استفاده صنعتی از شورابه و پلایا، جهت استخراج پتاسیم و پی‌جویی آن در بین چندین پلایا در ایران

سید علی موسوی
دانشجوی دکترای رشته مهندسی منابع طبیعی- بیابان‌زدایی، دانشگاه کاشان
Mosaviali5@gmail.com

رعنا نقوی
دانش آموخته کارشناسی رشته مهندسی معماری
دانشگاه پیام نور رضوانشهر صدوق، یزد
rana_naghavi@yahoo.com

سعید شجاعی
دانشجوی دکترای رشته مهندسی منابع طبیعی- بیابان‌زدایی، دانشگاه یزد
S_Shojaei@ut.ac.ir

Archive of SID

چکیده

در کشور ایران بیش از ۶۰ پلایای کوچک و بزرگ وجود دارد. یکی از این پلایاها، پلایای خور می‌باشد. هدف این پژوهش بررسی دلیل انتخاب پلایای خور از بین پلایاهای موجود در کشور و قابلیت استخراج عناصر معدنی از آن می‌باشد. با مطالعات گسترده و گزارشات مختلف، ویژگی‌های پلایای خور با دارا بودن بهترین شرایط، برای احداث طرح استخراج KCl از شورابه های پلایا به‌عنوان بهترین مکان جایابی شد. عملیات اکتشافی در پلایای خور در دو مرحله اکتشاف، شناسایی، شبکه‌بندی، جاده‌سازی، نمونه‌برداری و مرحله بعد اکتشاف بر روی پوسته نمکی با وسعت ۱۰۰۰ کیلومترمربع صورت گرفت. مطالعات اکتشافی در پلایای خور به وسعت ۲۰۰۰ کیلومترمربع انجام گرفت. مساحت قابل‌استفاده جهت استخراج شورابه ۱۰۰۰ کیلومترمربع و ضخامت متوسط پوسته نمکی ۶ متر می‌باشد. با احتساب ضریب تخلخل ۱۰ در صد، میزان شورابه موجود در پلایا ۶۰۰ میلیون مترمکعب برآورد می شود، چنانچه ضریب ۷۵ درصد جهت تعیین میزان شورابه قابل‌استخراج در نظر بگیریم، این میزان به ۴۵۰ میلیون مترمکعب می‌رسد. میزان عیار بالای KCl، وسعت زیاد پوسته نمکی و ضخامت مناسب آن، میزان ذخیره شورابه بالا، نزدیکی به شهر و جاده‌های دسترسی ساخته‌شده از قبل، از دلایل انتخاب این پلایا در مقایسه با دیگر پلایاها می‌باشد.

کلمات کلیدی: پوسته نمکی، پتاسیم کلرید KCl، ذخیره شورابه، عملیات اکتشاف، خور و بیابانک

۱. مقدمه

حوزه‌های آبخیز مناطق بیابانی ایران از سه واحد ژئومورفولوژی تشکیل‌شده است که عبارت‌اند از : واحد کوهستان، واحد دشت سر، واحد پلایا (احمدی، ۲۰۰۶). پلایا یا چاله داخلی سومین واحد ژئومورفولوژی هست. نهشته‌های کویری شامل نمک‌ها و گل نمک‌های تیپ کویری، نهشته‌های رسی و سیلتی می‌باشند که گودی‌های کویر بزرگ مرکزی و نیز چندین گودی دیگر را در

www.SID.ir

ایران مرکزی شمال غربی و شرقی، پرکرده‌اند. در کویر بزرگ مرکزی ایران بزرگ‌ترین پلایاهای کشور وجود دارد (حلمی، ۲۰۰۰). کویر بزرگ، بخش مرکزی و پست یک حوزه آبریز بزرگ را تشکیل داده است. بخش اعظم سطح این کویر از نهشته‌های مارنی تبخیری و چین‌خورده میوپلیوسن تشکیل شده که به دلیل فراسیش این زمین‌ها سطوح کم ارتفاع و مسطحی را در کویر تشکیل داده‌اند. فرورفتگی‌های ایجادشده بر روی این نهشته‌های مارنی تبخیری در کویر بزرگ پلایاهای کوچک و بزرگی را پدید آورده است (قطبی، ۱۹۸۴). ۳۷ درصد از کل مساحت کویر بزرگ از زمین‌های متشکل از نهشته‌های چین‌خورده میوپلیوسن تشکیل یافته و پلایاهای تشکیل شده در فرورفتگی‌های این کویر نیز حدود ۳۷ درصد وسعت کویر را تشکیل می‌دهد(حلمی، ۲۰۰۰). بقیه سطح کویر توسط مخروط افکنه و تپه‌های وسیع ماسه‌ای پوشیده شده است. پلایا یک لغت اسپانیایی است و به معنی ساحل می‌باشد که به‌مرور تغییراتی در مفهوم آن صورت گرفته و امروزه به معنی یک حوضه مرکزی یا به‌عنوان یک چاله داخلی کویری مورداستفاده قرار می‌گیرد. این کلمه به‌وسیله زمین شناسان انگلیسی در اروپا و امریکای شمالی جهت دریاچه‌های در حال خشک شدن بکار رفته است. در امریکای لاتین به زمین‌های هموار پوشیده از گل و رس‌های نمکی گفته می‌شود، که در حوضه‌های بسته نواحی خشک و بیابانی جمع می‌شوند (احمدی، ۲۰۰۶). به‌طورکلی ساختمان پلایا در تمام نقاط دنیا تقریباً شبیه به هم بوده و تفاوت‌های جزئی دارد. بهترین نمونه پلایا را می‌توان در کشورهای ایران، آفریقای شمالی، استرالیا و آمریکای شمالی یافت. امروزه به دلایل مختلفی توجه زیادی به پلایا می‌شود ازجمله وجود املاح مختلف به‌ویژه کلرورها، سولفات‌ها، کربنات‌ها، بورات ها، نیترات‌ها، در این مناطق که آن را استخراج و در صنایع مختلف مورداستفاده قرار می‌دهند. پلایاها و به‌طورکلی چاله‌های داخلی نقش اساسی در تعادل آب و هوایی و تغییرات اکولوژی در حوزه آبخیز منطقه در دوره چهارم داشته‌اند و همچنین تشکیل محیط های خاص و متنوع ژئومورفولوژی و هیدرولوژی را می‌دهند (احمدی، ۲۰۰۶). پلایاهای کویری در نقاط مختلف زمین در مناطق خشک و نیمه‌خشک پراکنده می‌باشند، بطوریکه در آفریقای شمالی بیش از ۱۰۰۰، در آمریکا بیش از ۳۰۰، در استرالیا بیش از ۱۹۰ پلایا و در ایران بیش از ۶۰ پلایا وجود دارد (احمدی، ۲۰۰۶). پی‌جویی پتاس در گنبدهای نمکی همراه با هزینه زیاد، سختی در استخراج، تجهیزات زیاد موردنیاز و گران‌قیمت و مقدار اندک با عیار پایین در بعضی سازندها می‌باشد، به همین خاطر از روش دیگری که استحصال پتاس از شورابه های کویری و پلایای کویری می‌باشد، توصیه می شود (نمد مالیان و همکاران، ۱۹۹۱). سطح کلیه پلایاها در کویر بزرگ از یک‌لایه نسبتاً ضخیم نمکی پوشیده شده است که به آن پوسته نمک[۱] می‌گویند که فضای خالی بین کریستال‌های آن به‌طورمعمول با شورابه اشباع از کلرورسدیم پرشده است (حلمی، ۲۰۰۰). نهشته‌های تبخیری میوسن که زمین‌های اطراف و سنگ کف کلیه پلایاهای گسترده در کویر بزرگ را تشکیل داده‌اند، تأمین‌کننده نمک پوسته‌های نمکی بوده گرچه تعداد زیادی گنبد نمکی در بخش شمالی کویر بزرگ نیز بیرون‌زدگی دارد، که قطعاً در تأمین نمک ورودی به پلایاها مؤثر بوده است (حلمی، ۲۰۰۰). تالبوت[۲] (۱۹۹۶) معتقد است که مرزهای تقریبی رخساره‌های پتاس دار سازند هرمز گنبدهایی از قبیل پل گچین، هرمز ، لارک ، قشم ، انگوران و سیاهو را شامل می‌شود. پی‌جویی توسط کارشناسان سازمان زمین‌شناسی در این گنبدهای نمکی این مرز را تائید می‌کند (تالبوت و علوی، ۱۹۹۶). رخساره‌های پتاس‌دار نمک هرمز در زون ولکانیسم سیلیسی قرار می‌گیرد. بنابراین منشأ پتاس در نمک‌های هرمز می‌تواند با ولکانیسم مرتبط باشد. نام پتاسیم Potassium از واژه لاتین (Potash) و سمبل آن K از واژه لاتین Kalium گرفته شده است. پتاسیم ازنظر فراوانی هفتمین عنصر فراوان در پوسته زمین است و فراوانی این عنصر در پوسته زمین ۶/۲٪ و ششمین عنصر فراوان در آب دریا می‌باشد. فلز پتاسیم به رنگ سفید- نقره‌ای و عدد اتمی این عنصر ۱۹، وزن اتمی ۳۹/۰۹، وزن مخصوص ۰/۸۶۲ گرم بر سانتیمتر مکعب، سختی ۰/۴ در مقیاس موس، خیلی نرم، نقطه‌جوش ۷۵۹ درجه سانتی‌گراد و نقطه ذوب ۶۳/۳۵ درجه سانتی‌گراد می‌باشد. پتاس در سنگ‌های رسوبی آذرین و دگرگونی و به صورت محلول در آب دریاها و شورابه ها موجود است و بزرگ‌ترین منبع تأمین‌کننده آن، نهشته‌های رسوبی و تبخیری هستند (کارگر ،۱۹۹۷). به هر نوع ماده

[۱] Salt Crust
[۲] Talbot

Archive of SID

www.SID.ir

جامد یا مایع پتاسیم دار، پتاس اطلاق می‌شود که به‌صورت رسوبات تبخیری قدیمی (پتاس سنگی) و یا به‌صورت رسوبات حاصل از شورابه ها مشاهده می‌شود (پایگاه ملی داده‌های علوم زمین کشور، ۱۳۸۲). مهم‌ترین کانی‌های پتاس عبارت‌اند از سیلویت، کارنالیت، پلی هالیت، که سیلویت با بیش از ۶۳/۱ درصد بیشترین مقدار K_2O رادار است (پایگاه ملی داده‌های علوم زمین کشور). پتاس یکی از سه عنصر اصلی در کودهای کشاورزی می‌باشد (یعنی NPK ازت، فسفر، پتاسیم). مهم‌ترین ترکیبات پتاسیم که به‌عنوان کود کشاورزی مورداستفاده قرار می‌گیرند، عبارت‌اند از : کلروپتاسیم (KCL) ، سولفات پتاسیم (k_2SO_4) ، نیترات پتاسیم (KNO_3)، سولفات پتاسیم منیزیم. در جدول ۱ ترکیب چند کانی دارای ترکیبات پتاسیم ارائه‌شده است.

جدول ۱، بعضی از کانی‌های دارای پتاسیم KCl در شورابه پلایا

فرمول کانی	نام کانی
KCL	Sylvine
$KCL.MgCL_2.6H_29$	Carnallite
$4KCL.4MgSO_4.11H_2O$	Kainite
$K2SO4.CaSO4.H_2O$	Syngenite
$3K_2SO4.Na_2SO_4$	Glaserite
$K_2SO_4.2MgSO_4$	Langbeinite
$K_2SO_4.MgSO_4.CaSO_4.2H_2O$	Polyhalite

تاریخچه تحقیقات درزمینه مطالعه و بررسی دریاچه‌های شور و پلایا نه‌تنها در ایران بلکه در سایر نقاط جهان سابقه چندانی ندارد. بااین‌حال تاکنون مطالعات زیادی بر روی این مناطق در دنیا انجام‌شده است. از آن جمله می‌توان به تحقیقات زیر اشاره کرد ازجمله مطالعه منشأ تهنشست‌های تبخیری (Haride, 1968)، تحول شورابه ها در حوضه‌های بسته (Haride and Eugster, 1970. 1979) ، ژئوشیمی و رسوب‌شناسی نهشته‌های دریاچه‌های تبخیری (Eugster, 1980, 1984) ، هیدرو شیمی دریاچه‌ها (Spenser et al, 1985) و آب‌های زیرزمینی مهم در پلایاها (Cohen, 2003). پلایاها و دریاچه‌ها و به‌طورکلی چاله‌های داخلی نقش اساسی در تعادل آب و هوایی و تغییرات اکولوژیکی در کواترنری، در مناطق اطراف خود داشته‌اند، به همین خاطر مطالعه آن‌ها برای تعیین اقلیم گذشته همواره موردتوجه بوده است، به‌عنوان‌مثال می‌توان به مطالعه کانی شناسی و ژئوشیمی، عناصر ایزوتوپی (Domagalski et al, 1990.1989. Li et al, 1995) ، بررسی محتوای فسیلی، مطالعه ادخال سیال (Lowenestein et al. 1998, Ayora et al. 2001. Peuyo et al. 1987) ، مطالعات پالینولوژی (Jones et al. 2003) و خصوصیات بیولوژیکی (Wasylikowa et al, 2006) برای تعیین اقلیم گذشته اشاره کرد. شیمی شورابه در یک حوضه بسته تو سط ترکیب آب‌های ورودی به حوضه کنترل می‌شود (Jones. 1965. 1966). آب‌های ورودی در حوضه‌های بسته عموماً از بیش از یک منشأ سرچشمه می‌گیرند که شامل رودخانه‌ها، بارندگی و آب‌های زیرزمینی مختلف است (Lowenestein et al. 1989 Lones. 1966). وگان[۳] (۱۸۹۳)، برای اولین بار پلایا را توصیف کرده است ، نمک در پهنه‌های وسیعی با درخشش خیره‌کننده تشکیل شده است، در این پهنه وسیع استخرهایی از آب به رنگ آبی تیره می‌درخشد، دیدنی است . جکسون[۴] و همکاران (۱۹۹۱) عنوان می‌کنند سابقه معدن کاری نمک در شمال غرب ایران به بیشتر از ۲۰۰۰ سال قبل به زمان هخامنشیان می‌رسد.

[۳] Vaughan

[۴] Jackson

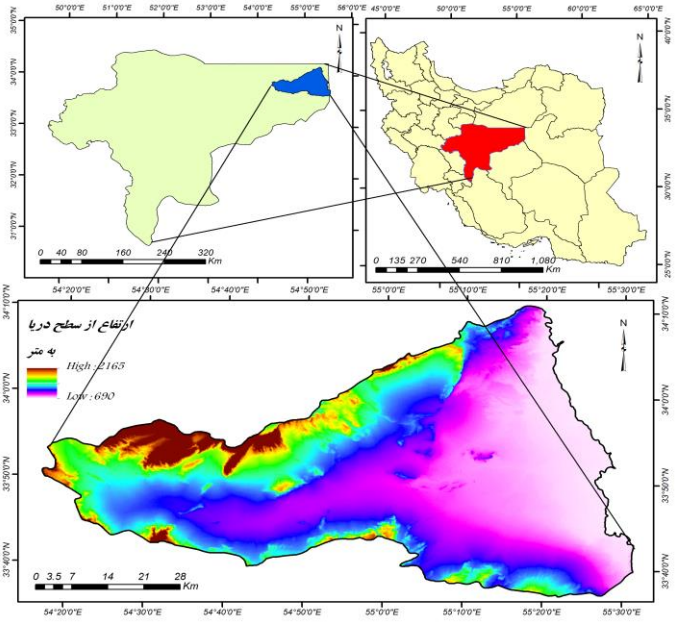
Archive of SID

www.SID.ir

هدف از این مطالعه، برر سی و تحلیل مکان‌یابی پو سته نمکی و ظرفیت تولیدی و ا ستخراج عنا صر معدنی مختلف ازجمله پتا سیم کلرید با استفاده از شورابه های کویری در پلایای خور و بیابانک و بهترین پی‌جویی آن در بین ۶۰ پلایای کوچک و بزرگ موجود در کشور است.

۲. مواد و روش‌ها

این مطالعه به روش کتابخانه‌ای و مطالعات اسنادی و بازدید میدانی انجام پذیرفت. منطقه موردمطالعه در استان اصفهان، شهرستان خور و بیابانک در طول جغرافیایی ´۱۵ °۵۵ تا ´۱۵ °۵۶ غربی و عرض جغرافیایی ´۳۰ °۳۳ تا ´۳۰ °۳۴ شمالی می‌باشد، ارتفاع متوسط منطقه موردمطالعه از سطح دریا ۷۰۵ متر، متوسط بارندگی ۸۲ میلی‌متر در سال و تعداد ساعات آفتابی ۳۳۰۰ ساعت در سال می‌باشد. پلایای خور مثلثی شکل است که قاعده آن به سمت شمال می‌باشد. ضلع شرقی این پلایا به کوه‌های طبس و سبزوار و ضلع غربی به کوه‌های نائین تا کاشان می‌رسد. پلایای خور از بزرگ‌ترین پلایاهای موجود در کویر بزرگ است. پلایاهای موجود در شرق و شمال شرقی منطقه خور و بیابانک حدود ۲۰۰۰ کیلومترمربع وسعت دارد. این پلایا از مهم‌ترین و شاخص‌ترین پلایاهای ایران از منظر وجود معادن پتاسیم، منیزیم و سدیم کلرید می‌باشد (نبیان و کارگر، ۱۹۹۱)، پلایای خور در ۴۰ کیلومتری خور در مسیر جاده خور به طبس واقع‌شده است. شکل ۱ موقعیت جغرافیایی منطقه موردمطالعه را نشان می‌دهد.



شکل ۱، موقعیت جغرافیایی منطقه موردمطالعه

این مطالعه به‌منظور بررسی و شناخت اهمیت پلایای خور و ارزش‌گذاری بر عناصر معدنی این ناحیه جهت استخراج و تعیین پتانسیل برداشت از این پلایا با استفاده از بررسی اسنادی، کتابخانه‌ای صورت پذیرفته است. روش برآورد میزان عناصر معدنی به‌خصوص میزان پتاس موجود در شورابه های پلایای خور در گزارش‌های مطالعاتی بیان‌شده است. این اطلاعات با استفاده از روش‌های آزمایشگاهی و عملیات گسترده میدانی توسط گروه‌های مختلف تحقیقاتی، اکتشافی و همچنین مقایسه این پلایا با پلایاهای دیگر موجود در کویر مرکزی ایران همچون پلایای زنجان، پلایای جندق، پلایای ترود و چندین پلایای دیگر صورت گرفته است. عملیات اکتشافی انجام‌شده در این پلایا در دو مرحله انجام گردیده که در مرحله اول عملیات اکتشاف، مراحل شناسایی و شبکه‌بندی، جاده‌سازی و نمونه‌برداری در دو فصل پاییز و زمستان ۱۹۹۶ انجام گردیده است. در مرحله دوم عملیات اکتشاف که مهم‌تر می‌باشد، این عملیات بر روی پوسته نمکی که حدود ۱۰۰۰ کیلومترمربع وسعت دارد به شرح ذیل انجام‌شده است (گزارش عملیات اکتشاف پتاس، ۱۹۹۷):

۱- جمع‌آوری و گردآوری کلیه نقشه‌ها و گزارشات زمین‌شناسی و سایر اطلاعات مربوط به ناحیه

www.SID.ir

۲- تهیه داده‌ها و آمار هواشناسی مربوط به ده سال اخیر برحسب روز بصورت نواری و دیسکت
۳- شناسایی مقدماتی کویر
۴- احداث جاده‌های دسترسی جهت شبکه‌بندی پلایا
۵- شبکه‌بندی کویر جهت نمونه‌برداری و اکتشاف سطحی
۶- تهیه نقشه زمین‌شناسی پلایا به مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰
۷- نمونه‌برداری سیستماتیک از شبکه اکتشاف سطحی در چهارفصل پائیز و زمستان ۱۹۹۶ و بهار و تابستان ۱۹۹۷
۸- تهیه نقشه‌های مناطق هم عیار برای فصول مختلف نمونه‌برداری
۹- تهیه نقشه‌های مختلف هم دانسیته در فصول مختلف
۱۰- مطالعات آب‌شناسی و هیدروکلیماتولوژی پلایای خور و بیابانک
۱۱- جاده‌سازی و آماده‌سازی سکوهای حفاری
۱۲- حفر ۲۸ حلقه چاه اکتشافی و ۱۰ حلقه چاه پیزومتری به روش ضربه‌ای
۱۳- انجام آزمایشات پمپاژ و تعیین دبی در کلیه چاه‌های اکتشافی
۱۴- تهیه نقشه‌های هم دبی در کلیه چاه‌های اکتشافی
۱۵- تهیه نقشه‌های هم دبی پوسته نمکی
۱۶- تهیه لوگ از چاه‌های حفرشده
۱۷- ساخت حوضچه‌های تبخیر آزمایشی[5]
۱۸- انجام عملیات استحصال آزمایشی کنسانتره(نمک پتاس دار) درون تشت‌های فلزی
۱۹- استحصال ۴/۵ تن کنسانتره از حوضچه‌های تبخیر

مطالعات آب‌شناسی کویر خور از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است، زیرا راه‌اندازی کارخانه تولید پتاس مستلزم شناسایی دقیق ذخیره شورابه و سایر مسائل هیدروژئولوژیکی کویر می‌باشد. میزان ذخیره شورابه موجود در پلایای خور و همچنین شیب هیدرولیکی آب زیرقشری و روش‌های جایگزین شدن میزان شورابه ای که به سمت حوضچه‌های تولید پتاس هدایت‌شده در احداث کارخانه بسیار مهم می‌باشد. زیرا این اطلاعات برای سرمایه‌گذاری سرمایه‌گذاران و همچنین بخش دولتی یا خصوصی که بتواند میزان طول عمر مفید و دوام کارخانه را بسنجد، از شرایط اساسی است. به این منظور آزمایشات و مطالعات تفصیلی و گسترده بر روی شورابه استخراج‌شده از پلایای خور انجام‌گرفته است. پوسته نمکی خور با وسعت حدود ۱۰۰۰ کیلومترمربع، پایانه جریانات آب سطحی و زیرزمینی دشت‌های خور از سمت غرب و حلوان از سمت شرق می‌باشد، لذا مقدار آبی که به این نمکزار می‌رسد مازاد آب‌هایی است که از این دو حوزه دریافت می‌کند. همچنین در این رابطه، برآورد بیلان آبی پلایا مهم است. بیلان عمومی نشان می‌دهد که مقدار آب خروجی زیرزمینی ۱۶ میلیون مترمکعب می‌باشد. با توجه به وسعت منطقه رسی و پوسته نمکی حدوداً ۶ میلیون مترمکعب در منطقه رسی و ۱۰ میلیون مترمکعب دیگر در پوسته نمکی جذب می‌گردد. نتایج حاصل از آزمایشات پمپاژ چاه‌ها، مقدار ضریب ذخیره را به‌طور متوسط حدود ۵٪ درصد نشان می‌دهند. با در نظر گرفتن ضخامت قسمت آبدار پوسته نمکی برابر ۶ متر، مقدار حجم ذخیره در یک هزار کیلومترمربع وسعت پوسته نمکی برابر ۳۰۰ میلیون مترمکعب برآورد می‌شود. آبدهی برخی از چاه‌های پمپاژشده اندک بوده است، این به معنی ارتباط ضعیف هیدرولیکی در بعضی از مناطق پوسته نمکی می‌باشد. در منطقه خور و بیابانک جریانات سطحی دائمی وجود ندارد و وجود آب در مسیل‌ها تابع بارندگی‌هایی است که به‌ویژه در فصل پائیز و زمستان اتفاق می‌افتد. آمار نشان می‌دهد مقدار جریان آب ناشی از بارندگی‌های منطقه خور برابر ۲۲ میلیون مترمکعب است که عموماً در زیرزمین نفوذ کرده یا تبخیر می‌شود. بنابراین عملاً آبی وارد کویر خور نمی‌شود (گزارش عملیات اکتشاف پتاس، ۱۹۹۷). در طرح مطالعات جامع آب کشور،

[5] Experimental Evaporation ponds

Archive of SID

www.SID.ir

بیلان عمومی آب دشت خور نشان می‌دهد مازاد آب زیرزمینی در دشت خور- فرخی و حلوان به سمت کویر خور سرازیر شده و در آنجا جذب می‌شود که این مقدار برابر ۱۶میلیون مترمکعب در سال برآورد شده است. همچنین نتایج حاصل از آزمایشات پمپاژ ضریب ذخیره متوسط نمک را حدود ۵٪ نشان می‌دهد که با در نظر گرفتن ضخامت متوسط ۶ متر برای نمک، مقدار ذخیره آب در یک هزار کیلومترمربع مساحت کویر برابر ۳۰۰ = ۶× ۰/۰۵ ×۱۰۰۰ =V میلیون مترمکعب می‌باشد. با توجه به گسترش قابل‌توجه پوسته نمکی بخش قابل‌توجهی از ۱۶ میلیون مترمکعب بیلان آب زیرزمینی خروجی از دشت‌های اطراف کویر، در پوسته نمکی فرو می‌رود. این مقدار حدود ۱۰ میلیون مترمکعب در سال برآورد می‌شود که می‌تواند برای تغلیظ و تهیه پتاس مورد بهره‌برداری قرار گیرد.

۳. نتایج

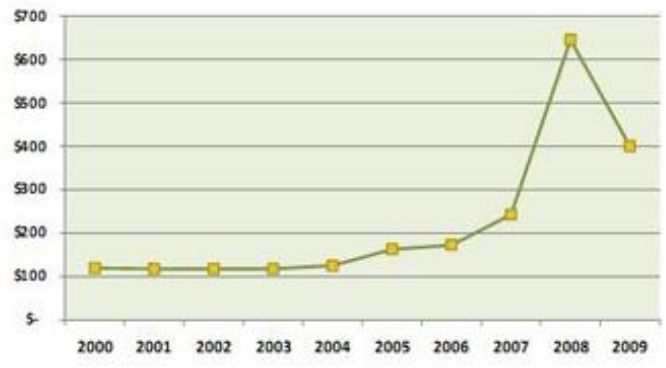
صنایع تولیدکننده پتاس تنها در کشورهای معدودی متمرکز شده‌اند. حدود ۱۵ کشور در جهان تولیدکننده پتاس هستند و ۱۵۰ کشور از محصولات آن‌ها استفاده می‌نمایند. مهم‌ترین کشورهای تولیدکننده کانادا، کشورهای مشترک‌المنافع و آلمان هستند که حدود ۷۶ درصد از نیاز پتاس جهان را تأمین می‌کند. ایران باوجود داشتن ذخایر پتاس هنوز تولیدی ندارد و حدود ۳۰۰-۲۰۰ هزار تن پتاس وارد می‌کند (سایت ایران پتاس). بیش از ۶۰ پلایای کوچک و بزرگ در ایران شناخته‌شده است و وسعت پوسته نمکی در این پلایاها به ۳۰۰۰ کیلومترمربع می‌رسد (شرکت توسعه علوم زمین، ۱۹۹۷). تعدادی از این پلایاها در حوضه‌های صفحات به زیر رانده شده[6] جنوب کمربند البرز شناخته شده‌اند، برخی در حوضه درون‌قاره‌ای راور قرار دارند و تعدادی نیز در حوضه‌های پیشین قوس سیرجان و جازموریان واقع‌شده است. پلایای خور در حوضه فورلند کویر بزرگ یک حوضه تبخیری عهد حاضر است که ۳۰۰ میلیون مترمکعب شورابه را در یک هزار کیلومترمربع پوسته نمکی جای‌داده و مقدار متوسط پتاسیم در شورابه gr/lit ۴ است. سیستم انتقال شورابه و استخرهای تبخیر توسط طرح تجهیز و توسعه ذخایر پتاس ساخته‌شده است و شرکت آلمانی کا ـ یو ـ تک مشاور تجهیز برای تولید سالیانه ۵۰ هزار تن کلرید پتاسیم است (شرکت توسعه علوم زمین، ۱۹۹۷). یک ذخیره دیگر در حوضه‌های عهد حاضر ۲۶۰ میلیون مترمکعب شورابه در ۱۳۰ کیلومترمربع پوسته نمکی در پلایای ورزنه است که مقدار پتاسیم در آن gr/lit ۳ است (شرکت توسعه علوم زمین،۱۹۹۷). کلرور پتاسیم (پتاس) تولیدشده عمدتاً به‌عنوان کود شیمیایی عرضه خواهد شد. شکل ۲ میزان عرضه و تقاضای پتاس را در بازار جهانی طی سال‌های ۲۰۱۲-۲۰۰۸ و شکل ۳ میزان افزایش قیمت جهانی پتاس طی سال‌های ۲۰۰۰-۲۰۰۹ را نشان می‌دهد.

شکل ۲، میزان عرضه و تقاضای پتاس در بازار جهانی طی سال ۲۰۱۲ – ۲۰۰۸

[6] Foreland

Archive of SID

www.SID.ir



شکل ۳، میزان افزایش قیمت جهانی پتاس طی سال‌های ۲۰۰۹-۲۰۰۰

نتیجه عملیات مطالعات اکتشافی، تعیین شورابه پلایای خور به‌عنوان بهترین منبع تأمین پتاس شورابه ای ازلحاظ کمیت و کیفیت، وسعت بسیار زیاد پوسته نمکی، مقدار درصد عناصر موجود در این پوسته و غیره گردید. نمونه‌برداری سطحی از شورابه بین کریستالی پلایای خور نشان داده است که این شورابه دارای یون‌های سدیم، پتاسیم، منیزیم، کلسیم و سولفات بوده و فاقد عناصر ید و برم می‌باشد، میانگین یون‌های مربوطه در کل شورابه پلایا برحسب قسمت در میلیون یا (P.P.M) به‌صورت زیر است (نبیان-روزبه کارگر، ۱۳۷۰):

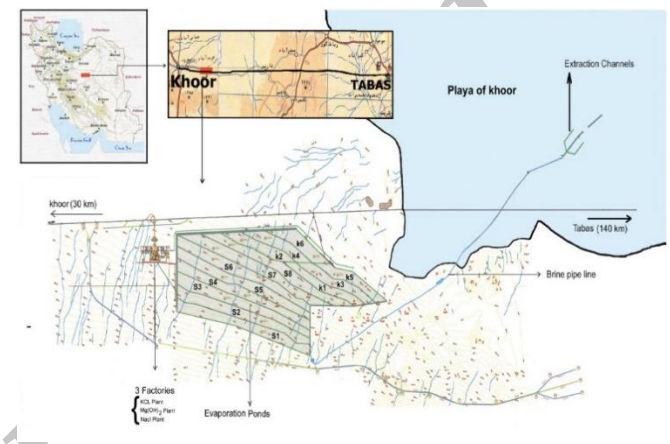
SO_4=426و Ca=25250 و Na=83162 و K=3377 و Mg=8175

نتایج حاصل از بررسی‌های مینرالوژیکی بر روی باقیمانده خشک نمونه‌ها نشان داد که کریستالیزاسیون یون‌های موجود در شورابه کلیه نمونه‌ها مشابه یکدیگر بوده و به‌صورت هالیت، ژیپس، کارنالیت، تاکی هیدرات، هگزا هیدرات است. در سال‌هایی که میزان نزولات جوی کویر کم یا در حد معمولی باشد عیار یون پتاسیم بیشتر از سال‌هایی است که مقدار بارش جوی در کویر زیاد باشد، چنان‌که مقدار بارندگی در کویر بزرگ معمولی باشد، حجم شورابه بین کریستالی در پوسته نمکی این پلایا حدود ۱۸۰۰ میلیون مترمکعب محاسبه گردیده است (نبیان و کارگر، ۱۹۹۱). کشور ایران هم‌اکنون پتاس (KCl) تولید نمی‌کند ولی با به بهره‌برداری رسیدن طرح پتاس در پلایای خور و بیابانک به تولید سالیانه پنجاه‌هزار تن پتاس و با خلوص ۹۵ درصد خواهد رسید. هدف از اجرای این طرح علاوه بر اشتغال‌زائی در منطقه، تولید سالانه ۵۰،۰۰۰ تن کلرور پتاسیم به‌عنوان کود شیمیایی به‌منظور تأمین قسمتی از نیاز بخش کشاورزی، ۱،۵۰۰،۰۰۰ تن کلرورسدیم جهت مصارف پتروشیمی، خوراکی و داروئی و ۳۰،۰۰۰ تن هیدروکسید منیزیم (که پس از تبدیل‌شدن به اکسید منیزیم در صنایع نسوز مصرف می‌شود) می‌باشد. مطالعات اکتشافی پلایای خور در وسعت ۲۰۰۰ کیلومترمربع انجام شده است. وسعت ناحیه دارای شورابه که می‌توان از آن شورابه استخراج نمود، ۱۰۰۰ کیلومترمربع و ضخامت متوسط پوسته نمکی تقریباً ۶ متر می‌باشد. به‌این‌ترتیب با احتساب ضریب تخلخل ۱۰ درصد میزان شورابه موجود در پلایا ۶۰۰ میلیون مترمکعب برآورد می‌شود که با احتساب ضریب ۷۵ درصد جهت تعیین و میزان شورابه قابل‌استخراج این میزان به ۴۵۰ میلیون مترمکعب می‌رسد (سایت ایران پتاس). در شکل زیر نقشه پراکندگی منابع و مناطق مناسب استخراج پتاس در ایران و همچنین نقشه شبکه زهکشی شورابه های کویری در پلایای خور نشان داده می‌شود. (شکل ۴ و ۵)

Archive of SID

www.SID.ir

شکل ۴، نقشه پراکندگی منابع مناسب استخراج پتاس در ایران



شکل ۵، نقشه شبکه زهکشی شورابه های کویری در پلایای خور

۴. بحث و نتیجه‌گیری

از ۶۰ پلایای کوچک و بزرگ در کشور ایران، پلایای خور دارای بیشترین عیار کلرور پتاسیم KCl هست. کشور ایران سالانه ۴۰۰۰۰۰ تن پتاس نیاز دارد. پیگیری‌های اکتشاف پتاس در ایران از دهه ۶۰ شروع‌شده است. از شورابه دریا CaCo3 یا آهک متبلور می‌شود. وزن حجمی شورابه یا دانسیته شورابه حدود ۱/۲۲ gr/lit^3 که دانسیته آب خالص ۱ gr/lit^3 می‌باشد. در این شورابه ۳۵۰gr/lit^3 انواع نمک داریم. وسعت پوسته نمکی پلایای خور برابر ۱۰۰۰ کیلومترمربع است که برای محاسبه ذخیره قطعی یا ذخیره شورابه بین کریستالی پوسته نمکی پلایای خور از آن استفاده می شود. متوسط ضخامت پوسته نمکی بر اساس اطلاعات به‌دست‌آمده از چاه‌های اکتشافی برابر ۶ متر است. لذا حجم پوسته نمکی برابر ۶ میلیارد مترمکعب می‌باشد. با توجه به ضریب ذخیره ۵٪ به‌دست‌آمده، حجم شورابه بین کریستالی در پوسته نمکی معادل ۳ میلیارد مترمکعب محاسبه‌شده است. همان‌گونه که

www.SID.ir

عنوان شد عیار متوسط k در شورابه بین کریستالی بر مبنای کلیه نمونه‌های اخذ شده از چاله‌های اکتشافی و حفاری‌های عمقی و شورابه اخذشده در عملیات پمپاژ در فصول مختلف برابرppm ۳۱۴۲ یا به عبارتی ۳/۱۴ گرم در لیتر یا ۳/۱۴ کیلوگرم در مترمکعب می‌باشد. لذا کل ذخیره K در پوسته نمکی پلایای خور برابر است با:

۳۰۰۰۰۰۰۰۰۰ ×۳/۱۴ = ۹۴۲۰۰۰ تن

با توجه به اینکه بهتر است محاسبات بر اساس میزان KCl موجود در پوسته نمکی انجام گیرد (حدود ۶ گرم در کیلوگرم در هر مترمکعب KCl) لذا باید گفت که کل ذخیره KCl در پوسته نمکی پلایای خور برابر است با ۱۸۵۰=KCl هزار تن می‌باشد که این عدد را می‌توان به‌عنوان ذخیره حتمی کلرور پتاس موجود در پلایای خور و بیابانک در نظر گرفت. با توجه به وجود شورابه پتاس دار در لایه‌های زیرین (با عیار ۵/۵ گرم در لیتر KCl) و محاسبه ۵ متر ضخامت آن‌ها و ضریب ذخیره‌ای برابر ۴٪ (به دلیل وجود رس در لایه‌های زیرین ضریب ذخیره کمتر می‌شود) می‌توان برای لایه‌های زیرین میزان ذخیره کلرور پتاسیم برابر حدود یک‌میلیون تن برآورد کرد. با توجه به این امر که اگر عمر مفید کارخانه تولید کلرور پتاسیم را ۵۰ سال در نظر بگیریم و اگر بتوان ۷۵ درصد از کل ۲/۸ میلیون تن KCl موجود در شورابه را استحصال نمود، لذا ذخیره قابل استحصال برابر با دو میلیون تن می‌شود. بنابراین

۲۰۰۰۰۰۰ تن ÷ ۵۰ سال = ۴۰۰۰۰ تن در سال

لذا خط تولید کارخانه تولید کلرور پتاسیم باید بر مبنای ظرفیت چهل هزار تن در سال طراحی و اجرا شود. در ایران بیش از ۶۰ پلایای کوچک و بزرگ وجود دارد که از میان آن‌ها کویر بزرگ مرکزی با چندین پلایا (ازجمله سه نمکزار بزرگ) انتخاب و مورد اکتشاف و مطالعه قرار گرفت. از بین پلایاهای کویر بزرگ نمک ایران، پلایای خور و بیابانک دلیل عیار بالای KCl در شورابه آن، وسعت زیاد پوسته نمکی و ضخامت مناسب آن، میزان ذخیره شورابه زیاد موجود در این پلایا و آب‌های زیر قشری آن، امکان دست‌یابی سهل و آسان، نزدیکی به شهر و جاده‌های دسترسی ساخته‌شده از قبل، مسائل اقتصادی-اجتماعی از قبیل ایجاد اشتغال، جلوگیری از مهاجرت و خالی از سکنه شدن مرکز کشور و درنهایت بر اساس نتایج حاصل از مطالعات انجام‌شده توسط طرح اکتشاف املاح تبخیری سازمان زمین شناسی کشور انتخاب، موردمطالعه و اکتشاف سیستماتیک قرار گرفت (طرح اکتشاف و تجهیز ذخایر پتاس، ۲۰۰۴). همچنین نمونه‌برداری‌های انجام شده در پلایای خور نشان داد که در صد نسبتاً بالایی از نیترات (حدود ۵ تا ۷ گرم در لیتر) در برخی مناطق از کویر وجود دارد و چنانچه مطالعات تکمیلی در این راستا برنامه‌ریزی شود و اگر ذخیره قابل‌توجهی از نیترات در منطقه شناسایی گردد کویر خور می‌تواند به‌عنوان یکی از مهم‌ترین منابع یون باارزش نیترات در دنیا مطرح گردد (طرح اکتشاف و تجهیز ذخایر پتاس،۲۰۰۴). اگرچه اکتشاف ذخایر پتاسیم در پلایای خور با موفقیت همراه بوده است اما پروژه استحصال از شورابه ها نمی‌تواند همه نیاز کشور را تأمین کند، لذا پیشنهاد می‌شود برنامه اکتشاف پتاس سنگی (پتاس کریستالین) در پوسته‌های نمکی پلایا پیگیری شود و برای این منظور مطالعات دورسنجی ضروری است. همچنین پیشنهاد می‌گردد مطالعات زمین‌شناسی دقیق، نقشه‌برداری، اکتشافات ژئوفیزیک به روش لرزه‌ای و حفاری در حوضه کویر بزرگ مرکزی انجام گیرد. این مطالعات از جهت اکتشافات نفتی نیز اهمیت خواهد داشت.

مراجع

1. Ahmadi, H. 2006. Applied Geomorphology - wind erosion, Volume II, Tehran Univ. press. Page 500. (In Persian).
2. Ayora, C., D.L. Cendron, C.y. Taberner, and J.J. Pueyo. 2001. Brine- mineral reactions in evaporate brines: Geology, v. 9, no. 3, p. 251-254
3. Cohen, A.S. 2003. Paleolimnology: The History and Evolution of Lake Systems: Oxford University press, 500p.

Archive of SID

www.SID.ir

4. Domagalski, J. L., W.H. Orem, and P. Eugster. 1989. Organic geochemistry and brine composition in Great Salt, Mono, and Walker Lakes: Geochemical ET Cosmochimical Acta, v.53, p. 2857-2872.
5. Domagalski, J.L., P. Eugster, and B. F. Jones. 1990. Trace metal geochemistry of Walker, Mono, and GREAT salt Lakes. In R.J. Spencer and I.M. Chou (Eds), Fluid-Mineral Interactions: A Tribute to H. P. Eugster: Special Publication Geochemical Society, San Antonio. 2 315-354p.
6. Eugster, H. P. 1980. Geochemistry of evaporitic lacustrine deposits: Annual Review of Earth and Planetary Sciences, v .8, p. 35-63
7. Eugster, H. P. 1984. Geochemistry and sedimentology of marine and non-marine evaporates: Science, Bold 77, and p. 237-248.
8. Eugster, H. P., and L.A. Hardie, 1978, Saline lakes, In Lerman A.(Ed), Lakes, Chemistry, Geology and Physics: Springer Verlag, p. 237- 293.
9. Eugster, H. P., and B. F. jones. 1979. Behavior of major solutes during closed-basin brine evolution: American Jornal of Science, v.279, p. 609-631.
10. Ghotbi, h. 1984. Exploratory studies and surveys, with the possibility of exploiting potash brine deposits in the Iranian desert "in Playa of Khoor." Iran Geological Organization. (In Persian).
11. Ghotbi, h. 1984. The report evaporate mineral powder foundation Abarghou areas, Khoor and Jandagh, Bafgh - fen of Gavkhouny - ardakan - Ardestan, Iran Geological Organization (in Persian).
12. Hardie, L. A. 1968. The origin of the recent non marine evaporate deposit of Saline Valley: California, Geochemical ET Cosmochemical Acta, V. 32, p. 1279-1301.
13. Hardie, L. A., and H. P. Eugster. 1970. The evolution of closed basin brines. Mineralogical: Society of America Special, v. 3, p. 273-290.
14. Helmi. F. 2000. Commentary on salt - Potash and its distribution in Iran. Press the Center for Academic Publication, Tehran, and Page 779. (In Persian).
15. IRAN potash site, Web address is www.Iranpotash.com
16. Jones, B. F. 1965. The hydrology and mineralogy of Deep Springs Lake, Inyo County, California: U.S. Geological Survey Professional Paper, v. 502, p.Al-A56.
17. Jones, B. F., and A. S. Vandenburgh. 1966. Geochemical influences on the chemical character of closed basins: IAHS Sump. Garda, Hydro. Lakes Reservoirs, v. 70, p. 435-446.
18. Jones, B. F., and D. M. Deocampo. 2003. Geochemistry of saline lakes, In Treatise on Geochemistry: Elsevier, v. 5 (Drever, J.I.), p. 393- 424.
19. Kargar. R .S. 1997. Report of Potash exploration from the great desert brine, in playa of Khoor, Earth Science Development Company. (In Persian).
20. Li, J., and T.K., Lowenstein. 1995. Death Valley salt core evaporate minerals as climate indicators: Geology Society of American Annual Meeting Abstract with Programs.
21. Lowenstein, T. K., R. J. Spencer, and P. Zhang. 1989. Origin of ancient potash evaporates; clues from the modern Qaidam Basin, western China: Science, v. 245, p. 1090-1092.
22. Lowenstein, T.K., Li. J. And C. Brown. 1998. Pale temperature from fluid inclusions in halite, Death Valley: Chemical Geology. v. 150, no. 3-4, p. 223-245.
23. Nabyan, b. R. Kargar, A. 1991. Exploratory studies and surveys, with the possibility of exploiting potash brine in the Great Desert playa of Khoor. (In Persian).
24. Namad Malian, A. 1992. Radiometric and geochemical methods along the track of potash, Proceedings of the Eleventh Meeting of Earth Sciences, Iran Geological Organization. (In Persian).
25. Namad Malian, A. Iran pour, P. Badakhshan, GH. 1991. Following a report in the areas round evaporative salts Abarghou – Bafgh, Khoor and Jandagh - Gavkhouny fen - ardakan - Ardestan, Iran Geological Organization. (In Persian).
26. Namad Malian, A. Iran pour, P. Badakhshan, GH. 1991. The reports track of potash in the South Khorasan province (1): Sabzevar - Neishabour – Torbat Heidarie (Report No. 4 designs). Iran Geological Organization. (In Persian).

Archive of SID

www.SID.ir

27. Peuyo, J.J., and M. Ingles-Urpinell. 1987. Substracte mineralogy, pore brine compositions and diagenetic processes in playa lakes of Los Monegros and Bajo Aragon, Spain. In: Geochemistry and Mineral Formation in the Earth Surface (Eds R. Rodriguez-Clemente and Y. Tardy), CSIC-CNRS, Granda, p.351-372.
28. Reported of potash exploration in the central desert of Iran. 2004. Potash exploration supplies and equipment project, Geosciences Developing Company. (In Persian).
29. Spencer, R.J., H.P. Eugster, B.F. Jones, and S.L. Rettig. 1985. Geochemistry of Great Salt Lake, Utah I: Hydrochemistry since 1850.U.S.Geol.Surv, v. 49, p. 727-737.
30. Spencer, R.J., T.K. Lowenstein, E. Casas, and Z. Penxci. 1985. Origin of potash salts and brines in the Qaidam Basin, China: Geochemist. Soc. Spec. Publ, Bold 2, p. 395-402.
31. Studies and exploratory studies showed the possibility of exploiting potash from brine deposits in the Iranian desert "in Playa of Khoor". 1997. Iran Geological Organization, Geological development Company. (In Persian).
32. Talbot, C. J., and Alavi, M. 1996. The past of a future syntaxes a cross the Zagros, In: Alsop, G.I, Blundell, D.H, and Division, I. (eds), Geological Society of London, Special Publication, 100, 89.
33. The sites of Geological Sciences Geoscience , Web address is www.Ngdir.ir
34. Wasylikowa, K., A. Witkowski, A. Walanus, A. Hutorowicz, S. W. Alexandrowicz, and J.L. Langer. 2006. Paleolimnology of Lake Zeribar, Iran, and its climatic implications: Quaternary Research, v. 66, p. 477-493.

Archive of SID

www.SID.ir

Industrial use of brine and playa, for extracting potassium and its seeking between multiple playa in Iran

Sayed Ali Mousavi
Department of Natural resources and earth sciense, Faculty of Desertification, University of Kashan, Address, Iran, E-mail: Mosaviali5@gmail.com

Raana Naghavi
Bachelor of Architecture, Sadough Rezvanshahr PNU, Yazd, Address, Iran, E-mail: rana_naghavi@yahoo.com

Saeed Shojaei
Department of Natural resources and earth sciense, Faculty of Desertification, University of Yazd, Address, Iran, E-mail: S.Shojaei@ut.ac.ir

Archive of SID

Abstract

There are more than 60 large and small playa In Iran. One of them, is Khoor playa. The aim of this study is investigate the reason of choice for extraction minerals from Khoor playa in Iran. With extensive studies and various reports, Khoor playa features was locating the best place with having the best conditions, for the construction of KCl from playa. In Khoor Playa has been exploration in two stages: exploration, identification, networking, roads construction, sampling and next stage is exploration on the salt crust was made with an area of 1000 square kilometers. Exploratory studies were conducted in Khoor playa in 2,000 square kilometers. Brine extraction for usable area is 1000 square kilometers and salt crust average thickness is 6 meters. Taking into account the porosity of 10%, 600 million cubic meters of brine was estimated available in the playa, if the coefficient of 75% to determine the extractable brine consider, this amount is 450 million cubic meters. The reasons for choice this Playa compared to another playa in Iran are high grade KCl, large area and thickness of the shell salt, high brine reserves, close to town and access roads built.

Keywords: salt shell, potassium chloride KCl, brine storage, exploration, Khoor and Biabanak

www.SID.ir