

## ژئوشیمی؛ شکل گیری و خصوصیات قیرهای طبیعی در منطقه شک میدان - کلیدوند (شمال غرب گیلانغرب)

مقصوده محمدی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد خرم آباد

احمد احمدی، خلیج، محمد صفزاده، دانشگاه لرستان

چکیده

منطقه مورد مطالعه جزئی از زون زاگرس چین خورده محسوب می شود و در حوالی شهرستان گیلانغرب قرار دارد. رخنمون های قیر طبیعی نشان می دهد که تحت تأثیر عوامل زمین ساختی و چینه ای، مواد نفتی از طریق درز و شکاف ها از تشکیلات زیرین به بالا راه پیدا کرده و حوضه نفتی و قیر طبیعی تشکیل داده اند. قیرهای طبیعی مورد مطالعه عمدتاً در سطح ناپیوستگی ها و در زیر ژئوس های توده ای سازند گچساران یافت می شوند. نتایج حاصل از بررسی ژئوشیمیایی و تجزیه عنصری و پارامترهای فیزیکی نشان می دهد، میزان اکسیژن نمونه ها از ۳ تا ۳۸ درصد متغیر بوده و بالا بودن مقدار آن اثر نامطلوبی بر ارزش حرارتی قیر دارد، زیرا با افزایش درصد اکسیژن، ارزش حرارتی آن ۱/۷ درصد کاهش می یابد. میزان کربن نمونه ها بین ۴۰ تا ۹۰ درصد بوده و بیانگر کیفیت مطلوب اکثر آن هاست. میزان خاکستر نمونه ها ۲ تا ۱۹ درصد است که هر چه این میزان کمتر باشد، کیفیت آن افزایش می یابد. میزان رطوبت نمونه ها حدود ۲ تا ۳۷ درصد است که هر چه این مقدار کمتر باشد، کیفیت قیر طبیعی مطلوب تر می گردد. درصد مواد فرار نمونه ها از حدود ۵ تا ۳۵ درصد متغیر است که از کیفیت بالای این نمونه ها حکایت می کند.

آنالیزهای XRF نشان می دهد که میزان  $\text{SiO}_2$  و  $\text{CaO}$  برخی از نمونه ها بالاست. بالا بودن  $\text{SiO}_2$  می تواند در ارتباط با ماتریکس یا زمینه باشد و میزان بالای  $\text{CaO}$  به علت تشکیل قیرهای طبیعی در میان تشکیلات گچساران (ژپس و انیدریت) است که با بالا بودن مقدار گوگرد نمونه ها نیز مطابقت می کند.

واژگان کلیدی: بیتومن، زاگرس چین خورده، سازند گچساران، کربن، گیلانغرب

### مقدمه

محدوده مورد مطالعه در غرب شهرستان گیلانغرب و در مختصات جغرافیایی  $34^{\circ} 35' 40''$  تا  $45^{\circ} 50' 20''$  طول جغرافیایی و  $34^{\circ} 2' 20''$  تا  $34^{\circ} 30' 3''$  عرض جغرافیایی قرار دارد و در تقسیم بندی واحدهای ساختمانی-رسوبی ایران، بخشی از زون زاگرس چین خورده [۱] محسوب می شود. واحدهای رخنمون یافته در منطقه، شامل سازند آهکی آسماری، رسوبات قاره ای گچساران، رسوبات انتقالی میشان، ماسه سنگ های آغاچاری و رسوبات بختیاری و جوان تر از آن هستند که به صورت طاق دیس ها و ناودیس های متوالی با روند شمال غربی-جنوب شرقی دیده می شوند (شکل-۱). در ناحیه مورد مطالعه، فعالیت معدنی توسط اهالی روستاهای اطراف که در این معدن مشغول می باشند، صورت می گیرد. اندیس های قیر طبیعی در این منطقه به طور سیستماتیک و علمی مورد مطالعه قرار نگرفته اند اما طرح اکتشافی قیر طبیعی (بیتومن) گیلانغرب توسط صندوق بیمه فعالیت های معدنی [۲] و گزارش فاز اول اکتشاف آن، توسط شرکت مهندسی مشاور عالی کاو زاگرس ارائه شده است [۳].

مهندسین مشاور پیوند معدن آراء [۴] گزارشی از پی جویی ناحیه ای قیر طبیعی در حوالی شهرستان های قصرشیرین و گیلانغرب ارائه کرده اند. ابراهیم زاده اردستانی [۵] نیز میکرو گرانیتی سنجی این منطقه را مورد مطالعه قرار داده است.

امروزه نیز مطالعاتی به روش گرانیتی سنجی و مقاومت ویژه الکتریکی (VES, CRP) به طور وسیع بر روی قیرهای طبیعی انجام می شود [۶] و طرح های تحقیقاتی اکتشافی قیر طبیعی به کمک روش های ژئوفیزیکی در سال ۱۳۸۲ توسط سازمان توسعه و نوسازی صنایع و معادن ایران صورت گرفته است [۷].

هدف از ارائه این مقاله، بررسی نحوه تشکیل و تعیین خصوصیات فیزیکی و شیمیایی بیتومن های موجود در این منطقه می باشد.

### ۱- مراحل و روش مطالعه

جهت انجام این مطالعه، برداشت نمونه های پترولوژی و ژئوشیمی شامل ۶۰ نمونه در مناطق حاوی قیر در چند مرحله انجام شده است. از رگه های قیر طبیعی به گونه ای نمونه برداری شد که نمونه اخذ شده

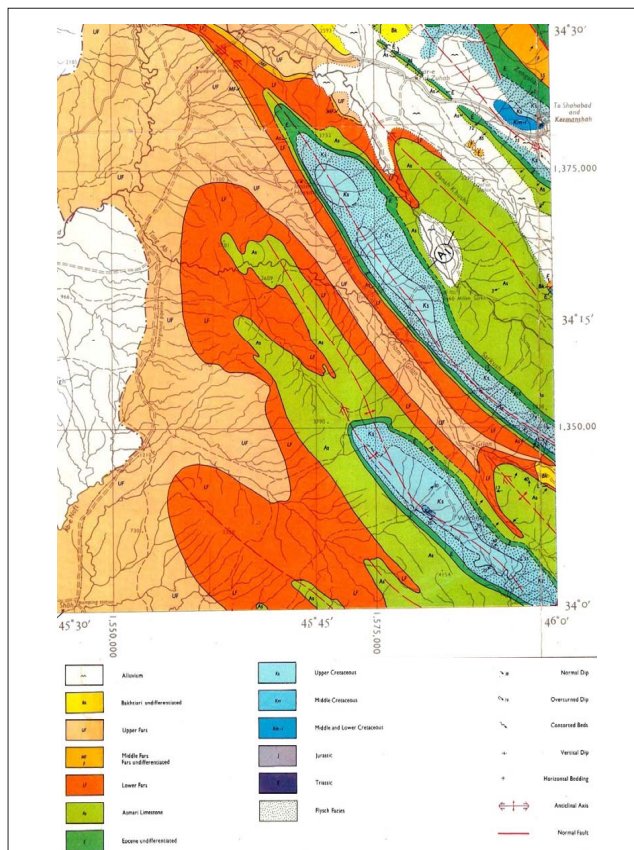
\*نویسنده عهده دار مکاتبات (khalagi2002@yahoo.com)



## ۲- ویژگی‌های صحرایی و ژنز قیرهای طبیعی

برونزدهای قیر طبیعی منطقه را می‌توان در سه گروه عمده شامل برونزدهایی که در حال استخراج بوده و یا قبلاً از آنها استخراج شده است، برونزدهایی که به‌طور وسیع رخنمون یافته و قابل شناسایی هستند و برونزدهایی که به‌صورت بسیار جزئی و اندک رخنمون یافته ولی شواهد و آثار موجود دال بر ریشه‌دار بودن آنها می‌باشد، تقسیم‌بندی کرد. در هر کجا که این رخنمون‌ها در معرض تابش اشعه خورشید به‌مدت طولانی قرار گرفته‌اند، به‌دلیل تبخیر و فراریت مواد هیدروکربوری، سطوح هوازده به رنگ نخودی مشاهده می‌گردد و حال آنکه سطوح هوازده‌ای که در معرض تابش مستقیم خورشید قرار ندارند، به رنگ‌های خاکستری و یا سایه‌هایی از خاکستری دیده می‌شوند. بنابراین، در پی جویی قیر طبیعی بر روی سطح زمین، عمق هوازده‌گی در سنگ‌هایی که در معرض تابش مستقیم خورشید قرار دارند، مورد توجه قرار گرفت. به‌طور کلی، برونزدهای قیر طبیعی در منطقه‌ی مورد مطالعه (شکل ۲) نسبتاً فراوان بوده و در هر نقطه‌ای که شرایط از نظر زمین‌شناسی و توپوگرافی مهیا باشد، احتمال رخنمون یافتن قیر طبیعی وجود دارد، هر چند که به‌نظر می‌رسد علاوه بر آنان، تعداد دیگری اندیس نیز وجود داشته باشد که هنوز امکان رخنمون یافتن را نیافته و یا به‌عبارت دیگر، هنوز به سطح زمین نرسیده‌اند. الگوی برونزدهای قیر طبیعی در منطقه، نشان‌دهنده این نکته است که رخنمون‌های قیر طبیعی تحت تأثیر و یا کنترل عوامل زمین‌ساختی و چینه‌ای هستند. در این محدوده، حضور قیرهای طبیعی معمولاً در سطوح ناپیوستگی‌ها، لایه‌های نفوذپذیر چین‌خورده، گسل‌های عادی و وارونه دیده می‌شود. وجود قیرهای طبیعی در محدوده قصرشیرین و گیلانغرب با استفاده از تکنیک صفحه‌ای نیز قابل توضیح است زیرا این ناحیه از یک سو متأثر از برخورد صفحات عربستان و اوراسیا بوده و از سوی دیگر، در مرز و

تا حد ممکن معرف تمامی رگه باشد و از برداشت نمونه از سطح رگه‌ها خودداری گردید. در ضمن سعی شد نمونه برداشت شده کمتر دستخوش عوامل جوی قرار گرفته باشد. سپس، نمونه‌های برداشت شده در کیسه‌های پلاستیکی بسته‌بندی شدند و تعداد ۱۰ عدد از آنها جهت آنالیز XRF به شرکت گروه ملی صنعتی فولاد ایران ارسال گردید که نتایج حاصل از این مطالعات در اینجا ارائه می‌شود.



شکل ۱ | قسمتی از نقشه زمین‌شناسی ۱:۲۵۰۰۰۰ قمر شیرین که واحدهای سنگی منطقه مورد مطالعه را نشان می‌دهد.



شکل ۲ | تصاویری از رخنمون‌ها و رگه‌های قیر طبیعی در منطقه مورد مطالعه

می‌باشد (جدول ۱، [۳]). در حال حاضر درصد کربن را همراه با پارامترهای دیگر در طبقه‌بندی‌ها مورد استفاده قرار می‌دهند. میزان کربن نمونه‌های آنالیز شده از ۴۰ تا حدود ۹۰ درصد متغیر است (جدول-۱) که این مقادیر نشان می‌دهد که کیفیت اکثر نمونه‌های مورد مطالعه مطلوب است. میزان اکسیژن نمونه‌های آنالیز شده از حدود ۳ تا ۳۸ درصد متغیر است (جدول-۱) که بالا بودن مقدار آن، اثر نامطلوبی خواهد داشت زیرا با افزایش درصد اکسیژن، ارزش حرارتی آن ۱/۷ درصد کاهش می‌یابد. میزان نیتروژن نمونه‌های آنالیز شده ۰/۵ تا حدود ۲ درصد است. خاکستر می‌تواند معیاری برای مقایسه انواع قیرهای طبیعی باشد و کیفیت قیرهای طبیعی با میزان خاکستر، ارتباط معکوس دارد به گونه‌ای که

حاشیه آن صفحات واقع شده است. در این شرایط تکنیکی، در اثر گسل‌ها و درزه‌های به وجود آمده، نفت و گاز از مخازن، به سمت بالا حرکت کرده است. البته باید به این نکته نیز توجه داشت که قیرهای طبیعی مشاهده شده عمدتاً ناشی از تله‌های نفتی کوچک و کم عمق بوده که تحت تأثیر فعالیت‌های ساختمانی، موفق به راهیابی به سطح زمین شده‌اند. بدین ترتیب، کانسارهای قیر طبیعی در منطقه گیلانغرب و در منطقه موسوم به شک میدان و رودخانه گیلانغرب از فرار مواد نفتی و در اثر جاگیری مواد نیمه جامد و خمیری نفتی در فضاهای خالی و درز و شکاف‌های موجود در توده‌های زئیس و مارن سازند گچساران تشکیل شده‌اند. این کانسارهای قیر طبیعی به صورت توده‌های عدسی شکل با ضخامت‌هایی از چند سانتیمتر تا حتی ۱۰ متر دیده شده است. عده‌ای دیگر از کانسارهای قیر طبیعی در منطقه شک میدان به شکل رگه‌هایی با ضخامت‌های گوناگون و در طول چندده متر مشاهده می‌شود (شکل-۲).

### ۳- بررسی‌های ژئوشیمیایی و تعیین خصوصیات فیزیکی

یکی از روش‌های مورد استفاده برای آنالیز قیرهای طبیعی، کاربرد دستگاه CHNO (دستگاه آنالیز عنصری) است که از آن برای آنالیز مواد و ترکیبات آلی استفاده می‌شود. در این موارد، اندازه‌گیری مقدار کربن، هیدروژن، نیتروژن، اکسیژن و گوگرد، مورد نظر

ادامه جدول ۱

شماره عنصر	%S	%O	%N	%H	%C	خاکستر	مواد فرار	رطوبت
عنصر ۱	۱/۱۹	۲/۷۱	۱/۱۷	۴/۰۱	۷۶/۳۳	۱۳/۴۹	۱۲/۴۹	۱/۶۷
KN۱۲	۰/۶۳	۲/۸۱	۱/۹۲	۴/۳۹	۸۸/۵۰	۱/۹۵	۱۴/۰۷	۱/۴۱
KN۱۳	۰/۶۱	۲/۷۴	۱/۵۱	۴/۳۶	۸۴/۲۰	۱/۹۳	۱۴/۱۱	۱/۳۸
KN۱۴	۰/۵۹	۲/۸۰	۱/۶۴	۴/۴۱	۸۱/۹۹	۱/۲۸	۱۴/۰۹	۱/۳۳
KN ۵	۲/۴۰	۳/۳۶	۱/۴۱	۳/۴۲	۸۰/۹۶	۷/۴۳	۸/۴۷	۲/۴۵
KN ۶	۲/۳۷	۳/۳۹	۱/۳۸	۳/۵۱	۸۱/۰۵	۷/۲۹	۸/۷۶	۴/۱۲
KT۵۰	۰/۶۰	۶/۱۲	۱/۴۵	۳/۳۹	۷۹/۱۸	۹/۰۴	۴/۸۰	۴/۱۹
KT ۵۱	۰/۶۷	۶/۲۵	۱/۳۸	۳/۱۴	۸۷/۴۱	۹/۱۵	۴/۴۷	۴/۶۱
KT۵۳	۰/۶۳	۶/۰۷	۱/۴۹	۳/۴۸	۷۷/۲۸	۹/۲۱	۴/۵۶	۴/۵۳
KT ۶۰	۰/۸۴	۶/۲۶	۱/۵۹	۴/۹۸	۷۸/۷۰	۹/۹۱	۲۳/۴۵	۳/۱۰
KT۶۷	۰/۶۵	۶/۱۴	۱/۳۹	۴/۸۹	۷۸/۰۱	۹/۲۵	۲۳/۵۷	۳/۱۸
KT ۶۹	۰/۷۹	۶/۳۸	۱/۴۷	۴/۹۱	۷۸/۱۴	۸/۹۳	۲۳/۳۶	۳/۴۱
KO۲۱	۲/۵۰	۱۹/۸۴	۱/۰۷	۵/۸۱	۵۹/۰۴	۱۲/۰۰	۳۳/۳۷	۱۴/۸۵
KO۲۳	۲/۵۲	۱۹/۲۵	۱/۱۴	۵/۶۳	۵۹/۲۸	۱۲/۳۹	۳۲/۱۹	۱۴/۶۷
KO۳۰	۰/۴۸	۴۵/۶۲	۰/۷۴	۵/۹۲	۴۱/۲۵	۵/۹۱	۳۱/۱۱	۳۶/۸۶
KO۳۱	۰/۴۳	۴۵/۷۱	۰/۶۹	۶/۶۹	۴۱/۳۶	۵/۹۷	۳۰/۲۹	۳۷/۰۸
KD۱	۰/۱۶	۳۹/۱۰	۰/۵۸	۵/۷۰	۴۴/۲۰	۱۰/۵۱	۳۴/۳۰	۲۴/۸۷
KD۲	۰/۱۶	۳۴/۷	۰/۶۳	۷/۴۰	۵۰/۰۹	۸/۱۲	۲۵/۷۸	۲۳/۳۳
KD۳	۱/۲۷	۲۴/۶۷	۱/۲۱	۵/۱۶	۵۶/۱۸	۹/۲۴	۳۱/۶۱	۱۵/۷۱
KD۴	۱/۳۶	۲۵/۱۲	۱/۳۷	۵/۰۷	۵۷/۱۹	۹/۷۱	۳۱/۱۴	۱۴/۹۲
KR۱۳	۰/۴۷	۱۷/۱۱	۱/۲۵	۵/۱۲	۶۷/۲۴	۸/۱۹	۳۳/۴۰	۷/۶۸
KR۱۴	۰/۴۳	۱۷/۹۰	۱/۲۹	۶/۱	۶۶/۲۸	۸/۳۳	۳۳/۹۹	۷/۹۱
KR۱۵	۰/۳۶	۱۲/۵۷	۱/۹۴	۵/۳۶	۷۳/۹۲	۷/۰۱	۳۱/۱۴	۴/۲۵
KD۱۰	۰/۳۹	۱۲/۶۳	۱/۷۵	۵/۱۴	۷۴/۲۵	۶/۸۱	۳۲/۰۵	۴/۸۱
KD۱۱	۰/۴۲	۶/۱۹	۱/۶۱	۴/۰۲	۶۸/۹۷	۱۷/۹۳	۱۲/۱۶	۱/۷۱
KRY	۰/۴۷	۶/۹۳	۱/۱۵	۴/۶۹	۶۹/۰۴	۱۸/۹۷	۱۲/۰۴	۱/۶۵

۱ | نتایج آنالیز عنصری (C,H,N,O) نمونه‌های قیر طبیعی و یک سری از پارامترهای فیزیکی [۳].

شماره عنصر	%S	%O	%N	%H	%C	خاکستر	مواد فرار	رطوبت
KZY۰	۰/۶۱	۲/۹۴	۱/۹۴۳	۴/۳۱	۸۸/۳۵	۱/۹۳	۱۴/۰۵	۱/۳۳
KZY۱	۰/۶۷	۲/۹۲	۱/۵۹	۴/۲۷	۸۷/۱۱	۱/۸۵	۱۴/۱۷	۱/۲۸
KZY۳	۰/۵۹	۲/۹۹	۱/۷۱	۴/۲۲	۸۸/۶۹	۱/۹۵	۱۳/۹۱	۱/۲۷
KV۴۰	۰/۳۲	۳۸/۱۰	۰/۵۹	۶/۲۱	۵۰/۰۷	۴/۷۵	۳۲/۲۰	۲۵/۱۲
KV۴۷	۰/۳۷	۳۸/۱۷	۰/۵۵	۶/۱۴	۵۱/۱۲	۴/۷۰	۳۱/۱۶	۲۵/۸۱
KV۴۹	۰/۴۹	۳۷/۹۰	۰/۶۱	۶/۳۲	۴۹/۱۶	۳/۶۶	۳۱/۱۸	۲۶/۰۱
KV۶۳	۰/۶۰	۳۳/۴۰	۱/۴۷	۶/۲۳	۵۷/۵۲	۱۰/۹۱	۳۴/۲۱	۱۳/۹۰
KV۶۴	۰/۵۲	۲۲/۹۵	۱/۳۶	۶/۰۲	۵۶/۹۹	۹/۶۵	۳۴/۰۷	۱۳/۴۱
KV۶۸	۰/۷۱	۲۳/۰۷	۱/۳۹	۶/۰۹	۵۸/۰۲	۱۰/۳۷	۳۵/۰۶	۱۲/۸۷
KV۷۱	۰/۶۳	۲۲/۸۷	۱/۴۳	۵/۲۸	۵۴/۱۹	۹/۹۱	۳۳/۳۹	۱۴/۰۲
KS۱۶	۰/۴۴	۵/۹۱	۱/۶۱	۴/۶۵	۷۱/۰۴	۱۸/۱۲	۲۷/۲۵	۱/۶۶
KS۱۷	۰/۴۷	۵/۷۸	۱/۱۲	۴/۸۱	۷۰/۸۸	۱۸/۴۱	۲۸/۳۱	۱/۷۱
KS ۵	۰/۴۱	۶/۰۱	۱/۶۸	۳/۹۶	۷۱/۲۵	۱۷/۱۳	۲۸/۳۳	۱/۵۹
KS۷	۰/۶۴	۵/۲۹	۱/۲۵	۴/۱۹	۶۹/۱۸	۱۷/۶۳	۲۸/۶۲	۱/۷۰
KS۱۹	۱/۶۱	۲/۹۱	۱/۱۳	۴/۰۲	۷۶/۷۸	۱۳/۵۴	۱۲/۶۱	۱/۷۹

مُضر زیست‌محیطی در این نمونه‌ها پایین و قابل اغماض است و میزان نیکل (۰/۱۲-۰/۳۶ درصد) و وانادیم (۰/۳۶ تا ۱ درصد) این نمونه‌ها با توجه به وابستگی این دو عنصر، در مواد نفتی در این طیف امری طبیعی است.

#### نتیجه‌گیری

■ در محدوده مورد مطالعه، برنزد های قیر طبیعی متعددی دیده می‌شوند که الگوی این برنزد ها نشان‌دهنده این نکته است که رخنمون‌های قیر طبیعی تحت تأثیر و یا کنترل عوامل زمین‌ساختی و چینه‌ای هستند.

■ کانسارهای قیر طبیعی در زیر ژئیس‌های توده‌ای سازند گچساران و درون درز و شکاف‌های آن‌ها به‌شکل رگه‌های معدنی یافت می‌شود که ماده اولیه هیدروکربوری آن از مخازن نفتی کم‌عمق نشأت گرفته است.

■ محدوده مورد بررسی علاوه بر دارا بودن شرایط چینه‌شناسی از نظر تکنونیک‌ی نیز پتانسیل کافی برای تشکیل و برنزد یافتن قیرهای طبیعی را دارد.

■ میزان کربن نمونه‌های آنالیز شده از ۴۰ تا حدود ۹۰ درصد متغیر است که از این لحاظ کیفیت اکثر آن‌ها مطلوب می‌باشد. همچنین، اندازه‌گیری درصد مواد فرار در نمونه‌های مورد مطالعه نشان داد که میزان آن از حدود ۵ تا حدود ۳۵ درصد متغیر بوده که حاکی از کیفیت بالای این نمونه‌هاست.

■ نتایج حاصل از مطالعات XRF نشان می‌دهد که میزان  $\text{CaO}$  و  $\text{SiO}_2$  برخی از نمونه‌ها بالاست. این میزان بالای  $\text{SiO}_2$  می‌تواند مرتبط با زمینه (ماتریکس) باشد و بالا بودن  $\text{CaO}$  قیرهای طبیعی مورد مطالعه، به‌علت تشکیل این ماده در میان تشکیلات گچساران است که در مورد حذف آن باید راه‌حلی اندیشید. ■

هرچه میزان خاکستر، قیرهای طبیعی کمتر باشد، کیفیت آن افزایش می‌یابد. اندازه‌گیری این ویژگی در نمونه‌های مورد مطالعه نشان داد که میزان خاکستر از حدود ۲ تا حدود ۱۹ درصد متغیر است (جدول-۱). قدیمی‌ترین روش طبقه‌بندی قیرهای طبیعی با توجه به درصد مواد فرار آن بدون در نظر گرفتن میزان آب و خاکستر انجام می‌شود. اندازه‌گیری درصد مواد فرار در نمونه‌های مورد مطالعه نشان داد که میزان آن از حدود ۵ تا حدود ۳۵ درصد متغیر است که حاکی از کیفیت بالای این نمونه‌هاست. هرچه درصد رطوبت نمونه‌های قیر طبیعی کمتر و میزان ترکیبات فرار نمونه بیشتر باشد، کیفیت قیر، مطلوب‌تر می‌گردد. میزان رطوبت نمونه‌های قیر طبیعی اخذ شده از منطقه مورد مطالعه از حدود ۲ تا ۳۷ درصد متغیر می‌اشد (جدول-۱).

با توجه به آنالیزهای XRF انجام شده [۸]، میزان  $\text{CaO}$  و  $\text{SiO}_2$  از سایر اکسیدها فراوان‌تر است. میزان  $\text{SiO}_2$  از ۱ تا ۱۲ درصد متغیر می‌باشد که بالا بودن آن می‌تواند در ارتباط با ماتریکس یا زمینه باشد و آزمایش‌های فرآوری بر روی آن به مقدار خیلی کم در کاهش سیلیس اثر داشته است. لذا پیشنهاد می‌گردد که برای جداسازی ناخالصی‌های سیلیس از حلال‌های آن استفاده شود و سپس به کمک دستگاه‌های گریز از مرکز، ناخالصی‌های آن را از بقیه جدا کرد. همچنین، از فلوتاسیون نیز به‌عنوان یک روش خوب برای فرآوری قیر طبیعی می‌توان نام برد. میزان  $\text{CaO}$  قیرهای طبیعی مورد مطالعه از ۷ تا ۲۲ درصد متغیر است که می‌تواند به‌علت تشکیل این ماده از تشکیلات رسوبی گچی (ژئیش و انیدریت) گچساران باشد و با بالا بودن مقدار گوگرد نمونه‌ها (۴۳ تا ۸۱ درصد) نیز قابل انطباق است که در مورد حذف آن باید راه‌حلی اندیشید.

در برخی نمونه‌ها وجود اکسیدهای سدیم، پتاسیم و استرانسیم تا مقدار یک و نیم درصد با وجود کانی‌های تبخیری نظیر هالیت، سیلوین و سلسیت قابل توجه می‌باشد. لازم به ذکر است که درصد عناصر

#### منابع

- [1] Stöcklin, J. (1968). "Structural history and tectonics of Iran; a review. American Association of Petroleum Geologists Bulletin", 52(7):1229-1258.
- [۲] صندوق بیمه فعالیت‌های معدنی (۱۳۸۶)، "گزارش طرح اکتشافی قیر طبیعی (بیتوم) گیلانغرب، کلیدوند"، سازمان صنایع و معادن استان کرمانشاه.
- [۳] شرکت مهندسین مشاور عالی کاوازاگرس (۱۳۸۷)، "گزارش فاز اول اکتشاف قیر طبیعی منطقه شک میدان - کلیدوند"، سازمان صنایع و معادن استان کرمانشاه.
- [۴] مهندسین مشاور پیوند معدن آراء (۱۳۷۸)، "گزارش پی‌جی‌جی ناحیه ای قیر طبیعی در حوالی شهرستان‌های قصر شیرین و گیلانغرب"، سازمان صنایع و معادن استان کرمانشاه.

- [۵] ابراهیم زاده اردستانی، وحید (۱۳۸۷)، "گزارش مطالعات میکروگرافی سنجی معدن بیتوم شک میدان"، سازمان صنایع و معادن استان کرمانشاه.
- [۶] رشد گویا، حسین؛ ابراهیم زاده اردستانی، وحید (۱۳۸۹)، "اکتشاف قیر طبیعی بوسیله روش گرانی سنجی و مقاومت ویژه الکتریکی (VES, CRP)"، چهارمین کنفرانس ژئوفیزیک ایران، تهران.
- [۷] کلاگری، علی اصغر (۱۳۸۷)، "اصول اکتشافات ژئوفیزیک"، انتشارات دانشگاه تبریز.
- [۸] محمدی، معصومه (۱۳۹۱)، "ژئوشیمی، شکل‌گیری و خصوصیات قیرهای طبیعی در منطقه شک میدان - کلیدوند (شمال غرب گیلانغرب)"، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه آزاد اسلامی خرم‌آباد.