مجله‌ی علوم و فنون هسته‌ای
جلد ۸۷، شماره ۱، ۱۳۹۸، ۸۹-۱۰۰

J. of Nucl Sci. and Tech.
Vol. 87, No. 2, 2019, 89-100

بررسی قابلیت کانی‌زایی اورانیم نوع سطحی (پلایایی) در حوضه‌ی دق سرخ ایران مرکزی

کاوه پازند*[۱]، علی بهزادی نسب[۲]، محمدرضا قادری[۳]، محمدرضا رضوانیان‌زاده[۴]

۱. باشگاه پژوهش‌گران جوان و نخبگان، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، صندوق پستی: ۱۴۵۱۵-۷۷۵، تهران ـ ایران

۲. رسوب‌شناسی، دانشگاه فردوسی مشهد، صندوق پستی: ۹۱۷۷۵۱۱۱۱، مشهد ـ ایران

۳. مهندسی معدن، دانشکده‌ی فنی، دانشگاه تهران، صندوق پستی: ۵۱۵-۱۴۳۹۵، تهران ـ ایران

۴. پژوهشکده‌ی کاربرد پرتوها، پژوهشگاه علوم و فنون هسته‌ای، سازمان انرژی اتمی ایران، صندوق پستی: ۳۴۸۶-۱۱۳۶۵، تهران ـ ایران

چکیده: اورانیم نوع سطحی (پلایایی) ذخایر اندک و محدود هستند که در شرایط خاص تشکیل می‌شوند. پلایای دق سرخ در ۳۰ کیلومتری شمال- شمال‌شرق شهرستان اردستان و در منطقه‌ی ایران مرکزی قرار گرفته است. با پی‌جویی منظم و مطالعه‌ی زمین‌شناسی و ژئوشیمیایی، قابلیت حوضه‌ی دق سرخ برای اورانیم نوع پلایایی بررسی شد. نوع‌های رخساره‌ای حوضه به دو واحد رخساره‌ای اصلی، دشت کوهپایه‌ای و پلایا تقسیم می‌شود. با حفر ۷۷ چاهک و نمونه‌برداری و تجزیه‌ی عنصری با استفاده از طیف‌سنجی جرمی- پلاسمایی جفت‌شده‌ی القایی (ICP-MS)، ناهنجاری اورانیم در لایه‌ای به ضخامت ۲۰ cm تا ۳۰ cm در عمق ۱۲۵ cm شناسایی شد. بیش‌ترین مقدار پرتوزایی این لایه (شمارش در ثانیه) ۲۵۰ cps و عیار اورانیم آن لایه، ۱۵ $mg\ kg^{-1}$ به‌دست آمد. مطالعه‌های تکمیلی آن نشان داد که قابلیت اورانیم حوضه‌ی دق سرخ به علت‌های مختلف از جمله وجود اورانیم با وسعت پراکندگی زیاد و غلظت کم، نزدیک بودن سطح ایستابی، وسعت زیاد حوضه و کمبود مواد آلی پایین است.

واژه‌های کلیدی: اورانیم نوع سطحی (پلایایی)، دق سرخ، ایران مرکزی

Evalution of Mineralization Potential of Superficial Uranium (Playa Type) in Dagh-E-Sorkh Basin- Central Iran

K. Pazand*[1], A. Behzadinasab[2], M.R. Ghaderi[3], M.R. Rezvanianzadeh[4]

1. Young Researchers and Elite Club, Science and Research Branch, Islamic Azad University, P.O.Box:775-14515, Tehran - Iran

2. Department of Geology Science, Ferdowsi University of Mashhad, P.O.Box:917751111, Mashhad - Iran

3. Department of Mining Engineering, College of Engineering, University of Tehran, P.O.Box: 14395-515, Tehran - Iran

4. Radiation Application Research School, Nuclear Science and Technology Research Institute, AEOI, P.O.Box: 11365-3486, Tehran-Iran

Abstract: Uranium playa type is limited reserves which are formed in special conditions. The Dagh-e-Sorkh playa is located at 30 km north-norgh east of Ardestan which is located in the Central part of Iran. The two main facies type of basin, including pediment and playa type were determined, and by drilling 77 pit, sampling and analysis with the Induced Coupled Plasma - Mass Spectroscopy (CP-MS), the uranium anomaly was identified in a layer with the thickness of 10 cm - 15 cm, where the maximum activity and uranium grade were 250 cps and 15 mg kg^{-1}, respectively. The results showed the uranium mineralization potential of the basin is low.

Keywords: ***Superficial Uranium (Playa Type), Dagh-E-Sorkh, Central Iran***

*Email: Kaveh.Pazand@gmail.com

تاریخ دریافت مقاله: ۹۷/۴/۲ تاریخ پذیرش مقاله: ۹۷/۸/۲۸

Archive of SID
www.SID.ir

۱. مقدمه

توزیع ذخیره‌های اورانیم شدیداً تحت تأثیر پارامترهای محدودکننده‌ی زمین‌شناختی است. از این‌رو به نوع‌های مختلفی در قالب نوع‌های مجزا تقسیم می‌شود که اکتشاف و پی‌جویی هر کدام تابع شرایط خاص بوده و معیارهای اکتشافی مجزایی دارند. ذخیره‌های نوع رسوب‌های سطحی هر چند دارای پراکندگی زیادی در جهان نیستند، ولی به واسطه‌ی شرایط سهل عملیات معدن‌کاری و مقدار ذخیره‌ی نسبتاً بالا می‌توانند جای‌گاه بالایی به لحاظ معدن‌کاری ذخیره‌های اورانیم داشته باشند. یکی از زیرمجموعه‌های نوع‌های سطحی، ذخیره‌های اورانیم نوع پلایا هستند که بعضاً دارای ذخیره‌های قابل‌توجهی در نقاط مختلف دنیا هستند. با عنایت به شرایط آب و هوایی کشور ایران و وجود پلایاهای گوناگون در آن، لازم است قابلیت اورانیم آن‌ها مورد توجه قرار گیرد.

نهشته‌های پلایایی اورانیمی[۱] در جنوب آفریقا، استرالیا و چین قرار گرفته‌اند. بهترین موردهای آن نهشته‌های دریاچه‌ی اوستین[۲] و مایتلند[۳] در استرالیا هستند که نهشته‌های کانال- کالکریتی نوع پلایایی هستند و کانی‌سازی اورانیم آن‌ها به شکل کارنوتیت میزبان شده است [۱]. در این نهشته‌ها کانی‌سازی در رسوب‌های پلایایی در ۱ تا ۵ متری رس‌های قهوه‌ای آلی ژیپس‌دار با دانه‌های کربناتی قرار گرفته است. کانسارهای نوع پلایایی، بالای سطح ایستایی و اغلب به شکل کارنوتیت تشکیل می‌شوند. این کانسارها دارای مقدار ذخیره‌ی ۵۰۰ تا ۵۰۰۰ تن با عیار متوسط ۰٫۰۱ تا ۰٫۰۳ هستند. پلایای دق سرخ در ۳۰ کیلومتری شمال- شمال‌شرق شهرستان اردستان در استان اصفهان واقع شده و دارای یک دریاچه‌ی شور فصلی با مساحت تقریبی ۱۰۸۷ km^2 است. پلایای دق سرخ یک حوضه‌ی بسته است که از اطراف توسط سنگ‌های آتشفشانی اسیدی با پتانسیل اورانیم بالا شامل منطقه‌های یخاب و کوه دم در شمال و شهراب در جنوب حوضه احاطه شده است و شرایط هیدروژئولوژیکی برای انتقال اورانیم به حوضه مناسب است. در این پژوهش توان اورانیم سطحی نوع پلایایی در ناحیه‌ی دق سرخ مورد بررسی قرار گرفته است.

۲. اورانیم نوع پلایایی

پلایا، مهم‌ترین حوضه‌ی رسوبی در محیط تبخیری است. از لحاظ تعریف‌های زمین‌شناسی و زمین ریخت‌شناسی[۴]، پلایا حوضه‌ی رسوبی بسته با زهکشی داخلی است که در پست‌ترین نقطه‌ی بیابانی و یا فرورفتگی‌های طبیعی به وجود می‌آید و شیب آن نزدیک به صفر است [۲]. تخمین زده می‌شود که حدود ۵۰,۰۰۰ پلایا در دنیا وجود دارد که از این تعداد، در مجموع ۶۰ پلایا یا دق با وسعت‌های متفاوت از ۲۵ km^2 (شمال غرب سیرجان) تا ۵۲۸۲۵ km^2 (دشت کویر) با اختلاف ارتفاعی بین ۲۶۰ تا ۱۷۱۰ m در ایران وجود دارد [۳، ۴]. با توجه به این‌که در پلایا، سطح آب بالا است، به علت اقلیم خشک و ویژگی قلیایی زیاد، پوشش گیاهی در آن بسیار کم بوده و یا وجود ندارد. پلایاها در فصل‌های مرطوب در اثر سیلاب‌های موقت و زهکشی داخلی، پرآب می‌شوند، ولی در فصل خشک، آب خود را از دست می‌دهند. برخی پلایاها نیز همیشه خشک هستند. آن‌ها محل تجمع رسوبات آواری و تبخیری‌اند [۵]. امروزه در سراسر جهان توجه زیادی به محیط‌های تبخیری پلایایی معطوف شده است و از نظر زمین‌شناسی اقتصادی، می‌توانند جای‌گاه املاح و مواد اقتصادی مهمی از دسته‌ی کلریدها، سولفات‌ها، کربنات‌ها، نیترات‌ها و مواد پرتوزا از قبیل اورانیم باشند [۶]. ذخیره‌ی اورانیم پلایایی بسیار اندک و محدود است و در کشور استرالیا، تنها یک درصد از کل ذخایر اورانیم کشف شده را به خود اختصاص داده است. از نظر سنی نیز ذخیره‌های شناخته شده مربوط به سنوزوییک[۵] هستند. مدل تشکیل اورانیم نوع پلایایی به صورت زیر است (شکل ۱):

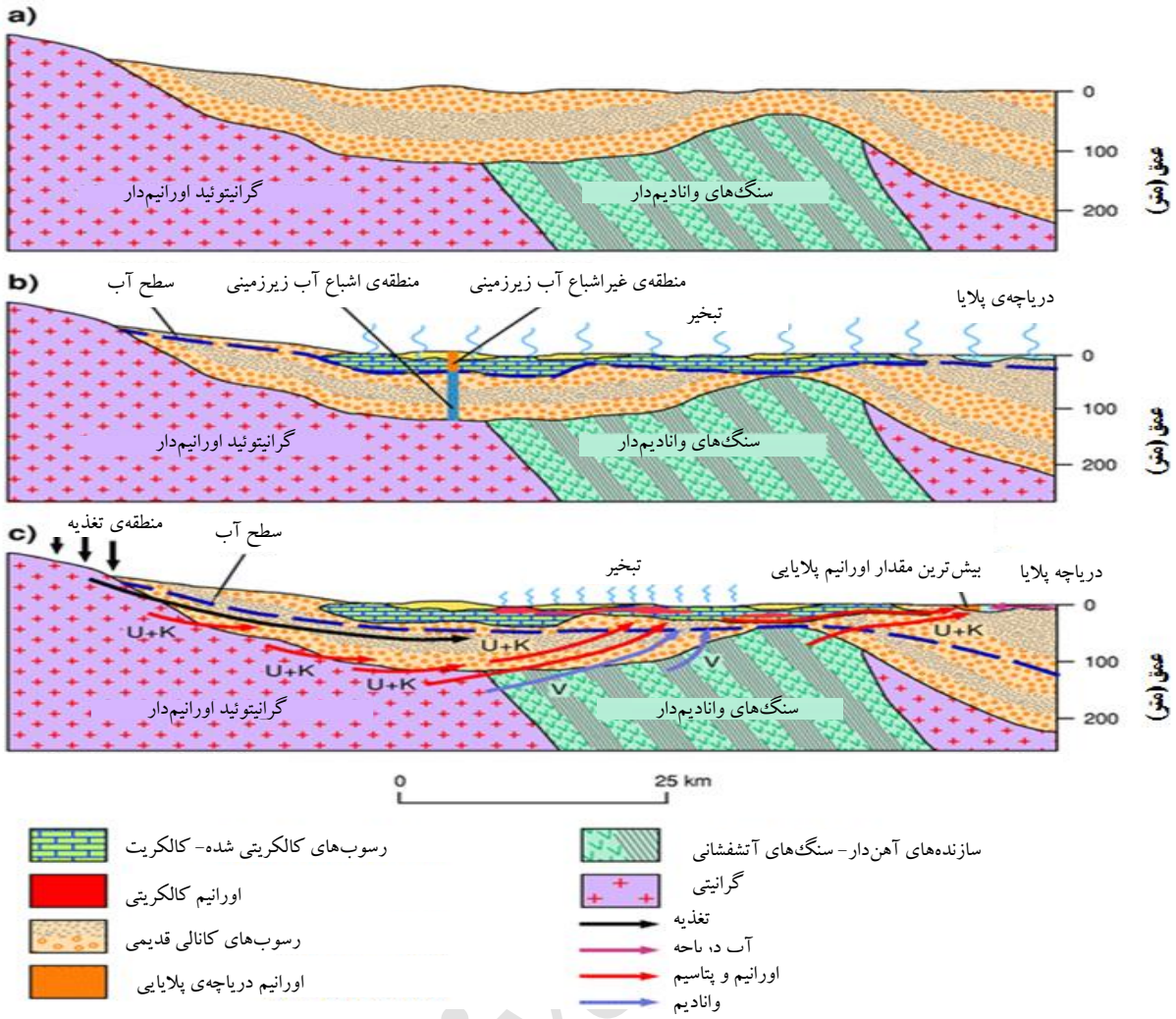
۱. پر شدن دره‌ها یا دریاچه‌های قدیمی توسط رسوب‌های دانه- درشت با نفوذپذیری بالا؛

۲. حرکت آب‌های زیرزمینی؛ در ناحیه‌های خشک که تبخیر غالب است، سیستم‌های زهکشی تشکیل یک کالکریت در نزدیکی سطح آب زیرزمینی می‌دهد. تبخیر شدید، موجب نهشت کانی‌های تبخیری و کالکریت می‌شود.

۳. پتاسیم و اورانیم از سنگ‌های فلسیک در بالادست و یا از سنگ بستر توسط آب‌های زیرزمینی شسته می‌شوند، هم‌چنین وانادیم از سنگ‌های بازیک[۶] و یا متاسدیمنت‌های[۷] غنی از آهن شسته می‌شود. اورانیل کربنات با از دست دادن کربن دی‌اکسید و یا نهشت کلسیم کربنات و واکنش با کمپلکس‌های وانادیم و پتاسیم تشکیل کانی کارنوتیت $K_2(UO_2)_2(VO_4)_2.3H_2O$ می‌دهد.

Archive of SID

www.SID.ir



شکل ۱. مرحله‌های تشکیل اورانیم با میزبان کالکریتی [۷].

نمی‌توان انتظار داشت که همه‌ی پلایاها، حاوی اورانیم باشند. معیارهای مختلفی باید وجود داشته باشد تا حوضه‌ی پلایایی برای تجمع اورانیم مناسب باشد. محاسبه‌های ساده‌ی انتقال جرم برای اورانیم در یک حوضه‌ی پلایایی بسته‌ی فرضی، نشان می‌دهد که شرایطی برای رسوب‌های پلایایی لازم است تا قابلیت ذخیره‌ی اورانیم را داشته باشد [۸]. هم‌چنین ویژگی‌های حوضه از جمله زهکشی بزرگ حوضه، سطح بالای اورانیم قابل شستشو، محل تخلیه‌ی آب زیرزمینی در رسوب‌های کاهشی پلایا و آب کافی در دسترس برای شستشو و انتقال اورانیم باعث افزایش قابلیت ذخیره‌ی اورانیم می‌شود [۸].

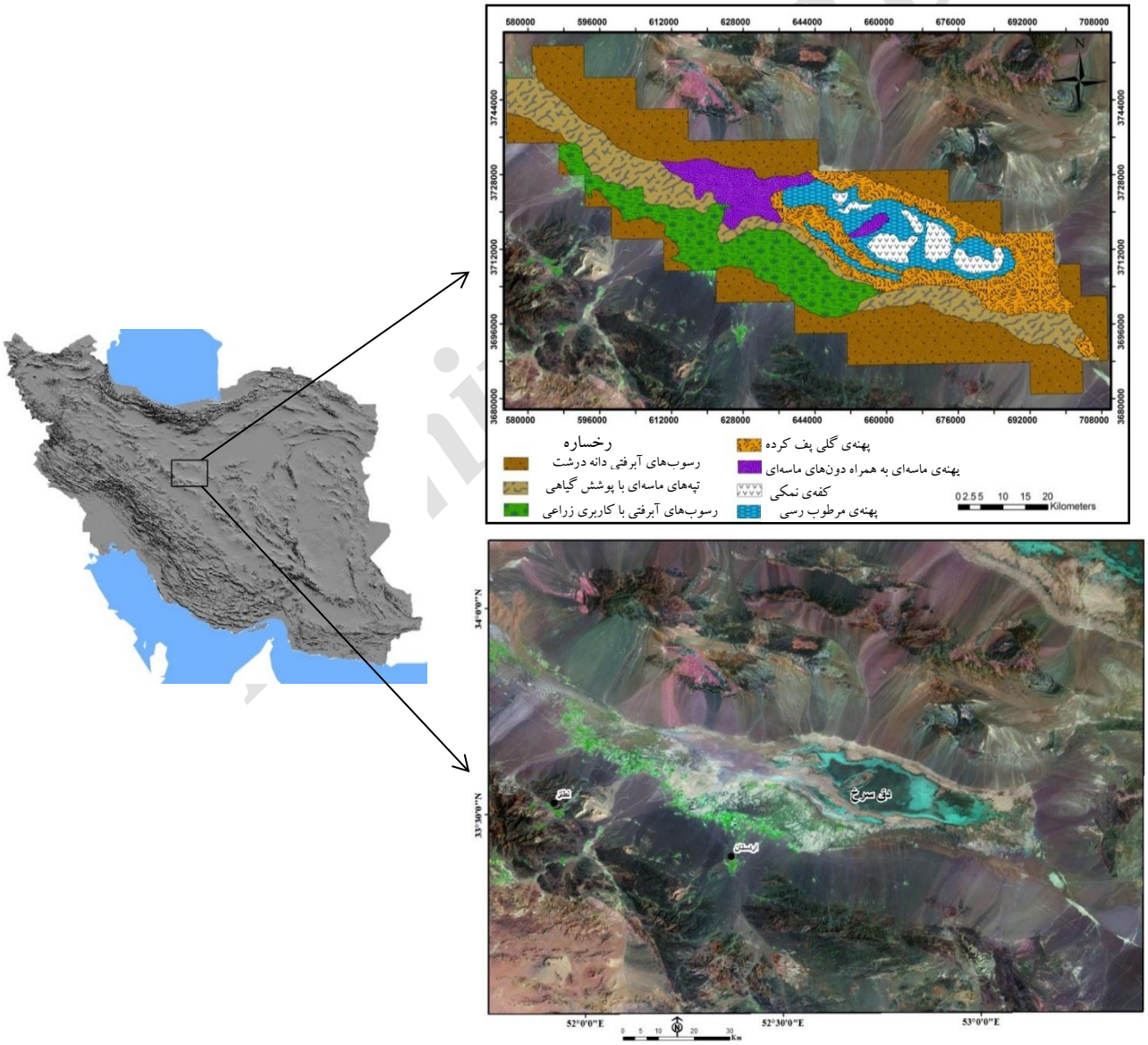
۳. پلایای دق سرخ

حوضه‌ی زهکشی دق سرخ از دیدگاه تقسیمات زمین‌شناسی در ناحیه‌ی ایران مرکزی قرار می‌گیرد. عمده واحدهای آذرین منطقه مربوط به کمان ماگمایی ارومیه- دختر است که فعالیت آن‌ها در کرتاسه[۸] شروع، در ائوسن[۹] زیرین به اوج خود رسیده و در ائوسن پایانی فعالیت آن پایان یافته است [۸]. پلایای دق سرخ در ۳۰ کیلومتری شمال- شمال‌شرق شهرستان اردستان قرار گرفته است (شکل ۲). این پلایا، پهنه‌ای یکدست و یکنواخت نبوده و از نظر ویژگی‌های زمین ریخت‌شناسی، رسوب‌شناسی، ژئوشیمیایی و رطوبت، بخش‌های متفاوتی را می‌توان در آن تشخیص داد. از نظر زمین ریخت‌شناسی این ناحیه، واجد رخساره‌های مربوط به نواحی صحرایی گرم و خشک است و فرایندهای فرسایش مکانیکی در آن غالب هستند. در مقایسه با سایر مدل‌های رخساره‌ای ارایه شده برای پلایاهای عهد حاضر رخساره‌های پلایای ناحیه‌ی دق سرخ تقسیم‌بندی شده‌اند. بر این اساس این محدوده به دو واحد رخساره‌ای اصلی دشت کوهپایه‌ای و پلایا تقسیم می‌شود [۹-۱۳]. هر کدام از این واحدها به نوع‌های

Archive

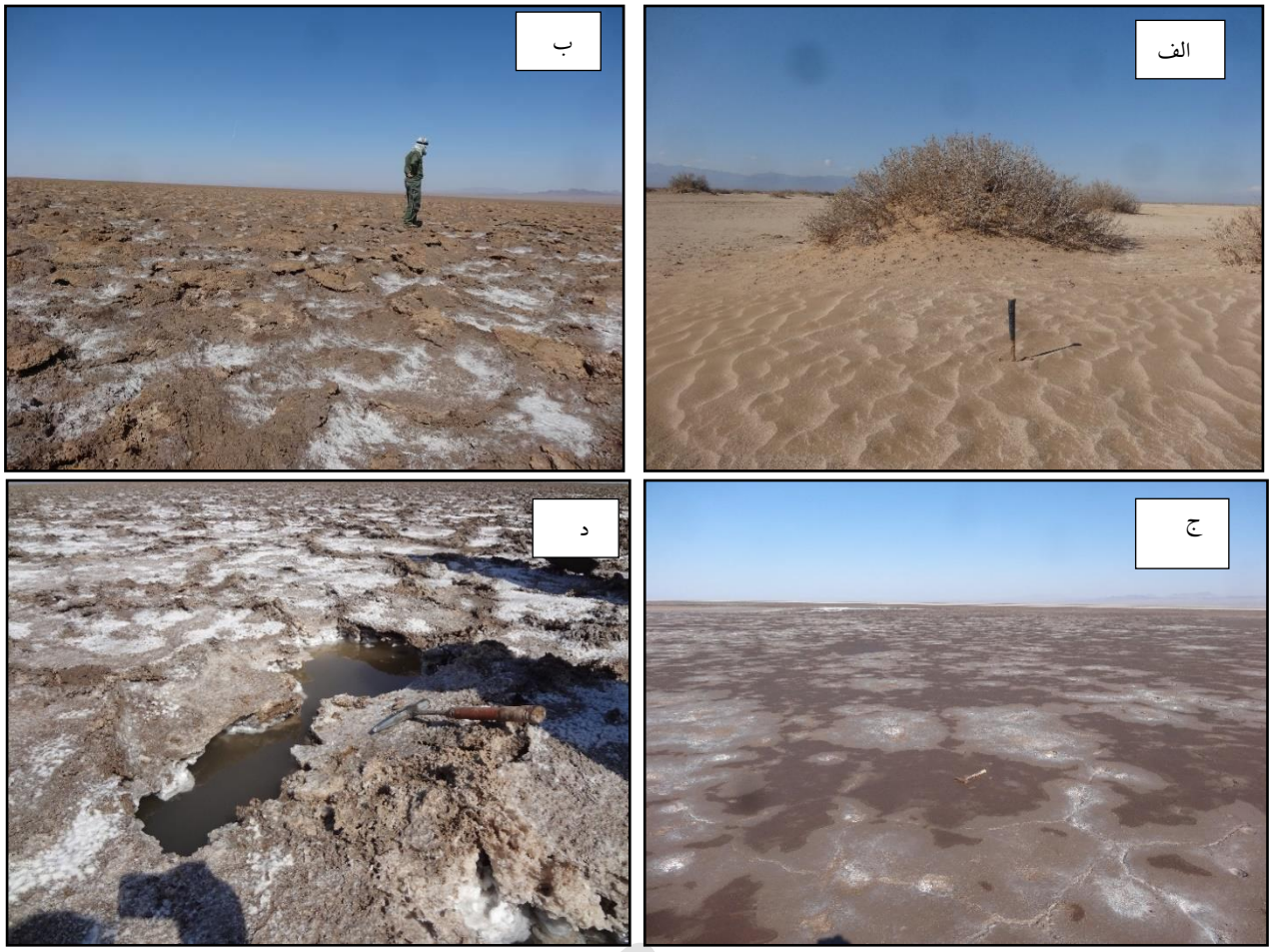
www.SID.ir

رخساره‌ای مختلفی تقسیم می‌شوند که هر یک ویژگی‌های مشخصی دارند (شکل ۲). واحد دشت کوهپایه‌ای به نوع‌های دشت فرسایشی (دارای رسوب‌های سیلابی و مخروط افکنه‌ای دانه درشت به همراه آبراهه‌های فصلی و فرسایش بادی) و دشت-پوشیده (با تپه‌های ماسه‌ی بادی بزرگ و فرسایش بادی) تقسیم می‌شود. واحد پلایا نیز به نوع‌های رسوب‌های پف کرده (با گل ماسه‌ای به همراه تبخیری، زمین‌های گلی پف کرده، نمکی و ترک‌های گلی)، کفه‌ی مرطوب رسی، منطقه‌ی دریاچه‌ی فصلی پلایایی، کفه‌ی نمکی (با پوسته‌ها و پلی‌گون‌های نمکی) تفکیک می‌گردد. پلایاهای ایران براساس وجود و یا عدم وجود نوع‌های مختلف زمین ریخت‌شناسی، به نوع‌های منطقه‌ی گلی[۱۰]، منطقه‌ی خیس یا مرطوب، منطقه‌ی نمکی و یا ترکیبی از نوع‌های آن‌ها طبقه‌بندی می‌شوند [۳]. پلایای دق سرخ از نوع ترکیبی است (شکل ۳). پلایای دق سرخ از نظر تکاملی، یکی از پلایاهای تکامل یافته‌ی ایران است. آب و هوا و فعالیت‌های زمین‌ساختی (تکتونیکی)، مهم‌ترین نقش را در این زمینه بر عهده دارند. شرایط رسوب‌شناسی و زمین ریخت‌شناسی منطقه، وجود رسوب‌های فراوان در زیربخش‌هایی که امروزه به وسیله‌ی ماسه و گل پوشیده شده است، از شرایط مساعدتر آب و هوای گذشته‌ی این ناحیه حکایت می‌کند. وجود آبرفت‌های دانه درشت و ضخیم در بالا دست ناحیه، اگرچه ممکن است از منشأ گسلی نیز باشد، ولی انتشار جریان‌ها و سیلاب‌های وسیع را در گذشته نسبت به امروز نشان می‌دهد.



شکل ۲. موقعیت جغرافیایی و نقشه‌ی رخساره‌های زمین ریخت‌شناسی- رسوبی پلایای دق سرخ.

www.SID.ir



شکل ۳. (الف) رخساره‌های تپه- ماسه‌ای رسوب‌های دشت پوشیده؛ (ب) پهنه‌ی پف کرده‌ی گلی؛ (ج) نمایی از نوع منطقه‌ای مرطوب رسی؛ (د) حفره‌های انحلالی در پهنه‌ی نمکی با عمق بیش از ۲ m.

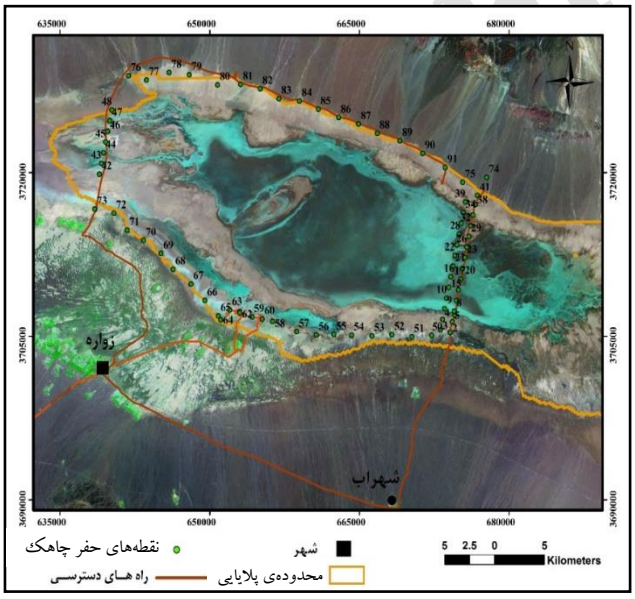
۴. بررسی توان اورانیم دق سرخ

در جنوب و شمال پلایای دق سرخ، کوه‌های شهراب، کوه دم، ریزاب و یخاب قرار گرفته که سنگ‌های آتشفشانی آن با ترکیب ریوداسیت و توف دارای پرتوزایی بالا با زمینه‌ی بالای اورانیم و توریم هستند. روند جریان آب زیرزمینی و شیب هیدرولیکی این منطقه به سمت پلایای دق سرخ است. نسبت بالای Th/U سنگ‌های منطقه و وجود ناهنجاری‌های اورانیم در آن دلالت بر توان فروشویی اورانیم از این سنگ‌ها و حرکت به سمت پلایا دارد. میانگین مقدار پرتوزایی در سنگ‌های آتشفشانی منطقه‌های اطراف حوضه ۲۵۰ cps و میانگین مقدار اورانیم آن‌ها $^{-1}$mg kg ۸ و توریم $^{-1}$mg kg ۲۷ است. در نقاط مختلف سنگ‌های توف اسیدی و ایگنمبریتی یخاب و شهراب عیار اورانیم به بیش از $^{-1}$mg kg ۵۰ می‌رسد و در مواردی عیار بالای $^{-1}$mg kg ۵۰۰ ثبت شده است. اثرهای کانی‌سازی اورانیم به صورت کانی‌های ثانویه در سنگ‌های آتشفشانی دیده می‌شود. نتیجه‌های تعبیر و تفسیر مغناطیس هوایی منطقه وجود توده‌های مدفون دیوریت، گابرو و گابرودیوریت را در زیر پلایا نشان می‌دهد که می‌توانسته منشأ وانادیم و پتاسیم در حوضه باشد. پارامترهای بالا همراه با وجود پلایا از عامل‌های مهم ارزیابی توان اورانیم نوع پلایایی هستند. سطح پلایای دق سرخ به‌طور کامل پوشیده از رسوب‌های عهد حاضر است و برخلاف سایر نوع‌های پی‌جویی اورانیم که می‌توان با توجه به سنگ‌شناسی، تغییر و تبدیل[۱۱]، تصویرهای پردازش شده‌ی ماهواره‌ای، و نقشه‌های ژئوفیزیک هوایی به دنبال حداکثر پرتوزایی اورانیم بود، در نوع رسوبی پلایایی، هیچ پدیده‌ی خاصی را که گویای قابلیت پرتوزایی اورانیم باشد، نمی‌توان در مرحله‌ی اول در سطح تشخیص داد و باید با بررسی‌های صحرایی در ابتدا با رخساره‌های رسوبی محیط پی‌جویی آشنا شد. در ذخیره‌های اورانیم نوع سطحی- پلایایی،

Archive

www.SID.ir

اورانیم به صورت کانی کارنوتیت در لایه‌های کالکریتی متمرکز می‌شود و میزان اورانیم از سطح به عمق تغییرات نشان می‌دهد که بسته به نوع و شرایط از عمق یک تا چندین متر در لایه‌های با ضخامت متغیر تشکیل می‌شود [۱۴]. ویژگی‌های حوضه که باعث افزایش توان ذخیره‌ی اورانیم در پلایا می‌شوند عبارت‌اند از: زهکشی بزرگ حوضه، مقدار بالای اورانیم قابل شستشو، محل تخلیه‌ی آب زیرزمینی در رسوب‌های کاهشی، آب کافی قابل دسترس برای شستشو و انتقال اورانیم، وجود افق کالکریتی، زمین ریخت‌شناسی حوضه، سطح آب زیرزمینی [۱، ۱۵]. در محدوده‌ی پلایایی دق سرخ با توجه به سطح اطلاعات در دسترس در مرحله‌ی اول، به منظور بررسی ژئوشیمیایی و رسوب‌شناسی این محدوده برای پی‌جویی اورانیم، اقدام به حفر چاهک‌های شناسایی به عمق ۱ m تا ۲٫۵ m شد (شکل ۴). برتری این روش نسبت به روش اوگر این است که هم‌زمان می‌توان رخساره‌ها و تغییر ترکیب رسوب‌ها را هم بررسی نمود و نمونه‌ی معرف لایه‌ها را با استفاده از نمونه‌برداری شیاری به دست آورد. مزیت دیگر آن امکان بررسی رخساره‌ها و لایه‌های عمقی و شناسایی محیط کالکریتی و کربناتی احتمالی است. به علت مساحت بالای پلایا و به جهت پوشش همه‌ی منطقه از روش منظم استفاده شد تا ضمن بالا بردن احتمال کشف، از خطاهای احتمالی جلوگیری شود. ترکیب شیمیایی غالب رسوب‌های دریاچه‌های پلایایی که یک محیط رسوبی بسته هستند، از مرکز به سمت حاشیه، از نمک‌هایی با بیش‌ترین انحلال‌پذیری (مانند هالیت) به ترکیب‌های سولفاته (ژیپس) و کربناته (کلسیت) تغییر می‌نماید. با توجه به این امر، به منظور ارزیابی تغییرهای ژئوشیمی رسوبی محیط پلایا و تغییرهای مقدار اورانیم، مرحله‌ی اول، حفاری چاهک به فاصله‌های منظم ۱ km، به صورت سه روند موازی که عرض دریاچه‌ی پلایایی و رخساره‌های آن را قطع نماید، طراحی شد. در این مرحله، تعداد ۳۴ چاهک در عرض پلایا حفر شد که با توجه به بالا بودن سطح آب دریاچه‌ی پلایایی، عمق این چاهک‌ها در برخی نقطه‌ها، حدود ۵۰ cm تا ۱٫۵ m بود. در مرحله‌ی دوم حفر چاهک، تلاش بر این بود که حفاری‌ها در فاصله‌ی دورتر از منطقه‌ی کلرید نمک‌دار و سولفاته‌ی گچ‌دار و در منطقه‌ی اغلب کربناته حفر شود. در این مرحله، تعداد ۴۳ چاهک به موازات طول پلایا و در حاشیه‌ی شمالی و جنوبی آن با فاصله‌ی حداکثر ۲ km از یک‌دیگر حفر شد. از آن‌جا که اطلاعات ژئوشیمیایی کافی از کل محدوده‌ی پلایایی دق سرخ از قبل وجود نداشت، برنامه‌ریزی برای حفر چاهک‌ها، براساس صرفاً مشاهده‌های رسوب‌شناسی و شیمیایی سطحی در صحرا به انجام رسید. در بعضی چاهک‌ها به خاطر بالا بودن سطح ایستابی[۱۲]، امکان حفاری زیاد وجود نداشت، ولی اغلب چاهک‌های حفر شده به عمق ۱ m تا ۲٫۵ m بودند. در حین کار با توجه به شناسایی منطقه‌ای به وسعت تقریبی ۱۰ km^2 با پرتوزایی بالاتر نسبت به زمینه‌ی اطراف (زمینه ۳۰ تا ۷۵ شمارش در ثانیه)، و پرتوزایی منطقه‌ی ۱۰۰ تا ۲۰۰ شمارش در ثانیه، و بالا بودن مقدار اورانیم در سطح، (زمینه کم‌تر از ۳ eppm، و در این منطقه ۵ تا ۲۶ eppm)، فاصله‌ی چاهک‌ها کوچک‌تر انتخاب شد. تعداد ۷ چاهک به عمق ۱٫۵ m تا ۲٫۵ m با فاصله‌ی ۵۰۰ km تا ۱ m از یک‌دیگر در این منطقه حفر شد. با بررسی رسوب‌شناسی، تغییرهای رخساره‌ای و پرتوزایی در طول دیواره‌ی چاهک، نمونه‌برداری شیاری انجام شد و نمونه‌ها با استفاده از تکنیک ICP-MS مورد تجزیه‌ی عنصری قرار گرفتند. نمونه‌برداری براساس تغییرهای رخساره‌ای و پرتوزایی در طول چاهک در بهار ۱۳۹۳ به تعداد ۱ تا ۳ نمونه در هر چاهک انجام شد (شکل‌های ۵ و ۶).

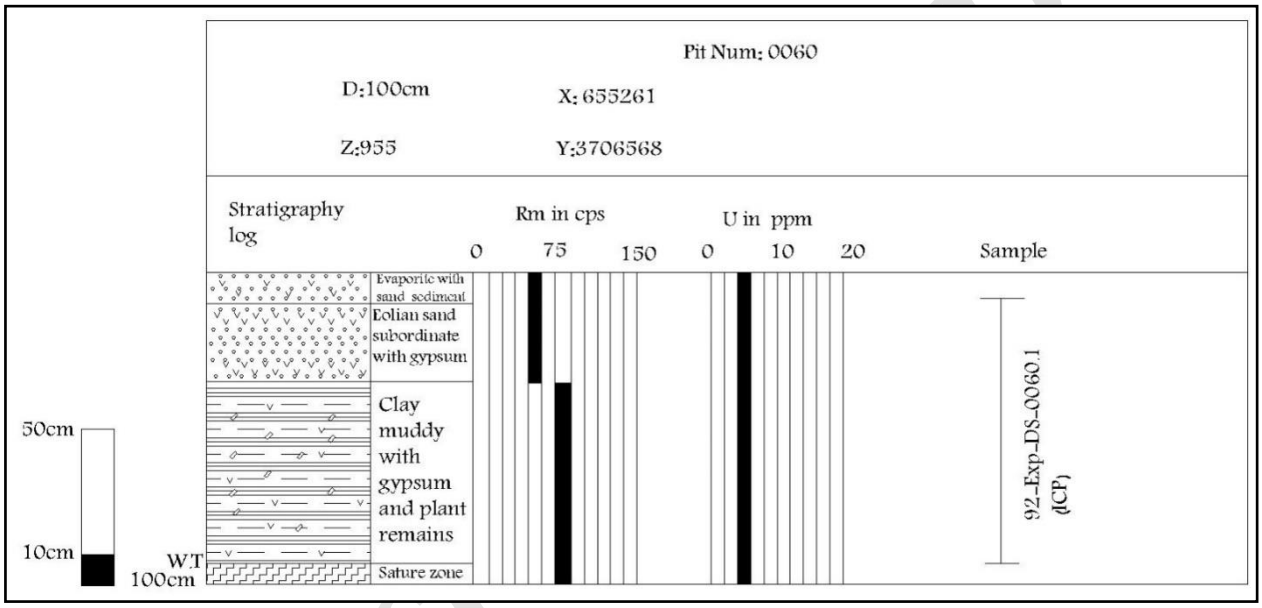


شکل ۴. موقعیت چاهک‌های حفر شده در محدوده‌ی پلایای دق سرخ به همراه راه‌های دسترسی.

Archive of SID

www.SID.ir

شکل ۵. روش حفر و برداشت چاهک در پلایای دق سرخ؛ الف) نمونه‌برداری شیاری به منظور تجزیه‌ی شیمیایی؛ ب) پرتوسنجی چاهک.



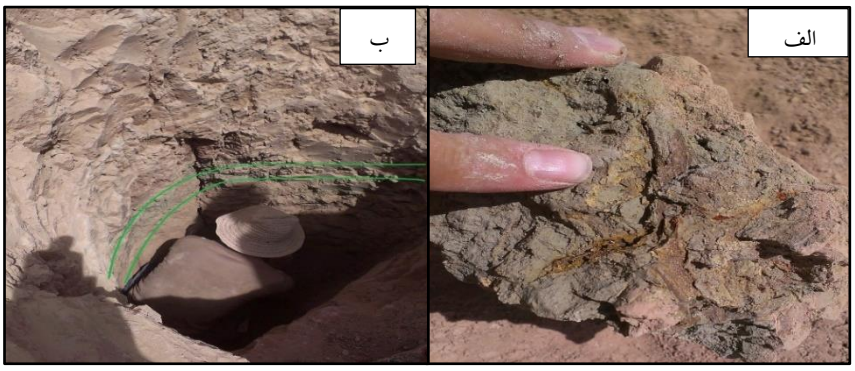
شکل ۶. رخدادنگاره‌ی چینه‌شناسی و پرتوسنجی چاهک شماره ۶۰.

منطقه‌ی پرتوزا در ابتدای واحد رخساره‌ای پلایا و در حدفاصل نوع رخساره‌ای دشت پوشیده از ماسه‌ی بادی و تپه‌های ماسه‌ای با نوع رخساره‌ای پهنه- گلی ماسه‌ای قرار دارد. منطقه‌هایی که در آن ناهنجاری اورانیم مشاهده می‌شود، رسوب‌هایی با ترکیب کربناته هستند که مقدار لای یا سیلت[۱۳] آن‌ها بالا است و به نظر می‌رسد اندازه‌ی ذره‌ها نیز در مقدار اورانیم مؤثر باشد. این مسأله می‌تواند به‌خاطر تأثیر فشار مویینه در حرکت سیال‌ها از عمق‌های بیش‌تر باشد که در رسوب‌های دانه- ریز، تأثیر فشار مویینه بیش‌تر است. مقایسه‌ی مقدارهای متوسط اورانیم بعضی عنصرهای همراه اورانیم سطحی از جمله وانادیم و پتاسیم در نمونه‌های شمال و جنوب پلایا، نشان‌دهنده‌ی قابلیت بالاتر نیمه‌ی جنوبی پلایا است. مقدار کلسیم از مرکز پلایا به حاشیه افزایش می‌یابد. در شمال پلایا به دلیل این‌که شمال پلایا، مجرای ورود آبراهه‌های کوچک فصلی متعددی طی دوره‌های سیلابی است، مقدار کلسیم کم‌تر از حاشیه‌ی جنوبی پلایا است. همراه کلسیم، استرانسیم و اورانیم در جنوب پلایا، خیلی بیش‌تر از شمال پلایا است. براساس نتیجه‌های تجزیه‌های ICP-MS، مقدار اورانیم در چاهک‌های حفر شده در منطقه‌ی ناهنجاری در بخش کربناته‌ی جنوب پلایا، بیش‌تر از سایر چاهک‌های حفر شده در محدوده‌ی پلایایی است. حداکثر مقدار اورانیم ثبت شده در نمونه‌های برداشت شده از چاهک‌ها، ۱۱٫۱ $mg\ kg^{-1}$ است که از رسوب‌های رسی متراکم و کربناته‌ی سطحی در چاه شماره ۶۵ به دست آمده

www.SID.ir

است (شکل ۷). داده‌های تجزیه‌ای سایر نمونه‌های برداشت شده از این چاهک و چاهک‌های اطراف آن نیز مقدار اورانیم را در حدود ۳ mg kg^{-1} تا ۵ mg kg^{-1} نشان می‌دهد. نتیجه‌های تجزیه‌ای نمونه‌های شاخص برداشت شده از چاهک‌ها در محدوده‌ی پلایای دق سرخ در جدول ۱ جدول‌بندی شده است. در چاهک شماره ۶۵، که بیش‌ترین مقدار اورانیم در محدوده‌ی پلایای دق سرخ در بین چاهک‌ها را نشان داده است، یک لایه‌ی رس سبز رنگ مشاهده می‌شود که ترکیب آن کربناته است (شکل ۷). نمونه‌ی شیاری تهیه شده از رخساره‌ی رسوبی گل رس متراکم زرد رنگ که در بالای آن، لایه‌ی رس سبز رنگ قرار دارد، دارای ۱۱٫۱ mg kg^{-1} اورانیم است که تقریباً دو برابر سایر نمونه‌های چاهک است. مقدار اورانیم این لایه‌ی رس سبز رنگ کم‌تر از لایه‌ی تحتانی آن است، ولی مقدار وانادیم، مولیبدن و آهن آن بالاتر است، که خود می‌تواند نشانه‌ی خوبی برای تعقیب این لایه‌ی رس سبز و حفر ترانشه در این نقطه و پی‌بردن به تغییرهای رخساره‌ای و ژئوشیمیایی لایه‌های زیرین آن باشد. با توجه به نتیجه‌های تجزیه‌ی عنصری نمونه‌های چاهک‌های حفر شده در محدوده‌ی پلایای دق سرخ و نیز پی‌جویی‌های سطحی در آن محدوده در حاشیه‌ی جنوبی پلایا (شکل ۸)، منطقه‌ای شناسایی شد که مقدار اورانیم آن براساس داده‌های تجزیه‌ی شیمیایی در محدوده‌ی، ۳٫۶ mg kg^{-1} تا ۱۱٫۲ mg kg^{-1} است. این منطقه در حاشیه‌ی واحد پلایایی و در مرز نوع پهنه‌های گلی خشک شده با نوع تپه‌های ماسه- بادی قرار دارد. با توجه به الگوی تشکیل نهشته‌های نوع پلایایی، در این مرحله باید تغییرهای مقدارهای غنی‌شدگی اورانیم در عمق بررسی شود. با حفر ترانشه به طول ۱۰۰ m، عرض ۲ m و عمق ۶ m در محل چاهک مشخص شد که ۵۰ cm بالای این ترانشه، رسوب‌های ماسه بادی با کمی گچ بسیار سست وجود دارد، ولی تا عمق ۶ متری رسوب‌های گلی به رنگ زرد تا قهوه‌ای با بافت متراکم قرار دارد. نکته‌ی متمایز در مورد رخساره‌های این ترانشه و پرتوزایی آن وجود یک لایه‌ی رسی سبزرنگ کربناته به ضخامت ۲۰ cm تا ۳۰ cm در عمق ۱۲۵ cm با مقدار اورانیم از ۱۰ mg kg^{-1} تا ۲۰ mg kg^{-1} است. این لایه‌ی رسی سبز که بیش‌ترین مقدار اورانیم را نشان می‌دهد و دارای مقدار زیادی وانادیم، مولیبدن و کمی مس و آهن است، حالت عدسی‌شکل دارد و رو به انتهای ترانشه به تدریج از بین می‌رود (شکل ۹).

مقدار اورانیم این ترانشه از بالا به پایین دیواره‌ی آن، به‌ترتیب ۵٫۴، ۱۵، ۲٫۵ و ۲٫۷ mg kg^{-1} است (جدول ۲). نتیجه‌های تجزیه‌های عنصری انجام شده، مشاهده‌های صحرایی و مطالعه‌های انجام شده، نشان می‌دهد که ماهیت شیمیایی رسوب‌های محدوده‌ی پلایای دق سرخ، کربناته است که با توجه به ماهیت قلیایی پلایا، کاملاً بدیهی است. تفاوت جالب توجه این لایه‌ی سبز رنگ با لایه‌های اطراف خود در کلسیم کم‌تر، اورانیم کمی بیش‌تر، و رنگ سبز آن است که این رنگ سبز با توجه به الگوی XRD نمونه‌ی تهیه شده از این لایه می‌تواند مربوط به حضور کلریت باشد (جدول ۳). با مطالعه‌های انجام شده در مورد نحوه‌ی تشکیل این لایه‌ی رس سبز رنگ، می‌توان به منشأهای زیر اشاره کرد: ۱) هوازدگی ذره‌های آتشفشانی بسیار ریز و ۲) هوازدگی کانی‌های رسی اولیه. این لایه‌ی رسی سبز رنگ در زیر رخساره‌ی پهنه- گلی خشک همراه با ترک‌های گلی قرار دارد. از نظر رسوب‌شناسی رخساره‌ی سطح خشک و سخت در قسمتی از این پهنه که در آن مقدار املاح و به ویژه کلسیم کربنات زیاد و معمولاً سطح خاک سخت و خشک است، تشکیل می‌شود.



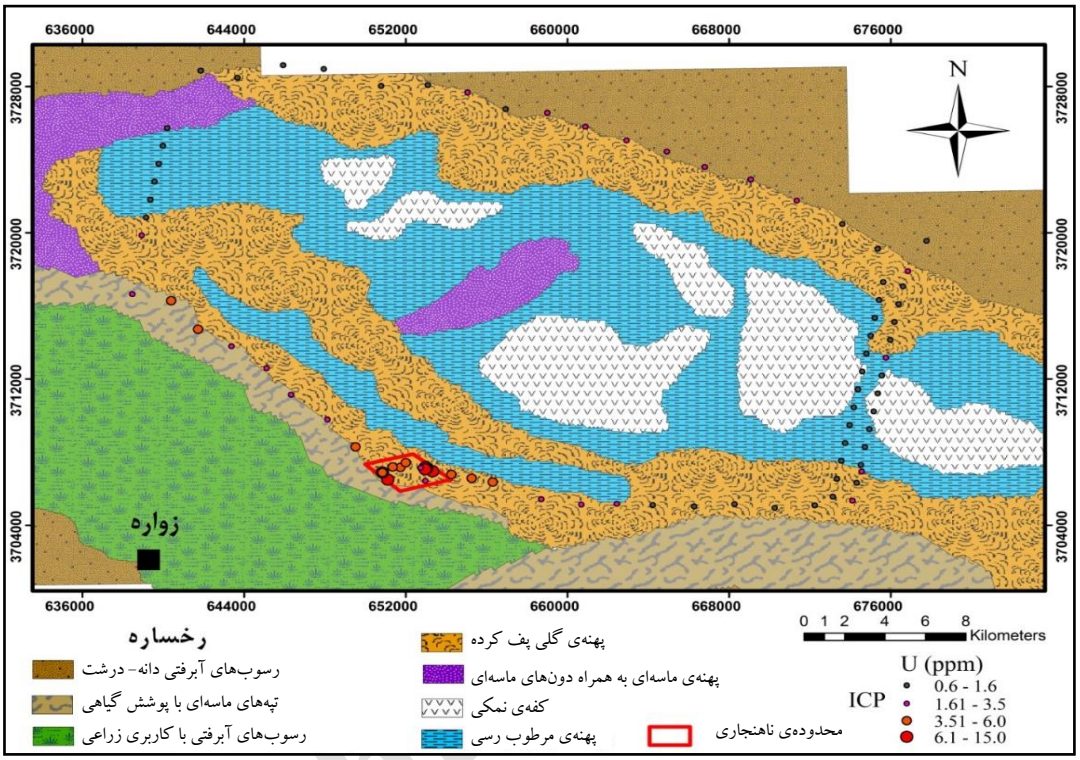
شکل ۷. الف) ریخت‌شناسی اطراف چاهک ۶۵؛ ب) قطعه‌ای از لایه‌ی رسی سبز دارای اثرهای اکسایش مواد گیاهی چاهک شماره ۶۵.

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۱. نتیجه‌های تجزیه‌ی شیمیایی نمونه‌های چاهک دستی منطقه‌ی ناهنجاری دارای لایه‌ی سبز (پررنگ شده) به ترتیب عمق (۲٫۵ m) با استفاده از تکنیک ICP-MS

عنصر ($mg\ kg^{-1}$) نمونه	Ca	Cu	Fe	K	Mg	Mn	Mo	Na	S	Se	Sr	Pb	Th	U	V
93-EXP-DS-0065.1	۹۰۱۲۷	۲۸	۲۷۱۵۵	۲۰۸۵۳	۱۵۲۸۲	۵۵۲	۰٫۷۹	۱۵۸۰۳	۴۲۳۴	۰٫۲۵	۸۸۹	۲۲	۶٫۰۷	۱۱٫۱	۹۸
93-EXP-DS-0065.2	۶۶۴۲۳	۳۴	۳۴۸۱۹	۲۵۰۲۵	۱۵۶۶۸	۶۷۳	۲٫۹۸	۱۳۸۲۹	۱۰۶۸	۰٫۲۵	۲۱۹۱	۲۱	۷٫۰۸	۳٫۶	۱۶۴
93-EXP-DS-0065.3	۷۷۶۶۵	۳۰	۳۰۲۸۸	۲۲۸۷۳	۱۳۵۸۳	۶۵۹	۱٫۰۱	۱۵۷۹۹	۲۶۴۷	۰٫۲۵	۶۷۲۳	۱۸	۶٫۱۷	۲٫۸	۱۰۲



شکل ۸. موقعیت منطقه‌ی ناهنجاری براساس نتیجه‌های تجزیه‌ی شیمیایی با استفاده از تکنیک ICP-MS، در محدوده‌ی پلایای دق سرخ.

شکل ۹. الف) سنجش مقدار اورانیم دیواره‌ی ترانشه در فاصله‌های منظم با دستگاه طیف‌سنج؛ ب) نمونه‌برداری از لایه‌ی رسی سبز ترانشه.

www.SID.ir

جدول ۲. نتیجه‌های تجزیه‌ی شیمیایی نمونه‌های ترانشه‌ی منطقه‌ی ناهنجاری دارای لایه‌ی سبز به ترتیب عمق با استفاده از تکنیک ICP-MS

عنصر ($mg\ kg^{-1}$) / نمونه	Ca	Cu	Fe	K	Mg	Mn	Mo	Na	S	Se	Sr	Pb	Th	U	V
93-EXP-DS-0127.1	۸۹۵۶۰	۲۶	۳۰۱۴۷	۱۶۳۶۶	۱۶۴۹۲	۵۵۷	۰٫۸	۱۵۶۸۹	۲۳۰۶	<۰٫۵	۵۲۴۰	۱۹	۷٫۸۵	۵٫۴	۹۹
93-EXP-DS-0127.2	۶۹۲۱۱	۴۳	۳۵۵۹۶	۲۱۳۵۷	۱۸۳۸۲	۸۴۵	¾	۱۰۵۸۵	<۵۰	<۰٫۵	۱۴۴۵	۲۵	۹٫۸۱	۱۵	۱۳۵
93-EXP-DS-0127.3	۸۴۷۰۳	۲۸	۲۸۷۴۶	۱۷۰۴۴	۱۵۶۱۵	۹۶۰	۱٫۵	۱۵۱۳۸	۵۴۶	<۰٫۵	۲۹۳۷	۲۰	۷٫۴۵	۲٫۵۲	۹۹
93-EXP-DS-0127.4	۷۵۰۱۰	۳۶	۳۳۵۴۲	۱۹۰۵۲	۱۷۹۹۷	۸۳۳	۱٫۷	۱۳۳۴۷	۹۳	<۰٫۵	۲۰۶۵	۲۲	۷٫۸۱	۲٫۷	۱۱۳

جدول ۳. نتیجه‌های تجزیه‌ی لایه‌ی رس سبز رنگ با استفاده از تکنیک XRD

کانی	فرمول شیمیایی
کوارتز	SiO_2
کلسیت	$CaCO_3$
مسکویت	$KAl_2Si_3AlO_{10}(OH)_2$
کلریت	$Mg_5Al(Si_3Al)O_{10}(OH)_8$
آنورتیت	$(Ca,Na)(Al,Si)_2Si_2O_8$
آلبیت	$NaAlSi_3O_8$

تشکیل این قشر گلی سخت، نتیجه‌ی طغیان‌های فصلی در منطقه در دوره‌های گذشته و ته‌نشینی ذره‌های معلق بوده است، به طوری که منطقه غرق در آب بوده و رسوب‌های گلی دانه- ریز که حاصل فرسایش و هوازدگی منطقه‌های منشأ بوده‌اند، توسط عامل آب و باد به محیط حمل و در شرایط آرام رسوب کرده‌اند. به‌طور کلی، شکل و وضعیت زمین ریخت‌شناسی پهنه‌های گلی، بستگی به ترکیب و اندازه‌ی رسوب‌ها از یک طرف و از طرف دیگر، آب‌شناسی پلایا دارد. به‌طوری‌که پایین بودن سطح آب زیرزمینی، درجه شوری کم شورابه‌ها، و رس زیاد می‌تواند یک سطح سخت و هموار را ایجاد نماید. در صورتی‌که درجه‌ی شوری زیاد و بالا بودن سطح شورابه‌ها، می‌تواند یک سطح نرم و پف کرده، تولید نماید. این لایه‌ی رس سبز رنگ به‌صورت یک لایه‌ی عدسی شکل نازک در زیر این پهنه‌ی گلی خشک شده، که در معرض تبخیر شدید بوده است، قرار دارد.

۵. نتیجه‌گیری

پلایای دق سرخ، پهنه‌ای یکدست و یکنواخت نبوده و از نظر ویژگی‌های زمین ریخت‌شناسی، رسوب‌شناسی، ژئوشیمیایی و رطوبت، بخش‌های متفاوتی را می‌توان در آن تشخیص داد. بر این اساس این ناحیه، به ۲ واحد رخساره‌ای اصلی، دشت کوهپایه‌ای و پلایا تقسیم می‌شود. مناطقی که در آن ناهنجاری اورانیم مشاهده می‌شود، رسوب‌هایی با ترکیب کربناته هستند که مقدار سیلت آن‌ها بالا است و به نظر می‌رسد اندازه‌ی ذره‌ها نیز در مقدار اورانیم مؤثر است. این مسأله می‌تواند به‌خاطر تأثیر فشار مویینه در حرکت سیال‌ها از عمق‌های بیش‌تر باشد که در رسوب‌های دانه‌ریز، تأثیر فشار مویینه بیش‌تر است. مقایسه‌ی مقدارهای متوسط بعضی عنصرهای همراه اورانیم در نمونه‌های شمال و جنوب پلایا، نشان‌دهنده‌ی قابلیت بالاتر نیمه‌ی جنوبی پلایا است. مقدار کلسیم از مرکز پلایا به حاشیه افزایش می‌یابد. در طی عملیات حفاری چاهک‌های دستی و ترانشه‌های مکانیکی، در منطقه‌ی رخساره‌ای پهنه- گلی خشک شده در عمق حدود ۱۲۵ cm، رسوب‌هایی در اندازه‌ی رس به رنگ سبز با ترکیب کربناته به حالت لایه‌ی عدسی شکل به ضخامت ۳۰ تا ۲۰ cm و طول ۵ m تا ۲۵ m با پرتوزایی حداکثر ۲۵۰ cps مشاهده شد. مقدار اورانیم این لایه، ۱۵ $mg\ kg^{-1}$ به‌دست آمد. هم‌چنین نتیجه‌های تجزیه‌ی عنصری لایه‌ی رسوبی گل کربناته‌ی متراکم زرد رنگی که در بالا و پایین این لایه قرار دارد، مقدار اورانیم به‌ترتیب ۵٫۴ $mg\ kg^{-1}$ و ۲٫۵ $mg\ kg^{-1}$ گزارش شده است. علاوه بر اورانیم، این لایه‌ی رس سبز در مقایسه با لایه‌های گلی بالا و پایین خود، دارای مقدارهای به نسبه بالاتر وانادیم، مولیبدن، منیزیم، آهن و پتاسیم، و به نسبه کم‌تر کلسیم، گوگرد، و سدیم است. در مجموع در مقایسه با نمونه‌های مشابه در سایر نقطه‌های جهان [۱۴، ۱۵، ۱۶، ۱۷]، و با در نظر گرفتن عامل‌های مناسب برای کانی‌سازی اورانیم نوع پلایایی، به دلیل‌های زیر احتمال شناسایی لایه‌ی رسوبی اورانیم‌دار اقتصادی از نوع پلایایی در این ناحیه، کم است.

Archive of SID

www.SID.ir

۱. سطحی، نازک و عدسی شکل بودن لایه‌ی رسی سبز رنگ و پرتوزایی بسیار کم‌تر لایه‌های گلی زیر این افق؛
۲. پرتوزایی کم‌لایه‌ی گل متراکم زرد- قهوه‌ای رنگ که گسترش زیادی در جنوب پلایا دارد؛
۳. وجود اورانیم با وسعت پراکندگی زیاد و غلظت کم در رخساره‌های گلی جنوب پلایا، ولی با غلظت نسبی بیش‌تر از سایر رخساره‌ها؛
۴. افزایش مختصر میزان اورانیم با افزایش عمق؛
۵. نزدیک بودن سطح ایستابی و امکان برخورد به سطح ایستابی با افزایش عمق؛
۶. وسعت زیاد حوضه‌ی آبریز پلایای دق سرخ و توزیع عنصر اورانیم و کاهش غلظت آن در آب‌های زیرزمینی.
۷. نبود یا کافی نبودن مواد آلی کاهشی در نقاط تخلیه‌ی آب زیرزمینی.

پی‌نوشت‌ها

1. Uraniferous Playa Deposits
2. Austin
3. Maitland
4. Geomorphology
5. Cenozoic
6. Basic Rocks
7. Metasediment
8. Cretaceous
9. Eocene
10. Mud Zone
11. Alteration
12. Water Table
13. Silt

مراجع

[1] D.L. Leach, K. Puchlik, R.K. Glanzman, Geochemical exploration for uranium in playas, Journal of Geochemical Exploration, 13 (1980) 251-283.

[2] M.E. Gutierrez, Origin and evolution of playas and blowouts in the semiarid zone of Tierra de Pinares (Duero Basin, Spain), Geomorphology, 72 (2005) 177–192.

[3] D.B. Krinsley, Geomorphological and paleo climatological Studies of the Playa of Iran: US Government Printing Office Washington D.C., (1970) 20-402.

[4] W.S. Motts, Hydrologic types of playas and closed valleys and some relation of hydrology to playa geology, in Neal. J. T. (Ed.,) Geology, Mineralogy and Hydrology of U. S. Playas, Air force Research laboratory: Bedford Massachusetts: Environmental Research Papers, 96 (1965) 73-105.

[5] A.S. Goudie, Global warming and fluvial geomorphology, Geomorphology, 79 (2006) 384-394.

[6] L.A. Hardie, H.P. Eugster, The evolution of closed-basin brines, Mineralogical Society America Special Paper, 3 (1970) 273–290.

[7] S. Liu, S. Jaireth, Exploring for calcrete-hosted uranium deposits in the Paterson region, Western Australia. Aus Geo, Issue No. 103 (2011).

[8] A. Aghanabati, The geology of Iran, Geological Survey of Iran, Tehran, (2004) 586.

[9] H.A. Torshizian, Sedimentology and Geomorphology of Saghand Playa in Central Iran, (Yazd Province), Journal of Stratigraphy and Sedimentology Researches University of Isfahan, 43 (2011) 137-162.

[10] A. Mohammadi, Sedimentology and sedimentary geochemistry of Jazmurian playa, Arid Biom Scientific and Research Journal, (2010) 68-79.

[11] M. Khosroshahi, M.T. Khashki, T. Ensafi Moghaddam, Determination of climatological deserts in Iran, Iranian journal of Range and Desert Reseach, 16 (2009) 96-113.

Archive of SID

www.SID.ir

[12] M.W. Bowen, W.C. Johnson, S.L. Egbert, S.T. Klopfenstein, A GIS-based approach to identify and map playa wetlands on the High Plains, Kansas, USA. Wetlands, 30, 4 (2010).

[13] W.M. Last, T.H. Schweyen, Sedimentology and geochemistry of saline lakes of the northern Great Plains, In Proceedings, 2nd international symposium on saline lakes. Edited by U. T. Hammer. Dr. W. Junk Publishers, The Hague, The Netherlands (1983).

[14] K.R. Kumar, D. Pande, A. Misra, K. Nanda, Playa Sediments of the Didwana Lake, Rajasthan: A New Environment for Superficial-type Uranium Mineralisation in India, Journal Geological Society of India, 77 (2011) 89-94.

[15] A. Misra, D. Pande, K.R. Kumar, L.K. Nanda, P.B. Maithani, A. Chaki, Calcrete-hosted surficial uranium occurrence in playa-lake environment at Lachhri, Nagaur District, Rajasthan, India. CURRENT SCIENCE, 101, 1 (2011).

[16] B. Beeson, N. Clifford, W. Goodall, Reguibat surface uranium project, Mauritania. International Symposium on Uranium Raw Material for the Nuclear Fuel Cycle. Vene (2014).

[17] R.R.P. Noble, D.J. Gray, N. Reid, Regional exploration for channel and playa uranium deposits in Western Australia using groundwater, Applied Geochemistry, 26 (2011) 1956–1974.

Archive of SID

www.SID.ir