

ارزیابی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی نهشته‌های بیتومن‌دار حوضه‌ی رسوبی لرستان

نسیم ملکی صادقی^۱، احمد احمدی خلجی^{۲*}، رضا زارعی سهامیه^۳ و زهرا طهماسبی^۴

۱- دانشجوی دکترا، گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه لرستان، خرم‌آباد، ایران

۲- دانشیار گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه لرستان، خرم‌آباد، ایران

۳- استاد گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه لرستان، خرم‌آباد، ایران

نویسنده مسئول: *ahmadikhalaj.a@lu.ac.ir

نوع مقاله: پژوهشی

پذیرش: ۱۴۰۱/۸/۲۳

دریافت: ۱۴۰۱/۵/۲۴

چکیده

بیتومن مخلوطی از هیدروکربن‌های اکسید شده با رنگ، سختی، وزن مخصوص و مواد فرار متنوع است که به اشکال جامد یا نیمه جامد بوده و در کربن دی سولفید (CS_2) قابل حل می‌باشد. برای ارزیابی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی نهشته‌های بیتومن‌دار حوضه‌ی رسوبی لرستان (جزئی از زون زاگرس چین‌خورده)، تعداد ۶ نمونه بیتومن سالم و غیر هوازده از رگه‌ها و داخل معادن سه منطقه با پتانسیل بالایی از بیتومن شامل منطقه شمالی کوه‌دشت، غرب پلدختر و جنوب شرق سپیددشت برداشت گردید. مطالعات صحرایی نشان داد که بیتومن‌های مورد مطالعه در شیل‌های سازند امیران توسعه پیدا کرده‌اند. بر اساس آزمایشات تجزیه عنصری انجام گرفته بر روی نمونه‌ها، درصد عناصر اصلی بیتومن به صورت ۶/۳۰ درصد اکسیژن، کمتر از ۱ درصد نیتروژن و ۷۴/۴۷ درصد کربن می‌باشد که بیانگر کیفیت بسیار خوب بیتومن‌های مورد مطالعه می‌باشد. حلالیت بیتومن‌های مورد مطالعه در حلال‌های CS_2 ، بنزن و اتانول نشان می‌دهد که قسمت اعظم این بیتومن‌ها دارای ترکیبات با جرم مولکولی بالا (مولکول‌های آسفالتن) می‌باشد و مقادیر کم هیدروژن (میانگین ۶/۰۲) این نمونه نیز با این استنباط همخوانی دارد. آنالیز فلورسانس اشعه ایکس (XRF) بر روی نمونه‌های مورد مطالعه نشان می‌دهد میزان اکسیدهای Al_2O_3 ، SiO_2 و Fe_2O_3 از سایر اکسیدها فراوان‌تر است. این موضوع می‌تواند به دلیل تشکیل این ماده معدنی در سنگ میزبان سازند شیلی امیران باشد که این شیل‌ها غنی از عناصر ذکر شده می‌باشند. مقادیر اکسیدهای CaO و K_2O نمونه‌های بیتومنی مورد آنالیز می‌تواند به علت تشکیل این اکسیدها از سازندهای زیرین (ایلام و گورپی) باشد که بعد از تشکیل و مهاجرت به درون سازند امیران راه پیدا کرده‌اند. نسبت Ni/V نمونه‌های مورد مطالعه پایین است ($Ni/V < 1$) و دارای میانگین ۰/۵۷ درصد می‌باشد، لذا سنگ منشأ آن‌ها تا اندازه‌ای کربناته-شیلی بوده است. لذا نتایج حاصل از این مطالعات براین امر دلالت می‌کند که منشأ نمونه‌های بیتومنی تحت مطالعه از سازندهای پایینی (سازندهای ایلام و گورپی) بوده و در مسیر مهاجرت به سمت بالا از سازندهای شیلی و کربناته عمیق‌تر، مواد آلی موجود در سازندهای جوان‌تر را نیز شسته و در نزدیکی سطح زمین تجمع یافته است.

واژه‌های کلیدی: ژئوشیمی، بیتومن، عناصر نادر، زاگرس چین‌خورده، لرستان

۱- پیشگفتار

نظیر گیلان غرب و قصرشیرین در استان کرمانشاه (ابراهیم زاده اردستانی، ۱۳۸۷؛ احمدی خلجی و همکاران، ۱۳۹۳) و استان ایلام (عابدی و همکاران، ۱۳۸۱) پی‌جویی و اکتشاف صورت گرفته است. حاضر مشار (۱۳۸۸)، واثقی و همکاران (۱۳۸۹) و احمدی خلجی و والی‌زاده (۱۳۹۲)، ژئوشیمی بیتومن‌های روستای امامزاده داود در ناحیه الیگودرز استان لرستان را مورد مطالعه قرار داده‌اند. براساس این مطالعات، میزان اکسیژن بیتومن‌های این منطقه کم و میزان کربن آن‌ها زیاد بوده که بیانگر کیفیت مطلوب آن‌هاست. همچنین اندازه‌گیری میزان خاکستر، رطوبت و مواد فرار آن‌ها نشان می‌دهد که این نمونه‌ها

یکی از بهترین روش‌ها برای ارزیابی مواد آلی نفت خام و اجزای تشکیل دهنده آن، بررسی پارامترهای فیزیکی و خصوصیات شیمیایی می‌باشد که شامل مواد آلی قابل حل (بیتومن) در حلال‌های آلی هستند. بیتومن یا قیر طبیعی یک اصطلاح عمومی است و به دسته‌ای از مواد هیدروکربنی که خاصیت اشتعال داشته و در CS_2 حل می‌شوند، گفته می‌شود. بیتومن‌ها شامل برش‌های قطبی مانند رزین‌ها و گروه‌های آسفالتنی در کنار واکس‌های معدنی می‌باشند. بیتومن‌ها یا قیرهای طبیعی در اکثر نقاط نفت‌خیز ایران وجود دارند. در برخی از نقاط

این مناطق که به صورت تاقدیس‌ها و نادویس‌های متوالی با روند شمال‌غرب- جنوب‌شرق دیده می‌شوند، بر اساس سن عبارتند از: گرو، گروه بنگستان (سروک، سورگه و ایلام)، گورپی، امیران، تله‌زنگ، کشکان، آسماری، گچساران، آغاچاری و بختیاری.

در طی کرتاسه میانی رسوب‌گذاری بدون هیچ وقفه‌ای در لرستان ادامه داشته است. رسوب‌گذاری کرتاسه بالایی (کنیاسین- ماستریشتین) بر روی پستی و بلندی‌های کرتاسه میانی با آهک‌هایی از محیط کم عمق متعلق به سانتونین (سازند ایلام) آغاز شده و با رسوب‌گذاری شیل‌های عمیق (سازند گورپی) تعقیب می‌گردد. در طی کنیاسین حاکمیت محیط عمیق در لرستان موجب رسوب شیل و آهک‌های رسی (سازند سورگه) گردیده است که خود در زیر رسوبات آهکی سازند ایلام با سن سانتونین- کامپانین قرار می‌گیرد. پیشروی دریا در تمام نقاط، رسوب شیل‌ها و مارن‌های سازند گورپی را به همراه داشته است. در میانه ماستریشتین، واحدی از آهک‌های رسی درون سازند گورپی مشخص می‌شود که بخش آهکی امام حسن نام دارد. رسوب‌گذاری شیل‌ها و مارن‌ها تا انتهای کرتاسه ادامه یافته است و حتی در جنوب باختری و مرکز لرستان تا پالئوسن نیز کشیده می‌شود (آقاناتی، ۱۳۸۵). در شمال شرق لرستان، مارن‌ها و شیل‌ها از شمال و شمال شرق در طی ماستریشتین پسین وارد حوضه رسوبی شده و رسوبات واحد سازند امیران را به وجود آورده است (مطیعی، ۱۳۷۴). سنگ میزبان بیتومن‌های مورد مطالعه در حوضه رسوبی لرستان، سازند آواری امیران می‌باشد به طوری که این بیتومن‌ها، بیشتر به صورت رگه‌هایی با ضخامتی در حد چند سانتی‌متر تا یک متر و طول صدها متر با روندهای مختلف در شکستگی‌های این سازند قرار دارند (شکل ۵). سازند امیران با واحدهای سنگی شامل لای سنگ‌های زیتونی تا قهوه‌ای رنگ و ماسه‌سنگ است که به طور محلی در آن، کنگلومراهای چرت‌دار و آهک‌های شیلی نیز دیده می‌شود. اجزاء سازنده‌ی این سنگ‌ها عمدتاً چرت‌ها هستند. مرز زیرین آن با مارن‌های خاکستری تا آبی رنگ سازند گورپی، تدریجی و به حالت هم‌شیب است. در مرز فوقانی آن، در بسیاری نقاط، عدسی‌هایی از آهک‌های تله‌زنگ قرار دارد. در محل‌هایی که سازند تله‌زنگ وجود نداشته باشد، سازند ماسه‌سنگ- کنگلومرای قرمز تا سبزرنگ کشکان در رأس آن دیده

دارای کیفیت بالایی هستند. کشوری (۱۳۸۹)، شاهرخی و همکاران (۱۳۹۱)، فرهادی (۱۳۹۷)، مطالعاتی بر روی اندیس‌های فیروسیلیسی در ناحیه کوه‌دشت و معمولان انجام داده‌اند. بر این اساس بیتومن‌های منطقه کوه‌دشت دارای درصد بالایی کربن هستند به طوری که می‌توان کیفیت آن‌ها را در حد مطلوب دانست. عزیزپورفرد (۱۳۹۲)، احمدی خلجی و همکاران (۱۳۹۳)، ژئوشیمی بیتومن‌های کلک بیشه پلدختر را مورد ارزیابی قرار داده‌اند. مطالعات آن‌ها نشان می‌دهد که این بیتومن‌ها حاوی عناصر فلزی ناچیز بوده و درصدی از عناصر مضر زیست‌محیطی را نیز دارند. همچنین میزان اکسیژن کم، میزان کربن زیاد و میزان خاکستر، رطوبت و مواد فرار اندازه‌گیری شده آن‌ها نشان می‌دهد که این نمونه‌ها دارای کیفیت بالایی هستند. پیله‌رام و همکاران (۱۳۹۷) ژئوشیمی بیتومن‌های (گیلسونایت‌ها) استان لرستان را بررسی کرده‌اند. پورکاسب و همکاران (۱۳۹۱) در تحقیقی با عنوان «مطالعه ژئوشیمیایی سنگ میزبان معدن بیتومین مله پنجاب واقع در استان ایلام» سازند پایده را به عنوان سنگ میزبان معدن بیتومین مله پنجاب با استفاده از داده‌های پیرولیز راک ایول ۶ و تعدادی از داده‌های عناصر ردیاب مورد ارزیابی ژئوشیمیایی قرار داده‌اند. ملکی صادقی و همکاران (۱۴۰۱) ژئوشیمی آلی و ایزوتوپی بیتومن‌های حوضه رسوبی لرستان را مورد ارزیابی قرار داده‌اند. در اینجا نیز به بررسی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی این بیتومن‌ها پرداخته می‌شود.

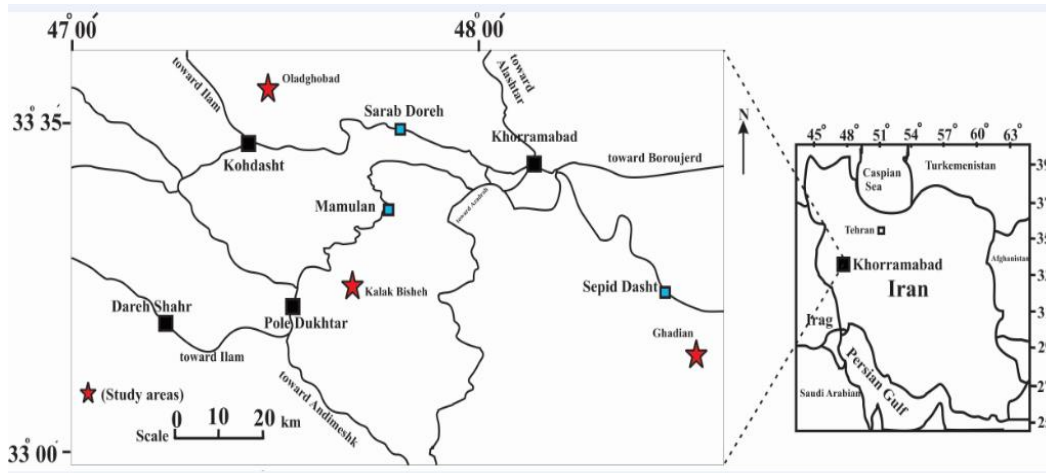
۲- زمین‌شناسی و چینه‌شناسی منطقه

در این پژوهش سه منطقه معدنی شمال شرق پلدختر (معدن بیتومن کلک بیشه در ۱ کیلومتری شمال روستای کلک بیشه)، شمال کوه‌دشت (معدن اولادقباد نامجو) و جنوب شرق سپید دشت (معدن مرگسر یا قادیان در ۲ کیلومتری شرق روستای مرگسر) مورد بررسی قرار گرفته‌اند. موقعیت جغرافیایی و راه‌های دسترسی به این معادن در شکل ۱ نشان داده شده است.

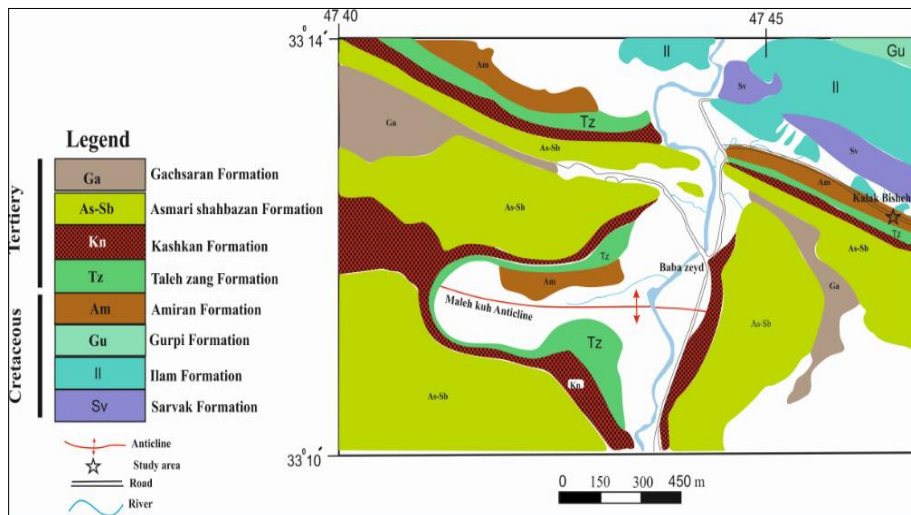
محدوده مورد بررسی از نظر زون‌های ساختاری ایران، جزئی از زون زاگرس چین‌خورده محسوب می‌شود (اشتوکلین، ۱۹۶۸). چینه‌شناسی مناطق مورد مطالعه عمدتاً شامل رسوبات کرتاسه و پالئوسن- ائوسن می‌باشد (شکل‌های ۲ تا ۴). مهم‌ترین سازندهای رخنمون یافته در

لرستان، قدیمی‌تر می‌گردد (خسروتهرانی، ۱۳۸۳). در نواحی خرم‌آباد و کرمانشاه، سن آن ماستریشتین است (مطیعی، ۱۳۷۴).

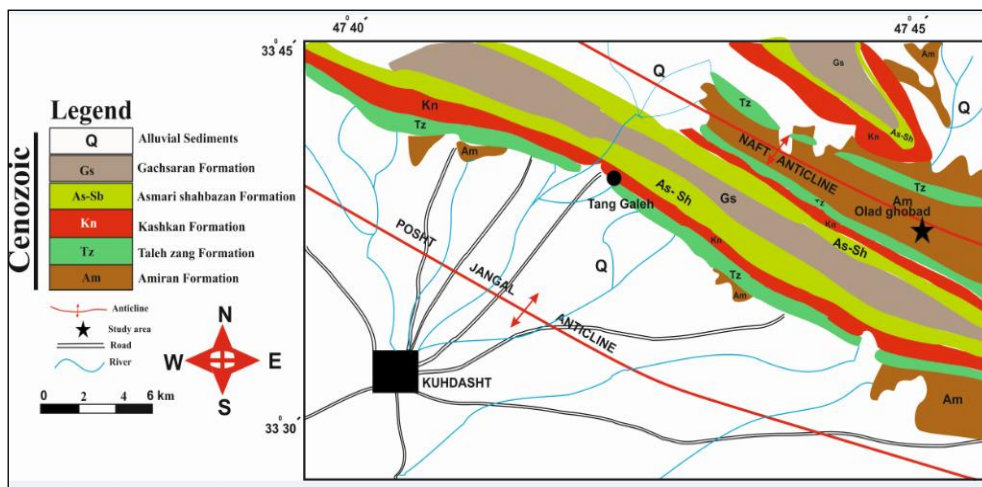
می‌شود. سازند امیران چند زمانه است به طوری که در نواحی مرکزی لرستان، سن آن معمولاً پالئوسن در نظر گرفته می‌شود ولی به سمت شمال شرق، از نواحی مرکزی



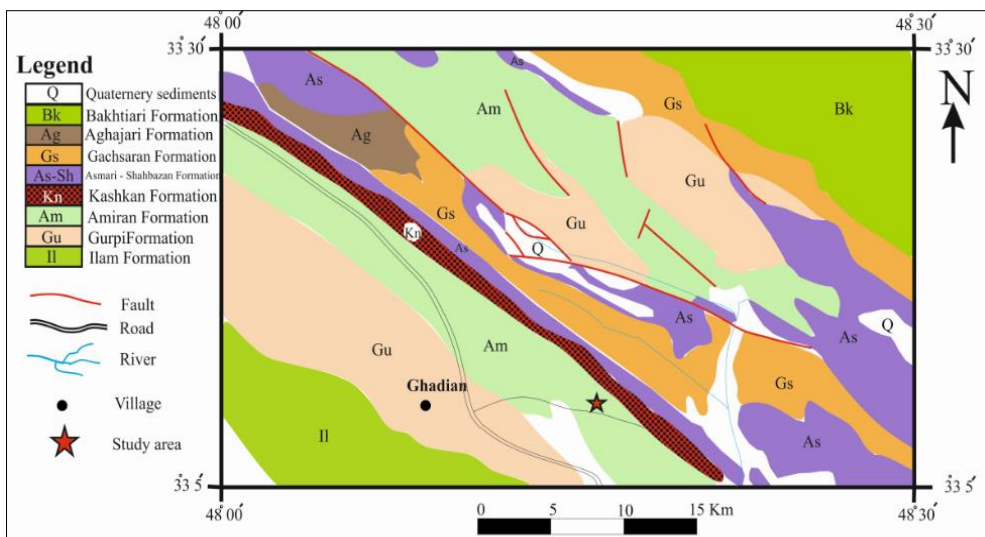
شکل ۱. موقعیت محدوده‌های مطالعاتی و راه‌های اصلی دسترسی به مناطق مورد مطالعه.



شکل ۲. بخشی از نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ پلدختر به همراه موقعیت منطقه مورد مطالعه (اکبری، ۱۳۷۰).



شکل ۳. بخشی از نقشه زمین‌شناسی ۱:۲۵۰۰۰۰ ایلام - کوه‌دشت به همراه موقعیت منطقه مورد مطالعه (شرکت ملی نفت ایران، ۱۳۵۳).



شکل ۴. بخشی از نقشه زمین‌شناسی ۱:۲۵۰۰۰۰ خرم‌آباد به همراه موقعیت منطقه مورد مطالعه (سهیلی، ۱۳۷۱).



شکل ۵. تصاویر صحرایی از سازند شیلی و ماسه‌سنگی امیران که به عنوان سنگ میزبان بیتومن عمل نموده است. الف- منطقه کلک بیشه بلدختر، دید به سمت شمال غرب). ب- منطقه اولاد قباد کوه‌دشت (دید به سمت شمال). ج- منطقه قادیان سپید دشت (دید به سمت جنوب شرق). د- رگه بیتومن تشکیل شده در امتداد شکستگی‌های سازند امیران (منطقه کلک بیشه بلدختر). و- رگه بیتومن تزریق شده در امتداد لایه‌های شیلی سازند امیران (منطقه اولاد قباد کوه‌دشت). ه- رگه بیتومن تزریق شده در امتداد لایه‌های شیلی سازند امیران (منطقه قادیان سپیددشت).

۳- مواد و روش‌ها

در این پژوهش ابتدا مطالعات صحرایی جهت مطالعه واحدهای سنگی، شناسایی برونزدهای قیرهای طبیعی در نواحی مورد مطالعه و سپس نمونه‌برداری از رگه‌های بیتومن سالم و غیر هوازده انجام گرفت. مهم‌ترین آنالیزهای انجام گرفته بر روی بیتومن‌های منطقه مورد مطالعه آنالیز شیمیایی XRF و آزمایش‌های فیزیکی می‌باشد. این آزمایش‌ها و آنالیزهای شیمیایی توسط پژوهشگاه صنعت نفت تهران صورت گرفته است. از هر منطقه تعداد ۲ نمونه (KB1, KB2)، نمونه‌های منطقه کلک بیشه پلدختر، CH1, CH2، نمونه‌های منطقه قادیان یا مرگسر سپید دشت، OL1, OL2، نمونه‌های منطقه اولادقیاد کوه‌دشت) جهت انجام آزمایش‌های فیزیکی و آنالیز شیمیایی انتخاب شده است که نتایج آن‌ها در جدول‌های ۱ و ۲ ذکر شده است. در بیتومن‌ها مهم‌ترین پارامترهای فیزیکی مورد اندازه‌گیری عبارتند از: تعیین درصد حلالیت در حلال‌های مختلف (از قبیل CS₂، متانول، اتانول و بنزن)، تعیین وزن مخصوص، درصد رطوبت، درصد مواد فرار، میزان خاکستر ماده معدنی و اندازه‌گیری عناصری از قبیل: H₂O، C، O و N و یا عناصری مانند (Si, Al, Fe, Ca, Mg, Na, K, Ti) و تعیین مقادیر عناصر کمیاب مهم‌ترین پارامترها در آنالیز شیمیایی محسوب می‌شوند.

۴- نتایج و بحث

۴-۱- تعیین میزان خاکستر نمونه‌های مورد مطالعه:

میزان خاکستر بیتومن را می‌توان توسط سوزاندن آن در یک کوره تعیین نمود. در این روش مقدار معینی از قیر طبیعی را وزن کرده و در یک کپسول ریخته تا رسیدن آن به یک وزن ثابت سوزانده شود. میزان خاکستر می‌تواند معیاری برای مقایسه انواع بیتومن‌ها باشد. کیفیت قیرهای طبیعی با میزان خاکستر ارتباط معکوس دارد یعنی هر چه مقدار خاکستر قیرهای طبیعی کمتر باشد، کیفیت آن افزایش می‌یابد. با توجه به جدول ۲ نتایج آنالیز نمونه‌های ارسالی به آزمایشگاه نشان می‌دهد که میانگین خاکستر نمونه‌های مورد مطالعه ۴/۶ درصد بوده که حاکی از کیفیت خوب بیتومن در این مناطق می‌باشد (شکل ۶ - الف).

۴-۲- تعیین درصد مواد فرار: هرچه میزان مواد فرار در بیتومن‌ها بیشتر باشد، کیفیت آن افزایش می‌یابد. درصد مواد فرار از رابطه ذیل محاسبه می‌شود:

درصد مواد فرار = (درصد رطوبت + درصد خاکستر) - ۱۰۰
نتایج تعیین درصد مواد فرار نمونه‌های آنالیز شده نشان می‌دهد میانگین درصد مواد فرار نمونه‌های مورد مطالعه، ۹۴ درصد است که حاکی از کیفیت بالای این بیتومن‌ها است. بین میزان مواد فرار و مقدار خاکستر ماده معدنی یک همبستگی منفی وجود دارد. هر چه میزان خاکستر نمونه‌ها بیشتر باشد میزان مواد فرار کاهش یافته و کیفیت ماده معدنی نیز کاهش می‌یابد (شکل ۶ - ب و ج).

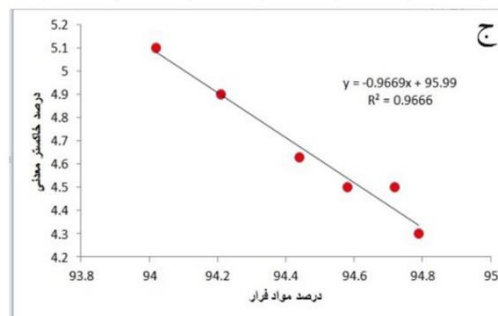
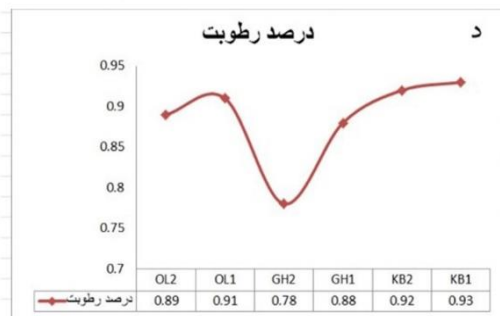
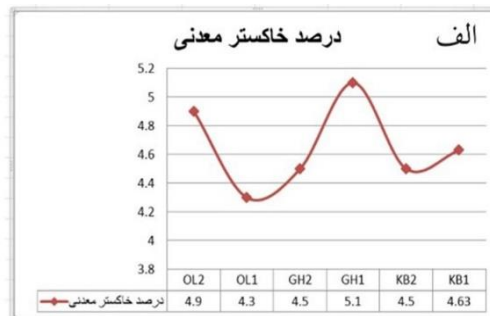
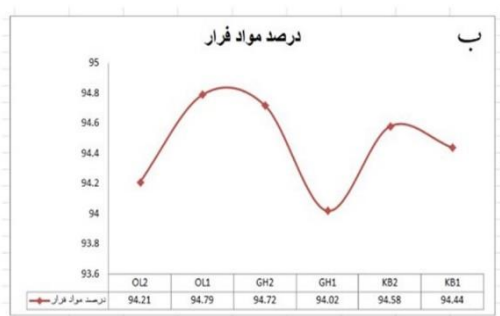
۴-۳- درصد رطوبت: برای تعیین درصد رطوبت بیتومن، میزان یک کیلوگرم از قیر را توسط آسیاب پودر کرده و آن را از الک ۰/۲ میلی‌متر عبور می‌دهند. سپس مقداری از پودر بیتومن عبور کرده از الک را در یک ظرف شیشه‌ای به مدت ۴۵ دقیقه در دمای ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد حرارت می‌دهند. در نتیجه این عمل، رطوبت موجود در بیتومن تبخیر می‌شود. پس از آن مجدداً نمونه را وزن می‌کنند. هر چه درصد رطوبت نمونه‌ها کمتر باشد کیفیت بیتومن مطلوب‌تر است. میزان رطوبت نمونه‌های بیتومن مورد مطالعه از ۰/۷ تا ۰/۹ درصد متغیر است (شکل ۶ - د). پایین بودن میزان رطوبت نمونه‌ها می‌تواند به دلیل فشردگی مناسب بیتومن باشد که نشان از کیفیت خوب بیتومن در این مناطق می‌دهد. افزایش رطوبت نیز سبب کاهش درصد مواد فرار و پایین آمدن کیفیت بیتومن می‌شود.

۴-۴- تعیین وزن مخصوص: وجود ناخالصی در بیتومن باعث افزایش وزن مخصوص و کاهش کیفیت آن می‌شود. میانگین وزن مخصوص نمونه‌های آنالیز شده بالا و ۱/۰۷ گرم بر سانتی‌متر مکعب محاسبه شده است (شکل ۶ - و). این امر می‌تواند ناشی از تأثیر شدید عوامل دیاژنز و فشردگی بیشتر بیتومن در این مناطق باشد.

۴-۵- آزمایش O.H.S.N.C: در این آزمایش درصد عناصر کربن، نیتروژن، گوگرد، اکسیژن و هیدروژن موجود در بیتومن اندازه‌گیری شده است (جدول ۲). بعد از کربن، دومین عنصر فراوان نمونه‌ها گوگرد است که مقدار میانگین آن در نمونه‌های آنالیز شده ۱۸/۳ درصد اندازه‌گیری شده است (شکل ۷).

جدول ۱. نتایج آنالیز عنصری نمونه‌های مورد مطالعه به روش XRF

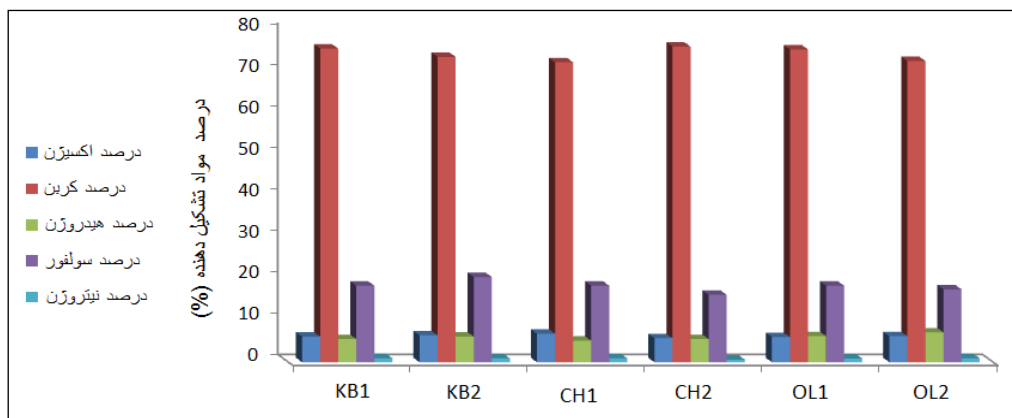
sample No	Fe ₂ O ₃ (%)	Al ₂ O ₃ (%)	Na ₂ O (%)	P ₂ O ₅ (%)	MgO (%)	K ₂ O (%)	MnO (%)	TiO ₂ (%)	SiO ₂ (%)	CaO (%)	BaO (%)
KB1	18.5	10	0.02	0.011	0.03	13	0.002	0.033	36	2.53	0.001
KB2	19	15.2	0.03	0.012	0.1	5	0.009	0.032	35.9	3.22	0.001
CH1	20	9	0.04	0.018	0.9	10.5	0.001	0.036	36.2	3.44	0.003
CH2	19	12	0.03	0.022	0.9	11.5	0.008	0.28	36.5	2.34	0.001
OL1	18.1	11.5	0.02	0.033	0.6	9.2	0.009	0.55	39.1	2.22	0.002
OL2	17.2	11.9	0.02	0.021	0.3	8.5	0.005	0.11	41.1	2.63	0.004
Max	20.00	15.20	0.04	0.03	0.90	13.00	0.009	0.55	41.10	3.44	0.004
Min	17.2	9	0.02	0.011	0.03	5	0.001	0.032	35.9	2.22	0.001
Average	18.63	11.60	0.03	0.02	0.47	9.62	0.01	0.17	37.47	2.73	0.003
sample No	V (%)	Mo (%)	S (%)	Cl (%)	Ni (%)	Sr (%)	Cu (%)	Zn (%)	Pb (%)	Cr (%)	
KB1	0.07	0.6	18.48	0.016	0.04	0.011	0.004	0.012	0.002	0.015	
KB2	0.07	0.7	20.5	0.015	0.06	0.013	0.006	0.013	0.003	0.016	
CH1	0.08	0.11	18.9	0.016	0.04	0.012	0.004	0.015	0.002	0.012	
CH2	0.06	0.13	16.33	0.018	0.03	0.011	0.002	0.014	0.001	0.014	
OL1	0.07	0.1	18.24	0.012	0.06	0.012	0.001	0.014	0.004	0.013	
OL2	0.21	0.6	17.24	0.016	0.03	0.01	0.004	0.011	0.001	0.015	
Max	0.21	0.7	20.5	0.018	0.06	0.013	0.006	0.015	0.004	0.016	
Min	0.06	0.1	16.33	0.012	0.03	0.01	0.001	0.011	0.001	0.012	
Average	0.093	0.373	18.282	0.016	0.043	0.012	0.004	0.013	0.002	0.014	



شکل ۶. نمودار درصد فراوانی پارامترهای اندازه‌گیری شده در بیتومن‌های منطقه مورد مطالعه. الف: درصد خاکستر معدنی. ب: درصد مواد فرار. ج: همبستگی منفی بین مواد فرار و خاکستر معدنی. د: درصد رطوبت. و: تغییرات وزن مخصوص نمونه‌ها.

جدول ۲. نتایج تعیین درصد ترکیبات مختلف نمونه‌های آنالیز شده به همراه درصد عناصر اصلی.

شماره نمونه	درصد نیتروژن	درصد سولفور	درصد هیدروژن	درصد کربن	وزن مخصوص	درصد اکسیژن	
KB1	0.97	18.5	5.6	75.81	1.08	6.2	
KB2	0.95	20.6	6.2	73.8	1.07	6.5	
GH1	0.93	18.5	5.2	72.5	1.09	6.9	
GH2	0.65	16.3	5.6	76.3	1.08	5.8	
OL1	0.92	18.5	6.3	75.6	1.12	6.1	
OL2	0.96	17.6	7.2	72.8	1.08	6.3	
Max	0.97	20.6	7.2	76.3	1.08	6.9	
Min	6.3	16.3	5.2	72.5	1.06	5.8	
Average	0.90	18.33	6.02	74.47	1.07	6.30	
شماره نمونه	درصد انحلال در اتانول	درصد انحلال در متانول	درصد انحلال در بنزن	درصد انحلال در CS ₂	درصد رطوبت	خاکستر معدنی	درصد مواد فرار
KB1	22.29	0.16	21.4	14.2	0.93	4.63	94.44
KB2	23.5	0.18	21.8	15.3	0.92	4.5	94.58
GH1	21.5	0.19	21.5	15.6	0.88	5.1	94.02
GH2	22.6	0.16	22	14.3	0.78	4.5	94.72
OL1	23.5	0.16	21.9	14.8	0.91	4.3	94.79
OL2	21.9	0.15	20.9	18.9	0.89	4.9	94.21
Max	23.5	0.19	22	18.9	0.93	5.1	94.79
Min	21.5	0.15	20.9	14.2	0.78	4.3	94.02
Average	22.55	0.17	21.58	15.51	0.88	4.66	94.46



شکل ۷. هیستوگرام فراوانی عناصر موجود در بیتومن‌های مورد مطالعه. بیشترین فراوانی مربوط به عنصر کربن و سپس گوگرد می‌باشد.

خصوصیات فیزیکی و شیمیایی آن‌ها نیز مطلوب می‌باشد در این رده از کیفیت قرار می‌گیرند.

۲ - قیرهای طبیعی با کیفیت خوب: قیرهای طبیعی بین ۶۷ تا ۷۰ درصد کربن داشته و سایر خصوصیات فیزیکی و شیمیایی آن‌ها نیز در حد مطلوب می‌باشد در این رده از کیفیت قرار می‌گیرند.

۳ - قیرهای طبیعی با کیفیت متوسط: قیرهای طبیعی بین ۶۵ تا ۶۷ درصد کربن داشته و سایر خصوصیات فیزیکی و شیمیایی آن‌ها نیز در حد متوسط می‌باشد در این رده از کیفیت قرار می‌گیرد. با توجه به این طبقه‌بندی، قیرهای طبیعی مناطق مورد مطالعه در گروه یک قرار دارند.

۴-۵-۱- درصد کربن تثبیت شده: تمامی نمونه‌های مورد آزمایش، درصد قابل توجهی کربن دارند. حداکثر مقدار کربن مربوط به نمونه شماره GH2 به میزان ۷۶/۳ درصد بوده و کمترین آن‌ها مربوط به نمونه شماره GH1 به میزان ۷۲/۵ درصد می‌باشد (شکل ۸ الف). با توجه به طبقه‌بندی کیفیت قیرهای طبیعی یا بیتومن‌ها (جدول ۳) می‌توان کیفیت قیرهای طبیعی یا بیتومن‌ها را به صورت ذیل طبقه بندی نمود:

۱ - قیرهای طبیعی (بیتومن) با کیفیت بسیار خوب: قیرهای طبیعی با بیش از ۷۰ درصد کربن که سایر

مربوط به نمونه شماره GH2 به میزان ۱۶/۳ درصد می‌باشد (شکل ۸-ج).

۴-۵-۴- نیتروژن: حداکثر مقدار نیتروژن مربوط به نمونه شماره KB1 به میزان ۰/۹۷ درصد بوده و کمترین آن‌ها مربوط به نمونه شماره GH2 به میزان ۰/۶۵ درصد می‌باشد (شکل ۸-د).

۴-۵-۵- هیدروژن: حداکثر مقدار هیدروژن مربوط به نمونه شماره OL2 به میزان ۷/۲ درصد بوده و کمترین آن‌ها مربوط به نمونه شماره GH1 به میزان ۵/۲ درصد می‌باشد (شکل ۸-و).

۴-۵-۲- اکسیژن: قیرهای طبیعی دارای اکسیژن زیاد غیرقابل پخت هستند. زغال‌های قیردار با اکسیژن کم به شدت قابل پخت بوده و در هوای خشک، رطوبتی حدود ۱-۲ درصد را جذب می‌کنند. حداکثر مقدار اکسیژن مربوط به نمونه شماره GH1 به میزان ۶/۹ درصد بوده و کمترین آن‌ها مربوط به نمونه شماره GH2 به میزان ۵/۸ درصد می‌باشد (شکل ۸-ب).

۴-۵-۳- گوگرد: حداکثر مقدار گوگرد مربوط به نمونه شماره KB2 به میزان ۲۰/۶ درصد بوده و کمترین آن‌ها

جدول ۳. طبقه‌بندی کیفیت قیرهای طبیعی یا بیتومن‌ها (فرهادی، ۱۳۷۸)

میزان اندازه‌گیری در منطقه	میزان درصد کربن	طبقه بندی
بیشتر از ۷۰ درصد کربن	بیشتر از ۷۰ درصد کربن	قیرهای طبیعی با کیفیت بسیار خوب
-	بین ۶۷ تا ۷۰ درصد کربن	قیرهای طبیعی با کیفیت خوب
-	بین ۶۵ تا ۶۷ درصد کربن	قیرهای طبیعی با کیفیت متوسط



شکل ۸. نمودار درصد فراوانی پارامترهای اندازه‌گیری شده در بیتومن‌های منطقه مورد مطالعه. الف: درصد کربن. ب: درصد اکسیژن. ج: درصد گوگرد. د: درصد نیتروژن. و: درصد هیدروژن.

میزبان سازند شیلی امیران باشد که این شیل‌ها غنی از عناصر ذکر شده می‌باشند. مقادیر CaO و K_2O نمونه‌های بیتومنی مورد آنالیز می‌تواند به علت تشکیل این ماده معدنی از سازندهای زیرین (ایلام و گورپی) باشد که بعد از تشکیل و مهاجرت به درون سازند امیران راه پیدا کرده‌اند. در نمونه‌های بیتومنی مورد آنالیز میزان نیکل ($0.03 - 0.06$ درصد) و وانادیم (0.06 تا 0.21 درصد) در تغییر می‌باشند. با توجه به وابستگی این دو عنصر، این مقادیر در مواد نفتی امری طبیعی است. نسبت Ni/V به عنوان یک پارامتر انطباقی در نفت‌ها و سنگ منشأ بکار برده می‌شود (ویلکرسون، ۱۹۸۲؛ اتس، ۲۰۰۷). نفت‌هایی که از سنگ منشأ کربناته یا آواری هستند نسبت Ni/V در آن‌ها پایین است ($\text{Ni/V} < 1$) (کمالی و قربانی، ۱۳۸۵). نسبت Ni به V نمونه‌های مورد مطالعه نشان می‌دهد سنگ منشأ تا اندازه‌ای کربناته- شیلی است و با ویژگی‌های سازندهای پایین مطابقت دارد. مطالعه ایزوتوپی کربن این بیتومن‌ها نیز نشان می‌دهد که سنگ مولد نمونه‌های مورد مطالعه ماهیتی کربناته و آواری دارند (ملکی صادقی و همکاران، ۱۴۰۱) و در حین مهاجرت هیدروکربن‌ها از سازندهای عمیق‌تر، مواد آلی موجود در سازندهای جوان‌تر را نیز شسته و به صورت طبیعی در نزدیکی سطح زمین تجمع یافته است. سپس نبود سنگ پوشش مناسب به این مواد نفتی اجازه می‌دهد تا مواد فرار خود را از دست داده و به شکل کنونی دیده شوند. عنصر مولیبدن (Mo) به طور مستقیم در ارتباط با شرایط اکسایش و احیا است. این عنصر در رسوبات غنی از مواد آلی و در شرایط احیایی حضور دارد (گولبای، ۲۰۰۷). از سوی دیگر Mo و U از راه انتشار آب منفذی به رسوبات اضافه می‌شوند. میزان Mo نمونه‌های بیتومنی بین 0.1 تا 0.7 درصد وزنی در تغییر است و این موضوع دلالت بر شرایط احیایی تشکیل بیتومن از سازندهای زیرین (ایلام و گورپی) دارد که در شرایط عمیق و احیایی نهشته شده‌اند. مطالعه ایزوتوپی گوگرد این بیتومن‌ها نیز بیانگر تشکیل آن‌ها در یک محیط رسوبی احیایی تا نیمه احیایی می‌باشد (ملکی صادقی و همکاران، ۱۴۰۱). حضور عنصر فسفر در قالب P_2O_5 می‌تواند به وسیله مواد آلی در جازا و بومی و یا ترجیحاً به وسیله تمرکز مواد آلی طی دیازنز نشان داده شود (اسمیت، ۱۹۹۹).

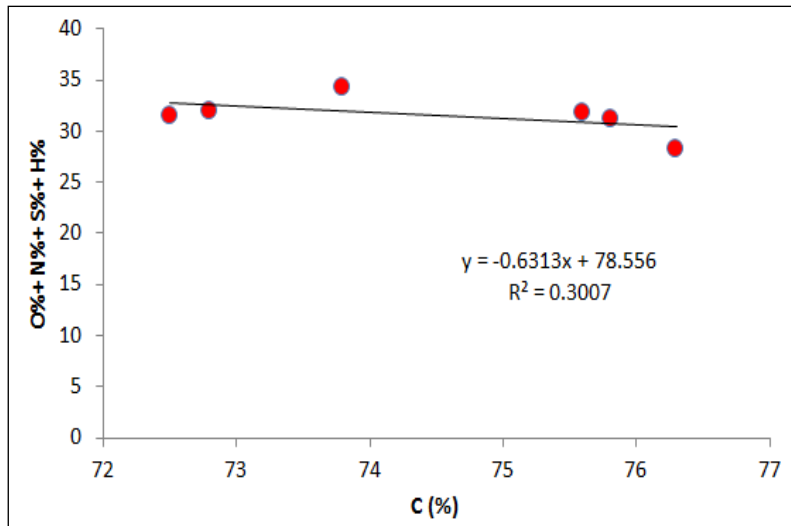
نتایج بدست آمده از جدول (۳) نشان می‌دهد که بین مقدار کربن با مقادیر عناصر گوگرد، هیدروژن، اکسیژن و نیتروژن یک همبستگی منفی وجود دارد و افزایش درصد هر یک از عناصر ذکر شده سبب کاهش درصد کربن موجود در بیتومن‌ها می‌شود (شکل ۹).

۴-۶- آزمایش‌های تعیین درصد حلالیت در مواد مختلف

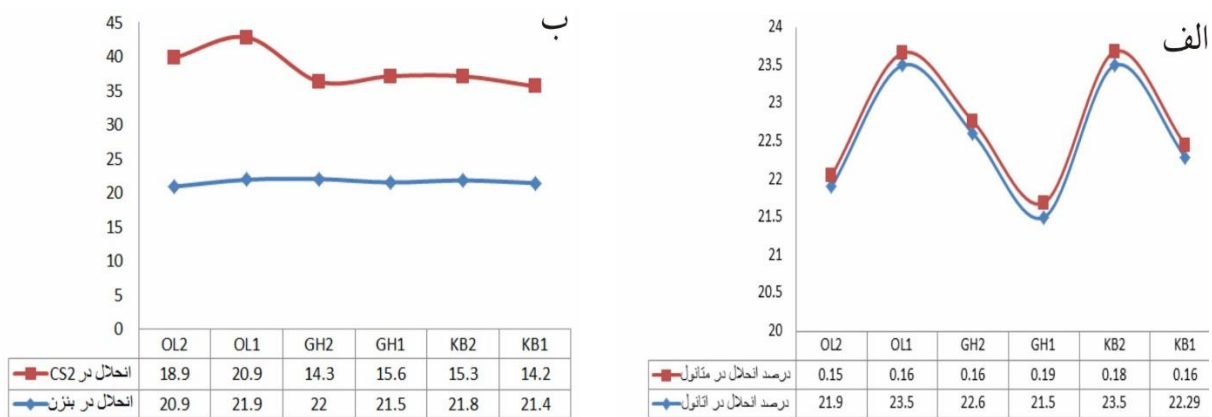
درصد حلالیت نمونه‌های قیرطبیعی (بیتومن) به دست آمده در CS_2 ، بنزن، متانول و اتانول اندازه‌گیری و نتایج آن در جدول (۲) نشان داده شده است. درصد مواد فرار نمونه‌های قیرطبیعی از مجموع درصد حلالیت در این چهار ماده محاسبه می‌گردد. آزمایش‌های تعیین درصد حلالیت در CS_2 ، بنزن، متانول و اتانول به مدت ۲۴ ساعت و به نسبت ۱۰ گرم در ۱۰۰ سانتی‌متر مکعب انجام پذیرفته است. درصد حلالیت بیتومن‌های مورد مطالعه با حلال‌های مورد آزمایش (شکل ۱۰) نشان داد قسمت اعظم این قیرها دارای ترکیبات با جرم مولکولی بالا (مولکول‌های آسفالتن) می‌باشند و مقادیر کم هیدروژن (میانگین 6.02 درصد) این نمونه نیز با این استنباط همخوانی دارد.

۴-۷- نتایج حاصل از آنالیز فلورسانس اشعه ایکس (XRF)

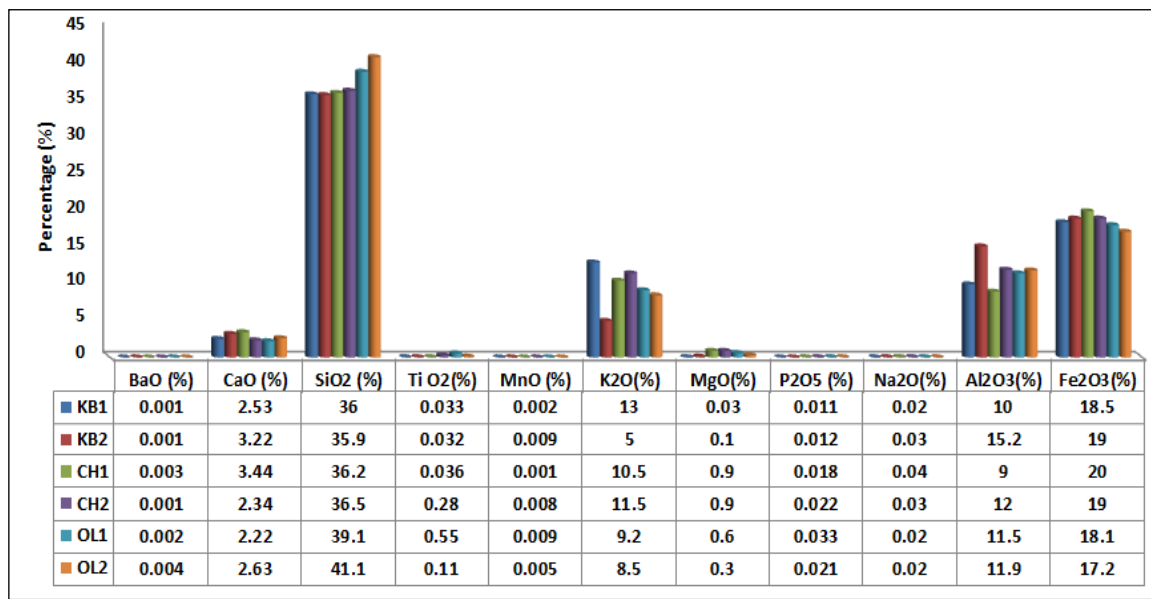
بسیاری از شیل‌های نفتی افزون بر داشتن پتانسیل نفتی، می‌توانند یک منبع مهم از عناصر مختلف غیر آلی نیز به شمار روند (زیوژن و همکاران، ۲۰۱۱). آنالیز فلورسانس اشعه ایکس (XRF) انجام شده روی نمونه‌های بیتومنی نشان می‌دهد که اکسیدهایی نظیر SiO_2 ، K_2O ، Al_2O_3 ، Fe_2O_3 ، CaO نسبت به سایر اکسیدها از فراوانی بیشتری برخوردار هستند (شکل ۱۱). در این بیتومن‌ها، میانگین درصد اکسیدها به ترتیب فراوانی عبارتند از: SiO_2 (۳۷/۴۷ درصد)، Fe_2O_3 (۱۸/۶۳ درصد)، Al_2O_3 (۱۱/۶۰ درصد)، K_2O (۹/۶۲ درصد)، CaO (۲/۷۳ درصد)، MgO (۰/۴۷ درصد)، TiO_2 (۰/۱۷ درصد)، Na_2O (۰/۳ درصد)، P_2O_5 (۰/۲ درصد) و MnO (۰/۱ درصد). با توجه به نتایج بدست آمده از آنالیزهای XRF، از میان اکسیدهای اصلی، میزان SiO_2 ، Al_2O_3 و Fe_2O_3 از سایر اکسیدها فراوان‌تر است. این موضوع می‌تواند به دلیل تشکیل این ماده معدنی در سنگ



شکل ۹. نمودار همبستگی منفی بین درصد کربن با مجموع درصد اکسیژن، نیتروژن، گوگرد و هیدروژن بیتومن‌های مورد مطالعه.



شکل ۱۰. درصد انحلال بیتومن‌ها در حلال‌های مختلف. الف: انحلال در حلال‌های متانول و اتانول. ب: انحلال در حلال‌های بنزن و CS₂.



شکل ۱۱. هیستوگرام درصد فراوانی اکسیدهای شناسایی شده در نمونه‌های بیتومنی مورد مطالعه. اکسیدهایی نظیر CaO, Fe₂O₃, Al₂O₃, K₂O, SiO₂ نسبت به سایر اکسیدها از فراوانی بیشتری برخوردار هستند.

۵- نتیجه‌گیری

بر اساس آزمایش‌های انجام گرفته میانگین میزان عناصر اکسیژن، نیتروژن و کربن نمونه‌های مورد مطالعه به ترتیب ۶/۳۰ درصد، کمتر از ۱ درصد و ۷۴/۴۷ درصد می‌باشد. میانگین درصد خاکستر معدنی و رطوبت نمونه‌ها به ترتیب ۴/۶ و ۰/۸ درصد می‌باشد و با توجه به درصد بالای کربن نمونه‌ها، در رده قیرهایی با کیفیت بسیار خوب قرار می‌گیرند. حلالیت بی‌تومن‌های مورد مطالعه در حلال‌های CS₂، بنزن و اتانول نشان می‌دهد که قسمت اعظم این بی‌تومن‌ها دارای ترکیبات با جرم مولکولی بالا (مولکول‌های آسفالتن) می‌باشد و مقادیر کم هیدروژن (میانگین ۶/۰۲) این نمونه نیز با این استنباط همخوانی دارد. آنالیز XRF بر روی بی‌تومن‌های مورد مطالعه نشان داد اکسیدهای SiO₂، Al₂O₃ و Fe₂O₃ از سایر اکسیدها فراوان‌تر هستند. این موضوع می‌تواند به دلیل تشکیل این ماده معدنی در سنگ میزبان سازند شیلی امیران باشد که این شیل‌ها غنی از عناصر ذکر شده می‌باشند. مقادیر CaO و K₂O نمونه‌های بی‌تومنی مورد آنالیز می‌تواند به علت تشکیل این ماده معدنی از سازندهای زیرین (ایلام و گورپی) باشد که بعد از تشکیل و مهاجرت به درون سازند امیران راه پیدا کرده‌اند. نسبت Ni به V نمونه‌های منطقه مورد مطالعه پایین است (Ni/V < ۱) و دارای میانگین ۰/۵۷ درصد می‌باشد، لذا سنگ منشأ آن‌ها تا اندازه‌ای کربناته- شیلی بوده است. بدین معنی که ابتدا مواد آلی از سنگ‌های کربناته و شیلی سازندهای زیرین (سازندهای ایلام و گورپی) شکل گرفته و سپس در مسیر مهاجرت به سمت بالا با مواد آلی سازندهای جوان‌تر (سازند امیران) ترکیب شده و در نزدیک سطح زمین به صورت طبیعی تجمع یافته است.

منابع

آقاباتی، ع (۱۳۸۵) زمین‌شناسی ایران، انتشارات سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، ۵۸۶ ص.

ابراهیم‌زاده اردستانی، و (۱۳۸۷) گزارش مطالعات میکروگرافی سنجی معدن بی‌تومن شک میدان، سازمان صنایع و معادن استان کرمانشاه.

احمدی‌خلجی، ا.، عزیزپورفرد، ا.، فرهادی‌نژاد، م.، مهدی‌پور، ج (۱۳۹۳) شکل‌گیری و خصوصیات فیزیکی و شیمیایی قیرهای طبیعی (بی‌تومن) در منطقه کلک بیشه (شمال شرق پل دختر، استان لرستان)، اکتشاف و تولید نفت و گاز، شماره ۱۱۷، ص ۷۹-۸۴.

احمدی‌خلجی، ا.، محمدی، م.، صفرزاده، م (۱۳۹۲) ژئوشیمی، شکل‌گیری و خصوصیات فیزیکی قیرهای طبیعی در منطقه شک میدان - کلیدوند (شمال غرب گیلان غرب)، اکتشاف و تولید نفت و گاز، شماره ۱۱۰، ص ۸۳-۸۶.

احمدی‌خلجی، ا.، والی‌زاده، ن (۱۳۹۲) ویژگی‌های شیمیایی و فیزیکی بی‌تومن‌ها در منطقه سپید دشت (استان لرستان)، اکتشاف و تولید نفت و گاز، شماره ۱۰۹، ص ۷۷-۸۰.

اکبری، ی (۱۳۷۰) نقشه زمین‌شناسی پلدختر، مقیاس 1:100000، شرکت ملی نفت ایران.

پورکاسب، ه.، علیزاده، ب.، زراسوندی، ع.، طاهری، س (۱۳۹۱) مطالعه ژئوشیمیایی سنگ میزبان معدن بی‌تومن مله پنجاب واقع در استان ایلام، شانزدهمین همایش انجمن زمین‌شناسی ایران، انجمن زمین‌شناسی ایران، دانشگاه شیراز، شیراز.

پیلهرام، ا.، تقی‌پور، ن.، صرفی، م (۱۳۹۷) ژئوشیمی بی‌تومن‌های (گیلسونایت‌های) استان لرستان، دهمین همایش انجمن زمین‌شناسی اقتصادی ایران، انجمن زمین‌شناسی اقتصادی ایران، دانشگاه اصفهان، اصفهان.

حاضرشار، آ (۱۳۸۸) ارزیابی ژئوشیمیایی بی‌تومن‌های روستای امامزاده داود در ناحیه الیگودرز استان لرستان، پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد، دانشکده علوم، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شمال.

خسروتهرانی، خ (۱۳۸۳) زمین‌شناسی ایران (رشته زمین‌شناسی)، انتشارات دانشگاه پیام نور، ۳۲۷ ص.

سهیلی، م (۱۳۷۱) نقشه زمین‌شناسی خرم‌آباد، مقیاس 1:250000، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور.

شاهرخی، س. و.، احمدی‌خلجی، ا.، کشوری، ر. ا.، فرهادی‌نژاد، ط.، شهبازی‌همت، ع (۱۳۹۱) بررسی قیرهای طبیعی ناحیه کوه‌دشت لرستان از دیدگاه زمین‌شناسی اقتصادی، چهارمین همایش انجمن زمین‌شناسی اقتصادی ایران، انجمن زمین‌شناسی اقتصادی ایران، دانشگاه بیرجند، بیرجند.

شرکت ملی نفت ایران (۱۳۵۳) نقشه‌ی زمین‌شناسی 1:250000، ایلام - کوه‌دشت، ورقه 20504.

- Xiugen, F., Jian, W., Yuhong, Z., Jiang, Ch., Fuwen, T (2011) Origin and mode of occurrence of trace elements in marine Oil shale from the Shengli river area, Northern Tibet, China, Oil Shale, 28(4): 487-506.
- عابدی، ع.، ارفعی‌نژاد، ا.، زمردیان، م (۱۳۸۱) پی‌جویی و اکتشاف قیر طبیعی در استان ایلام، سازمان صنعت، معدن، تجارت استان ایلام.
- عزیزپور فرد، ا (۱۳۹۲) اندیس‌های قیر طبیعی در ناحیه کلک بیشه پلدختر، پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد، دانشگاه آزاد اسلامی واحد خرم‌آباد.
- فرهادی، م (۱۳۷۸) گزارش پی‌جویی قیر طبیعی در منطقه کوه‌دشت لرستان، سازمان صنعت، معدن، تجارت استان لرستان.
- فرهادی، م (۱۳۹۷) گزارش پی‌جویی قیر طبیعی در ناحیه کوه‌دشت لرستان، سازمان صنعت، معدن، تجارت استان لرستان.
- کشوری، ر (۱۳۸۹) اندیس‌های قیر طبیعی در ناحیه کوه‌دشت و معمولان، پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد، دانشگاه آزاد اسلامی واحد خرم‌آباد.
- کمالی، م. ر.، قربانی، ب (۱۳۸۵) ژئوشیمی آلی از فیتوپلانکتون-ها تا تولید نفت، انتشارات آراین زمین.
- مطیعی، ه (۱۳۷۴) زمین‌شناسی ایران، زمین‌شناسی نفت زاگرس، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، معاونت طرح و برنامه، طرح تدوین کتاب، دوجلدی.
- ملکی‌صادقی، ن.، احمدی‌خلجی، ا.، زارعی‌سهمیه، ر.، طهماسبی، ز (۱۴۰۱) بررسی ویژگی‌های ژئوشیمی آلی و ایزوتوپی نهشته‌های بیتومین در حوضه‌ی رسوبی اواخر کرتاسه-پالئوسن لرستان (به‌طور موردی نواحی کوه‌دشت، پلدختر و سپیددشت)، فصلنامه علوم زمین.
- واثقی، ب.، معماربانی، م.، حاضر مشار، آ (۱۳۸۹) ارزیابی ژئوشیمیایی بیتومین‌های روستای امامزاده داوود در ناحیه الیگودرز استان لرستان، مجله زمین، شماره ۴، ص ۴۳-۵۳.
- Gulbay, R. K (2007) Rhenium and Molybdenum in Tertiary Oil shale deposits in Northwestern Anatolia, Turkey, Department of Geological engineering Karadeniz technical university, Oil Shale, 24(3): 450-464.
- Ots, A (2007) Estonian oil shale properties and utilization in power plants, Energetika, 53(2): 8-18.
- Smith, W. D (1991) Composition and depositional environment of major Eastern Canadian Oil shale, International Journal of coal geology, 19(1-4): 385-438.
- Stöcklin, J (1968) Structural History and Tectonic of Iran: A Review, The American Association of Petroleum Geologists Bulletin, 52: 1229-1258.
- Wilkerson, C. L (1982) Trace metal composition of Green River retorted shale oil, Pacific northwest laboratory operated by battle, Po Box 999, Richland, Wahigton 9932. USA, 61.

Evaluation of physical and chemical characteristics of bituminous deposits in Lorestan sedimentary basin

N. Maleki Sadeghi¹, A. Ahmadi Khalaji^{2*}, R. Zarei Sahamieh³ and Z. Tahmasbi⁴

1- Ph. D., student., Dept., of Geology, Faculty of Sciences, Lorestan University, Khorramabad, Iran

2, 4- Assoc. Prof., Dept., of Geology, Faculty of Sciences, Lorestan University, Khorramabad, Iran

3- Prof., Dept., of Geology, Faculty of Sciences, Lorestan University, Khorramabad, Iran

* ahmadikhalaj.a@lu.ac.ir

Received: 2022.8.15 Accepted: 2022.11.14

Abstract

Bitumen is a mixture of oxidized hydrocarbons with color, hardness, specific gravity and various metamaterials that are in solid or semi-solid forms and can be dissolved in Carbon disulfide (CS₂). To evaluate the physical and chemical characteristics of bituminous deposits in Lorestan sedimentary basin (a part of the Folded Zagros zone), 6 fresh and non-weathered bitumen samples were collected from the veins and inside the mines of three areas with high potential of bitumen, including the northern region of Kohdasht, western Poldokhtar and southeastern Sepiddasht. The surface studies of above mentioned area, indicates the appearance of bitumen (tar mats) occurred in Amiran Formation. According to the analysis, the average amount of oxygen, nitrogen and carbon in the studied samples is 6.30%, less than 1% and 74.47% respectively, the average percentage of mineral ash and moisture of the samples is 6.4% and 0.8 percent respectively which indicates the very favorable quality of the studied bitumens. The solubility of studied bitumens in CS₂, benzene and ethanol solvents shows that most of these bitumens have compounds with high molecular weight (asphaltene molecules) and low amounts of hydrogen (average 6.02). This example is also consistent with this conclusion. X-ray fluorescence analysis (XRF) on 6 bitumen samples from the studied area shows that Al₂O₃, SiO₂ and Fe₂O₃ oxides are more abundant than other oxides. This issue can be due to the formation of this mineral in the host rock of the Amiran shale formation, which is rich in the mentioned elements. The values of CaO and K₂O in the analyzed bituminous samples can be due to the formation of this mineral from the underlying formations (Ilam and Gurpi) which have found their way into the Amiran formation after formation and migration. The ratio of Ni vs V of the samples of the studied area is low (Ni/V <1) and has an average of 0.57%, so their rock of origin was somewhat carbonate-shale. The current studies reveal that, the origin of the studied bitumen started from deeper and older shale sediments (Ilam and Gurpi Formations), in which the deeper bitumen has migrated upward and washed the younger hydrocarbons to shallower formations and earth surface accumulation.

Keywords: Geochemistry, Bitumen, Rare elements, Folded Zagros, Lorestan.