

## کاربرد هیدروژئوشیمی در اکتشاف کانی‌های تبخیری دریاچه شور اینچه در بخش شمالی آق‌قلا، استان گلستان

مصطفی رقیمی

دانشیار گروه زمین‌شناسی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان [raghimi@yahoo.com](mailto:raghimi@yahoo.com)

### چکیده

امروزه کاربرد هیدروژئوشیمی در اکتشافات منابع معدنی جایگاه خاصی برای خود باز نموده است. کیفیت شیمیایی دریاچه‌های شور برای تشکیل کانی‌های تبخیری مهم می‌باشند. مطالعات هیدروژئوشیمی برای ارزیابی کیفیت آب اهمیت دارد در این مطالعه برای منشاء یون‌های محلول در آب دریاچه شور اینچه در شمال آق‌قلا انجام شد و به دنبال آن نیز مطالعات کانی‌شناسی سطحی برای شناسایی کانی‌های تبخیری دریاچه شور صورت گرفت. نتایج هیدروژئوشیمی بیانگر شوری بالای دریاچه و آبهای زیرزمینی منطقه مورد مطالعه است. مقادیر بالای یونهای  $\text{Na}^+$  و  $\text{Cl}^-$  در دریاچه شور و آب‌های زیرزمینی در مقایسه به آب دریا، منشاء جوی دارد. نسبت بالای  $\text{Mg}^{2+}:\text{Ca}^{2+}$  و  $\text{Na}^+:\text{Ca}^{2+}$  بیانگر تبخیر در منطقه است. برطبق نمودارهای ژیبس تا حدودی هوازدگی سنگ‌ها و تبخیر پدیده‌های غالب و عامل غلظت زیاد و یونی در دریاچه شور و آب‌های زیرزمینی منطقه است. رخساره هیدروشیمی غالب آب دریاچه  $\text{Na}^+:\text{Cl}^-$  با نوع سد یک و کلرید براساس مطالعات نمودار پایپر از خود نشان می‌دهد. از مدل شیمیایی فریک (PHREEQE) جهت درک حالت شیمیایی گونه‌های از عناصر اصلی و اشباع شدگی کانی موجود در ترکیبات محلول آب‌های زیر زمینی کم عمق و دریاچه اینچه استفاده گردید. مطالعات کانی‌شناسی با روش پرتو ایکس (XRD) در حاشیه دریاچه شور حاکی از آن است که کانی‌ها آن هالیت، ژیبس، سیلویت و کلسیت کانی‌های تبخیری منطقه هستند. مطالعات هیدروژئوشیمی و کانی‌شناسی دریاچه‌های شور در مناطق خشک و نیمه خشک کمک قابل توجهی برای شناسایی و استخراج کانی‌های تبخیری در منطقه و سایر مناطق خواهد داشت.

کلمات کلیدی: هیدروژئوشیمی، کانی‌شناسی، دریاچه‌های شور، آق‌قلا، استان گلستان

## Application of Hydrogeochemistry in Expolaration of Evaporite Minerals of Saline Lake of Incheh in North of Agh-Ghala, Golestan Province, Iran

Mostafa Raghimi

### Abstract

Nowdays, Application of hydrogeochemistry in mineral exploration has received especial attention. The chemical qualities of saline lakes for formation of evaporitic minerals are very important. Hydrogeochemical investigation, which are significant for the assessment of water quality, have been carried out to study the sources of dissolved ions in saline lake of Incheh in north of Agh-ghala, So, for identification of evaporitic minerals of mentioned saline lake, Surface mineralogy has been done by X-Ray Diffractometer (XRD). Hydrogeochemical results indicate that saline lake and groundwater of the area understudy are brackish. A high content of  $\text{Na}^+$  and  $\text{Cl}^-$  ions in saline lake and ground water, in comparison with those of sea water, suggests a meteoric origin of lake and ground water. The high signature of  $\text{Mg}^{2+}:\text{Ca}^{2+}$  and  $\text{Na}^+:\text{Ca}^{2+}$  reveals the occurrence of evaporation. According to the Gibb's diagrams, rock weathering to some extant, and evaporation are dominant phenomena responsible for the high ionic concentrations found in lake and ground waters. On the basis of Piper diagram shows that Hydrochemical facies in saline lake is dominated by  $\text{Na}^+:\text{Cl}^-$  and sodic and chloride types. for understanding of chemical state of major elements species and mineral saturation of shallow aquifer ground water and lake solution compositions, Phreeqe chemical model has been used. Mineralogical studies by XRD reveal that evaporated minerals in saline lake borders are halite, gypsum, sylvite and calcite minerals. Hydrogeochemical and Mineralogical studies of saline lakes in arid and semiarid regions will be helpful for further identification and exploration of evaporitic minerals in the area.

Keywords: Hydrogeochemistry; Surface Mineralogy; Saline lakes; Agh-ghala; Golestan province

## ۱- مقدمه

واژه «تبخیری» محدود به سنگ‌های نهشته شده از تلغیظ محلول‌های آبکی است، به این معنی که ته نشست‌های هیدروشمیایی از تلغیظ محلول‌ها که به وسیله تبخیر تشکیل شده‌اند می‌تواند تحت تأثیر شرایط زیستی یا غیرزیستی باشد. این سنگ‌ها بیانگر گروهی مشخص و فراوان از نهشته‌های اقتصادی با منشاء رسوبی است که ارتباط تنگاتنگی به محیط تشکیل و شرایط زمین شناسی و موقعیت جغرافیایی، خصوصیات فیزیکی و شیمیایی و کاربرد صنعتی آن دارد. (Sonnenfeld, 1984) نمک‌های پتاسیم و منیزیم، فراوانی کمتری نسبت به سایر کانی‌های تبخیری دارند. در این راستا از تبخیر آب دریا، نخست به ته نشینی کربنات کلسیم و پس از آن سولفات کلسیم، هالیت و نمک‌های پتاسیم و منیزیم منجر می‌شود. رسوبگذاری طبیعی کانی‌ها از آب دریا در حوضچه‌های شورابی و دیگر توده‌های محصور آب، از این الگو پیروی می‌کنند (Evans, 1997). نظر به این که امروزه کاربرد هیدروژئوشیمی در اکتشافات منابع معدنی جایگاه خاصی برای خود باز نموده است، از این طریق می‌توان به منابع معدنی قابل پیش بینی دست یافت. (Gray, 2001)

ایران یکی از استثنایی‌ترین کشورها از نظر دخیل تبخیری است که نهشته‌های تبخیری آن در طی دوران فانروزوئیک تشکیل شده است (Jackson, 1990 et al.). در سطح استان گلستان مطالعه جامعی در خصوص کانی‌های تبخیری صورت نگرفته است. با توجه به وجود تالاب‌ها و دریاچه‌های مختلف با منابع آبی بزرگ و کوچک که برخی از آنها در دریاچه‌های آب شور در بخش شمالی آق‌قلا قرار دارد مانند دریاچه‌های شور اینچه و سقرتپه. کانی‌های تبخیری با قشری در حدود ۵ تا ۱۰ سانتی‌متر تشکیل می‌شود. هدف اصلی این مقاله شناخت دقیق کیفیت شیمیایی آب دریاچه شور اینچه، شناسایی کانی‌های تبخیری در حاشیه دریاچه و ارتباط هیدروژئوشیمی آن با کانی‌شناسی مواد تبخیری می‌باشد.

## ۲- مواد و روش‌ها

موقعیت جغرافیایی و توپوگرافی منطقه: تالاب اینچه با وسعت تقریبی در حدود ۳۱۴ هکتار در بخش شمالی استان گلستان در حاشیه جنوب غربی بیابان قره قوم ترکمنستان و در محدوده بخش دشت گرگان به نام دشت آق‌قلا قرار گرفته است (شکل ۱).



شکل ۱- نقشه تالاب اینچه در شمال آق‌قلا.

نمونه‌برداری از آب تالاب اینچه و آبهای زیر زمینی در بخش غربی منطقه مورد مطالعه در زمستان سال ۱۳۸۵ صورت گرفت. موقعیت تمام نمونه‌ها در شکل (۱) و جدول (۱) نشان داده شده است. نمونه‌برداری از تالاب از عمق حدود ۵۰ سانتی متری در روند شرقی-غربی انجام شد. نمونه‌های آب برطبق روش‌های استاندارد تجزیه آب (مؤسسه استاندارد ایران، ۱۳۶۷، APHA, 1995; APHA, AWWA, WPCF, 1998). در آزمایشگاه شیمی آب اداره کل آبیاری و آب و فاضلاب استان گلستان مورد تجزیه شیمیایی قرار گرفته است. رخساره‌های هیدروشمی و نوع آب‌های زیرزمینی و دریاچه بر روی نمودار پایپر ترسیم گردید (پایپر، ۱۹۴۴ و هم، ۱۹۸۹). نمایه‌های اشباع (SI) نمونه‌های آب زیرزمینی با استفاده از کد کامپیوتری PHREEQC (پارخوست و همکاران، ۱۹۸۰) محاسبه گردید. از نمودار هیدروژئوشیمی چادها که برای طبقه‌بندی آبهای طبیعی ارائه شده، استفاده گردید (چادها، ۱۹۹۹). تجزیه و تحلیل داده‌های هیدروشمیایی آب تالاب و آبهای زیر زمینی منطقه مورد مطالعه با کمک نرم افزارهای 99 Rock Ware و Aquachem انجام شد.

### ۳- نتایج و بحث

نتایج تجزیه شیمیایی نمونه‌های آب تالاب و آبهای زیرزمینی کم عمق پایین دست تالاب که به عنوان آبخوان‌های کم عمق می‌باشند در جدول (۱) ارائه شده است.

نتایج تجزیه شیمیایی نمونه‌های آب تالاب و آبهای زیرزمینی کم عمق بیانگر وجود غلظت غیرعادی یون‌های شیمیایی و شوری بسیار بالای آب می‌باشد. براساس طبقه‌بندی غلظت کل مواد جامد محلول (TDS) که از ۱۵۰۰۰ تا ۲۶۷۶۰۰ میلی‌گرم در لیتر است، مجموع مواد جامد محلول متعلق به نوع آب شور است ( $TDS > 1000 \text{ mg/l}$ ). غلظت یون‌های محلول در نمونه‌های آبهای زیرزمینی، عموماً بستگی به سنگ‌شناسی، سرعت و دبی جریان آب زیرزمینی، طبیعت واکنش‌های ژئوشیمیایی، حلالیت نمک‌ها و فعالیت انسان دارد (کارانت، ۱۹۹۱). معمولاً غلظت  $\text{Cl}^-$  در زمین‌های با سنگ‌های بلورین پایین است، (کارنت، ۱۹۹۷). در حالی که آبهای زیرزمینی کم عمق محدود تالاب شور اینچہ دارای مقادیر بالایی از یون‌های  $\text{Cl}^-$  و  $\text{Na}^+$  می‌باشد به طوری که در محدوده کاملاً شور قرار می‌گیرد ( $TDS > 1000 \text{ Mg/L}$ ) (جدول-۱). غلظت بالای یون‌های  $\text{Na}^+$  و  $\text{Cl}^-$  به سبب شستشوی مواد شور در شرایط آب و هوایی خشک و نیمه خشک می‌باشد. در خیلی از این مناطق نمک‌های آب شویی شده از سطح در منطقه غیر اشباع بین سطح خاک و سطح ایستابی تجمع می‌یابد و با افزایش نفوذ آب، سطح آب‌های زیرزمینی افزایش یافته و نمک‌ها در این ناحیه ممکن است به داخل آبهای زیرزمینی آب شویی شود و سبب افزایش شوری در آبهای زیرزمینی گردد. (جولی و همکاران، ۲۰۰۰). بالا بودن سطح ایستابی آب زیرزمینی در منطقه سبب گردیده فرآیند تبخیر منجر به انتقال مجدد نمک‌ها از آب زیرزمینی به خاک‌ها گردد (کارانت، ۱۹۹۷). دریاچه‌های که در حوضه‌های زهکش بسته قرار گرفته‌اند، غلظت شوری بالایی را دارا هستند. میزان تجمع شور بستگی به دینامیک رودخانه‌ها، پارامترهای آب و هوای مخصوصاً دما، تبخیر خالص و ته‌نشینی می‌باشد (ویلیامز، ۲۰۰۲). از آنجایی که دشت آق‌قلا در منطقه پست و فرو افتاده خزر واقع شده است. لذا شیب بسیار ناچیز، نفوذپذیری بسیار اندک، عدم سیستم زهکش مناسب، بالا بودن سطح ایستابی آب زیرزمینی است، شرایط آب و هوای خشک و نیمه خشک مخصوصاً در طول تابستان خاک‌های قلیایی و شور را تشکیل داده و چنین خاکی نیز به عنوان منبع اصلی یونهای محلول موجود در تالاب شور اینچہ می‌تواند در نظر گرفت. ترکیبات شیمیایی اصلی دریاچه‌های شور مستقل از فرآیندهای درونی دریاچه است. سدیم کلرید آبهای زیرزمینی، مخصوصاً در مناطق خشک و نیمه خشک معمولاً بخش وسیعی از محلول‌های دریاچه را تأمین می‌کنند. همان طور که در تالاب اینچہ مشاهده می‌شود (جدول - ۱)، سدیم و کلرید به طور مشخص ترکیبات یونی غالب بسیاری از این نوع دریاچه‌ها می‌باشند (دیتز، ۲۰۰۳).

جدول ۱- تجزیه شیمیایی نمونه های آب تالاب و آب های زیرزمینی منطقه مورد مطالعه (بر حسب میلی گرم بر لیتر به غیر از EC)

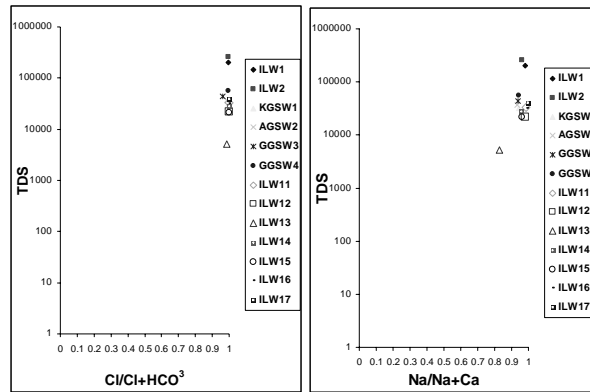
شماره محل نمونه	محل نمونه برداری	مواد کل جامد محلول (TDS)	هدایت الکتریکی $\mu\text{m/cm (EC)}$	$\text{Ca}^{+2}$	$\text{Mg}^{+2}$	$\text{Na}^+$
ILW <sub>1</sub>	تالاب حاشیه شمالی	۱۸۸۰۶۲	۳۱۳۴۴۷	۹۰۱/۷۵	۱۲۰۰۶/۶۷	۴۸۲۷۸/۵۲
ILW <sub>2</sub>	تالاب حاشیه شمالی	۲۴۳۰۲۱	۴۰۵۰۳۵	۲۱۰۴/۰۹	۱۸۴۴۶/۵	۵۵۷۵۰/۱۹
ILW <sub>11</sub>	تالاب حاشیه غربی	۲۱۱۸۰۰	۳۵۳۰۰۰	۱۰۰۰	۷۳۲۰	۶۵۲۰۰
ILW <sub>12</sub>	تالاب حاشیه جنوبی	۱۲۸۴۰۰	۲۱۴۰۰۰	۸۰۰	۴۸۰۰	۲۸۵۰۰
ILW <sub>13</sub>	تالاب حاشیه جنوبی	۱۵۰۰۰	۲۵۰۰۰	۷۲۰	۸۱۶	۳۴۴۰
ILW <sub>14</sub>	تالاب حاشیه جنوبی	۱۳۳۸۰۰	۲۲۳۰۰۰	۱۸۰۰	۵۶۴۰	۲۸۵۰۰
ILW <sub>15</sub>	تالاب حاشیه شرقی	۱۲۷۸۰۰	۲۱۳۰۰۰	۱۵۲۰	۴۲۴۸	۳۹۰۰۰
ILW <sub>16</sub>	تالاب حاشیه شرقی	۲۶۷۶۰۰	۴۴۶۰۰۰	۸۰۰	۷۲۰۰	۸۶۰۰۰
ILW <sub>17</sub>	تالاب حاشیه شمالی	۲۶۷۰۰۰	۴۴۵۰۰۰	۶۰۰	۹۲۴۰	۸۳۶۰۰
KGSW <sub>1</sub>	آب زیرزمینی کم عمق	۳۲۱۷۵	۵۸۵۰۰	۷۰۱/۳۶	۶۰۷/۶۳	۱۱۴۹۴/۸۹
KGSW <sub>2</sub>	آب زیرزمینی کم عمق	۳۶۱۹۰	۶۵۸۰۰	۹۰۱/۷۵	۹۷۲/۲	۱۲۲۵۲/۵۵
GGSW <sub>3</sub>	آب زیرزمینی کم عمق	۴۳۵۶۰	۷۹۲۰۰	۱۰۰۱/۹۵	۱۱۱۸/۰۳	۱۴۹۴۲/۳۵
GGSW <sub>4</sub>	آب زیرزمینی کم عمق	۵۶۴۸۵	۱۰۲۷۰۰	۱۲۴۲/۴۲	۱۲۷۶/۰۱	۱۹۷۷۱/۲

جدول ۲- تجزیه شیمیایی نمونه های آب تالاب و آب های زیرزمینی منطقه مورد مطالعه (بر حسب میلی گرم بر لیتر به غیر از EC)

شماره محل نمونه	محل نمونه برداری	$\text{K}^+$	$\text{HCO}_3^-$	$\text{Cl}^-$	$\text{SO}_4^{-2}$
ILW <sub>1</sub>	تالاب حاشیه شمالی	۴۸/۸۷	۳۸۴/۴۱	۷۸۵۲۶/۷۳	۴۳۸۲۳
ILW <sub>2</sub>	تالاب حاشیه شمالی	۹۷/۷۵	۲۵۶/۲۷	۹۶۹۶۳۸۴	۶۲۹۲۸
ILW <sub>11</sub>	تالاب حاشیه غربی	۲۵۰	۱۶۰	۱۲۴۱۶۵	۵۸۰
ILW <sub>12</sub>	تالاب حاشیه جنوبی	۱۴۰	۱۴۰	۷۴۴۴۵	۳۲۰
ILW <sub>13</sub>	تالاب حاشیه جنوبی	۳۰	۱۳۰	۷۸۹۰	۴۴۰
ILW <sub>14</sub>	تالاب حاشیه جنوبی	۱۲۰	۱۶۰	۷۷۹۹۰	۲۷۰
ILW <sub>15</sub>	تالاب حاشیه شرقی	۱۳۰	۱۵۰	۷۴۶۵۰	۱۸۰
ILW <sub>16</sub>	تالاب حاشیه شرقی	۱۴۰	۲۰۰	۱۵۶۷۰۰	۴۶۰
ILW <sub>17</sub>	تالاب حاشیه شمالی	۱۱۰	۲۳۰	۱۵۵۲۰۰	۳۰۰
KGSW <sub>1</sub>	آب زیرزمینی کم عمق	۲۵/۰۲	۹۱/۵۳	۱۶۱۳۰/۹۸	۶۱۹۲
KGSW <sub>2</sub>	آب زیرزمینی کم عمق	۵/۰۸	۲۳۱/۰۸	۱۷۱۹۴/۵۶	۸۱۳۱/۲
GGSW <sub>3</sub>	آب زیرزمینی کم عمق	۶/۶۵	۸۶۶/۴	۲۱۴۴۸/۸۸	۸۳۰۳
GGSW <sub>4</sub>	آب زیرزمینی کم عمق	۱/۱۷	۹۱/۵۳	۲۹۷۸۰/۰۳	۸۹۱۸/۴

به کمک داده های حاصل از تجزیه شیمیایی برای شناسایی منشأ کیفی آب های سطحی و زیرزمینی و عوامل مؤثر بر کیفیت شیمیایی آب، از نمودارهای گیبز استفاده گردید (گیبز، ۱۹۷۰) با استفاده از مدل گیبز (۱۹۷۰) می توان بر طبق تغییرات نسبت  $\text{Na}^+$  به  $(\text{Ca}^{2+} + \text{Na}^+)$  و  $\text{Cl}^-$  به  $(\text{Cl}^- + \text{HCO}_3^-)$  به عنوان عملکرد TDS منشأ یونهای محلول را ارزیابی نمود همان طور که در شکل (۲) مشاهده می شود آب های تالاب اینچہ و آب زیرزمینی کم عمق در محدوده تبخیری قرار دارد. و بیانگر این

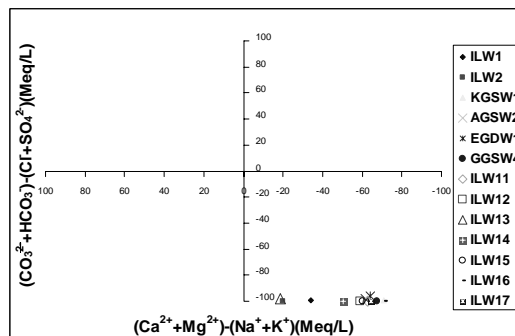
مسئله است که تبخیر عامل اصلی کنترل کننده شیمی آبهای زیرزمینی کم عمق و آب دریاچه شور اینچه می باشد. که تابعی از آب و هوای خشک و نیمه خشک می باشد (هم، ۱۹۹۱؛ کارانت، ۱۹۹۱ و سوبارآو، ۱۹۹۸). نسبت  $\text{Na}^+:\text{Cl}^-$  در آبهای زیرزمینی کم عمق و آب دریاچه شور اینچه کمتر از یک می باشد و در مقایسه با آب رودخانه و آبهای زیرزمینی که نسبت  $\text{Cl}^-:\text{Na}^+$  بیشتر از یک است می تواند تایید کننده این موضوع باشد که منشاء یونهای محلول آبهای منطقه مورد مطالعه تبخیری است.



شکل ۲- نمودار گیبز از نمونه های آب تالاب و آب های زیرزمینی کم عمق منطقه مورد مطالعه.

بر اساس نمودار پایپر، ترکیب شیمیایی آب های زیرزمینی کم عمق منطقه و هم چنین تالاب اینچه به طور عمده از نوع  $\text{Na}^+:\text{Cl}^-$  است.

نمودار چادها نیز بیانگر این مطلب است که فلزات قلیایی  $\text{Na}^+ + \text{K}^+$  نسبت به  $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$  زیادتر و هم چنین مقادیر آنیون های اسیدی قوی بیش از مقادیر آنیون های اسیدی ضعیف است که تیپ آب در این منطقه  $\text{Cl}^-$  غالب و نوع  $\text{Na}^+:\text{Cl}^-$  می باشد و با نتایج نمودار پایپر همخوانی دارد. (شکل ۳).



شکل ۳- نمودار چادها در آب تالاب و آب های زیر زمینی کم عمق منطقه

فراوانی یون های  $\text{Na}^+$  نسبت به  $\text{K}^+$  شاید به دلیل حضور بیشتر هالیت نسبت به سیلویت در این خاک ها است. فراوانی مقدار  $\text{Na}^+$  نسبت به  $\text{Ca}^{2+}$  و  $\text{Mg}^{2+}$  به طوری که نسبت  $\text{Na}^+:\text{Ca}^{2+}$  و  $\text{Na}^+:\text{Mg}^{2+}$  بیش از چند برابر است دلالت بر نهشته شدن کانی های کلسیت، آراگونیت و دولومیت است.

از مدل شیمیایی فریک (PHREEQE) جهت درک حالت شیمیایی گونه های از عناصر اصلی و اشباع شدگی کانی موجود در ترکیبات محلول آب های زیر زمینی کم عمق و دریاچه اینچه استفاده گردید. با این برنامه شاخص درجه اشباع شدگی (SI) برای هر یک از نمونه های آب برای کانی های متفاوت محاسبه گردید. در مسیر جریان آب زیرزمینی نمایه های اشباع کلسیت، دولومیت و آراگونیت تقریباً بیانگر افزایش مقادیر SI از مناطق تغذیه ای از غرب به سمت شرق و کاهش مقادیر نمایه های اشباع ژیبس، انیدریت و هالیت می باشد.

کانی‌شناسی سطحی منطقه مورد مطالعه: نتایج مطالعات کانی‌شناسی نمونه‌های جمع‌آوری شده در حاشیه دریاچه اینچه در مشاهده می‌شود. همان طور که جدول نشان می‌دهد تبخیر کانی‌ها در حاشیه دریاچه انجام شده است. ژئوپس به عنوان سولفات اولیه در محیط‌های دریایی و خشکی است. سولفات کلسیم می‌تواند به طریق مختلف در محیط‌های گوناگون تشکیل شود یک روش تشکیل ژئوپس در محیط دریاچه‌های شور بر اثر ته نشین مستقیم است (Holliday, 1970). ته نشینی ژئوپس و هالیت نیز به دما حساس نمی‌باشد به طوری که حلالیت هالیت در محدوده دمایی که ته‌نشینی در شورآب‌ها اتفاق می‌افتد، ثابت است. حد اشباع شور آب برای ژئوپس یا هالیت الزاماً با توجه به میزان تبخیر حاصل می‌گردد. در دریاچه اینچه با TDS بیش از  $1000 \text{ mg/l}$  که در محدوده دریاچه شور قرار می‌گیرد، وجود ژئوپس را می‌توان شاهد بود که در این وضعیت کانی کلسیت نیز تشکیل گردیده که وجود کلسیت بیانگر عدم وجود کربنات و بی‌کربنات در محیط آبی است اما این امکان وجود دارد که مواد مادری در محیط دریاچه شور اینچه از نوع لس بوده باشد به این دلیل که کانی‌های کوارتز، مسکویت، آلبیت و کلسیت در این نمونه سطحی وجود دارد و کانی‌های تبخیری در آن نیز هالیت و ژئوپس می‌باشد. در مطالعات کانی‌شناسی از نمونه‌های رسوبات حاشیه دریاچه اینچه وجود برخی از کانی‌های رسی مانند ایلیت، مونت‌موریلونیت و کلینوکلر در نمودارهای پراش پرتو ایکس (XRD) نشان می‌دهد. کانی‌های لایه مخلوط کلریتی در شور آب نیز غالب هستند (Millot, 1970).

مونت‌موریلونیت منیزیم‌دار معمولاً به عنوان کانی‌های مخلوط غالب از آنها مشتق شده باشد، بندرت دیده می‌شود. در وضعیت کانی‌های رسی رسوبات حاشیه دریاچه اینچه کانی مونت‌موریلونیت سدیم‌دار نیز دیده می‌شود و کانی کلینو کلرو نیز دیده می‌شود. در نمونه در اطراف دریاچه از سطح دریاچه در بلندی ۲ متری قرار گرفته است. با توجه به وجود کانی‌های موجود در آن کلسیت، کوارتز، هالیت، آلبیت، مونت‌موریلونیت کلسیم‌دار، سیلویت و مسکویت در آن بسیار قابل حائز اهمیت است. احتمال این که مواد مادری منطقه لس باشد بسیار زیاد است

و با دور شدن از دریاچه و در ارتفاع به بلندی ۲ متر مقادیر Ca در مونت‌موریلونیت افزایش یافته مادامی که کانی مونت‌موریلونیت در حاشیه دریاچه سدیم‌دار است. احتمال وجود تبادل یونی بین کانی رسی مونت‌موریلونیت با آب دریاچه که حاوی بسیار بالای یون سدیم می‌باشد، وجود دارد. کانی‌های تبخیری در محیط‌های دره‌هله اول کانی تشکیل می‌شود کربنات کلسیم ( $\text{CaCO}_3$ ) است که به دنبال آن آنیدریت ( $\text{CaSO}_4$ )، هالیت ( $\text{NaCl}$ ) و نهایتاً نمک‌های محلول Mg و K می‌باشد. در منطقه مورد مطالعه در بسیاری از نمونه‌ها وجود کربنات کلسیم محرز است و هم چنین کانی‌های ژئوپس  $\text{CaSO}_4-2\text{H}_2\text{O}$  و هالیت نیز یافت می‌شود.

#### ۴- نتیجه

با توجه به شرایط شوری زیاد، دریاچه از نظر هیدروشیمیایی تحت فرآیند تبخیر، کانی‌های هالیت، ژئوپس، کلسیت و سیلویت در حاشیه این دریاچه تشکیل شده است.

آب‌های زیرزمینی منطقه مورد مطالعه شور هستند. مقدار نسبت  $\text{Na}^+:\text{Cl}^-$  در آب‌های زیرزمینی در مقایسه با آب دریاچه بیانگر وجود آب‌های زیرزمینی غیردریایی در منطقه است. نسبت زیاد ( $\text{Na}^+ + \text{K}$ ) به  $\text{Cl}^-$  تا حدودی بازتابی از هوازگی کانی‌های سیلیکاته است.

ترکیبات شیمیایی آب‌های زیرزمینی در تعادل با کانی رسی است و شاخص اشباع شدگی  $\text{CaCO}_3$  و نسبت بالای  $\text{Mg}^{2+}$  به  $\text{Ca}^{2+}$  و  $\text{Na}^+$  به  $\text{Ca}^{2+}$  دارد. تبخیر، غلظت یون‌ها را در خاک در فصل تابستان افزایش داده است و مقادیر زیاد  $\text{Cl}^-$  و  $\text{SO}_4^{2-}$  در آب‌های زیرزمینی بیانگر تبخیر طولانی در محیط است. نمودار ژئوپس نیز نشان داد که شیمی آب‌های زیرزمینی توسط پارامتر غالب تبخیر منجر به کیفیت حاضر آب‌های زیرزمینی شده است.

هیدروشیمی آبخوان کم عمق در منطقه از تیپ  $\text{Na}^+ - \text{Cl}^-$  است که می‌تواند متأثر از رسوبات (دریایی) و تبخیر باشد و هدایت الکتریکی آن نیز بسیار بالا است.

عامل اصلی در کیفیت شیمیایی آبهای زیرزمینی دشت آق قلا تبخیر از سطح آبخوان است. که در نهایت در مناطق تالابی یا دریاچه تخلیه می‌گردد که سبب شوری محیط‌های آبی می‌شوند.  
با توجه به شرایط شوری زیاد این دریاچه، نمک‌ها تجمع یافته درحاشیه دریاچه (تالاب) اینچہ در شمال آق قلا از یونی‌های خاکهای منطقه و آبهای سطحی و زیرزمینی که وارد محیط تالابی شده و سپس تبخیر گردیده است، می‌باشد.

## ۵- مراجع

۱. مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران. "ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی آب آشامیدنی". شماره استاندارد ۱۰۵۲ (۱۳۶۷). ۱۳ ص.
2. APHA, "Standard methods for examination of water & waste water". American Public Health Association, Washington, DC.(1998 )
3. APHA, AWWA, WPCF., "Standard methods for examination water and waste water". American Public Health Association, Washington DC.( 1995)
4. 5. Back, W., "Hydrochemical facies and groundwater flow pattern in northern part of Atlantic coastal plain", U.S. Geol. Surv. Prof. Paper,( 1966) 498-A
5. Chadha, D.K., "A proposed new diagram for geochemical classification of natural waters and interpretation of chemical data", Hydrogeology Journal 7 (1999) 431-439.
6. Dietz, R.D., "Formation and organization of Australian Athalassic salt lakes. Biomes of Australia", (2003) 18 p.
7. Evans, A.M., "An Introduction to economic geology and its environmental impacts", Blackwell science,(. 1997) 364 pp.
8. Gibbs, R.J., "Mechanisms controlling world water chemistry", science17 (1970)
9. Gray, D.J., "Hydrogeochemistry in the Yulgarn carton", Geochem. Expol. Vol. 1 (2001) 253-264.
10. Hem, J.D., "Study and interpretation of the Chemical characteristics of natural water", U.S. Geological Survey (1989).
11. Hem, J.D., "Study and interpretation of the chemical characteristics of natural water", Book 2254, 3<sup>rd</sup> edn. Scientific Publishers, Jodhpur (1991)
12. Holliday, D.W., "Petrology of secondary gypsum rocks", A review. J. sediment. Petrology 40 (2) (1970) 734-744.
13. Jackson, M.P.A., Cornelius, R.R. Craig, C.H. Gasser, A. Stocklin, J. Talbot, C.J., "Salt diapirs of the great kavir, Central Iran", Geological society of America, mem. 177(1990) 139 pp.
14. Jolley, C. M., "Water quality and source of pollution". CSIRO, Australia (2000).
15. Karanth, K.R., "Impact of human activities on hydrogeological environment", J. Geol. Soc. India 38 (1991) 195-206.
16. Karanth, K.R., "Ground water assessment, development and management". Tata Mc Graw-Hill Publishers, New Delhi (1997).
17. Millot, G., "Geology of clays", Springer – Verlag. New york. (1970) 429pp.
18. Parkhurst, D.L., Thorstenson, D.C., and Plummer, L.N.. "PHREEQE a computer program for geochemical calculations", U. S. Geological Survey (1980).
19. Piper, A.M.. "A Graphic procedure in hydrochemical interpretation or water analysis", AGU Trans, 25 (1944) 914- 923.
20. Sonnenfeld, P., Brines and evaporite, Academic Press. N.Y. (1984) 613 pp.
21. Subba Rao, N., "Ground water quality in crystalline terrain of Guntur district, Andhra Pradesh", Visakha Sci. J. 2(1) (1998) 51-54.
22. Williams, W.D., "Environmental threats to salt lakes and the likely status of inland saline ecosystems in 2025", Environmental Conservation 29 (2) (2002) 154-167.