منبع: Econonmic Deposits and their, Tectonic Scting 1983

مجتمع اکتشافی و معدنی زغالسنگ طبس - شرکت ملی فولاد ایران
ترجمه: سهیلا غفوری
نوشته: چارلز. س. هوچیسون

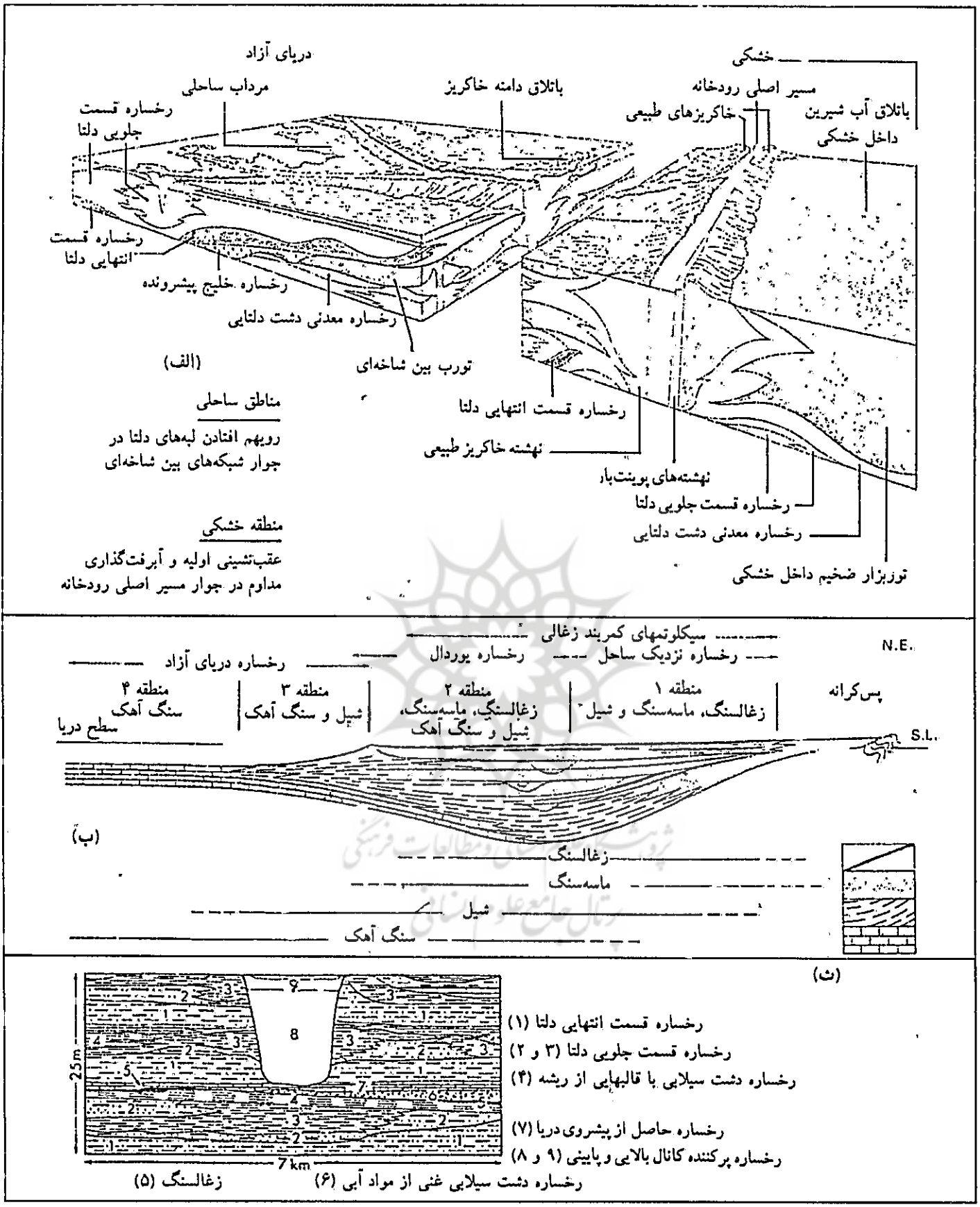
زغالسنگ

زغالسنگ، یک سنگ رسوبی سوختنی می‌باشد که بیش از ۵۰ درصد وزن و ۷۰ درصد حجم آن را مواد کربن‌دار حاوی رطوبت تشکیل می‌دهند و از تراکم و سخت شدن[1] باقیمانده‌های گیاهی تجزیه شده به وجود آمده است. زغالسنگ بر اساس نوع (تفاوت از نظر انواع ماده گیاهی بوجود آورنده آن)، مرتبه زغالشدگی[2] (تفاوت از نظر درجه دگرگونی که متحمل شده) و میزان ناخالصیهای موجود در آن طبقه‌بندی می‌شود. نوع خاصی از آن، زغالسنگ بیتومینه یا ساپروپل و به عبارتی زغال سنگ قیردار (*) است. زغالسنگها حاصل بخشی از یک چرخه رسوبی هستند که به نام سیکلوتم شناخته می‌شود و اساساً پدیده‌ای است که بعد از دونین مشاهده شده است. زغالسنگهایی که در دونین بوجود آمده‌اند نادراند و اهمیت چندانی ندارند.

منشاء زغالسنگ

از مدتها پیش مشخص شده است که منشاء زغالسنگها انباشته‌های تورب تشکیل شده در باتلاقها و مردابهای قدیمی می‌باشند که در مناطق جغرافیایی گوناگونی از جمله دلتاها، لاگونها و مصب رودخانه‌ها[3] بوجود می‌آیند (و انسلس و همکاران ۱۹۶۹). بعضی از زغالسنگهای قدیمی از توربهای انباشته شده در دشتهای دلتایی[4] بوجود آمده‌اند. در این مورد می‌توان چرخه‌های رسوبی مکرر (سیکلوتمهای) زغالسنگ را با توالی مکرر نهشته‌های دلتایی جدید، در زیر دشت ساحلی[5] مثلاً لوئیزیانای ایالات متحده امریکا، مقایسه کرد. در حال حاضر محلهای اصلی انباشته شدن تورب، باتلاقها و مردابها می‌باشند (شکل ۱). نهشته‌های مهم تورب از گیاهان موجود در مردابهای آب شیرین تا شور و باتلاقهای دامنه خاکریزها،[6] واقع در حوضه بین رود شاخه‌های ساحلی،[7] و همچنین از گیاهان باتلاقهای درختان سرو و صمغ‌دار[8] در حوضه‌های سیلابی پسهنارور، در قسمت داخلی دشت دلتایی می‌سی‌سی‌پی بوجود آمده‌اند (فرازیرواسانیک ۱۹۶۹). تورب باتلاقهای درختان سرو و صمغ‌دار، ضخیمترین توربها هستند زیرا محیط انباشته شدن آنها از ثبات بیشتری برخوردار است. بجز تعداد اندکی از این نهشته‌های توربی که به صورت محلی از خرده‌های تخریبی تورب بوجود آمده‌اند، کلیه انباشته‌های تورب بر جا هستند. در صورتی که توربهای تشکیل شده در محیطهای مردابی شناور[9] از گونه انباشته‌های نابرجا می‌باشند. این توربها ممکن است بر روی یک لایه رس تحتانی[10] فاقد ریشه گیاهان قرار بگیرند.

در یک توالی دلتایی، توربهای بین شاخه‌ای[11] در رخساره دشت دلتایی قرار می‌گیرند (شکل ۱)، هر توالی دلتایی تشکیل شده است از رخساره قاعده‌ای انتهایی دلتا[12] که در زیر رخساره جلویی دلتا[13] و رخساره دشت دلتایی قرار می‌گیرد. این رخساره‌ها در سمت



شکل ۱ ــ (الف) ارتباط رخساره‌ای بین سکانسهای مکرر ساحلی و توالی درون خشکی در یک مجموعه دلتایی نمونه (فرازیرواسانیک ۱۹۶۹) (ب) توالی شماتیکی زغالسنگهای کربونیفر انگلستان در سیکلوتم نوع پوردال (وستول ۱۹۶۸). (ث) توالی‌های مکرر دلتایی در سریهای کربونیفر پوردال در شمال انگلستان (فرازیرواسانیک ۱۹۶۹).

دریا به طور ناهمشیب[۱۴] در زیر نهشته‌های حاصل از پیشروی دریا[۱۵] قرار می‌گیرند. سکانسهای مکرر کامل در زیر منطقه ساحلی دشت دلتایی یافت می‌شوند. این گونه توالی یا سیکلوتمها در واقع نشانه‌ای هستند برای تشخیص بعضی محیطهای رسوبگذاری و ارتباط بین رخساره‌های درون توالی زغالسنگ ادوار گذشته زمین‌شناسی.

چینه‌بندی عمومی سیکلوتمهای زغالسنگ کربونیفر را می‌توان در توالی جدید واحدهای رسوبی که در زیر باتلاقهای ساحلی درختان کرنا[۱۶] در جنوب غربی فلوریدا قرار دارند تشخیص داد (اسکول ۱۹۶۹). تصور می‌شد قسمتی از این سیکلوتمها در محیط دلتایی تشکیل شده باشند در صورتی که تاکنون دلتایی در جنوب غربی فلوریدا مشاهده نشده است و اعظم رسوبات پارالیک (**) از منابع ساحلی اشتقاق یافته‌اند. در نتیجه، سیکلوتمهای فلوریدا باید به علت بالا آمدن نسبی سطح دریا در سر تا سر پلاتفرم پست ساحلی بوجود آمده باشند. این کیفیت موجب تقویت جنگلها و باتلاقهای آب شیرین کناره‌ای گردیده که تورب در آنجا نهشته شده است. لذا می‌توان نتیجه گرفت که تشکیل بعضی سیکلوتمها در محیط باتلاقی تقریباً همزمان با بالا رفتن نسبی سطح دریا انجام گرفته است و بخشهای زغالسنگی موجود در این سیکلوتمها را می‌توان تا اندازه‌ای یک واحد حاصل از پیشروی دریا دانست.

مطالعاتی که در مورد پراکندگی و ویژگی زغالسنگهای دوره پنسیلوانین در شرق و مرکز ایالات متحده آمریکا صورت گرفته (وانلس و همکاران ۱۹۶۹) حاکی از آن است که انباشته شدن زغالسنگها در چند الگوی محیطی صورت گرفته است از جمله: مسدود شدن یک سیستم دلتایی گسترده (مثلاً در ایلینویز)، کانالهای پر نشده رودخانه‌های آبرفت‌گذار[۱۷] (مثلاً در ایلینویز غربی) یا کانالهای شاخه شاخه پر نشده دلتا (مثلاً در ایلینویز) معمولاً لایه‌های نازکتر زغالسنگ دور از کانالهای پر نشده تشکیل می‌شوند، انباشت در مصب رودخانه قبل از مدفون شدن آن (مثلاً در ایلینویز)، رسوبگذاری در امتداد یک نوار باریک ساحلی ــ این رسوبگذاری قابل مقایسه با رسوبگذاری در مردابهایی است که امروزه در ساحل آتلانتیک قرار دارند (برای مثال در میسوری و کانزاس)، انباشت محلی در لاگونی که پشت یک سد دور از کرانه‌ای[۱۸] قرار دارد (مثلاً اوهایوی جنوبی)، انباشت در یک ماندر جدا شده[۱۹] از رودخانه ــ در این گونه انباشت لایه‌های زغالسنگ توسط رسوبات آواری از یکدیگر جدا می‌شوند لیکن در زیر آنها لایه رس وجود ندارد (نمونه آن در ایلینویز غربی مشاهده می‌شود)، دشتی که در پی عقب‌نشینی[۲۰] سریع دریا در سطح زمین پدیدار شده باشد (مثلاً در میسوری و آیوا)، و یک دشت مسطح رسوبگذاری که در نتیجه مدفون شدن ناهمواریهای توپوگرافیک قبل از پنسیلوانین، تشکیل شده است (مثلاً در ایلینویز).

زغالسنگهایی که بر روی دشتهای دلتایی یا دشتهای سیلابی[۲۱] تشکیل شده‌اند توسط خاکریزهای طبیعی[۲۲] از کانالهای رودخانه یا دلتا جدا می‌شوند. در جنوب شرقی ایلینویز چنین حالتی مشاهده می‌شود (وانلس و همکاران ۱۹۶۹). در جائی که کانال رودخانه[۲۳] یا دلتا پر شده باشد چون شیلها در قسمتهای دور از کانال تراکم بیشتری دارند زغالسنگ ممکن است در بالای ماسه سنگ نهشته شده در کانال نازک شده یا به کلی ناپدید شود.

معمولاً در زیر لایه‌های زغالسنگ پنسیلوانین ایالات متحده آمریکا چینه‌هائی قرار دارند که در آنها آثار ریشه گیاهی (بعضاً زغالی شده) کم و بیش فراوان می‌باشد. به این چینه‌ها عموماً «رسهای تحتانی» اتلاق می‌شود. «خاک زیرین[۲۴]» به لایه رس تحتانی گفته می‌شود که گیاهان مستقیماً در آن ریشه داشته‌اند. بین ضخامت لایه‌های زغالسنگ و خاکهای زیرین همجوار آنها هیچگونه ارتباطی وجود ندارد. نوعی رس تحتانی که از نظر کائولینیت غنی باشد و از لحاظ تجاری بتواند به جای خاک نسوز[۲۵] استفاده شود اصطلاحاً «رس نسوز»[۲۶] نامیده می‌شود.

رسوبات رس تحتانی معمولاً آرژیلیتی هستند لیکن نمونه‌های ماسه سنگی یا سنگ آهک آن نیز شناخته شده‌اند. اگر آثار گیاهی در رس تحتانی یافت نشود می‌توان نتیجه گرفت که مواد گیاهی احتمالاً از محل دیگری منتقل شده‌اند و لایه زغالسنگی را که مستقیماً بالای آن قرار گرفته بوجود آورده‌اند.

رسهای تحتانی دارای ویژگیهای زیر می‌باشند (وانلس و همکاران ۱۹۶۹): فقدان لامیناسیون شیلی، آثار ریشه،[۲۷] آینه گسل،[۲۸] قرار گرفتن یک بخش غیرآهکی بر روی یک لایه رس آهکی، یک بخش تیره رنگ شبیه به قسمت هوموسی خاک و بالاخره مقادیر زیادی کائولینت یا ایلیت. این مشخصات حاکی از آن است که رسهای تحتانی به مثابه خاک برای رشد گیاهان عمل کرده‌اند. با این وجود کانی‌شناسی تفصیلی رس و محتوی بیولوژیک و میکروبیولوژیک رسهای تحتانی مجموعاً بیانگر انباشته شدن آنها در یک شرایط قاعده‌ای یا تقریباً قاعده‌ای است (ل. ر. مور ۱۹۶۸). لذا رسهای تحتانی ممکن است خاک محسوب نشوند. ویژگیهای شیمیائی آنها اولیه بوده و در نتیجه هوازدگی پس از رسوبگذاری حاصل نشده است. وانلس و همکارانش در ۱۹۶۹ منشأ رسهای تحتانی را به این

نحو خلاصه کردند: این رسوبات در یک محیط آبرفتی، یا در بخشهای مجاور دلتا نهشته شده‌اند که در هر دو مورد غنی از کائولینیت هستند، یا قبل از پسروی دریا و تشکیل زغالسنگ در قسمتهای دور از دلتا، لاگون، مصب رودخانه یا دریای کم عمق نهشته شده‌اند. این گونه رسهای تحتانی احتمالاً غنی از ایلیت می‌باشند. تحت شرایط مرطوب باتلاقی رسهای تحتانی برای گیاهانی که در آنها ریشه داشته‌اند به مثابه خاک عمل کرده‌اند. با این وجود، مشخصات خاکهای مناطق مرتفع را نشان نمی‌دهند. رسهای تحتانی هیچگاه تا حد مناسبی بالاتر از سطح ایستابی آبهای زیرزمینی قرار نگرفته‌اند، لذا فروسونی شیمیائی[30] بطور مطلوب در آنجا انجام نشده است.

سریهای یوردال با سن ویزین فوقانی ــ نامورین تحتانی در شمال انگلستان به عنوان سیکلوتم نمونه[31] تشخیص داده شده‌اند (وستول ۱۹۶۸) این سیکلوتم با تکرار توالی متشکل از سنگ آهک، شیل، ماسه‌سنگ، خاک زیرین و زغالسنگ، از پائین به بالا، مشخص می‌شود (شکل ۱). اجزای آواری موجود در این سیکلوتم به طرف جنوب، به سمت دریای آزاد، از بین می‌روند و در مقابل به طرف شمال یعنی به سمت خشکی موجود در نهان رسوبگذاری، سنگ آهک خود را از دست می‌دهد. سیکلوتمهای کمربند زغالسنگ[32] نشاندهنده پیشرویهای[33] سریع دریا بر روی نواحی دلتائی، از سمت خط جدید ساحلی[34] و قسمت انتهائی دلتا هستند. قسمتهای جلوئی و بالائی دلتا[35] تا هنگام پیشروی بعدی دریا به تدریج از خشکی دور می‌شوند (وستول ۱۹۶۸).

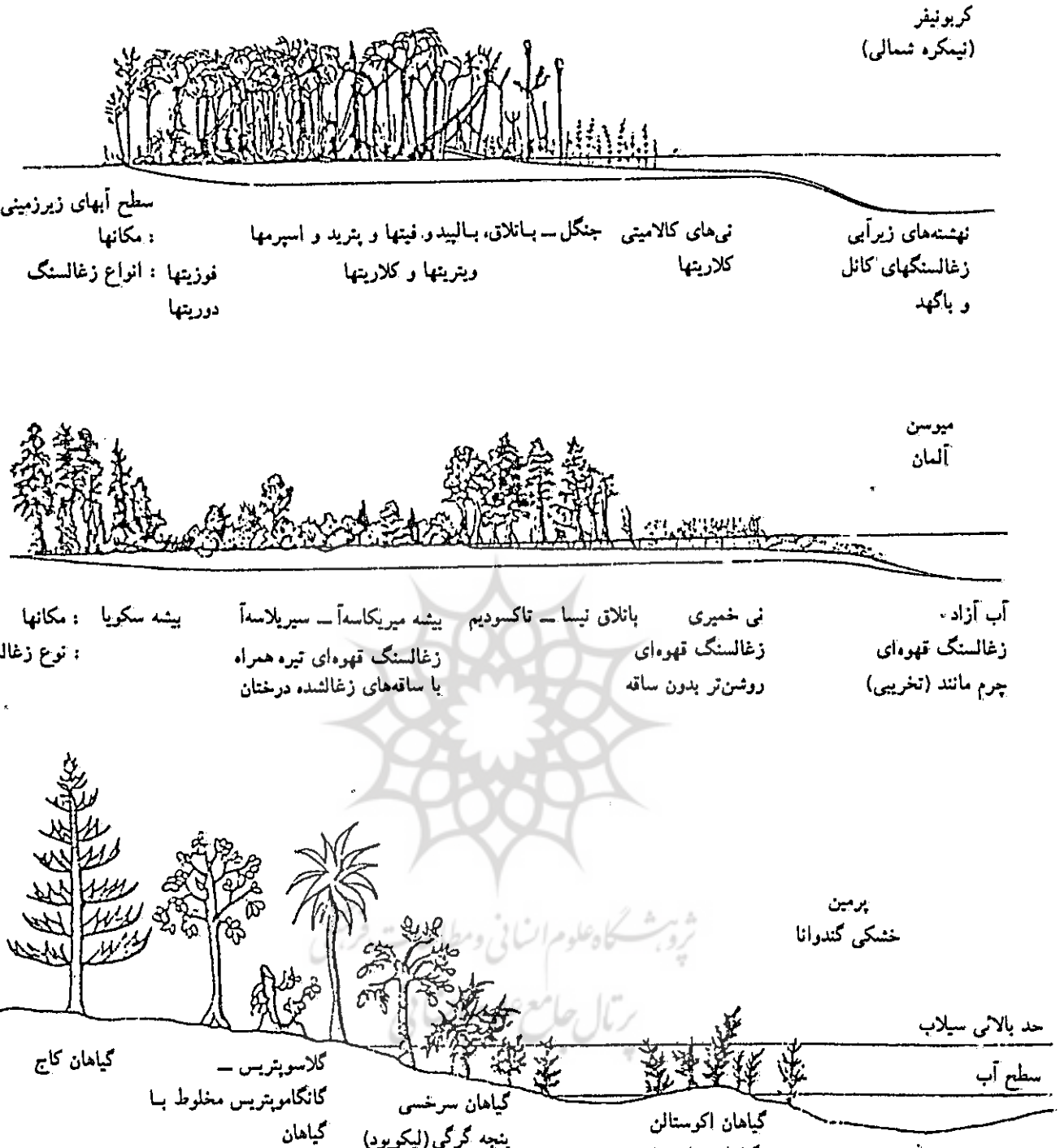
محیط تکتونیکی[36] حوضه‌های زغالسنگ

بر مبنای یک تجدیدنظر عمومی در مورد محیط تکتونیکی دلتاهای عمده (آدلی ــ چارلز و همکاران ۱۹۷۷) به نظر می‌رسد دلتاهائی که در حواشی قاره‌ای[37] پایدار و غیرفعال (از نظر ایجاد ریفت) تشکیل شده‌اند محتمل‌ترین مکان برای تشکیل نهشته‌های زغالسنگ نوع پارالیک می‌باشند. دلتاهای فعلی رودخانه‌های نیجر، آمازون و می‌سی‌سی‌پی نمونه‌های بسیار خوبی از این گونه دلتاها هستند. زغالسنگهای کربونیفر شمال غرب اروپا در مناطق کم عمق ساحل دریا تشکیل شده‌اند و نمونه بسیار خوبی از حوضه‌های پارالیک زغالسنگ هستند (ماکووسکی ۱۹۶۸). اکثر زغالسنگهای پنسیلوانین امریکای شمالی نیز در محیطهای پارالیک نهشته شده‌اند (وانلس و همکاران ۱۹۶۹). رودخانه‌هائی که سبب بوجود آمدن حوضه‌های پارالیک زغالسنگ شده‌اند، ازکراتونهای[38] (****) پایدار به سمت دریا جریان داشته‌اند و تحول از پوسته قاره‌ای به پوسته اقیانوسی توسط فعالیت تکتونیکی انجام نشده بلکه به وسیله رسوبگذاری در میوژئو سینکلینال مشخص می‌شود. از نمونه‌های مشابه می‌توان دریاهای حاشیه‌ای کوچکتر مرزی را در آسیای جنوب شرقی مثلاً در سوماترا و بورنئو نام برد (بملن ۱۹۷۰).

مناطق میان کراتونیک[39] نیز محلهای مناسبی برای تشکیل دلتای رودخانه‌ها هستند (آدلی ــ چارلز و همکاران ۱۹۷۷). نمونه فعلی این روخانه‌ها راین می‌باشد. این گونه رودخانه‌ها کلاً بر روی پوسته کراتونیک قاره‌ای بوجود می‌آیند و مسیر آنها توسط گسل‌خوردگی و تشکیل گراین کنترل می‌شود. دریاچه‌های آب شیرین[40] نیز ممکن است در مناطق میان کراتونیک بوجود آیند. ساختمان پایدار زمین در زیر این مناطق موجب می‌شود پیکره این گونه حوضه‌ها حفظ شده و تقریباً بدون تغییر شکل[41] باقی بماند. رودخانه‌هائی که از دریاچه‌های آب شیرین سرچشمه می‌گیرند و در پوسته کراتونیک می‌ریزند، حوضه‌های لیمنیک (****) را بوجود می‌آورند. چندین نمونه جوان از این حوضه‌های لیمنیک زغالدار وجود دارد. برای مثال استافر (۱۹۷۳). حوضه‌های زغال لیگنیت را در شبه‌جزیره مالاکا مورد بررسی قرار داد. به نظر می‌رسد مکانیزمهای کنترل کننده گسلی[42] موجب شده‌اند محل این حوضه‌های آب شیرین بر روی پوسته قاره‌ای کراتونیزه واقع شود. بعلاوه، در نتیجه این کنترل گسلی دریاچه‌های باتلاقی بزرگی در حال حاضر در شبه جزیره مالاکا در درون خشکی تشکیل شده‌اند. تمام زغالسنگهای پرمین آفریقای جنوبی در دریاچه‌های آب شیرین (حوضه‌های لیمنیک) تشکیل شده‌اند (فالکون ۱۹۷۷، ۱۹۷۸). این زغالسنگها را می‌توان با زغالسنگهای حوزه مسکو مقایسه کرد. این حوزه[43] نیز یک حوضه قاره‌ای است که در یک منطقه کراتونیک تشکیل شده است (ماکووسکی ۱۹۶۸). تشکیل زغالسنگهای پرمین در خشکی گندوانا (قبل از قطعه قطعه شدن آن) در حوضه‌های لیمنیکی که بر روی پوسته کراتونیک آفریقای جنوبی، استرالیا، هندوستان، قطب جنوب و آمریکای جنوبی بوجود آمده بودند، آغاز شده است.

شرایط آب و هوائی و تشکیل زغالسنگ

شرایط آب و هوائی مطلوب (نه اساسی) برای تشکیل زغالسنگها آب و هوای حاره‌ای است (شکل ۲). حوضه‌های پارالیک زغالسنگ کربونیفر تا حوالی اقیانوس اروپای میانه، که احتمالاً در آنزمان به دریای تیتس مرتبط بوده است، گسترش داشت. در طی مدت



شکل ۲ ــ نمایش شماتیکی تنوع گیاهان در ارتباط با حوضه رسوبگذاری، برای زغالسنگهای کربونیفر، پرمین و ترشیاری (تیشمولر و تیشمولر ۱۹۶۸ و فالکن ۱۹۷۸).

زمان تشکیل زغالسنگ در اروپا و امریکای شمالی عرض جغرافیائی، گستره‌ای[۴۴] از استوا تا ۲۰ درجه جنوب را در بر می‌گرفت (کپی ۱۹۷۷).

زغالسنگهای قهوه‌ای میوسن آلمان نیز در ابتدا تحت شرایط تقریباً حاره‌ای تشکیل شدند، هرچند با گذشت زمان شرایط معتدلتر شده است. عرض جغرافیائی قدیمی در طی مدت زمان تشکیل زغالسنگ از ۳۸ به ۴۵ درجه شمالی افزایش یافت (ا. ج. اسمیت و بریدن ۱۹۷۷). در الیگوسن فوقانی و میوسن تحتانی دریای شمال، آلمان را فرا گرفت (تیشمولر و تیشمولر ۱۹۶۸)، اما وجود یک سد ماسه‌ای طویل مانع از فرو رفتن باتلاقهای ساحلی به زیر آب دریا شد. بعلاوه، انباشت تورب هماهنگ با فرونشست حوضه صورت گرفت و لذا مانع ورود آب دریا به درون حوضه زغالسنگ شد.

در مقابل، تشکیل زغالسنگ پرمین در خشکی گندوانا در پی دوره یخچالی کربونیفر صورت گرفت (شکل ۲). با ذوب توده کلاهک یخی، زغالسنگها در توریزارهای لیمنیک نیمه قطبی تشکیل شدند[۴۵] (ت. ف. س. هال ۱۹۵۰). در طی دوره تشکیل زغالسنگ، عرضهای جغرافیائی قدیمی از ۵۰ به ۷۰ درجه جنوب تغییر یافتند (کپی ۱۹۷۷).

زغالسنگهای ساپروپل

زغالسنگهای کانل وباگهد گروه زغالسنگهای ساپروپل را تشکیل می‌دهند و اساساً از فرآورده‌های حاصل از تجزیه بیولوژیکی و فیزیکی در توربزارهای همزمان خود بوجود آمده‌اند (ل. ر. مور ۱۹۶۸). این توده نابرجا همراه است با مواد برجائی از نوع جلبکهای سطح زی بانضمام هاگهای حمل شده در آب یا باد. این اجزا ممکن است به مقادیر متفاوتی در زغالسنگ وجود داشته باشند و درنتیجه مشخصه خود را به آن بدهند، برای مثال کانل جلبکی و کانل گرده‌ای. مقدار زیادی از ماده آلی تحت هجوم قارچها قرار می‌گیرد و سنگهائی که از این مواد بوجود می‌آیند ازنظر ترکیب شیمیائی، نحوه بوجود آمدن و اجزای متشکله، محتوی دورینی (******) زغالسنگها را می‌سازند.

یک زغالسنگ کانل نمونه، از فرآورده‌های حاصل از تجزیه تورب تشکیل می‌شود. این فراورده‌ها در کف دریاچه‌ای کم‌عمق به صورت لجن آلی رویهم انباشته می‌شوند (ل. ر. مور ۱۹۶۸). محیط تشکیل این زغالسنگ محیطی است که در آن بر روی یک لایه قاعده‌ای تورب، دریاچه‌های کم عمق وسیعی ایجاد شده که گیاهان آنها را احاطه کرده‌اند.

زغالسنگهای باگهد از نوع زغالسنگهای جلبکی می‌باشند. در این نوع، کل توده زغالسنگ از مواد جلبکی بوجود آمده است. این زغالسنگها ممکن است یا در حوضه‌های کوچک کم عمقی که میزان ورود آب به آنها اندک است تشکیل شده باشند یا در مرکز حوضه‌های بزرگتری که حمل ماده آلی به درون آنها محدود باشد (ل. ر. مور ۱۹۶۸).

یک نمونه معروف زغالسنگ باگهد، توربانیت[۴۷] در اسکاتلند می‌باشد. نام این زغالسنگ از تپه توربان در لین لیتگو، محل پیدایش آن گرفته شده است.

پترولوژی زغالسنگ

زغالسنگها بر دو نوع عمده می‌باشند (فالکون ۱۹۷۸): زغالسنگهای متراکم مات و فاقد نواربندی، اینها معمولاً نابرجا (مواد متشکله آنها از محل دیگری به حوضه حمل شده است) یا ساپروپل (تشکیل شده در آبهای عمیق) می‌باشند. نوع دوم، زغالسنگهای نواری که دارای لایه‌های نازک با شفافیت متفاوت به حالت متناوب می‌باشند، اینها معمولاً زغالسنگهای هیومیک برجا هستند و لایه‌هایشان نشاندهنده لیتوتیپهای[۴۸] متفاوت می‌باشد.

اصطلاح «ماسرال»[۴۹] بر اجزای آلی اصلی تشکیل دهنده زغالسنگ دلالت دارد. این اجزا در زیر میکروسکوپ قابل تشخیص می‌باشند.

ماسرالها به سه گروه اصلی تقسیم می‌شوند (اشتاخ ۱۹۶۸): ویترینیت،[۵۰] اکزنیت[۵۱] و ایزتینیت.[۵۲] این گروههای ماسرالی در مقطع صیقل داده شده در زیر روغن و تحت نور انعکاسی میکروسکوپ مورد بررسی قرار می‌گیرند. در زیر میکروسکوپ رنگ ویترینیت از خاکستری تیره تا روشن متغیر است و در اغلب موارد آثاری از ساختمانهای گیاهی در آن مشاهده می‌شود. اگزینیت رنگ تیره‌تری دارد و از هاگها، کوتیکولها و رزینها تشکیل شده است. ایزتینیت دارای بالاترین میزان انعکاس نور در ماسرالها می‌باشد و اغلب از طریق وجود ساختمان سلولی در آن تشخیص داده می‌شود. سختی ایزتینیت بیش از سایر ماسرالهاست و بهمین علت رلیف بالائی را در زیر میکروسکوپ نشان می‌دهد. ویترینیتها، ازنظر مقدار مهمترین ماسرالها هستند و نوارهای سیاه براق را در زغالسنگ تشکیل می‌دهند. لیکن ازنظر اقتصادی اگزینیتها مهمترین ماسرالها بشمار می‌آیند. در فرآیندهای کک سازی[۵۳] و کربونیزاسیون دما پایین، اگزینیتها با ارزشترین جزء قطران[۵۴] هستند (اشتاخ ۱۹۶۸). از سه

گروه ماسرال مورد بحث، ویترینیتها از نظر اکسیژن، اگزینیتها از هیدروژن و ایزتینیتها از کربن نسبتاً غنی می‌باشند.

ریز لایه‌های[55] یا نوارهای زغالسنگ از ماسرالها تشکیل شده‌اند و برحسب مقیاس به نام لیتوتیپ یا میکرولیتوتیپ شناخته می‌شوند. لیتوتیپها برمبنای مشخصاتی که نمونه دستی آنها نشان می‌دهد، نامگذاری می‌شوند. انواع لیتوتیپها عبارتند از: ویترن،[56] که به صورت نوارهای سیاه درخشان مشاهده می‌شود، کلارن[57] که به صورت نوارهای تیغه‌ای درخشان و مات می‌باشد، فوزن[58]، معمولاً توده‌ای و مات است و دورن[59]، که به صورت قطعات شبیه به زغال چوب دیده می‌شود.

علاوه بر ماسرالها، مینرالهای سین ژنتیک و همچنین اپی ژنتیک به صورت ناخالصی در زغالسنگها وجود دارند. مینرالهای سین ژنتیک یا در حوضه رسوبگذاری نهشته شده‌اند، یا در حوضه‌ای که تورب درحال تشکیل بوده است متبلور شده‌اند. این مینرالها شامل: مینرالهای رسی، کوارتز، سیدریت، کلسیت، پیریت، مارکازیت، لیمونیت و هماتیت هستند. مینرالهای اپی ژنتیک بعد از تشکیل زغالسنگ در طول درزه‌ها و شکافها بوجود آمده‌اند. این مینرالها شامل کلسیت، پیریت، گالن و کلسدونی می‌باشند.

زغالشدگی[60]

فرآیند دیاژنز و دگرگونی را در زغالسنگ «زغالشدگی» می‌گویند که در طی آن تورب به زغالسنگهای قهوه‌ای و مراحل متفاوت، زغالسنگهای بیتومینه و در نهایت به آنتراسیت تبدیل شده و سوختهای زغالسنگی را بوجود می‌آورد (جدول ۱) انواع زغالسنگ به درجه زغالشدگی یا دگرگونی زغال، اتلاق می‌گردد. با بالا رفتن درجه زغالشدگی میزان کربن نسبت به مواد فرار و رُطوبت افزایش می‌یابد. تیشمولر (۱۹۶۸) و فالکن (۱۹۷۸) این موضوع را مورد بررسی قرار داده و نتیجه گرفتند که ازدیاد عمق تدفین همراه با ازدیاد دما، فرآیند زغالشدگی را افزایش می‌دهد و مجاورت توده‌های نفوذی آذرینی این فرآیند را تسریع می‌کند.

در اولین مراحل زغالشدگی که «توربی شدن»[61] نامیده می‌شود، فرآیندهای بیولوژیکی ــ باکتریائی نقش مهمی بازی می‌کنند، درصورتی که در رتبه‌های بالاتر، تغییرات حاصل عمدتاً از نوع شیمیائی و فیزیکی می‌باشند. معمولاً درجه زغالشدگی به وسیله پارامترهای شیمیائی اندازه‌گیری می‌شود. این پارامترها در جدول شماره ۱ نشان داده شده‌اند. برای ترسیم این تغییرات به صورت دیاگرامهای ساده، از نمودار سلر[62] استفاده می‌شود. این نمودار مختصات، مستطیلی است که در آن درصد جرمی هیدروژن را در مقابل درصد جرمی کربن در شرایط DAF (نمونه خشک و فاقد خاکستر)[63] نشان می‌دهد (باتاردو اوانس ۱۹۷۹). اکسیژن تنها جزء عمده دیگری است که به مقدار قابل توجه در زغالسنگ وجود دارد. با قرار دادن یک صفحه بر روی دیاگرام کربن ـ هیدروژن، درصد اکسیژن را نیز می‌توان نشان داد. (شکل شماره ۳). در این نمودار روند زغالشدگی، از زغالسنگ قهوه‌ای تا آنتراسیت با ازدیاد میزان کربن از ۷۰ به ۹۵ درصد کاهش هیدروژن از ۵ به ۳ درصد و کاهش اکسیژن از ۲۰ به تقریباً ۳ درصد مشخص می‌شود (جدول شماره ۱). روش دیگری که برای ترسیم مسیرهای تکامل شیمیائی زغالسنگ وجود دارد، استفاده از دیاگرام سه‌تائی کربن ـ هیدروژن ـ اکسیژن است (باتاردو اوانس ۱۹۷۹).

انواع زغالسنگ را به وسیله انعکاس[64] (Ro) ویترینیت جدا شده از زغالسنگ می‌توان تعیین کرد. ویترینیت را صیقل داده و در زیر روغن ایمرسیون در یک میکروسکوپ انعکاسی مورد مطالعه قرار می‌دهند. مقیاس آن در جدول شماره ۱ داده شده است. این مقیاس همانند مقیاس استفاده شده در ارزیابی سنگهای منشأ نفت می‌باشد. دلیل انتخاب ویترینیت برای تعیین انواع زغال سنگ آن است که ویترینیت مشخص‌ترین و همگن‌ترین ماسرال زغالسنگ است. البته ویترینیتها تماماً همگن نیستند و مطالعه Ro باید بطور آماری و برمبنای تعداد زیادی اندازه‌گیری انجام شود (تیمشولروتیشمولر ۱۹۶۸).

عوامل مؤثر در انواع زغالسنگ

برمبنای قانون هیلت[65] (۱۸۷۳) انواع زغالسنگ یا ازدیاد عمق (که با ازدیاد دما همراه است) افزایش می‌یابد. با این وجود دما در قسمتهای کم عمق نیز در نتیجه مجاورت با یک توده نفوذی آذرینی افزایش می‌یابد. بنابراین در اعماق کم در مجاورت توده نفوذی، بطور غیرعادی آنتراسیتی شدن[66] می‌تواند رخ دهد. در زغالشدگی نیز مانند فرآیند بالغ شدن نفت[67] گرادیان ژئوترمال و زمان عوامل مهمی بحساب می‌آیند. انواع زغالسنگ کم و بیش به طور ثابت با عمق افزایش می‌یابد و بستگی به ترکیب زغالسنگها ندارد. لذا با تکیه به چنین مشخصه‌ای، هر حالت غیرعادی در نوع زغالسنگ را باید ناشی از فعالیتهای تکتونیکی یا ماگماتیکی دانست.

با افزایش دگرگونی زغالسنگ، سلولهای چوبی موجود در زغالسنگهای قهوه‌ای همگن و متراکم شده ویترینیت همگن را در

جدول شماره ۱ ــ هم‌ارزی پارامترهای متفاوت انواع زغالسنگ در طی فرآیند زغالشدگی

ویژگیهای میکروسکوپی مهم	درصد انعکاس ویترینیت زیر روغن ایمرسیون	ارزش حرارتی ویترینیت (daf) (kjg^{-1})	درصد رطوبت برجا	درصد مواد فرار ویترینیت (در شرایط daf)	درصد کربن ویترینیت (در شرایط daf)	طبقه‌بندی ASTM زغالسنگها (تجارتی)	انواع زغالسنگ (ازنظر علمی)
وجود سلولز آزاد، اجزای مواد گیاهی اولیه اغلب قابل تشخیص هستند، حفره‌های درشت			۷۵		۶۰		تورب
فقدان سلولز آزاد، ساختمان گیاهی هنوز قابل تشخیص می‌باشد، حفره‌های سلولی اغلب خالی هستند	c. ۰/۳	۱۷	۳۵	c. ۵۳		زغالسنگ قهوه‌ای	زغالسنگ قهوه‌ای نرم
ژلیفیکاسیون و تراکم محسوسی روی می‌دهد، ویترینیت تشکیل شده است	c. ۰/۵	۲۳	۲۵	c. ۴۹	c. ۷۱	زغالسنگ سلب بیتومینه	زغالسنگ قهوه‌ای سخت مات شفاف
وجود اکزینیت انعکاس پایین، انعکاس در اگزینیت بطور محسوسی بالاتر می‌رود (پرش در زغالشدگی)		۲۹	۸/۱	c. ۴۲	c. ۷۷		زغالسنگ سخت بیتومینه رتبه پائین
اکزینیتها دیگر از ویترینیتها قابل تشخیص نیستند	۱/۱	۳۶		۲۹	۸۷	زغالسنگ بیتومینه با مواد فرار متوسط زغالسنگ بیتومینه با مواد فرار پایین	رتبه بالا
ناهمسانگردی انعکاس	۲/۵	۳۶		۸	۹۱	آنتراسیت متاآنتراسیت	آنتراسیت

daf = خشک و بدون خاکستر، kjg^{-1} = ژول × 10^3 در هر گرم، c. = سیرکا

زغالسنگهای بیتومینه بوجود می‌آورند. به این فرآیند همگن شدن «ژلیفیکاسیون»[۶۸] اتلاق می‌شود. در طی این فرآیند، زغالسنگهای نرم و مات قهوه‌ای به زغالسنگهای براق سیاه و سخت ساب بیتومینه و در نهایت به زغالسنگ براق و واقعی بیتومینه تبدیل می‌شوند.

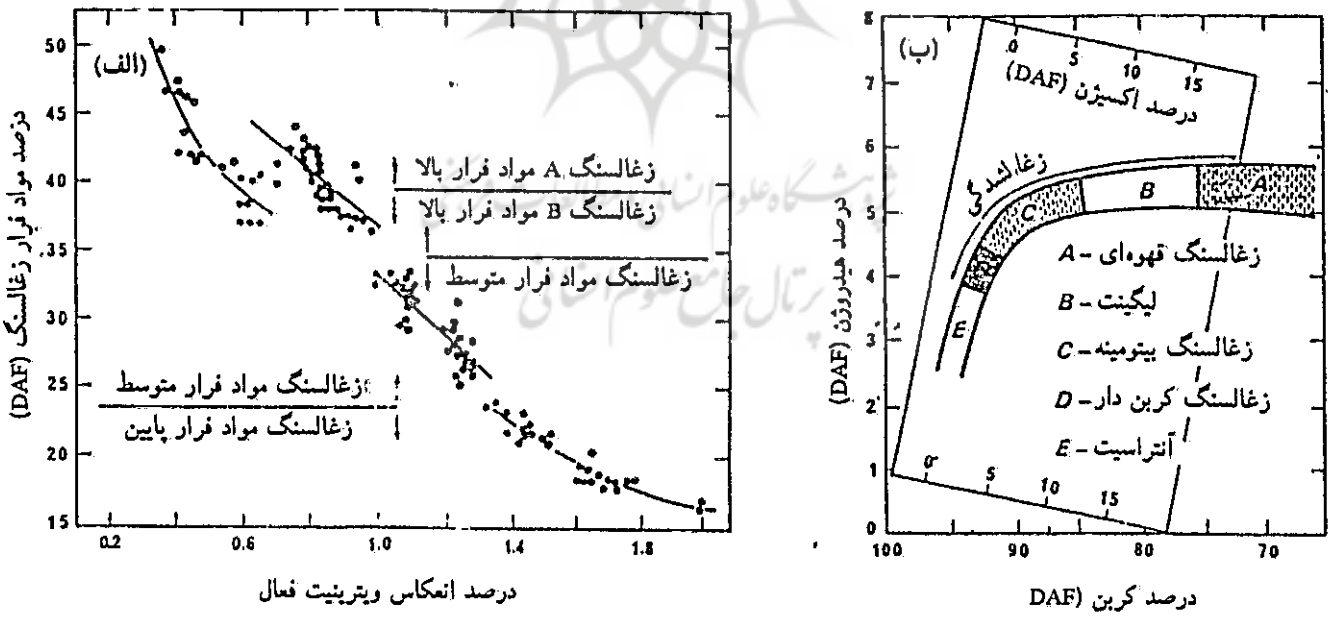
با افزایش فشار طبقات فوقانی[۶۹]، آب موجود در زغالسنگ بیرون رانده می‌شود به طوری که یکی از خصوصیات بارز افزایش دگرگونی زغالسنگ، کاهش میزان رطوبت در طی مراحل اولیه زغالشدگی می‌باشد. این کیفیت با مرحله تحول لیگنیت به زغالسنگ ساب بیتومینه منطبق می‌باشد.

اگر چه تحول لیگنیت به زغالسنگ ساب بیتومینه تدریجی می‌باشد با این وجود، مرز مشخصی بین زغالسنگ بیتومینه مواد فرار بالا و مواد فرار متوسط، در جائی که میزان کربن تقریباً ۸۷ درصد و میزان مواد فرار ۲۹ درصد است (در نمونه خشک و فاقد خاکستر)، وجود دارد.

انفصالهائی[۷۰] که در سریهای دگرگونی زغالسنگ وجود دارند از طریق ترسیم میانگین انعکاس (Ro) و ترینیت، برحسب درصد، در مقابل درصد میزان ماده فرار (در نمونه خشک و فاقد خاکستر) نمایش داده شده‌اند (شکل شماره ۳). خطوط به وسیله انفصالهای مشخصی از یکدیگر جدا می‌شوند. این انفصالها در انعکاسهای تقریباً ۰/۷ درصد، ۱۰ درصد و ۱/۳۵ درصد رخ می‌دهند و بر مرزهائی که سیستم ASTM (انجمن امریکائی آزمون مواد)[۷۱] بین سطوح مختلف مواد فرار در زغالسنگها معین کرده است، منطبق می‌باشند.

روش تفرق اشعه ایکس[۷۲] نشان داده است که وجود ساختمان گرافیت مانند مرحله آنتراسیت، آن را از دیگر مراحل متمایز می‌کند. در این مرحله انعکاس ویترینیت به شدت ناهمسانگرد[۷۳] شده و در نتیجه اندازه‌گیری آن مشکل می‌شود.

هنگامی که زغالسنگها به علت مدفون شدن در اعماق، تغییر شکل تکتونیکی شدید، یا گرم شدن به وسیله توده‌های نفوذی آذرینی به انواع بالای زغالسنگ برسند، مقدار قابل ملاحظه‌ای از گاز خود را آزاد می‌کنند. لذا تقریباً تردیدی نیست که گاز یافت شده در ذخایر روتلی گندز (پرمین تحتانی ــ میانی) در جنوب حوضه دریای شمال از زغالسنگهای کربونیفر زیر آن تأمین می‌شود (امس، ۱۹۷۵).



شکل ۳ ــ (آ) نمودار سلر، روندهای زغالشدگی را از زغالسنگ قهوه‌ای تا آنتراسیت نشان می‌دهد (با تاردو اوانس ۱۹۷۹). (ب) رابطه منفصل بین انعکاس ویترینیت و میزان مواد فرار زغالسنگ (ر. ر. تامپسون و بندیکت ۱۹۷۴).

زیرنویسها :

۱ — Induration
۲ — Rank
۳ — Estuary
۴ — Delta - plain
۵ — Coastal plain
۶ — Levee
۷ — Coastal inter distributary basins
۸ — Cypress - gum swamp
۹ — Floating - marsh
۱۰ — Underclay
۱۱ — Inter distributary peat
۱۲ — Basal prodelta facies
۱۳ — Delta - front
۱۴ — Unconformable
۱۵ — Transgressive deposits
۱۶ — Mangrove
۱۷ — Alluvial stream
۱۸ — Off shore barrier
۱۹ — Cut - off meander
۲۰ — Regression
۲۱ — Flood plain
۲۲ — Natural levee
۲۳ — Fluviatile channel
۲۴ — Seatearth
۲۵ — Refractory clay
۲۶ — Fire clay
۲۷ — Root impression
۲۸ — Slickenside
۲۹ — Upland soil
۳۰ — Chemical leaching
۳۱ — Typical cyclothem
۳۲ — Coal - belt cyclothem
۳۳ — Transgression
۳۴ — New shoreline
۳۵ — Delta - top
۳۶ — Tectonic setting
۳۷ — Continetal margin
۳۸ — Stable cratons
۳۹ — Intracratonic
۴۰ — Fresh-water
۴۱ — Undeformed
۴۲ — Fault controlling mechanisms
۴۳ — Field
۴۴ — Range
۴۵ — Limnic sub-polar peat bogs
۴۶ — Peat swamp
۴۷ — Torbanite
۴۸ — Lithotype
۴۹ — Maceral
۵۰ — Vitrinite
۵۱ — Exinite
۵۳ — Inertinite
۵۴ — Coking
۵۵ — Tar
۵۶ — Microlayer
۵۷ — Vitrain
۵۸ — Clarain
۵۹ — Fusain
۶۰ — Durain
۶۱ — Coalification
۶۲ — Peatification
۶۳ — Seyler chart
۶۴ — Dry-ash free
۶۵ — Reflectivity
۶۶ — Hilts law
۶۷ — Anthracitigation
۶۸ — Oil maturation
۶۹ — Gelification
۷۰ — Overburden Pressure
۷۱ — Discontinuities
۷۲ — American Society for Testing Materials
۷۳ — X – ray diffrantion
۷۴ — Anisotropic

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

(*) زغالسنگ بی‌تومینه یا ساپروبل و یا زغالسنگ قیردار از تجزیه مواد سپیده‌ای، چربیها، جانداران پست و بقایای گیاهی در نبودن کامل اکسیژن در اعماق کاملاً آرام و بی‌تحرک آب پدید می‌آید.

(**) ساحلی، کناره‌ای، مجاور دریا

(***) لامیناسیون به لایه‌بندی رسوبی ظریف با ضخامت کمتر از یک سانتیمتر اطلاق می‌شود.

(****) بخش‌هائی از پوسته زمین که در برابر فشارهای تکتونیکی برخلاف ژئوسنکلینال‌ها فقط با ایجاد شکستگی‌ها عکس‌العمل نشان می‌دهند.

(*****) حوضه‌های دریاچه‌ای شیرین داخل قاره‌ای

(******) دورن یا دوریت به بخش‌های مانند زغال گفته می‌شود که دارنده بخش مهمّی از مواد فرّار است، در مقابل ویترن یا ویتریت که به نوارهای درخشنده زغال اطلاق می‌شود و گویای قابلیت کک شوندگی است.