمریکا بوده است و این روند با خشک شدن دریاچه ارومیه و تشدید میزان تبخیر در دریاچه به میزان ده ها برابر و همچنین کاهش میزان ورودی آب های سطحی و چشمه ها و زهکش های اطراف دریاچه در سال های اخیر به میزان بالایی تغییر ترکیب شیمیایی داده و از تیپ Na-Mg-Cl به Mg-Na-(k)-Cl در سال ۲۰۱۱ تغییر کرده و در سال ۲۰۱۲ به Mg-Na-Cl می رسد (شکل ۷).



شکل ۷) دیاگرام پیشنهادی تکامل شورابه (اقتباس از **Hardie and Eguster, 1978** با اندکی تغییرات) و مسیر تکامل شورابه دریاچه ارومیه

www.SID.ir

Archive of SID

در شرایط کنونی مقدار منیزیم به مراتب بالاتر از سدیم بوده است. این وضعیت وقتی ایجاد می شود که میزان تبخیر بسیار بالا و شورابه سطحی در حال خشک شدن باشد. در غلظت های بیشتر و تبخیر بالاتر هالیت ته نشست کرده و مقدار سدیم و کلرعلیرغم بالا رفتن غلظت شورابه، کاهش می یابد اما مقدار منیزیم افزایش می یابد. در ترکیب شیمیایی دریاچه ارومیه سال ۲۰۰۷، درصد سدیم بالاتر از منیزیم می باشد. در سال ۲۰۰۷ نسبت سدیم به منیزیم ۵/۱۲ می باشد. ولی این میزان در سال ۲۰۱۱ به ۰/۶۸ و در سال ۲۰۱۲ به ۰/۵۳ می رسد. هر چه تبخیر بالاتر رود، نسبت منیزیم به سدیم افزایش می یابد.

۴,۳ بازسازی شرایط و محیط رسوبی گذشته

روش های متداول در این بررسی ها شامل انتخاب و آماده نمودن روش مغزه گیری، تعیین ویژگی های فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی رسوبات بستر، تعیین نرخ رسوبگذاری و آنالیزهای آماری داده های اخذ شده می باشد. بر اساس شواهد ذکر شده در خصوص هر رخساره، برای هر یک از مغزه ها ستون چینه شناسی، زیر محیط رسوبی و تراز آب دریاچه رسم گردید (شکل ۸). همانطور که ملاحظه می شود، در محیط دریاچه ای، تراز آب در سمت راست که بالاترین تراز ممکن است قرار می گیرد با تبدیل محیط دریاچه ای به محیط پلایایی و سپس محیط باتلاقی و رودخانه ای، بتدریج تراز آب کاهش و به سمت چپ حرکت می کند. مطالعه توالی رسوبات بیانگر آن است که رسوبات، در محیطی فوق اشباع از نمک با تناوب رسوبات تخریبی، شیمیایی و بیوشیمیایی ایجاد شده‌اند. با توجه به رخساره های رسوبی موجود، سه محیط رسوبی تالابی، دریاچه ای و پلایایی قابل تشخیص است. پس از تعیین وضعیت رسوبگذاری و نوع رسوبات، بررسی تغییرات سطح آب دریاچه در طول زمان، پیشروی و پسروی خطوط ساحلی و تاثیر این تغییرات بر تالاب های حاشیه ای موجود، سعی گردید موقعیت برداشت مغزه ها بگونه ای باشد که هم از محیط دریاچه ای و هم از محیط تالابی امروزی، مغزه گیری انجام شود (شکل ۸).

با در نظر گرفتن ویژگی رخساره ای در مغزه های از شمال به جنوب که پیش از این توسط Kelts و Shahrabi در سال ۱۹۸۶ اخذ شده بود، پیوستگی رسوبات دریاچه ای درچند هزار سال اخیر مشخص می شود. نتایجی که از مغزه گیری و داده های لرزه ای ارائه نموده اند حاکی از یک دوره خشک سالی و پرشدگی کانال در ابتدای هولوسن یا آخر دوره یخچالی است که با ایجاد پهنه گلی- پلایایی توام بوده است. براساس نتایج سن سنجی رسوبات دریاچه ارومیه توسط (Kelts & Shahrabi, 1986) نرخ رسوبگذاری ۰/۱ تا ۱ میلی‌متر در سال متغیر است. اما در مغزه‌های نزدیک به محل مغزه‌های مربوط به این پژوهش نرخ رسوبگذاری حدود ۰/۵ میلی‌متر در سال می‌باشد. با توجه به توالی‌های رخساره‌ای موجود آثار خشکسالی بزرگ و مهم در دریاچه ارومیه در عمق ۶۵۰ سانتی‌متری با سن تقریبی ۱۳۰۰۰ سال می‌باشد و از آن زمان تاکنون رسوبگذاری پیوسته در

www.SID.ir

Archive of SID

محیط دریاچه‌ای فوق اشباع از نمک وجود دارد. ولی هم اکنون نه تنها در محل مغزه‌های برداشتی، بلکه تا ۴ کیلومتر به سمت مرکز دریاچه به شوره زار و کویری خشک تبدیل گردیده است که خود نشانگر تأثیر عوامل آنتروپوژنیک (ساخت سازه‌های آبی مانند سدها، میانگذر، استفاده بی رویه از منابع آب زیرزمینی) در خشک شدن کنونی دریاچه می‌باشد.

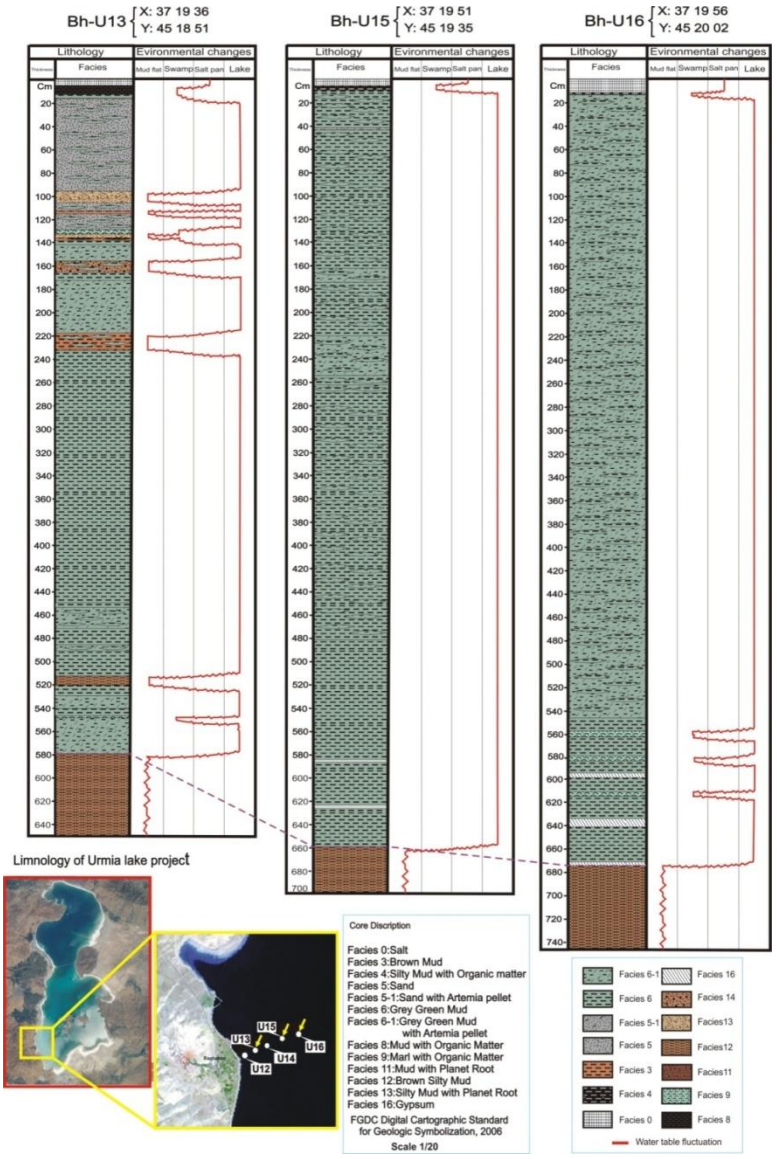
در حال حاضر عوامل مؤثر در کم‌آبی و خشک شدگی نسبی دریاچه ارومیه بیش از همه متأثر از عوامل انسانزاد، اقلیمی و بویژه افزایش تبخیر می‌باشد.

۴. بحث و نتیجه گیری

سطح آب دریاچه ارومیه نوسانات شدیدی را در دهه های اخیر داشته است و بیشترین تراز را در سال ۱۹۹۵ دارا بوده و که شاهد افزایش سطح آب دریاچه به میزان زیادی هستیم و بعد از آن تا سال ۲۰۱۱ شاهد افت شدید تراز آب دریاچه به میزان ۶/۶ متر که این امر تاثیرات بسیار زیادی را در فیزیوگرافی، ژئومورفولوژی و هیدروگرافی این دریاچه گذاشته است. در نوسانات سطح آب دریاچه ارومیه هرچند عوامل اقلیمی تاثیر مهمی را بر نوسانات سطح آب دریاچه دارد ولی نقش عوامل انسانی و تاثیرات منفی که از طریق احداث سدهای متعدد و بهره برداری بی رویه از آب‌های سطحی و زیرزمینی بر این دریاچه گذاشته شده است، قابل توجه می باشد. نتایج مطالعات Jalili و همکاران(۲۰۱۱)، Hasani و همکاران(۲۰۱۱) و Ahadnejad و Marauyma (۲۰۱۰) نتایج بدست آمده را تایید می کنند. یک دوره خشکسالی عمومی در بخش انتهایی مغزه‌های بلند در عمق حدود ۶۵۰ سانتی‌متری دیده می‌شود که با رسوبات قاره‌ای به رنگ قرمز قهوه‌ای نمایان می‌گردد. سن تقریبی این دوره خشکسالی حدود ۱۳۰۰۰ سال قبل می‌باشد. رسوبگذاری پیوسته مربوط به محیط دریاچه فوق اشباع از نمک از ۱۳۰۰۰ سال پیش تاکنون در دریاچه ارومیه (بجز نواحی کرانه‌ای) دیده می‌شود که حاکی از ثبات محیط دریاچه‌ای طولانی مدت می‌نماید که خشکسالی‌های مختلف بر آن تأثیرگذار نبوده است. داده‌های لرزه‌ای ۳/۵ کیلوهرتز و اطلاعات موجود از مغزه‌هایی که توسط کلت و شهرابی در سال ۱۹۸۶ فراهم نموده‌اند تکمیل‌کننده اطلاعات اخذ شده از مغزه‌های مطالعه شده می‌باشد. وجود یک خشکسالی عمده که با خروج رسوبات از آب و ناپیوستگی هم شیب توأم است در هر دو کاملاً قابل انطباق است. تیپ شورابه دریاچه ارومیه تا سال ۲۰۱۰ از نوع Na-Mg-Cl بوده که در مسیر III نمودار هاردی و اویگستر قرار گرفته و قابل مقایسه با دریای بزرگ نمک در آمریکا بوده است و این روند با خشک شدن دریاچه ارومیه و تشدید میزان تبخیر در دریاچه به میزان ده ها برابر و همچنین کاهش میزان ورودی آب های سطحی در سال های اخیر، به میزان بالایی تغییر ترکیب شیمیایی داده و از تیپ Na-Mg-Cl به Mg-Na-Cl تغییر یافته و در سال ۲۰۱۲ به ترکیب جدیدی از نوع شورابه ها رسیده است. مسیر تکاملی شورابه دریاچه ارومیه از سال ۲۰۱۰ به بعد در فلونمودار تکامل شورابه نمودار هاردی و اویگستر قرار نمی گیرد، لذا لازم است این نمودار اندکی تغییر یابد.

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۸) ستون چینه‌شناسی، تغییرات نسبی تراز آب دریاچه، زیر محیط‌های رسوبی و تطابق چینه‌ای رسوبات مغزه‌های بخش غربی دریاچه ارومیه

این پیشنهاد توسط Fayazi و همکاران در سال ۱۳۸۶ برای شورابه دریاچه مهارلو نیز ارائه شده است. در ترکیب شیمیایی دریاچه ارومیه سال ۲۰۰۷، درصد سدیم بالاتر از منیزیم می باشد و نسبت سدیم به منیزیم ۵/۱۲ می باشد. ولی این میزان در سال ۲۰۱۱ به ۰/۶۸ و در سال ۲۰۱۲ به ۰/۵۶ می رسد هر چه تبخیر بالاتر رود، با گذر زمان نسبت منیزیم به سدیم افزایش می یابد و اختلاف ترکیب شورابه در شمال و جنوب بزرگراه شهید کلانتری بیشتر می گردد که نشان دهنده تاثیر منفی میانگذر، عدم تبادل مناسب آب دریاچه ارومیه و اختلال در گردش عمومی آب دریاچه ارومیه است. مطالعات محمدی در سال ۱۳۸۴ حاکی از عدم تبادل مناسب میزان رسوب، یون ها و حجم آب دریاچه در میانگذر می

www.SID.ir

Archive of SID

باشد که بواسطه آن تجمع رسوبات دانه ریز در جنوب دریاچه افزایش یافته است.

محیط های دریاچه ای در طی زمان های طولانی چندین هزارساله به دریاچه های شور و سپس به پلایا تبدیل می شوند و در نهایت خشک می شوند. برگشت به شرایط قبل خلاف مسیر تکاملی دریاچه هاست و علاوه بر زمان های بسیار طولانی به تغییرات ویژه در بالانس آب نیازمند است. ضخامت زیاد نمک در بستر دریاچه که در بخش های مرکزی به ۶ متر نیز می رسد سبب از بین رفتن عمق دریاچه شده است و کفه نمکی ایجاد شده که تبخیر بسیار بالاست. برای غلبه بر شرایط طبیعی و برگشت مسیر تکامل یک حوضه رسوبی اقدامات باید سنجیده و با شناخت کافی از این محیط های رسوبی باشد در غیر اینصورت ورود آب شیرین به صورت مقطعی و نه یکباره به داخل آن سبب از بین رفتن منابع آب شیرین، بدون کمک به احیا آن می شود. از سوی دیگر طرح های آبرسانی همگی زمان بر می باشند. لذا به نظر می رسد محدود نمودن دریاچه و کاهش غلظت املاح و سپس ورود آب شیرین در آن مناسب ترین راهکار احیا دریاچه باشد. بخش شمالی دریاچه بدلیل عمق ذاتی برای احیا در فاز اول مناسب تر و بخش جنوبی آن برای برداشت نمک و املاح اقتصادی مناسب است. تا در صورت موفقیت در احیای بخش شمالی، بتوان در جهت احیای بخش جنوبی اقدام نمود.

References

Ahadnejad Reveshty, M and Y. Maruyama, 2010. Study of Uremia Lake Level Fluctuations and Predict Probable Changes Using Multi-Temporal Satellite Images and Ground Truth Data Period (1976-2010) New Challenge about Climate Change or Human Impact. Map Asia, Malaysia.

Azari Takami, G., 1993. Urmiah Lake as a valuable source of Artemia for feeding sturgeon fry. Journal of Vet Fac University Tehran, 47:2-14.

Borgarallo, E., Serpone, N., Torcini, S., Minero, C., Pelizzetti, E., 1986. Separation of Inorganic Anions by Unsuppressed Ion Chromatograph. Analytica Chimica Acta, v.188, 317p.

Brown, L. R., 2003. Plan B: Rescuing a Planet Under Stress and a Civilization in Trouble, Earth Policy Institude, New York, London, Press Release.

Darvishi khatooni, J., 2011. Report of limnology and paleolimnology of Urmia lake, phase IV: hydrochemistry of urmia lake, geological survey of Iran. With out report number, 80 p (in persian).

Darvishi khatooni, J., Mohammadi, A., 2011. Report of limnology and paleolimnology of Urmia lake, phase III: paleoclimatology, paleoecology and paleogeography, geological survey of Iran. With out report number, 120 p(in persian).

Eugster, H.P., 1980. Geochemistry of evaporitic lacustrine deposits. Annual Review of Earth and Planetary Sciences, v.8, p. 35-63.

Ermilio, J.R., 2005. Characterization Study of a Bio-infiltration Storm Water BMP. M.Sc. thesis. Villanova University, 130 p.

www.SID.ir

Archive of SID

Esmaeili Dahesht , L., Negarestan , H., Eimanifar, A., Mohebbi, F., Ahmadi , R., 2010. The fluctuations of physicochemical factors and phytoplankton populations of Urmia Lake, Iran. Iranian Journal of Fisheries Sciences, Vol. 9 (3): 368-381.

Fayazi, F., Lak, R., Nakhaei, M., 2007. Hydrogeochemistry and brine evolution of Maharlou saline Lake, Southwest of Iran. Carbonates and Evaporites, v. 22, n. 1: 34-42.

Ghadban, F., Mohajerbavaghar, N., 1997. Geochemistry and source of saline waters of Urmia lake, first Iranian conference on marine geology, Chabahar, university of Sistan and Baluchestan (in persian).

Ghaheri, M.H., Baghal-Vayjooee, N.J., 1999. Lake Urmia, Iran, A summary Review. International Journal of Salt Lake Research Kluwer Academic publisher Netherlands, 8:19-22.

Hardie, L.A., Eugster, H.P., 1978. Saline Lakes.In:A. Lerman (ed.), Lakes Chemistry, geology, physics. New Yourk, NY, Springer-Verlag, 230 p.

Hasani mahmouei, B., Darvish, M., Fatollahzade, H., Mosayyibi, M. 2011. The role of climate change and climate reduce the water level of lake Urmia. National conference of climate change and its impact on agriculture and the environment, Tabriz, Iran.

Hunt, J.W., Anderson, B.S., Phillips, B.M., Tjeerdema, R.S., Richard, N., Valconnor, V., Worrcester, K., Angelo, M., Bern, A., Fulfrost, B. Mulvaney, D., 2006. Spatial Relationship Between Water Quality and Pesticide Application Rates in agricultural Watersheds. Environmental Monitoring and Assessment, vol. 121, 245–262.

Ikhu-omoregbel, D., Kuip, P.K., Hove, M., 2005. An Assessment of the Quality of Liquid Effluents From Opaque Beer-brewing Plants in Bulawayo, Zimbabwe. Water SA, vol. 31, no. 1, 140-150.

Islami, L., 2001. Evaluation development on environment of Urmia lake with use destruction model. Master's thesis. Tehran university, 137 P(in persian).

Jalili, H., 1995. Urmia lake: A brief history of hydrology, hydrography, water and development Journal, 4, 2-6. (in persian).

Jalili, Sh., Morid, S., Banakar, A., Namdar Ghanbari, R., 2011. Assessing the effect of SOI and NAO indices on Lake Urmia water level variations, Application of Spectral Analysis. Journal of Water and Soil. Vol. 25, No. 1, p.140-149.

Jones, B.F., Deocampo D. M., 2004. Geochemistry of saline lakes, In Treatise on Geochemistry. US Geological Survey, 393-424.

Kelts, K., Shahrabi, M., 1986. Holocene sedimentology of hypersaline Lake urmia, Nortwestern Iran. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, 54:105-130.

Lak, R., Darvishi Khatooni, J., Mohammadi, A., 2012. Paleolimnology study and causes of Sudden decrease in water level of Urmai Lake. Juornal of Applicable Geology, Zahedan University press. 4, 357-372 (in Persian).

Lak, R., Fayazi, F., Nakhaei, M., 2007. Sedimentological evidences of a major drought in the Mid-Late Holocene of the Lake Maharlou, SW Iran. 4th International Limnogeology Congress, Abstract book, pp. 130-131.

McKenzie, D. P., 1972. Active tectonics of the Mediterranean region, Geophys. J. R. Astron. Soc., 30: 109-185.

Mohammadi, A., 2005. Depositional history of Holocene (?) Deposits in Urmieh Lake, based

www.SID.ir

Archive of SID

on the cores collected along the SH-K Highway. M.SC thesis. in Sedimentology and sedimentary petrology, Tehran university, p 127 (in Persian).

Mohammadi.A., Darvishi khatouni, J., Lak, R., 2010. Study Abundance Changes of Artemia pellets in lake sediments by Cores in the west of urmia lake. 14th Geological Community Conference of Iran and 28th Geo Sience Congress. Urmia. Iran(in Persian).

Mohammadi.A., Lak, R., Darvishi khatouni, J., 2010. Study history of sedimentation by Cores in the west of urmia lake (south of shahid kalantari highway). 14th Geological Community Conference of Iran and 28th Geo Sience Congress. Urmia. Iran (in Persian).

Piovano, E.L., Ariztegui, D., Moreiras, S.D., 2002. Recent changes in Laguna Mar Chiquita (central Argentina): a sedimentary model for a highly variable saline lake. Sedimentology journal, Vol. 49: 1371-1384.

Piper, A.M., 1994. A Graphic Procedure in the Geochemical Interpretation of Water Analysis. Transactions of the American Geophisical Union, v. 25, 914.

Salehipour milani, A.R., Darvishi khtooni, J., Mohammadi, A., 2011. Report of limnology and paleolimnology of Urmia lake, phase II: Study fluctuations level change of Urmia lake between 1976- 2011. With out report number, 120 p (in persian).

Salehipour milani, A.R ., Mohammadi, A., Darvishi khtooni., 2010. Spatial Temporal Modelling of Urmia Lake fluctuation Using Satellite Images. 14th Geological community Conference of Iran and 28th Geo Sience Congress. Urmia. Iran (in Persian).

Sinha, R., Raymahashay, B.C., 2004. Evaporite mineralogy and geochemical evolution of the Sambhar Salt Lake, Rajestan, India. Sedimentary Geology, no.166, 59-71.

Sorgeloos, P., 1997. Resource assessment of Urmia lake Artemia cysts and biomass. In Artemia Lake Cooperation Project, Item B Edited by: Sorgeloos P. Laboratory of Aquaculture and Artemia Reference Center, Belgium, 1-114.

Stiff, HA., 1951. The interpretation of chemical water analysis by means of patterns. Journal Petrolum Technology, 3: 15-17.

Suangkiattikum, C., 2005. Solute Balance Modeling of Lake Naivasha (Kenya), Application of DMS. M.Sc. thesis. The International Institute for Geo-information Science and Earth Observation (ITC), Enschede, 114 p.

Touloie J., 1998. Hydrogeochemistry of Urmia Lake. The First Oceanology Conference of Iran, pp. 20-23 (in persian).

Valero-Garces, B.L., Delgado-Huertas, A., Navas, J.M., Gonzalez-Samperiz, P. Kelts, K., 2000. Quaternary paleohydrological evolution of a playa lake. Salada Mediana, central Ebro Basin, Spain, Sedimentology, 47, p.1135-1156.

Warren, J., 2006. Evaporites, Sediments, Resources and Hydrocarbons. Springer, 1035p.

www.SID.ir

Archive of SID

Depositional environments and brine composition of Urmia lake: implications on appropriate solution to restoration

Razyeh lak[1], Javad Darvishi khatuoni[2*]

1- Assistant Professor Research Institute for Earth Sciences,Geological survey of Iran
2- Geological survey of Iran

Received: 13-Dec.-2013 Accepted: 18-Dec-2016

Abstract

Recent environmental crisis and drying lake Urmia, now is considered as one of the biggest geological hazards in Iran. In this research, remote sensing study for a period of 35 years, 55-year climatic data processing and their relationship with lake water fluctuations were implemented, hydrogeochemical monitored for 6 years and undisturbed sedimentary cores of western lake sediments were prepared by Auger coring method. 23 cores having a maximum depth of 9 meters and totally 140 m of the lake sub floor sediments were verified. According to the results of the coring, the main part of the lake atleast 13,000 years ago had been lake environment and are visible continuous lacustrine sedimentation. Anthropogenic (human)factors is important factors in decrease of Urmia lake water level that including the irregular development agriculture, the use of ground water and dams construction and construction of Shahid Kalantari causeway. Therefore, climate change and increase evaporation, especially in recent years, is considered a factor in reducing the water level, but it is not the main reason in drying of the Urmia lake. On the other hand, process brine evolution has expired in the Urmia lake and amount of brines magnesium has been more than sodium. In these conditions, with huge increase in evaporation rate, lake has become to playa or salt pan (high thickness of salt in the lake bed is more than 6 meter)and is in verge of annihilation. Entry fresh water as sectional and not once into it, with out help to save it, is cause of destruction sources of water. Thus limiting the lake, extracting of economical salt from its brine and salts reduction part of the salt lake, before dewatering is the most appropriate lake reclamation solution. The northern part of the lake due to the inherent depth, appropriate for restoration in first phase and southern part appropriate for extraction salt and economic minerals.3

Keywords: Urmia lake, Paleogeolimnology, Depositional environments, Brine composition, restoration solutions

* Corresponding Author: Tel: +98-9359612360, E-mail: Darvishi.khatooni@gmail.com

www.SID.ir