

سنگ‌نگاری آلی نهشته‌های زغال‌سنگی منطقه اولنگ، البرز خاوری

زهرا سلیمانی مارشک^۱، نادر تقی‌پور^۲ و رضا اهری‌پور^۲

^۱ کارشناسی ارشد، دانشکده علوم زمین، دانشگاه دامغان، دامغان، ایران.

^۲ استادیار، دانشکده علوم زمین، دانشگاه دامغان، دامغان، ایران.

تاریخ دریافت: ۱۳۹۰/۰۳/۱۱ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۰/۰۹/۰۹

چکیده

در این مطالعه سنگ‌نگاری آلی نهشته‌های زغال‌سنگی منطقه اولنگ با سن تریاس پسین تا ژوراسیک پیشین بررسی شده است. منطقه اولنگ در فاصله ۷۰ کیلومتری شمال خاوری شاهرود قرار گرفته است. این منطقه در ناودیس اولنگ- قشلاق قرار دارد و جزو حوضه زغالی البرز خاوری است. مطالعات میکروسکوپی نشان می‌دهد که هر ۳ گروه ماسرالی ویترنیت، اینترنیت و لیپتینیت در نهشته‌های زغال‌سنگی منطقه اولنگ حضور دارند و ویترنیت مهم‌ترین گروه ماسرالی این زغال‌سنگ‌ها به شمار می‌آید. ماسرال‌های گروه ویترنیت از نوع کالوتلینیت، کالودترینیت و کورپوژلینیت هستند و کالودترینیت فراوان‌ترین ماسرال این نهشته‌های زغال‌سنگی است. همه ماسرال‌های گروه اینترنیت در این زغال‌سنگ‌ها مشاهده می‌شوند که سمی فوزینیت و فوزینیت فراوان‌ترین ماسرال‌های این گروه هستند. از گروه ماسرالی لیپتینیت نیز ماسرال‌های اسپورنیت، کوینیت، رزینیت و لیپتودترینیت در این زغال‌سنگ‌ها حضور دارند. فراوانی کالودترینیت و حضور فانگینیت و نبود تلینیت در این زغال‌سنگ‌ها نشان‌دهنده آن است که نهشته‌های زغال‌سنگی منطقه اولنگ در آب‌های ختنی تا قلیایی ضعیف در یک محیط غنی از اکسیژن نهشته شده‌اند.

کلیدواژه‌ها: البرز خاوری، اولنگ، زغال‌سنگ، سنگ‌نگاری آلی، ماسرال.

*نویسنده مسئول: نادر تقی‌پور

E-mail: taghipour@du.ac.ir

۱- پیش‌گفتار

مطالعه سنگ‌نگاری آلی زغال‌سنگ و تعیین نوع و مقدار هر گروه از ماسرال‌ها در تعیین نوع کاربری زغال‌سنگ اهمیت و جایگاه ویژه‌ای دارد. برای نمونه زغال‌سنگی توانایی تبدیل شدن به کک را خواهد داشت که درصد بالایی از ماسرال ویترنیت داشته باشد (رضایی، ۱۳۸۰). همچنین سنگ‌نگاری آلی در تعیین نوع زغال‌سنگ، محیط رسوبی و بررسی چگونگی تشکیل انواع زغال‌سنگ بسیار مفید خواهد بود. افزون بر اینها نمی‌توان اهمیت را که امروزه سنگ‌نگاری آلی در اکتشاف نفت و منابع هیدروکربوری یافته است نپذیرفت. برای مطالعه میکروسکوپی و تعیین عوامل پختگی، که در شناسایی سنگ منشأ هیدروکربوری بسیار مهم است، باید در مرحله اول با استفاده از سنگ‌نگاری آلی، با سنگ‌نگاری زغال‌سنگ و گروه‌های ماسرالی و ماسرال‌ها آشنا شد و ویژگی‌های آنها را شناخت (تولایی، ۱۳۸۹).

متأسفانه در ایران به سبب وجود منابع سترگ نفت و گاز تاکنون به زغال‌سنگ به عنوان یک منبع سوختی توجهی نشده است، در حالی که این ماده معدنی بزرگ‌ترین منبع تولید الکتریسیته در جهان به شمار می‌رود و چیزی در حدود ۴۰ درصد از الکتریسته مورد نیاز دیگر کشورها را تأمین می‌کند. البته در چند سال گذشته طرح‌هایی در راستای بهبود ساختار سازمانی بخش زغال‌سنگ با هدف استفاده بهینه از منابع زغال‌سنگ کشور به‌ویژه زغال‌سنگ حرارتی برای تولید انرژی تهیه و تدوین شده است که پیش‌بینی می‌شود به کارگیری این طرح‌ها سبب شود تا زغال‌سنگ جایگاه واقعی خود را به عنوان یک منبع سوختی در تولید انرژی بیابد. با توجه به این مطلب و آنچه که درباره اهمیت مطالعه سنگ‌نگاری آلی در کاربرد زغال‌سنگ گفته شد و همچنین گفتن این نکته که مطالعات میکروسکوپی روی زغال‌سنگ در آزمایشگاه‌های مربوط به زغال‌سنگ کشور بیشتر در حد اندازه‌گیری بازتاب ویترنیت و تعیین برخی از عوامل فیزیکی و شیمیایی زغال‌سنگ مانند مقدار تورم، رطوبت، مواد فرار، کک‌دهی، ارزش حرارتی و خاکستر زغال‌سنگ است (که اکنون برخی از این آزمایشگاه‌ها حتی همین آزمایش‌ها را نیز محدود کرده‌اند)، هدف ما از این مطالعه بررسی سنگ‌نگاری آلی زغال‌سنگ و به‌گونه‌ای زنده کردن این شاخه از مطالعه زغال‌سنگ‌هاست که نقشی کلیدی در بررسی این ماده معدنی دارد.

۲- زمین‌شناسی منطقه

منطقه زغالی اولنگ با طول جغرافیایی ۵۵° ۵۰' تا ۵۵° ۵۰' و عرض جغرافیایی ۳۶° ۴۵' تا ۳۷° در فاصله ۷۰ کیلومتری شمال خاوری شاهرود، ۲۰ کیلومتری جاده آسفالتی آزاد شهر و ۳۱ کیلومتری جنوب و جنوب خاوری شهرستان رامیان از توابع استان گلستان قرار گرفته است (شکل ۱).

این منطقه در ناودیس قشلاق- اولنگ که ناودیزی با محور شمال خاوری- جنوب باختری است، قرار گرفته است (شکل ۲). رسوبات زغال‌سنگی این منطقه بخشی از گروه شمشک (تریاس زیرین- ژوراسیک میانی) هستند که رسوبات این گروه از پایین به آهک‌های دولومیتی سازند الیکا و از بالا به آهک‌های سازند دلچای (ژوراسیک زیرین- میانی) و آهک‌های سبتر لار (کرتاسه) محدود می‌شوند (Seyed-Emami et al., 2001). (Assereto (1966 سازند شمشک را به ۴ واحد سنگی تقسیم کرده است که از پایین به بالا دربردارنده ماسه‌سنگ پایینی، سری زغال‌دار پایینی، ماسه‌سنگ بالایی و سری زغال‌دار بالایی است. سازند شمشک در البرز مرکزی و خاوری آثار زغالی فراوانی دارد (شکل‌های ۱ و ۲-ب) و معادن مهم زغال‌سنگ ایران در این سازند گسترش دارند (درویش‌زاده، ۱۳۸۳).

با توجه به ویژگی‌های سنگ‌شناسی، زیستی و گستردگی سازند شمشک در البرز و ایران مرکزی، این سازند را تا مرتبه گروه بالا برده‌اند و در مناطق مختلف با عنوان چرخه رسوبی تریاس-پسین- ژوراسیک میانی و با نام گروه شمشک از آن یاد می‌کنند (آقناباتی، ۱۳۷۷ و ۱۳۸۳). گروه شمشک شامل رسوبات سیلیکاتی ریز تا درشت‌دانه است که این رسوبات همراه با لایه‌های زغال‌سنگی و شیل‌های کربناته با سطوح چینه‌شناسی متفاوت هستند. محیط دیرینه رسوب‌گذاری این گروه دربردارنده سامانه‌های آبرفتی، باتلاقی و دریاچه‌ای و نیز محیط‌های دریایی کم ژرفا تا ژرف با نسبت اکسیژن محلی است که به نهشته شدن رسوبات غنی از کربن آلی انجامیده است (Stampfli, 1978; Rad, 1982 & 1986; Baudin & Tehrani, 1991; Fürsich et al., 2006; Seyed-Emami et al., 2006 & 2009; Shekarifard et al., 2009).

از دید چینه‌شناسی، رسوبات زغال‌سنگ‌دار منطقه اولنگ وابسته به سازند کلاریز با سن تریاس بالایی تا ژوراسیک زیرین (رتین- هتاژین) است (شکل ۳). سنگ‌های

کرده، در بوته‌ای با وزن معلوم ریخته و سپس در کوره قرار دادیم. در مدت زمان یک ساعت دمای کوره به ۵۰۰ درجه سانتی‌گراد رسانده شد؛ پس از آن گرما دادن ادامه یافت؛ به گونه‌ای که در پایان دو ساعت دما به ۷۵۰ درجه سانتی‌گراد رسید. نمونه به مدت ۲ ساعت نیز در این دما حرارت داده شد. پس از طی شدن این مراحل بوته از کوره بیرون آورده و در دسیکاتور قرار داده شد تا خنک شود. سپس بوته وزن شد و وزن بوته و خاکستر به جای مانده به دست آمد. در پایان با استفاده از رابطه زیر درصد خاکستر محاسبه شد:

$$\text{Ash (\% w/w)} = \left(\frac{A-B}{C} \right) \times 100$$

A: وزن بوته و خاکستر

B: وزن بوته

C: وزن نمونه

۴- سنگ‌نگاری آلی

ماسرال اصطلاحی است که اولین بار توسط Stopes (1935) برای معرفی اجزای آلی قابل مشاهده زغال‌سنگ با میکروسکوپ ارائه شد. ماسرال‌ها را می‌توان معادل کانی‌ها در مواد معدنی دانست با این تفاوت که کانی‌ها ویژگی‌های فیزیکی و ترکیب شیمیایی مشخصی دارند، در حالی که ماسرال‌ها ماهیت بلورین ندارند و از دید ویژگی‌های فیزیکی و ترکیب شیمیایی متغیرند (Merritt, 1986).

در مطالعه میکروسکوپی مقاطع صیقلی با استفاده از نور تابشی می‌توان ماسرال‌ها را بر پایه ویژگی‌های نوری از یکدیگر تشخیص داد. ماسرال‌ها را به ۳ گروه اصلی هومینت/ویترنیت، اینترنیت و لپتینیت تقسیم می‌کنند (ICCP, 1998 & 2001; Scott & Glasspool, 2007). هر کدام از این گروه‌ها دربردارنده ماسرال‌ها و زیرماسرال‌هایی هستند که می‌توان آنها را از دید بازتاب، درجه تخریب‌شدگی و حفظ‌شدگی مواد اولیه، حضور ساختمان سلولی، میزان زله‌ای شدن و ویژگی‌های ریخت‌شناختی از یکدیگر تشخیص داد. این ۳ گروه ماسرالی همان گونه که گفته شد، ترکیب شیمیایی و ویژگی‌های نوری متفاوتی دارند و به‌طور قراردادی نام آنها با inite پایان می‌یابد (Suárez-Ruiz & Crelling, 2008).

بررسی‌های میکروسکوپی نشان می‌دهد که هر ۳ گروه ماسرالی ویترنیت، اینترنیت و لپتینیت در نهشته‌های زغال‌سنگی منطقه اولنگ حضور دارند. در جدول ۱ درصد حجمی ماسرال‌های موجود در نهشته‌های زغال‌سنگی منطقه اولنگ و در جدول ۲ ویژگی‌های سنگ‌نگاری و منشأ ماسرال‌های این ماسرال‌ها ارائه شده است. در شکل ۴ نیز نمودار ستونی فراوانی گروه‌های ماسرالی و خاکستر این زغال‌سنگ‌ها نشان داده شده است.

۴-۱. گروه ویترنیت

نتایج تحلیل سنگ‌نگاری نشان می‌دهد که ویترنیت (% ۹۵/۲-۷۰/۴) گروه ماسرالی چیره در همه لایه‌های زغال‌سنگی منطقه اولنگ است. از گروه ماسرالی ویترنیت ماسرال‌های کالودترینیت، کالوتلینیت و کورپوزلینیت در این لایه‌های زغال‌سنگی مشاهده می‌شوند (جدول ۱).

کالودترینیت (% ۳۵/۳-۷۴/۷ vol%) به‌جز در لایه K₃₀R، در بقیه لایه‌ها، فراوان‌ترین ماسرال گروه ویترنیت به‌شمار می‌رود. ماسرال ویترنیتی چیره در لایه K₃₀R کالوتلینیت است. کالودترینیت در این زغال‌سنگ‌ها به‌صورت یک زمینه ویترنیتی خال‌دار در پیوستگی با دیگر اجزای زغال‌سنگ (ماسرال‌ها و مواد معدنی) و با رنگ روشن‌تری نسبت به کالوتلینیت همراه مشاهده می‌شود (شکل‌های ۵-الف و ج). با توجه به اینکه کالودترینیت ماسرال ویترنیتی چیره در زمانی است که شرایط خنثی تا قلیایی ضعیف و اکسیدی در مرحله تورب‌زایی حکم‌فرما باشد (ICCP, 1998)، احتمالاً نهشته‌های زغال‌سنگی منطقه اولنگ در آب‌های خنثی تا قلیایی ضعیف در یک محیط غنی از اکسیژن نهشته شده‌اند.

در برگزیده زغال‌سنگ‌ها در این منطقه شامل ماسه سنگ‌های دانه‌ریز و دانه درشت، سیلستون و آرژیلیت دانه ریز است (ریسی، ۱۳۷۲).

۳- روش مطالعه

نمونه برداری از ۴ لایه زغالی K₁₉، K₃₀، K₃₁ و K₃₂ معدن رضی، ۴ لایه زغالی K₁₈، K₁₉، K₂₀ و K₂₁ معدن ملج آرام زیرین، ۴ لایه زغالی K₄، K₁₃، K₁₄ و K₁₅ ملج آرام بالایی (معدن البرزگان) و لایه K₆ جوزچال ۲ (معدن گرانیت) انجام شده است. موقعیت این معادن روی نقشه زمین‌شناسی منطقه اولنگ نشان داده شده است (شکل ۲-ب). برای انجام این مطالعه بیش از ۱۳۰ نمونه از ۱۳ لایه زغال‌سنگی منطقه اولنگ گردآوری شد. از هر لایه زغالی به‌طور متوسط بیش از ۱۰ نمونه تهیه شد که این نمونه‌ها از ۳ نوبت کاری معدن و همچنین به‌طور مستقیم از خود لایه برداشت شدند. نمونه‌ها در معرض هوا خشک و سپس خرد شدند، به گونه‌ای که دانه‌ها اندازه‌ای در حدود ۱ میلی‌متر داشتند. بررسی سنگ‌نگاری زغال‌سنگ‌ها همانند دیگر سنگ‌های رسوبی به روش‌های گوناگونی صورت می‌پذیرد. ماسرال‌های موجود در زغال‌سنگ‌ها توسط میکروسکوپ‌های نوری معمولی و پلاریزان بررسی می‌شوند. معمولاً برای بررسی‌های سنگ‌نگاری، از زغال‌سنگ مقطع نازک، مقطع نازک-صیقلی و یا مقطع صیقلی تهیه می‌شود. تهیه مقطع نازک از زغال‌سنگ‌ها به‌دلیل مشکل بودن مقطع‌گیری و همچنین اکسایش سریع زغال‌سنگ در معرض هوا مدت‌هاست که از بین رفته است و امروزه سنگ‌شناسان بیشتر به مطالعه و بررسی مقاطع صیقلی که تهیه و نگهداری آن آسان‌تر است، می‌پردازند. در این بررسی نیز برای مطالعه اجزای زغال‌سنگ و تحلیل ماسرال‌ها از مقاطع صیقلی استفاده شده است. برای بررسی سنگ‌نگاری آلی زغال‌سنگ و تحلیل ماسرال‌ها و میکرولیتوتایپ‌ها، از هر لایه زغال‌سنگی سه مقطع صیقلی تهیه شد که یکی از این مقاطع صیقلی از نمونه دستی تنها برای شناسایی و مطالعه ماسرال‌ها و میکرولیتوتایپ‌ها و ۲ مقطع صیقلی دیگر از ذرات خرد و همگن‌شده زغال‌سنگ هر لایه (با اندازه دانه‌های کمتر از ۱ میلی‌متر) برای شمارش ماسرال‌ها و درصدگیری از گروه‌های ماسرالی تهیه شد. بررسی و تحلیل اجزای آلی (ماسرال‌ها و میکرولیتوتایپ‌ها) و معدنی زغال‌سنگ‌های مورد مطالعه با استفاده از میکروسکوپ پلاریزان Olympus مدل BX51 و با عدسی‌هایی با بزرگ‌نمایی ۱۰X و ۲۰X در نور سفید صورت گرفت. همچنین از میکروسکوپ Leitz مدل MPV - Sp پژوهشگاه نفت که دارای منبع نوری سفید و فرابنفش است، برای شناسایی ماسرال‌های با خاصیت فلورسانس (گروه لپتینیت) استفاده شد. برای تعیین درصد حجمی ماسرال‌ها و مواد معدنی از روش ISO 7404-3 (2009) و برای تعیین درصد حجمی میکرولیتوتایپ‌ها از روش ISO 7404-4 (1988) استفاده شد. با توجه به دستورالعمل این روش‌ها مقطع را زیر میکروسکوپ قرار دادیم و با حرکت مقطع با فاصله‌های معین به شناسایی و شمارش ماسرال‌ها و مواد معدنی پرداختیم. این کار را آن قدر تکرار کردیم تا همه سطح مقطع پوشش داده شد. شمارش ماسرال‌ها، مواد معدنی و میکرولیتوتایپ‌ها برای هر مقطع ۳ بار تکرار و در هر بار شمارش در حدود ۳۰۰ تا ۴۰۰ ذره شناسایی و شمارش شد. میانگین اعداد به‌دست آمده برای ماسرال‌ها، گروه‌های ماسرالی و میکرولیتوتایپ‌های زغال‌سنگ‌های هر لایه در جدول‌های ۱ و ۲ ارائه شده است. در تشخیص و نام‌گذاری ماسرال‌ها و میکرولیتوتایپ‌ها از تعاریف ارائه‌شده توسط Taylor et al. (1998)، ICCP (1998 & 2001) و Scott & Glasspool (2007) استفاده شده است.

برای تعیین بازده خاکستر لایه‌های زغال‌سنگی را و همچنین تهیه خاکستر مورد نیاز برای تجزیه‌های ژئوشیمیایی، نمونه‌های زغال‌سنگی پودر شدند. سپس بر پایه روش‌های ASTM D - 3174 و ISO 1171 (1997) خاکستر تهیه شد. بر پایه این روش‌ها، یک گرم از نمونه پودر شده هر لایه زغال‌سنگی را با دقت ۰/۰۰۱ وزن

میکرونیست نیز به شکل دانه‌های گرد بسیار کوچک ($< 2\mu\text{m}$) با بازتاب بالا در چند لایه دیده می‌شود که به علت ریز بودن نمی‌توان آنها را شمارش کرد (شکل ۶- و).

۳-۴. گروه لیپتینیت

گروه ماسرالی لیپتینیت (% vol ۴-۰) کمترین فراوانی را در میان ۳ گروه ماسرالی دارد. ماسرال‌های اسپورنیت، کوتینیت، لیپتودترینیت و رزینیت را می‌توان از این گروه ماسرالی در نهشته‌های زغال‌سنگی منطقه اولنگ دید. فراوانی این ماسرال‌ها در همه لایه‌های زغال‌سنگی بسیار کم است به گونه‌ای که لایه‌های $K_{19}R$ و $K_{30}R$ به کلی دارای ماسرال‌های این گروه نیستند (جدول ۲).

اسپورنیت (% vol ۶-۲) فراوان‌ترین ماسرال گروه لیپتینیت در این زغال‌سنگ‌هاست که به صورت اسپروبیدهای مسطح شده با نیم کره بالایی و پایینی فشرده، اجسام میله‌ای و دوکی شکل دیده می‌شود. اسپورنیت‌ها در مقاطعی که موازی یا تقریباً موازی با سطح لایه‌بندی هستند، عدسی شکل یا تخم‌مرغی شکل هستند. این ماسرال در نور سفید به رنگ قهوه‌ای تیره تا سیاه و در نور فلورسانس به رنگ زرد طلایی تا زرد متمایل به سبز دیده می‌شود (شکل‌های ۸- الف و ب). اسپورنیت در ۲ اندازه میکروسپور و مگاسپور در نهشته‌های زغال‌سنگی منطقه اولنگ حضور دارد (شکل‌های ۷- الف و ب).

کوتینیت (% vol ۱-۰) به صورت رشته‌های طولی و کشیده با یک لبه صاف و یک لبه دندانه‌دار با برجستگی بالاست که در نور سفید به رنگ خاکستری تیره تا سیاه (شکل‌های ۷- ج و د) و در نور فلورسانس به رنگ زرد دیده می‌شود (شکل ۸- د). کوتینیت در اندازه‌ها و ابعاد مختلف در همه لایه‌های زغال‌سنگی منطقه اولنگ بجز در دو لایه $K_{19}R$ و $K_{30}R$ دیده می‌شود. از دید ستبرای دیواره می‌توان کوتینیت را در زغال‌سنگ‌های مورد مطالعه به ۳ نوع دیواره نازک، دیواره متوسط و دیواره ستبر (شکل ۷- ج) تقسیم کرد. این ماسرال بیشتر در زمینه‌ای از ماسرال کالوتلینیت دیده می‌شود (شکل‌های ۷- ج و د).

رزینیت (% vol ۱-۰) به صورت اجسام تخم‌مرغی شکل منفرد و بی‌قاعده و همچنین پرکننده‌های سلولی در این زغال‌سنگ‌ها دیده می‌شود. این ماسرال بیشتر حفرات سلولی فوزینیت، سمی فوزینیت و اسکرینیت را پر کرده است. رزینیت در نور سفید به رنگ خاکستری تیره تا سیاه (شکل ۷- و) و در نور فلورسانس به رنگ زرد تا قرمز مایل به نارنجی (شکل ۸- و) دیده می‌شود.

لیپتودترینیت (% vol ۳-۱) دیگر ماسرال لیپتینیتی دیده شده در این لایه‌هاست که از ویرانی و خردشدگی دیگر ماسرال‌های لیپتینیتی موجود در زغال‌سنگ‌های مورد مطالعه یعنی اسپورنیت و کوتینیت حاصل شده است (شکل ۷- ه). بسته به اینکه لیپتودترینیت حاصل خردشدگی کدام ماسرال لیپتینیتی موجود در این زغال‌سنگ‌ها (کوتینیت یا اسپورنیت) باشد، رنگ فلورسانس متفاوتی دارد.

ناچیز بودن ماسرال‌های کوتینیت، لیپتینیت و رزینیت در این زغال‌سنگ‌ها و نبود دیگر ماسرال‌های گروه لیپتینیت می‌تواند دو دلیل داشته باشد:

- بیشتر این ماسرال‌ها در جریان فرایند زغالی شدن از بین رفته‌اند.
 - در زغال‌سنگ‌های بیتومینوس با مواد فرار بالا، این ماسرال‌ها ویژگی‌های نوری یکسانی با گروه ویترونیست پیدا کرده‌اند (Suárez-Ruiz & Crelling, 2008).
- کوتینیت در این زغال‌سنگ‌ها بیشتر همراه با ماسرال‌های ویترونیستی ژله‌ای شده است (کالوتلینیت و کالودترینیت) که با توجه به منشأ این ماسرال که کوتیکول برگ‌های درختان است، این همراهی نشان‌دهنده حضور درختان یا درختچه‌های برگ‌دار در محیط تشکیل تورب است (Hackley et al., 2005).

۴-۴. میکرولیتوتاپ‌ها

همه گروه‌های میکرولیتوتاپی در بر دارنده تک‌ماسرالی‌ها (ویتروت، لیپتیت و اینتریت)، دوماسرالی‌ها (کلاریت، دوریت و ویترونیست) و سه‌ماسرالی‌ها (دورو کلاریت و کلارودوریت) و نیز کربومینریت (کربوآرژلیت، کربوسیلیکات و کربوپیریت) را

نبود تلینیت در این زغال‌سنگ‌ها نیز گواه دیگری در تأیید حاکم بودن شرایط خنثی تا قلیایی ضعیف بر محیط تشکیل تورب است؛ چرا که شرایط اسیدی مانع تخریب باکتریایی می‌شود یا آن را محدود می‌سازد و ساختارهای گیاهی را حفظ می‌کند (Shao et al., 2003). افزون بر این، شرایط اشباع از آب در محیط تشکیل تورب نیز می‌تواند سبب دگرسانی باکتریایی، ترکیب دوباره و ته‌نشینی مواد ژله‌ای پرکننده حفرات سلولی شود و وضوح ساختار تلینیت تشکیل شده از پیش‌ماده چوبی را از بین ببرد (Cohen et al., 1987). همچنین ممکن است این نبود به دلیل گسترش نیافتن گیاهان بافت چوبی (گیاه اولیه تورب) در محیط تشکیل تورب باشد (ICCP, 1998).

از سوی دیگر با افزایش درجه زغال‌سنگی شدن، تمایز تلینیت از دیگر ماسرال‌های ویترونیستی به دلیل همگرایی ویژگی‌های نوری این ماسرال‌ها با یکدیگر سخت می‌شود (Suárez-Ruiz & Crelling, 2008).

کالوتلینیت (% vol ۷-۴۸/۵) ماسرالی بدون ساختمان سلولی است و در این زغال‌سنگ‌ها به صورت توده زمینه‌ای یکنواخت، باندهای نازک و ستبر و نیز اجزای نامنظم با ابعاد مختلف دیده می‌شود. رنگ این ماسرال از خاکستری روشن تا خاکستری در این زغال‌سنگ‌ها تغییر می‌کند (شکل‌های ۵- ب و د).

کورپوزلینیت (% vol ۵-۱) دیگر ماسرال ویترونیستی دیده شده در این زغال‌سنگ‌هاست که به مقدار بسیار ناچیزی در چند لایه زغال‌سنگی دیده شد. این ماسرال بیشتر، حفرات سلولی فوزینیت و سمی فوزینیت را پر کرده است (شکل ۵- ج).

۲-۴. گروه اینتریت

همه ماسرال‌های خانواده اینتریت (% vol ۴-۵) را می‌توان در لایه‌های زغال‌سنگی منطقه اولنگ دید (جدول ۲). فوزینیت (% vol ۹-۱۰/۷) به صورت دیواره‌هایی با ساختار سلولی خوب حفظ شده و حفرات سلولی اغلب باز در این لایه‌ها دیده می‌شود (شکل‌های ۶- الف و ب). سمی فوزینیت نیز به میزان قابل توجهی (% vol ۵-۱۳/۳ - ۳-۱) در این لایه‌ها دیده می‌شود (شکل‌های ۶- ج و د). این ماسرال به صورت دیواره‌های سلولی خوب تا نیمه حفظ شده و حفرات سلولی بیشتر بسته دیده می‌شود. سمی فوزینیت و فوزینیت به ترتیب فراوان‌ترین ماسرال‌های اینتریتی در نهشته‌های زغال‌سنگی منطقه اولنگ هستند و بیشتر به صورت عدسی‌ها و نوارهای دوکی شکل طولی دیده می‌شوند.

ماکرینیت (% vol ۱-۱/۲) هم به صورت یک زمینه فشرده بی‌شکل و هم به صورت باندها و لته‌های بدون ساختمان سلولی دیده می‌شود. این ماسرال رنگ خاکستری روشن تا سفید، بازتاب بسیار بالاتر از کالوتلینیت همراه و اندازه‌ای بزرگ‌تر از ۱۰ میکرون دارد (شکل‌های ۶- ه و د).

اینترودترینیت (% vol ۱-۱/۱) به صورت قطعات اینتریتی منفرد، زاویه‌دار و پراکنده با بازتاب بالا (بالاتر از ویترونیست همراه) در همه لایه‌های زغال‌سنگی منطقه اولنگ دیده می‌شود (شکل‌های ۶- د و ه).

اسکرینیت (% vol ۲-۰) به جز در دو لایه $K_{19}R$ و $K_{30}R$ در بقیه لایه‌ها بسیار معمول است که به صورت اجزای گرد، تخم‌مرغی و کیسه‌ای شکل روی هم قرار گرفته با بازتاب بالا دیده می‌شود. اسکرینیت در این زغال‌سنگ‌ها دو نوع حفره‌دار و بی‌حفره دارد که نوع حفره‌دار آن توسط رزینیت و گاهی مواد معدنی پر شده است (شکل ۶- ج).

فانگینیت (% vol ۳-۰) به مقدار بسیار کم و به صورت تک و چندسلولی به جز در لایه‌های $K_{14}M$ ، $K_{30}R$ ، $K_{32}R$ ، K_6M در بقیه لایه‌ها دیده می‌شود (شکل ۵- د). حضور فانگینیت که منشأ آن اسپورهای قارچی است نشان‌دهنده شرایط هوایی حاکم بر محیط تورب‌زایی این لایه‌هاست (Brady & Weil, 1996; Wüst et al., 2001; Hackley et al., 2005; Scott & Glasspool, 2007) و با حضور دتروویترونیست و نبود نسبی تلینیت در این زغال‌سنگ‌ها سازگار است.

۶- بحث و نتیجه‌گیری

زغال‌سنگ‌های منطقه اولنگ از نوع بیتومینه A با مواد فرار زیاد (گازی چرب) هستند و هر ۳ گروه ماسرالی در این زغال‌سنگ‌ها حضور دارند. هر کدام از گروه‌های ماسرالی ویتربیت، اینترتینت و لیپتینت به ترتیب میانگین ۰/۴، ۸/۹، ۸۲/۳ درصد حجمی دارند. ویتربیت مهم‌ترین گروه ماسرالی در نهشته‌های زغال‌سنگی منطقه اولنگ است و درصد حجمی آن در این زغال‌سنگ‌ها از ۸۲/۹ تا ۹۵/۵ درصد تغییر می‌کند. فراوانی بالای ویتربیت و از سوی دیگر فراوانی کم ماسرال‌های اینترتینت در این زغال‌سنگ‌ها نشان‌دهنده بالا بودن ویژگی کک‌شوندگی این زغال‌سنگ‌هاست. نکته قابل توجه درباره زغال‌سنگ‌های منطقه اولنگ، فراوانی ماسرال کالودرتینت و نبود ماسرال تلنیت (ماسرال ویتربیت با ساختمان سلولی حفظ‌شده) است که برای نبود تلنیت در این زغال‌سنگ‌ها ۳ دلیل می‌توان برشمرد:

- ۱) با افزایش درجه زغال‌سنگی شدن، تمایز تلنیت از دیگر ماسرال‌های ویتربیتی به دلیل همگرایی ویژگی‌های نوری این ماسرال‌ها با یکدیگر سخت می‌شود.
- ۲) ممکن است این نبود به دلیل گسترش نیافتن گیاهان دارای بافت چوبی (گیاه اولیه تورب) در محیط تشکیل تورب باشد.

۳) شرایط اشباع از آب در محیط تشکیل تورب می‌تواند سبب دگرسانی باکتریایی، ترکیب دوباره و ته‌نشینی مواد ژله‌ای پرکننده حفرات سلولی شود و روشنی ساختار تلنیت تشکیل‌شده از پیش‌ماده چوبی را از بین ببرد.

دلیل دوم به سبب حضور ماسرال‌های فوزینت و سمی فوزینت که منشأ آنها بافت‌های چوبی ساقه‌هاست، نمی‌تواند دلیل محکمی برای نبود تلنیت باشد. همان‌گونه که گفته شد کالودرتینت فراوان‌ترین ماسرال در زغال‌سنگ‌های مورد مطالعه است؛ بنابراین با توجه به اینکه کالودرتینت (ماسرالی تخریبی و بدون ساختمان)، ماسرال ویتربیتی چیره در زمانی است که شرایط خنثی تا قلیایی ضعیف و اکسیداتی در مرحله تورب زایی حکمفرما باشد، احتمالاً نهشته‌های زغال‌سنگی منطقه اولنگ در آب‌های خنثی تا قلیایی ضعیف در یک محیط غنی از اکسیژن اشباع از آب نهشته شده‌اند.

نبود تلنیت در این زغال‌سنگ‌ها نیز گواه دیگری در تأیید حاکم بودن شرایط خنثی تا قلیایی ضعیف بر محیط تشکیل تورب است؛ چرا که شرایط اسیدی مانع ویرانی باکتریایی شده یا آن را محدود می‌سازد و سبب حفظ ساختارهای گیاهی می‌شود.

حضور فانگینیت که منشأ آن اسپوره‌های قارچی است نشان‌دهنده شرایط هوازی حاکم بر محیط تورب‌زایی این لایه‌هاست و با حضور دتروویتربیت و نبود نسبی تلنیت در این زغال‌سنگ‌ها سازگار است.

ناچیز بودن ماسرال‌های کوتینت، لیپتینت و رزینت در این زغال‌سنگ‌ها و نبود دیگر ماسرال‌های گروه لیپتینت می‌تواند ۲ دلیل داشته باشد:

- ۱) بیشتر این ماسرال‌ها در جریان فرایند زغالی شدن از بین رفته‌اند.
- ۲) در زغال‌سنگ‌های بیتومینوس با مواد فرار بالا، این ماسرال‌ها ویژگی‌های نوری یکسانی با گروه ویتربیت پیدا کرده‌اند.

کوتینت در این زغال‌سنگ‌ها بیشتر همراه با ماسرال‌های ویتربیتی ژله‌ای شده است (کالوتلینت و کالودرتینت) که با توجه به منشأ این ماسرال که کوتیکول برگ‌های درختان است، این همراهی نشان‌دهنده حضور درختان یا درختچه‌های برگ‌دار در محیط تشکیل تورب است.

سپاسگزاری

از مدیریت محترم شرکت البرز شرقی برای هماهنگی‌ها و همکاری‌هایشان در انجام این پژوهش و همچنین از آقایان مهندس غفاری، مهندس مشهدی و میرعرب برای همکاری و یاریشان در مراحل مختلف نمونه‌برداری سپاسگزاریم.

می‌توان به مقدار متفاوت در لایه‌های زغال‌سنگی منطقه اولنگ دید (جدول ۳). ویتربیت (۸۱-۲۸/۲ vol%) میکرولیتوتایپ چیره در لایه‌های زغال‌سنگی مورد مطالعه است و به‌طور چیره از کالودرتینت تشکیل شده است. لیپتیت کمتر در این لایه‌ها دیده می‌شود. اینترتیت (۲۲-۲/۴ vol%) دربر دارنده فوزینت و سمی فوزینت است. دوریت (۱-۰ vol%) در این لایه‌ها فراوانی ناچیزی دارد. کلاریت (۲۸/۷-۰ vol%)، دوریت و ویتربیت (۴۰/۷-۲/۵ vol%) را از این دید که کدام یک از گروه‌های ماسرالی ویتربیت یا لیپتینت در آنها چیره است به انواع کلاریت-۷، کلاریت-۱، ویتربیت-۷ و ویتربیت-۱ تقسیم می‌کنند که در لایه‌های مورد مطالعه، کلاریت-۷ و ویتربیت-۷ انواع چیره هستند. کلارودوریت و دورو کلاریت به‌جز در لایه $K_{13}M$ که کلارودوریت در آن فراوانی قابل توجهی دارد، در بقیه لایه‌ها فراوانی ناچیزی دارند. کربوپیریت، کربوآرژلیت و کربوسیلیکات فراوان‌ترین میکرولیتوتایپ‌های گروه کربومینرت (۲۶/۸-۰ vol%) در لایه‌های زغال‌سنگی منطقه اولنگ هستند (شکل ۹).

۵- رده‌بندی لایه‌های زغال‌سنگی منطقه اولنگ

امروزه به‌طور بنیادین ۳ متغیر اصلی نوع (Type)، رتبه یا درجه زغالی شدن (Rank) و درجه (Grade) برای رده‌بندی زغال‌سنگ‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد. در این مطالعه هر ۱۳ این متغیرها بررسی و رده‌بندی لایه‌های زغال‌سنگی منطقه اولنگ بر پایه هر ۳ متغیر انجام شد.

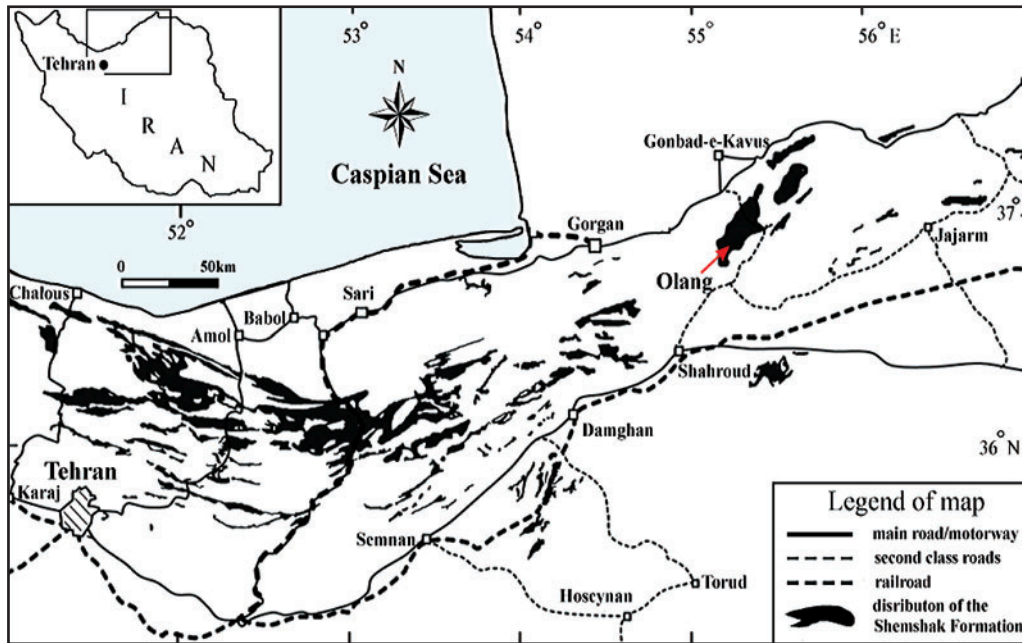
نوع (Type): بر پایه ترکیب سنگ‌نگاری که اصطلاحاً آن را تحلیل گروه ماسرالی می‌نامند، تعیین می‌شود.

رتبه (Rank): بر پایه میزان زغالی شدن نسبت داده می‌شود و بر پایه میانگین بازتاب تصادفی ویتربیت (Rt%) یا ارزش گرمادهی ناخالص تعیین می‌شود. درجه (Grade): بر پایه میزان مواد غیر آلی که اصطلاحاً آن را بازده خاکستر می‌نامند، تعیین می‌شود.

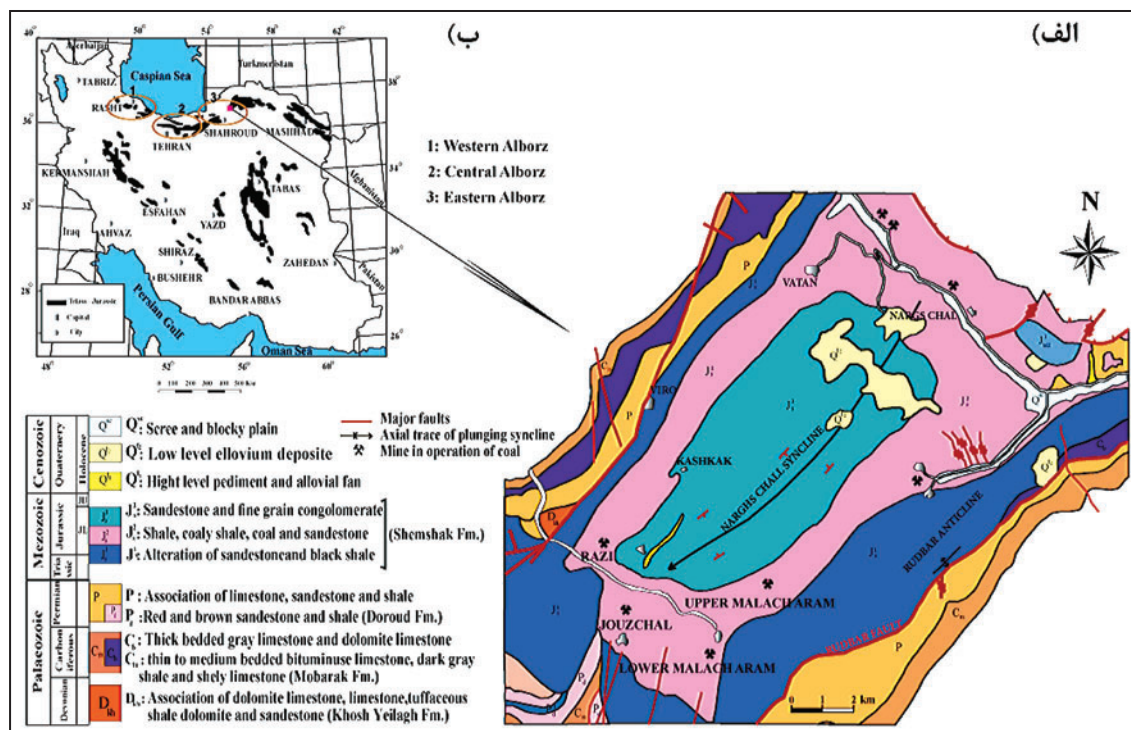
ارزش حرارتی زغال‌سنگ‌های منطقه اولنگ از ۸۵۳۷ Kcal/Kg تا ۸۶۱۷ تغییر می‌کند و بازتاب ویتربیت این لایه‌ها نیز دارای محدوده‌ای از ۰/۸۴ تا ۰/۹۳ است. بر پایه رده‌بندی روسی که مارک زغال‌سنگ‌ها را بر پایه ارزش حرارتی، درصد مواد فرار و یا بازتاب ویتربیت تعیین می‌کند، مارک این زغال‌سنگ‌ها از نوع گازی چرب (گک ژ) است و بر پایه رده‌بندی ارائه‌شده توسط Ward (1984) این زغال‌سنگ‌ها از نوع بیتومینه A با مواد فرار زیاد هستند (جدول ۴).

برای رده‌بندی لایه‌های زغال‌سنگی مورد مطالعه بر پایه نوع یا ترکیب ماسرالی از سامانه‌های رده‌بندی طرح شده توسط (ECE-UN (1987, 1989 & 1991) و روش‌های آلمانی و روسی استفاده شده است. بر پایه شکل‌های ۱۰-الف، ب و ج همه لایه‌های زغال‌سنگی مورد مطالعه از نوع ویتربیک هستند و بر پایه روش آلمانی (شکل ۱۰-د) لایه‌های $K_{19}R$ ، $K_{19}A$ ، $K_{21}A$ ، K_6G ، $K_{14}M$ و $K_{13}M$ از نوع ویتربیک و بقیه از نوع ویتربیت و همچنین بر پایه روش روسی (شکل ۱۰-ه) همه آنها از نوع ویتربیت هستند.

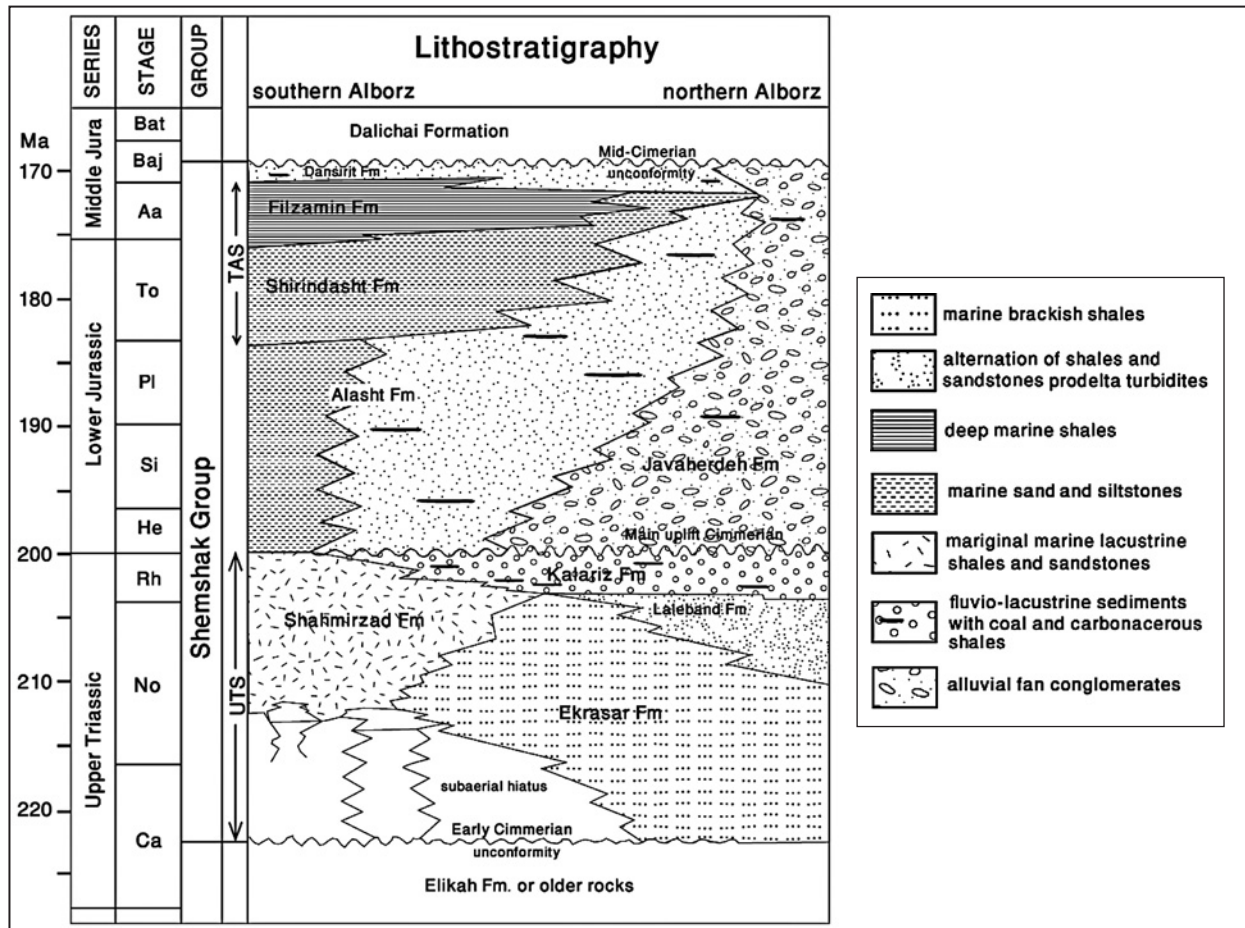
برای دسته‌بندی زغال‌سنگ‌ها بر پایه درجه، بازده خاکستر لایه‌های مورد مطالعه تعیین شد. بازده خاکستر در این لایه‌ها از ۱/۲۱ تا ۳/۸ درصد در تغییر است که از میان آنها لایه‌های زغال‌سنگی $K_{13}M$ ، $K_{13}M$ ، $K_{21}A$ ، $K_{20}A$ ، $K_{19}A$ ، $K_{30}R$ و $K_{19}R$ با بازده خاکستر کمتر از ۱۰ درصد، در گروه زغال‌سنگ‌های با خاکستر خیلی کم و لایه زغال‌سنگی $K_{31}R$ با بازده خاکستر ۱۲/۹۲ درصد در گروه زغال‌سنگ‌های کم‌خاکستر قرار می‌گیرند. همچنین لایه‌های زغال‌سنگی K_6G ، $K_{14}M$ ، $K_{18}A$ ، $K_{32}R$ و $K_{32}R$ که بازده خاکستر آنها در محدوده ۱۵ تا ۲۵ درصد است، در گروه زغال‌سنگ‌های با خاکستر متوسط قرار می‌گیرند. لایه K_4M نیز با بازده خاکستر ۳۰/۸۱ درصد در گروه زغال‌سنگ‌های خاکستر به‌نسبت زیاد جای می‌گیرد (جدول ۵).



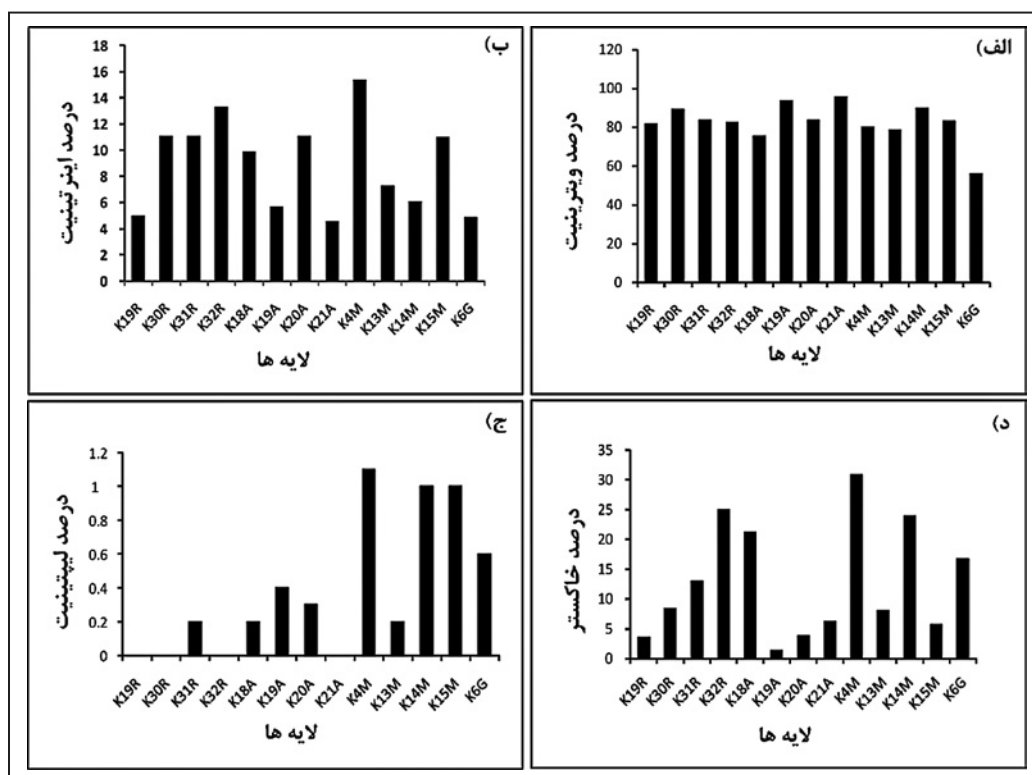
شکل ۱- نقشه محلی پراکندگی سازند شمشک در البرز مرکزی و خاوری که منطقه مورد مطالعه بر روی آن مشخص شده است (Seyed-Emami et al., 2006). راه‌های دسترسی به این منطقه نیز در این نقشه مشخص است.



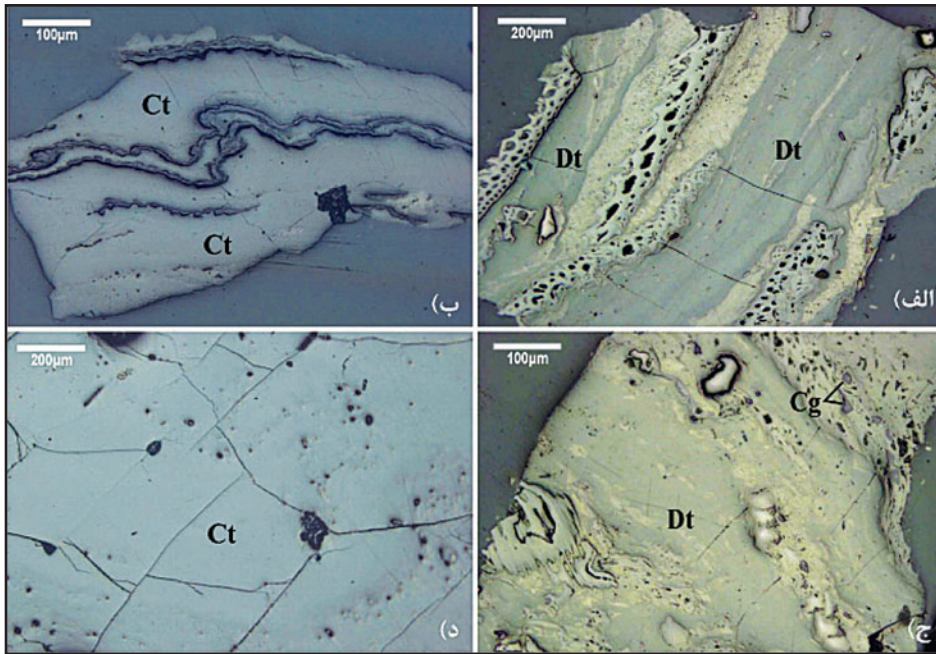
شکل ۲- الف) نقشه زمین شناسی بخشی از منطقه اولنگ که معادن مورد مطالعه در آن قرار گرفته‌اند (زهرا، ۱۳۸۳)؛ ب) نقشه پراکندگی رسوبات زغال سنگ در ایران که منطقه اولنگ روی آن مشخص شده است (Yazdi, 2004).



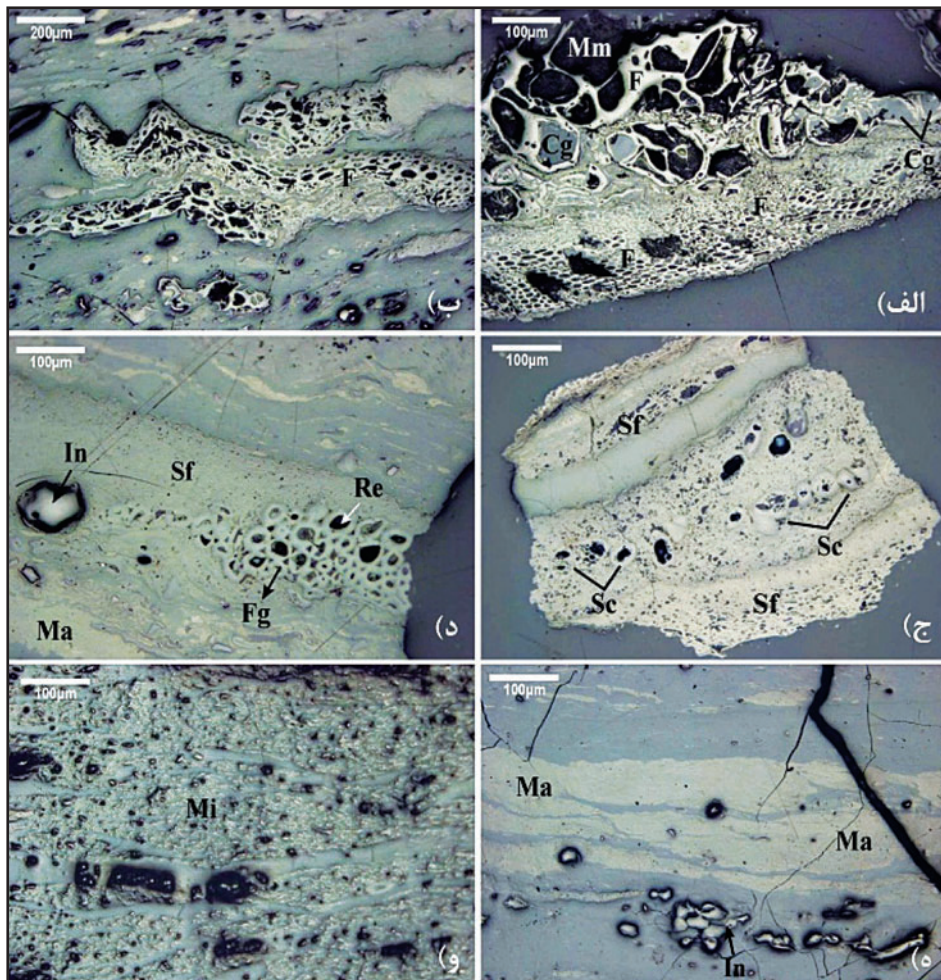
شکل ۳- سنگ‌چینه‌نگاری گروه شمشک در البرز (Shekarifard et al., 2011).



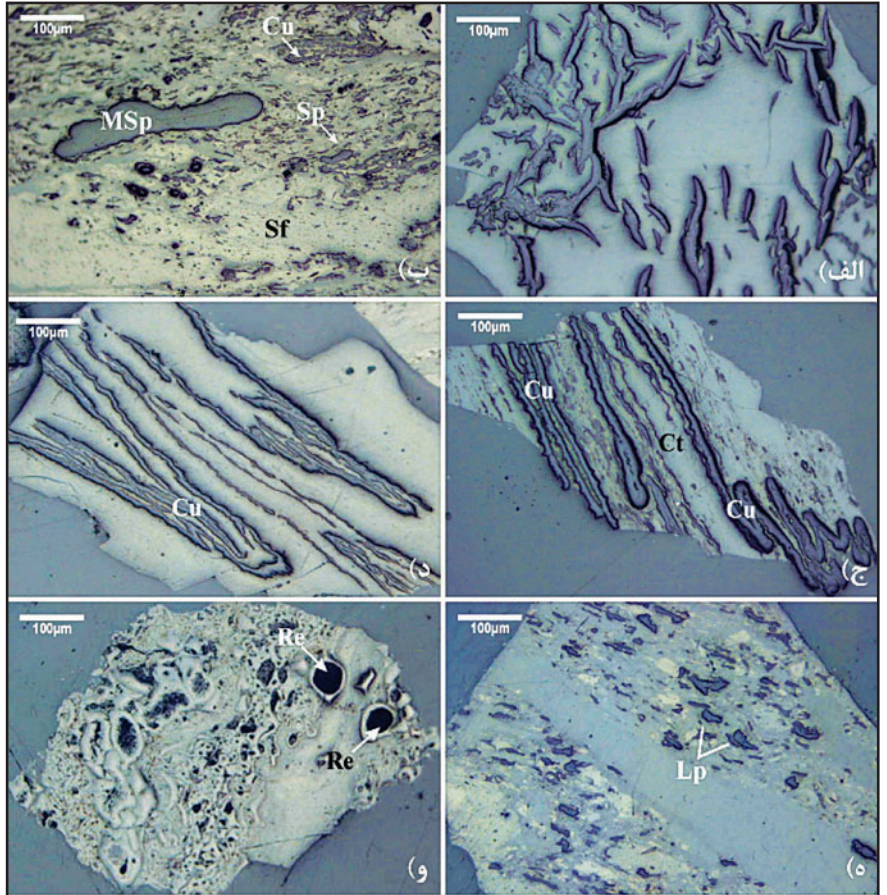
شکل ۴- نمودار ستونی (هیستوگرام) فراوانی گروه‌های ماسرالی و خاکستر لایه‌های زغال‌سنگی منطقه اولنگ.



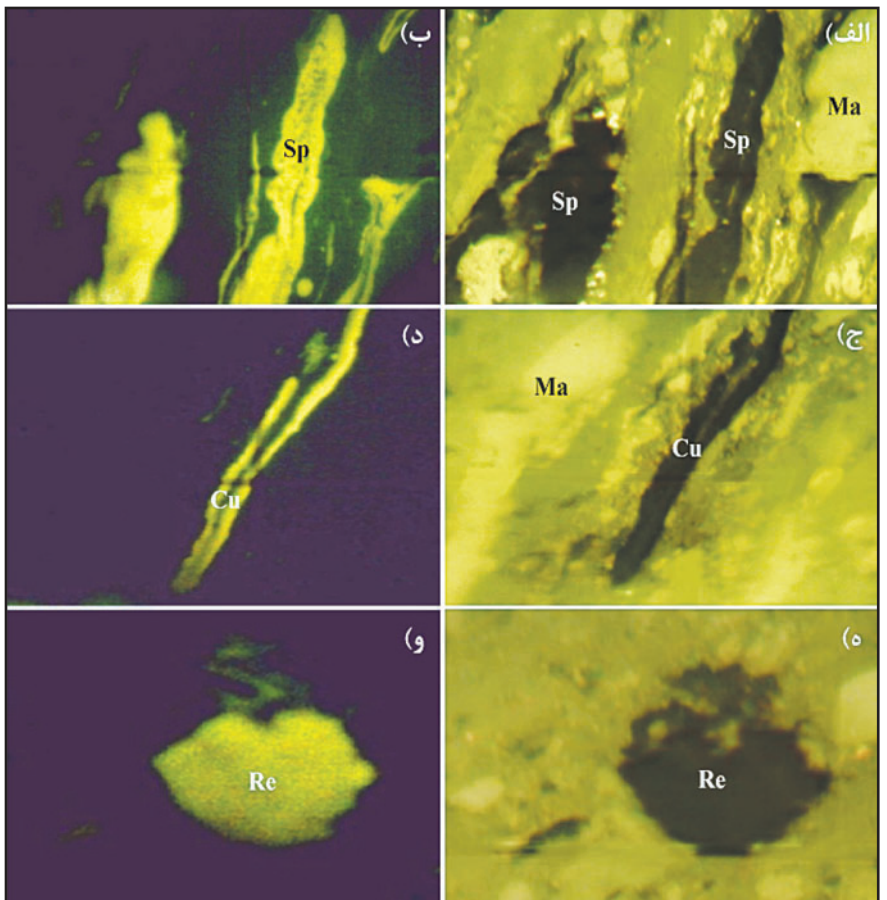
شکل ۵- تصاویر میکروسکوپی ماسرال‌های گروه ویتربیت در زغال‌سنگ‌های منطقه اولنگ در نور سفید با استفاده از بزرگ‌نمایی ۱۰X و ۲۰X؛ الف) دتروویتربیت (Dt) که زمینه‌ای برای ماسرال‌های گروه اینترتیت است؛ ب) کالوتلینیت (Ct) به همراه نوارهای کوتینیت؛ ج) کورپوزلینیت (Cg) که حفرات سلولی فوزینیت را پر کرده است و دتروویتربیت که زمینه را دربر می‌گیرد؛ د) کالوتلینیت (Ct).



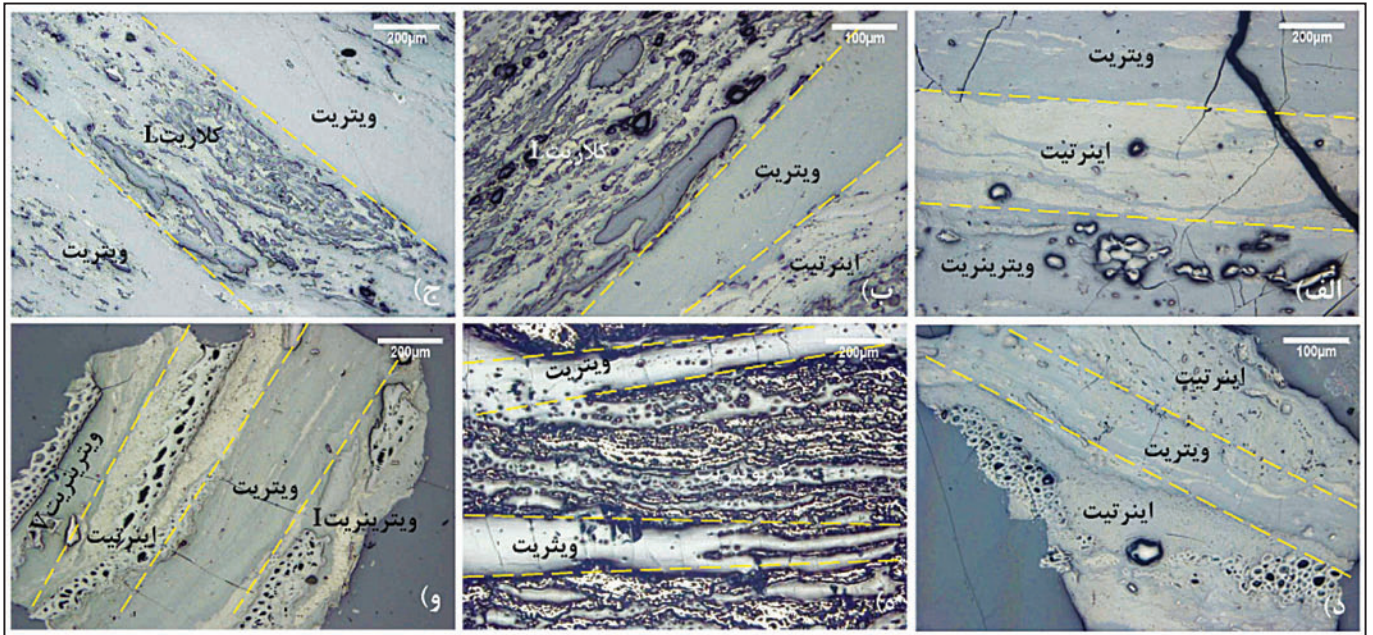
شکل ۶- تصاویر میکروسکوپی ماسرال‌های گروه اینترتیت در نور سفید با استفاده از بزرگ‌نمایی‌های ۱۰X و ۲۰X؛ الف) فوزینیت (Fu) که حفرات سلولی آن توسط مواد معدنی و کورپوزلینیت (Cg) پر شده است؛ ب) فوزینیت نواری شکل با حفرات پر شده از مواد معدنی؛ ج) اسکرتینیت (Sc) در زمینه‌ای از سمی فوزینیت؛ د) فانگینیت (Fg) که حفرات آن توسط رزینیت پر شده است به همراه سمی فوزینیت (Sf) و اینرتودرتینیت (In)؛ ه) ماکرینیت به همراه اینرتودرتینیت در زمینه‌ای از کالودرتینیت؛ و) میکرینیت‌ها (Mi) در زمینه‌ای از کالوتلینیت.



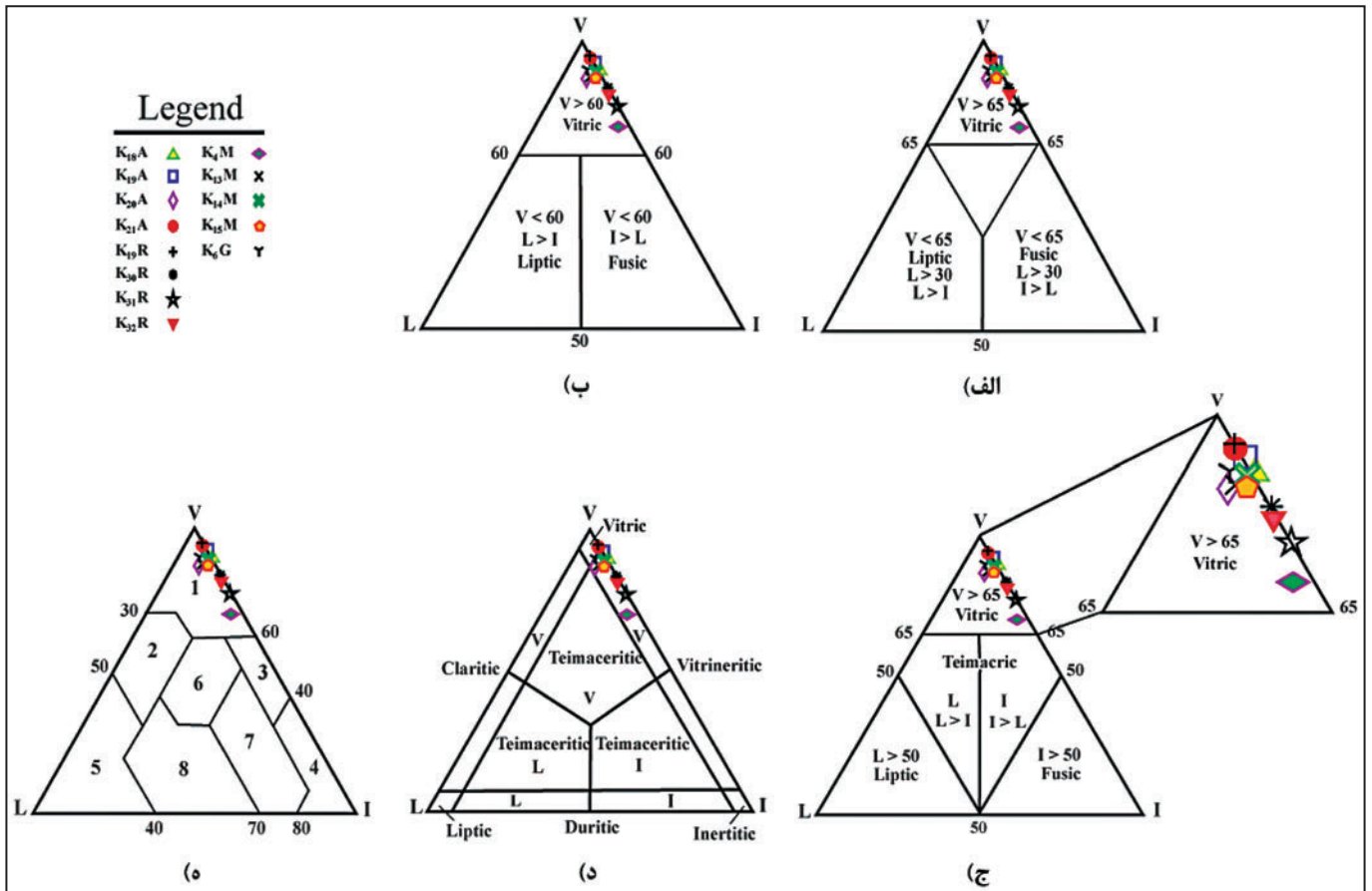
شکل ۷- تصویر میکروسکوپی ماسرال‌های لیپتینی دیده‌شده در زغال‌سنگ‌های منطقه اولنگ در نور سفید؛ الف) اسپوریت در اندازه مگاسپور در زمینه‌ای از کالوتلینیت (Ct)؛ ب) اسپوریت (Sp) با ۲ اندازه مگاسپور (MSp) و میکروسپور (Sp) در زمینه‌ای از سمی فوزینیت (Sf)؛ ج) کوتینیت (Cu) با دیواره ستر در زمینه‌ای از کالوتلینیت (Ct)؛ د) کوتینیت (Cu) با دیواره نازک در زمینه‌ای از کالوتلینیت (Ct)؛ ه) لیتودترینیت (Lp) در زمینه‌ای از کالوتلینیت (Ct) و ماکرینیت (Ma)؛ و) رزینیت (Re) که حفرات اسکرتینیت (Sc) را پر کرده است.



شکل ۸- تصاویر میکروسکوپی ماسرال‌های لیپتینی دیده‌شده در زغال‌سنگ‌های منطقه اولنگ در دو نور سفید و فلورسانس (عدسی روغن امرسیون با بزرگ‌نمایی ۱۲۰X)؛ شکل‌های الف، ج و ه به ترتیب ماسرال‌های اسپوریت (Sp)، کوتینیت (Cu) و رزینیت (Re) را در نور معمولی و شکل‌های ب، د و و همین ماسرال‌ها را در نور فلورسانس نشان می‌دهند.



شکل ۹- تصاویر میکروسکوپی میکرولیتوتایپ‌های لایه‌های زغال‌سنگی منطقه اولنگ در نور سفید و با استفاده از بزرگ‌نمایی‌های ۱۰X و ۲۰X.



شکل ۱۰- سیستم‌های رده‌بندی پیشنهاد شده برای دسته‌بندی زغالسنگ‌ها بر پایه ترکیب ماسرالی ویترینیت (V)، اینرتینیت (I) و لیپتینیت (L): الف) روش (ECE-UN 1978)؛ ب) روش (ECE-UN 1989)؛ ج) روش (ECE-UN 1990)؛ د) روش روسی؛ ه) روش آلمانی.

1. Vitrinite; 2. Vitrinite-liptinite; 3. Vitrinite - Inertinite; 4. Inertinite; 5. Liptinite; 6. Liptinite - Vitrinite; 7. Vitrinite - liptinite - Inertinite; 8. Vitrinite - Inertinite - liptinite.

جدول ۱- ترکیب ماسرالی نهشته‌های زغال‌سنگی منطقه اولنگ (vol %).

نمونه‌ها	CD	CT	Cg	V-G	Sp	Cu	Re	Ld	L-G	Fu	Sf	Ma	In	Fg	Sc	I-G	A _g
معدن البرزگان																	
K ₁₈ A	۷۰/۶	۱۷/۲	۱/۵	۸۸/۳	۰/۶	۰/۵	۰	۰/۲	۱/۳	۲	۶/۸	۰/۶	۰/۸	۰/۱	۰/۱	۱۰/۴	۲۱/۱
K ₁₉ A	۷۶/۸	۱۵/۵	۰/۱	۹۲/۴	۰/۴	۰/۳	۰	۰/۳	۱	۲/۸	۲/۸	۰/۲	۰/۵	۰/۱	۰/۲	۶/۶	۱/۲۱
K ₂₀ A	۷۱/۴	۱۶/۱	۰/۲	۸۷/۷	۲/۶	۱	۰	۰/۴	۴	۴/۵	۲/۶	۱/۱	۰/۱	۰	۰	۸/۳	۳/۸
K ₂₁ A	۶۸/۲	۲۶/۱	۰	۹۴/۳	۰/۲	۰/۱	۰	۰	۰/۳	۰/۷	۳/۵	۰/۷	۰/۴	۰/۱	۰	۵/۴	۶/۱
معدن رضی																	
K ₁₉ R	۶۳	۳۲/۲	۰	۹۵/۲	۰	۰	۰	۰	۰	۱/۸	۱/۷	۰/۲	۰/۷	۰/۲	۰/۱	۴/۸	۳/۵
K ₃₀ R	۳۵/۳	۴۸/۷	۰/۳	۸۴/۳	۰	۰	۰	۰	۰	۸/۴	۷	۰/۲	۰/۱	۰	۰	۱۵/۷	۸/۳
K ₃₁ R	۶۲/۶	۱۴/۲	۰/۴	۷۷/۵	۰	۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰/۳	۱۰/۹	۱۰/۹	۰	۰/۲	۰	۰/۲	۲۲/۲	۱۲/۹
K ₃₂ R	۵۷/۶	۲۳/۳	۰/۹	۸۱/۸	۰/۱	۰/۳	۰	۰/۴	۰/۸	۶/۵	۱۰/۵	۰/۱	۰/۱	۰	۰/۲	۱۷/۴	۲۴/۸
معدن ملج آرام																	
K ₄ M	۵۷	۱۳/۱	۰/۳	۷۰/۴	۲/۵	۰/۶	۰/۱	۰/۴	۳/۶	۱۰/۸	۱۳/۵	۰/۹	۰/۶	۰/۱	۰/۱	۲۶	۳۰/۸
K ₁₃ M	۸۴/۷	۵/۷	۰	۹۰/۴	۱/۴	۰/۳	۰/۱	۱/۳	۳/۱	۴/۱	۱/۳	۰/۷	۰/۱	۰/۱	۰/۲	۶/۵	۷/۹
K ₁₄ M	۶۶/۷	۲۱/۳	۰	۸۸/۰	۱/۸	۰/۳	۰	۰/۹	۳	۵/۵	۲/۶	۰/۷	۰/۱	۰	۰/۱	۹	۲۳/۸
K ₁₅ M	۷۴	۱۵/۵	۰/۱	۸۹/۶	۰/۵	۰/۴	۰	۰	۰/۹	۴/۹	۲/۹	۱	۰/۲	۰/۳	۰/۲	۹/۵	۵/۶
معدن گرانیت																	
K ₆ G	۷۹/۷	۸/۷	۰	۸۸/۴	۱/۴	۰/۵	۰/۱	۰	۲	۳/۵	۴/۳	۰/۶	۱/۱	۰	۰/۱	۹/۶	۱۶/۶

توضیحات: CD: کالودترینیت؛ CT: کالوتلینیت؛ Cg: کورپوزلینیت؛ V-G: گروه ماسرالی ویتترینیت؛ Sp: اسپوریت؛ Cu: کوتینیت؛ Re: رزینیت؛ Ld: گروه ماسرالی لپتینیت؛ Fu: فوزینیت؛ Sf: سمی فوزینیت؛ Ma: ماکرینیت؛ In: اینرتودترینیت؛ Fg: فانگینیت؛ Sc: اسکرینیت؛ I-G: گروه ماسرالی اینرتینیت؛ A_g: درصد وزنی خاکستر.

جدول ۲- ویژگی‌های سنگ‌نگاری ماسرال‌های شناسایی شده در نهشته‌های زغال‌سنگی منطقه اولنگ.

ویژگی‌های سنگ‌نگاری	منشأ (ICCP, 1998 & 2001; Scott & Glasspool, 2007; Taylor et al., 1998)	ماسرال	گروه ماسرالی
توده زمینه‌ای فشرده و به‌نسبت همگن، بدون ساختمان آشکار	بافت‌های بنیادین و چوبی ساخته‌شده از سلولز و لیگنین	کالوتلینیت	ویتترینیت
زمینه ویتترینیتی فشرده و خال‌دار پیوسته شده به دیگر ماسرال‌ها، رنگ متغیر	فروپاشی شدید بافت‌های بنیادین و بافت‌های چوبی ساقه و برگ‌ها	کالودترینیت	
بدنه‌های بدون ساختمان، یکنواخت، با اشکال متغیر، پرکننده‌های سلولی هومیک درجا یا مجزا، بازتاب بالاتر از دیگر ماسرال‌های ویتترینیتی	از زله‌های شدن محلول‌های هومیکی (که به بافت‌های گیاهی خاصی مربوط نیست) و از سلول‌های گیاهی یا سیال‌های هومیک	کورپوزلینیت	فوزینیت
دیواره‌های سلولی خوب حفظ‌شده، حفره‌های سلولی باز، ساختار کم‌انرژی یا ستاره‌ای، بازتاب بالا، رنگ سفید متمایل به زرد	دیواره‌های سلولی لیگنوسلولزی	فوزینیت	
دیواره‌های سلولی خوب تا نیمه حفظ‌شده، حفره‌های سلولی بیشتر بسته‌شده، رنگ و بازتاب میان ویتترینیت و فوزینیت، حفرات سلولی ناقص، انیزوتروپ	بافت‌های چوبی ساقه‌ها، گیاهان علفی و برگ‌ها	سمی فوزینیت	اینرتینیت
اجسام تخم‌مرغی از باقیمانده‌های قارچی، اسکروتیا، میکلیا، هیپا دارای ساختمان سلولی با بازتاب بالا	اسپورها و بافت‌های قارچی	فانگینیت	
مرغی، چندضلعی و کیسه‌ای‌شکل، بدون ساختمان، گاه‌اجسام گرد، تخم حفره‌دار، بازتاب بالا	کاملاً مشخص نیست، احتمالاً حاصل از اکسایش رزین‌ها یا ژل‌های هومیکی است.	اسکرینیت	ماکرینیت
اجسام بی‌شکل، قطعات گرد شده بدون ساختمان با اندازه بزرگ‌تر از ۱۰ میکرون، ظاهر فشرده‌شده، بازتاب نوری بالا	دگرسانی مواد هومیکی، متابولیسم جلبک‌ها و باکتری‌ها و غیره	ماکرینیت	
مواد بسیار ریزدانه با اندازه کمتر از ۲ میکرون، بازتاب نوری بالا	زغالی شدن، باقیمانده مواد تشکیل‌دهنده لیپیدها یا تکه‌تکه شدن شدید دیگر اینرتینیت‌ها	میکرینیت	اینرتودترینیت
ذرات منفرد، زاویه‌دار و پراکنده، بدون ساختمان، اندازه ذرات کمتر از ۱۰ میکرون	مواد با منشأ گیاهی در ارتباط با فوزینیتی شدن	اینرتودترینیت	
اجسام منفرد، معمولاً فشرده‌شده، خوب حفظ‌شده، شکل گیاهی مشخص، برجستگی بالا، اندازه و ستبرای دیواره‌ای متغیر	پولن و اسپورها	اسپورینیت	لپتینیت
اجسام کشیده، لبه‌های دندانه‌دار خوب حفظ‌شده، برجستگی بالا	کوتیکول برگ‌ها	کوتینیت	
اجسام تخم‌مرغی‌شکل منفرد، کروی و بی‌قاعده و پرکننده‌های سلولی	منشأ‌های گوناگون: رزین‌ها و واکس‌ها	رزینیت	
قطعات آواری کوچک، بسته به اینکه از خردشدگی کدام ماسرال لپتینیتی به دست آمده باشند، ویژگی‌های گوناگونی دارند	قطعات خرد شده دیگر ماسرال‌های لپتینیتی حاضر (کوتینیت، رزینیت و اسپورینیت)	لپتودترینیت	

جدول ۳- درصد حجمی میکرولیتوتایپ‌ها و کربومینریت در نهشته‌های زغال سنگی منطقه اولنگ.

نمونه‌ها	ویتريت	اینتریت	کلاریت V	کلاریت I	دوریت I	ویتريت I	ویتريت V	دوروکلاریت	کلارودوریت	کربومینریت
معدن البرزگان										
K ₁₈ A	۶۵	۱۰	۰/۵	۰/۵	۱	۳	۱۸	۱	۰	۱
K ₁₉ A	۸۱	۶	۳/۸	۰	۰	۰/۵	۶	۲/۷	۰	۰
K ₂₀ A	۶۴/۴	۶/۷	۶	۰	۰/۵	۴/۸	۱۰	۲/۴	۱/۴	۳/۸
K ₂₁ A	۶۵	۲/۵	۰	۰	۰	۰	۲/۵	۰	۰	۰
معدن رضی										
K ₁₉ R	۶۳/۸	۳	۰	۰	۰	۰/۹	۵/۵	۰	۰	۲۶/۸
K ₃₀ R	۷۹/۴	۱۳/۹	۰	۰	۰	۰	۶/۷	۰	۰	۰
K ₃₁ R	۷۳/۸	۲۲	۰	۰	۰	۰/۵	۳/۷	۰	۰	۰
K ₃₂ R	۷۷/۳	۱۲/۲	۰/۸	۰	۰	۵	۴/۷	۰	۰	۰
معدن ملج آرام										
K ₄ M	۳۵	۱۷/۱	۱/۸	۰	۰	۵/۴	۱۱	۶/۳	۱/۸	۲۱/۶
K ₁₃ M	۲۸/۲	۴/۷	۲۸/۳	۰/۴	۰	۲/۴	۹/۴	۲۴/۷	۲	۰
K ₁₄ M	۴۳/۱	۸/۳	۲۳	۰	۱	۱/۳	۴/۸	۵/۴	۴/۸	۸/۳
K ₁₅ M	۶۱/۴	۶/۲	۶/۲	۰	۰	۲/۲	۲۳/۱	۰/۶	۰	۰/۳
معدن گرانیت										
K ₆ G	۴۷/۷	۲/۴	۵/۲	۰/۸	۰	۰/۴	۴۰/۳	۳/۲	۰	۰

جدول ۵- رده‌بندی لایه‌های زغال سنگی منطقه اولنگ بر پایه درصد خاکستر بر حسب استاندارد ASTM آمریکایی و GOST روسی (TPE, 2003).

لایه‌ها	درصد خاکستر	گروه
K ₁₉ R, K ₃₀ R, K ₁₉ A, K ₂₀ A, K ₂₁ A, K ₁₃ M, K ₁₅ M	<۱۰	خاکستر خیلی کم
K ₃₁ R	۱۰-۱۵	خاکستر کم
K ₃₂ R, K ₃₂ R, K ₁₈ A, K ₁₄ M, K ₆ G	۱۵-۲۵	خاکستر متوسط
K ₄ M	۲۵-۳۱	خاکستر به نسبت زیاد

جدول ۴- رده درجه دگرگونی بر حسب بازتاب ویتريت (Ward, 1984).

درجه زغالی شدن	بیشینه بازتاب ویتريت (%R _{omax})
ساب‌بیتومینه	< ۰/۴۷
بیتومینه C با مواد فرار زیاد	۰/۴۷-۰/۵۷
بیتومینه B با مواد فرار زیاد	۰/۵۷-۰/۷۱
بیتومینه A با مواد فرار زیاد	۰/۷۱-۱/۱
بیتومینه با مواد فرار متوسط	۱/۱-۱/۵
بیتومینه با مواد فرار کم	۲/۰۵-۱/۵
شبه آنتراسیت	۲/۰۵-۳
آنتراسیت	>۳

کتابنگاری

- آقاباتی، ع.، ۱۳۷۷- چینه‌شناسی ژوراسیک ایران، سازمان زمین‌شناسی کشور، کتاب شماره ۶۵، دو جلد، ۷۴۶ ص.
- آقاباتی، ع.، ۱۳۸۳- زمین‌شناسی ایران، انتشارات سازمان زمین‌شناسی کشور، ۴۵۵ ص.
- تولایی، م.، ۱۳۸۹- سنگ‌نگاری آلی و کاربرد آن در شناسایی سنگ منشأ نفت و گاز، پژوهشگاه صنعت نفت، ۱۶۶ ص.
- درویش‌زاده، ع.، ۱۳۸۳- زمین‌شناسی ایران- چینه‌شناسی، تکنونیک، دگرگونی و ماگماتیسیم بر اساس مصوبه شورای عالی برنامه‌ریزی وزارت علوم، انتشارات امیرکبیر.
- رضایی، ب.، ۱۳۸۰- تکنولوژی زغال شویی، چاپ اول، تهران: انتشارات نشر دانشگاه امیرکبیر.
- ریسی، ا.، ۱۳۷۲- گزارش کارهای اکتشافی معدن ملج آرام، استراتیگرافی و تکنونیک، شرکت البرز خاوری.
- زهرا، ا.، ۱۳۸۳- نقشه زمین‌شناسی ۱/۱۰۰۰۰۰ خوش‌یلاق، وزارت صنایع و معادن، سازمان زمین‌شناسی و اکتشاف معدنی کشور.

References

- Assereto, R., 1966- The Jurassic Shemshak Formation in Central Elburz (Iran), *Rivista Italiana di Paleontologia stratigraphia*, 74: 3-21.
- Baudin, F. & Teherani, K., 1991- Faciès organiques et maturation thermique du Lias supérieur de la Formation de Shemshak (Elbourz central, Iran). *Eclogae Geologicae Helvetiae*, 84: 727-738.
- Brady, N. C. & Weil, R. R., 1996- *The Nature and Properties of Soils*. Prentice Hall, Upper Saddle River, New York. 740 pp.
- Cohen, A. D., Spackman, W. & Raymond, J. R., 1987- Interpreting the characteristics of coal seams from chemical, physical and petrographic studies of peat deposits, In: Scott, A.C. (Ed.), *Coal and Coal-Bearing Strata: Recent Advances*, Geological Society of London Special Publication. 32: 67- 85.

- ECE-UN document (COAL/GE.3/R.77/ECE-UN), 1987- *l*élaboration dune nouvelle classification CEE des charbons. Project des charbons de rang moyen et de rang supérieur, Geneva, 24 February 1986.
- ECE-UN document (COAL/AC.516.16/), 1989- Huitième Réunion special sur *l*élaboration dune classification internationale des charbons, Lisbonne (Portugal), 1-6 september 1989.
- ECE-UN document (COAL/AC.5/18/ECE-UN), 1991- Ad hoc Meeting on the elaboration of a new international classification of coals. First Task Force on the Elaboration of an International Classification of Seam Coals., Geneva, 19–21 November 1990.
- Fürsich, F. T., Wilmsen, M. & Seyed-Emami, K., 2006- Ichnology of Lower Jurassic beach deposits in the Shemshak Formation at Shahmirzad, southeastern Alborz Mountains, Iran. *Facies*, 52: 599-610.
- Fürsich, F. T., Wilmsen, M., Seyed-Emami, K. & Majidifard, M. R., 2009- Lithostratigraphy of the Upper Triassic-Middle Jurassic Shemshak Group of northern Iran. In *South Caspian to Central Iran basins* (eds M.F. Brunet, M. Wilmsen & J.W. Granath). The Geological Society, London, Special Publications, 312: 129-160.
- Hackley, P. C., Warwick, P. D. & González, E., 2005- Petrology, mineralogy and geochemistry of mined coals, western Venezuela, *International Journal of Coal Geology*, 63: 68– 97.
- ICCP (International Committee for Coal and Organic Petrology), 1998- The new vitrinite classification (ICCP System 1994), *Fuel*, 77: 349-358.
- ICCP (International Committee for Coal and Organic Petrology), 2001- The new inertinite classification (ICCP System 1994), *Fuel*, 80: 459-471.
- ISO1171, 1997- Solid mineral fuels – determination of ash. 4pp.
- ISO7404-3, 2009- Methods for the petrographic analysis of bituminous coal and anthracite - Part 3: Method of determining maceral group composition. International Organisation for Standardisation -ISO, Geneva. 7P.
- ISO7404-4, 1988- Methods for the petrographic analysis of bituminous coal and anthracite - Part 4: Method of determining microlithotype, carbominerite and minerite composition. International Organisation for Standardisation -ISO, Geneva, 1988, 7P.
- Merritt, R. D., 1986- *Coal Exploration; Mine Planning, and Development*. Noyes Publications, 464 P.
- Rad, F. K., 1982- Hydrocarbon potential of the eastern Alborz Region, NE Iran. *Journal of Petroleum Geology*, 4: 419-435.
- Rad, F. K., 1986- A jurassic delta in Eastern Alborz, NE Iran. *Journal of petroleum geology*, No. 3, 9: 281-294.
- Scott, A. C. & Glasspool, I. J., 2007- Observations and experiments on the origin and formation of inertinite group macerals: *International Journal of Coal Geology*, 70: 55–66.
- Seyed-Emami, K., Fürsich, F. T., Wilmsen, M., Cecca, F., Majidifard, M. R., Schairer, G. & Shekarifard, A., 2006- Stratigraphy and ammonite fauna of the upper Shemshak Formation (Toarcian–Aalenian) at Tazareh, eastern Alborz, Iran. *Journal of Asian Earth Sciences*, 2: 259-275.
- Seyed-Emami, K., Fürsich, F. T. & Schairer, G., 2001- Lithostratigraphy, ammonite faunas and palaeoenvironments of Middle Jurassic strata in North and Central Iran. *Newsletters on Stratigraphy*, 38: 163–184.
- Shao, L., Jones, T., Gayer, R., Dai, S., Li, S., Jiang, Y. & Zhang, P., 2003- Petrology and geochemistry of the high-sulphur coals from the Upper Permian carbonate coal measures in the Heshan coalfield, southern China. *International Journal of Coal Geology*, 55: 1-26.
- Shekarifar, A., Baudin, F. & Seyed-Emami, K., 2009- Characterization of organic matter in the fine-grained siliciclastic sediments of the Shemshak Group (Upper-Triassic to Middle Jurassic) in the Alborz Range, northern Iran. In *South Caspian to Central Iran basins* (eds Brunet, M. F., Wilmsen, M. & J.W. Granath). The Geological Society, London, Special Publications, 312: 161-174.
- Shekarifard, A., Baudin, F., Seyed-Emami, K., Schnyder, J., Laggoun-Défarge, F., Riboulleau, A., Brunet, M. F. & Shahidi, A., 2011- Thermal maturity of the Upper Triassic-Middle Jurassic Shemshak Group (Alborz Range, Northern Iran) based on organic petrography, geochemistry and basin modelling: implications for source rock evaluation and petroleum exploration. Published in “*Geological Magazine*” (2011).
- Stampfli, G. M., ۱۹۷۸- Etud geoloiqule de IElbourz oriental au sud de Gondad-e-Qabus, (Iran NE). Unpublished Ph.D thesis, Universite Geneve., 329 P.
- Stopes, M. C., 1935- On the petrology of banded bituminous coals. *Fuel*, 14: 4-13.
- Suárez-Ruiz, I. & Crelling, J. C. (Eds.), 2008- *Applied coal petrology. The role of petrology in coal utilization*. Elsevier. 388 pp.
- Taylor, G. H., Teichmüller, M., Davis, A., Diessel, C. F. K., Littke, R. & Robert, P., 1998- *Organic Petrology*. Gebrüder Borntraeger, Berlin.
- TPE, 2003- Provisional results of chemical and coal-petrographic analyses of coal from Mazino deposit, IRAN Power Development Compony (IPDC), 24p, unpublished.
- Ward, C. R. (Ed.), 1984- *Coal Geology and Coal Technology*. Blackwell, Oxford, 345 pp.
- Wüst, R. A. J., Hawke, M. I. & Bustin, R. M., 2001- Comparing maceral ratios from tropical peatlands with assumptions from coal studies: do classic petrographic interpretation methods have to be discarded? *International Journal of Coal Geology* 48: 115-132.
- Yazdi, M., 2004- Geochemical properties of coals in the Mazino deposit, Tabas coalfield, Iran, 32nd international Geological Congress. Florence, Italy, Part2, pp.881.

Organic Petrography of Coal Deposits of the Olang Area, Eastern Alborz

Z. Solaymani ¹, N. Taghipour ^{2*} & R. Aharipour ²

¹ M.Sc., School of Earth Sciences, Damghan University, Damghan, Iran.

² Assistant Professor, School of Earth Sciences, Damghan University, Damghan, Iran.

Received: 2011 June 01

Accepted: 2011 November 30

Abstract

This study investigates the organic petrographic of the upper Triassic to Lower Jurassic Olang coal deposits. Olang area is located in 70 km of northeast Shahroud. This area is situated in Gheshlagh Olang synclinal which is a member of eastern Alborz coal basin. Microscopic studies showed that all three maceral groups of vitrinite, inertinite and liptinite presented in coal deposits of the Olang region and the vitrinite is most important maceral group in these coals. Macerals of vitrinite group include colotelinite, collodetrinite and corpogelinit that collodetrinite is the most abundant of maceral in coal deposits. All of inertinite macerals group observed in these coals which Semifusinite and fusinite are the most abundant in this group. Spornite, cutinite, resinite and liphodetrinite macerals of liptinite group are present in the coals. Abundance of collodetrinite, presentation of fnginite and the absence of tellinite in these coals are usually thought to indicate deposition in neutral to weakly alkaline waters in an oxygen-rich environment.

Keywords: Eastern Alborz, Olang, Coal, Organic petrography, Maceral.

For Persian Version see pages 21 to 32

*Corresponding author: N. Taghipour; E-mail: taghipour@du.ac.ir