(اصول مطالعه میکروفسیل‌های گیاهی)

نوشته :

عباس کیمیائی Ph. D.

دانشیار زمین شناسی دانشکده علوم - دانشگاه تهران

مقدمه

مطالعه میکروفسیلهای گیاهی را پالینولوژی (Palynology) نامند. اصطلاح پالینولوژی درسال ۱۹۴۴ توسط Williams & Hyde پیشنهاد شد. این اصطلاح از دو واژه یونانی پالونو (Paluno) یعنی افشاندن ولوژی (Logy) بمعنی علم گرفته شده و در اصطلاح علمی شامل تمام ذرات کوچکی است که بوسیله گیاهان باطراف پراکنده ومنتشرمیشوند.

عده‌ای از دانشمندان با درنظرگرفتن ارتباط این علم با دیرینه شناسی (پالئونتولوژی) آنرا پالئوپالینولوژی (Paleo - Palynology) یعنی مطالعه ذرات گیاهان ادوارگذشته نامیده‌اند. تشودی (Tschudy) انواع مختلف‌میکروفسیلهای گیاهی را پالینو مورف (Palynomorphs) نامیده است.عده‌ای مطالعه میکروفسیلهای گیاهی را در اصطلاح‌میکروپالئوبوتانی (Micropaleobotany) خلاصه نموده‌اند. پالینولوژیست‌های دوران چهارم اصلاح (Pollen analysis) را برای مطالعه پولن های باطلاقهای دوران چهارم بکار برده‌اند.

صرفنظر از این اصطلاحات که هریک در موارد بخصوصی از مطالعه میکروفسیلهای گیاهی بکار رفته‌اند، علم پالینولوژی باهدف فعلی یک علم تقریباً کامل و وسیعی است که بعلوم متعدد دیگری ارتباط دارد.

مطالعه میکروفسیلهای گیاهی هنگامیکه با اطلاعات دیگرزمین‌شناسی آمیخته شود ارزش و اهمیت فراوانی در تفسیر و تطابق رسوبات مختلف‌خواهد داشت.

انواع میکروفسیلهای گیاهی

بطور کلی میکروفسیلهای گیاهی را پالینو مورف (Palynomorph) نامند. این گروه شامل ذرات ذره‌بینی گیاهانی است که بصورت فسیل بجامانده و مطالعه آنها اطلاعاتی درباره گیاهان مزبور در اختیار ما میگذارد.

غشاهای کوتینی گیاهان پالینو مورفهای خوبی راتشکیل میدهند. این غشاها عبارت از لایه خارجی (Exine) دانه‌های گرده‌وهاك (Pollen and Spores)، لایه اپی درمی کوتیکول‌و ندرتاً ذرات کوتینی دیگری‌است که از بافت‌های مختلف گیاهان جدا شده‌اند.

پوشش دانه‌های گرده وهاك بعلت کوچکی و سبك بودن اغلب درمسافت وسیعی باطراف‌پراکنده میشوند. بافتهای گیاهی مانند بافت چوبی ومغز نیز ممکن است در مقابل تجزیه مقاوم باشند. این بافتها بطورکلی مشخص گیاهان آوندی خشکی میباشند. گیاهان تك سلولی پلانکتون نیز فسیلهای مهم‌ومتنوعی را تشکیل میدهند.

اغلب فقط قسمتهای سخت‌بدن این موجودات بصورت فسیل حفظ میشوند ولی گاهی بخشهای نرم و اندامهای ظریف آنها نیز بخوبی باقی‌میمانند.

صدف سلولزی و پوسته دینوفیسه (Dinophyceae) در مقابل فساد و تجزیه بخوبی مقاوم بوده ویکی از بهترین میکروفسیلهای دریایی را تشکیل‌میدهند.

اُاُگون کاروفیت‌ها، پوسته سیلیسی دیاتومه‌ها وسیلیکوفلاژله‌ها و پوسته‌های آهکی کوکولیتو-فوریده‌ها نیز از میکروفسیلهای بسیار خوب محسوب میشوند.

معهذا در رسوبات جوانتر از سیلورین فسیلهای اسپوروپولن فراوانترین میکروفسیلهامیباشند. میکرو-فسیلهای شبیه اسپورنیز ممکن است درسنگهای قدیمی‌تر از سیلورین پیدا شوند که فراوان ترین سنگواره‌های دوره پره کامبرین را تشکیل میدهند (Timofeyev , 1959 , 1960).

میکروفسیلهای دیگری که درمقابل‌اسید مقاوم بوده و ارتباط بیشتری باجانوران دارند معمولا همراه با قطعات گیاهان عالی پلانکتونیك یافت میشوند.

این‌فسیلهای‌ذره‌بینی‌شامل کیسه‌های کیتینی (Chitineous sacs) متشکل از مواد سیمانی‌پوسته ریز وپودهای‌ماسه‌ای، باقیمانده‌سیلیسی فرمهائی نظیر (Euglypha) یا تخم‌هاوسیست‌های جانوران‌هستند که مشخصات عمومی اسپور را داشته و اغلب همراه با آنها در رسوبات دریایی یافت میشوند.

محل گروهی از فسیلها بنام (Tasmanites) در رده‌بندی موجودات هنوز مشخص نیست. این فسیلها دیسکی شکل(که‌در اصل کروی بوده و پس از فشرده شدن بصورت دیسك درمیایند)بوده‌ودارای منافذ شعاعی میباشند.

Wall (۱۹۶۲) این گروه را بعلت شباهت زیادی که به آلگ‌ها دارند و ترکیب شیمیایی آنها شبیه اسپور است مربوط به جلبکهای‌سبز (Chlroprohyceae) میداند. با این حال‌در نزدیکی و ارتباط آنها با تک یاختگان آکتینوپود (Actinopod) نیز باید بررسی‌نمود. درهرصورت این سنگوارهٔ‌هاجزء پالینو-مورف‌ها بوده و مورد مطالعه پالینولوژیست‌ها قرار میگیرند. عده از میکروفسیلهای شبه اسپور بنام (Hystrichosphaerids) درسالهای اخیر توسط دانشمندانی نظیر Evitt (۱۹۶۱) بعنوان سیست دینوفیسه هامعرفی شده‌اند. یکی از فسیلهای‌میکروسکپی که‌وابستگی به‌جانوران‌داشته وهمراه میکروفسیلهای گیاهی دیده شده است Chitinozoa میباشد.

بقایای گراپتولیتها و سنگواره‌های دیگری بنام Scolecodonts که وابسته به کرمهای حلقوی هستند نیز در بعضی از رسوبات پیدا شده‌اند.

بطور کلی میتوان گفت‌تقریباً برای تمام وابسته های مختلف سلسله گیاهی میکروفسیلهای مشخصی وجود دارد. این سنگواره‌ها اغلب با بقایای‌میکروسکپی‌بعضی از جانوران همراه بوده و با آنها بستگی‌هایی دارند.

بنابراین لازمست پالینوژیست‌ها تا اندازه‌ای به این میکروفسیلها که در نحوه نمونه گیری و روش مطالعه باهم مشترك بوده وگاهی وابستگی هایی هم با یکدیگر دارند توجه نموده وهمه آنها را مطالعه نمایند.

محل پیدایش میکروفسیل‌های گیاهی

هر ذره میکروسکپی که درآن شواهدی ازگیاهان پیدا شود جزء میکروفسیلهای گیاهی میباشد. این گروه ازسنگواره‌های ذره‌بینی دارای اهمیت روز افزونی میباشد.

افزایش اهمیت آنها بیشتر به این علت است که این فسیل‌ها بطور همه‌جانبه درسنگها ورسوبات مختلف انتشار دارند. بعبارت دیگر میکروفسیل های گیاهی منحصر برخساره خاصی‌از سنگهای‌رسوبی‌نیستند. معذالك در محلی که تولید شده‌اند تعدادشان بیشتر ازجاهای دیگر است.

بطور کلی شرط محافظت سنگواره‌ها کانی شدن اسکلت ویا حفاظت اندامهای نرم آنها میباشد، در حالتیکه‌میکروفسیلهای گیاهی معمولا تبدیل بزغال میشوند. معمولاً حفاظت‌میکروفسیلهای گیاهی درمحیط-های احیاء کننده صورت میگیرد و در این گونه محیط‌هاست که میکروفسیلهای کربن‌دار میتوانند برای‌مدت نامحدودی باقی‌بمانند.

البته باید دانست که‌هیچ سنگواره‌ای کاملا غیر تخریب‌نیست‌و اگر درحین ته نشست ویا بعدها در مراحل‌اولیه تغییر رسوبات محیطا کسید کننده‌شودسنگواره‌های کربن‌دارنیزا کسیده‌شده و از بین‌خواهندرفت.

روی همین اصل در طبقات قرمز که شاخص محیط‌های اکسید کننده هستند میکروفسیلهای کربن دار محافظت نشده و کمتر دیده میشوند.

هوا زدگی مداوم نیز میتواند میکروفسیلهای گیاهی را ازبین ببرد.

فسیل های گیاهی، در رسوبات قرمزی که قبلا دریک محیط اکسیدی تشکیل شده و سپس بصورت رسوبات تخریبی درمحیط دیگری ته نشست شده‌اند نیز ممکن است پیدا شوند. بعبارت دیگر درلایه های قرمزی که رنگ آنها ارثی بوده و مربوط به محیط رسوبگذاری نیست میتوان میکرو فسیلهای خوب و زیاد کربن دار پیدا کرد.

در داخل لایه هایی که رنگ قرمز ارثی دارند لایه هایی برنگ مایل به خاکستری یافت میشوند که نشانه محیطی با شرایط اکسیدی ناقص بوده و محل خوبی برای نگهداری میکروفسیلهای کربن دار میباشد.

رسوبات خاکستری دانه ریز که رنگشان به علت پخش مواد کربنی در داخل آنهاست جزء بهترین و مناسبترین رسوبات برای حفظ میکروفسیلهای گیاهی هستند. سیلتستونهای خاکستری (Siltstones)، شیلها (Shales) وبعضی انواع گل رست‌ها (Claystones) لایه‌های بسیار مناسبی برای میکروفسیلهای گیاهی هستند.

لک‌های کوچک سیاهرنگ از مواد کربنی نشانه خوبی برای وجود میکروفسیلهای گیاهی درسنگ بوده و اغلب با میکروسکپ ضعیف دوچشمی (۲۰ × ۱۰) قابل رویت هستند.

رسوبات‌دانه ریز تازه وفرسایش نیافته که کمی سیمانی شده‌اند درشرایط مساوی برای بدست‌آوردن میکروفسیلها مناسبتر از طبقاتی هستند که مدت زیادی مانده ومحکم شده‌اند. سختی این سنگها شایدبعلت دگرگونی آنها بوده وممکن است ارتباطی باسیمان آنها نداشته باشد.

بهرحال سنگهایی که در مراحل اولیه رسوب گذاری توسط سیمانی سخت شده باشند ممکن است پولن واسپور وسایرمیکروفسیلهای گیاهی را بخوبی حفظ کنند. دراین نوع سنگهاسیمان در داخل آنهانفوذ کرده و فسیلها را احاطه مینماید بطوریکه بعدها فشارهای وارده برطبقات تأثیری درسنگواره‌ها نمیگذارند. درچنین محیطی اسپورها باحتمال زیاد بشکل کروی و بدون تغییر باقی مانده و شاید تغییرات شیمیایی مواد متشکله آنها نیز کمتر باشد.

مقدار نسبی میکروفسیلها نسبت به حجم رسوبات متفاوت بوده و بستگی به کمی یا زیادی رسوبات ومقدار تراکم مواد رسوبی دارد.

در حالیکه تعداد فسیلهای موجود بمقدار تولید آنها (بعضی ازگیاهان بیشتر ازگیاهان دیگرپولن

و اسپور تولید میکنند)، نزدیکی منبع میکروفسیل بمحل رسوب گذاری و عوامل دیگری مانند حمل و نقل و رسوب گذاری بستگی دارد ، تخمین مقدار اولیه میکروفسیلها اهمیت فراوانی درپالئواکولوژی و مسائل زمین شناسی دارد .

از منابع مهم تجمع انواع مختلف فسیلهای گیاهی شیل های ذغالی ویا لایه های ذغالی هستند که درنتیجه تراکم بخش های مختلف گیاهان بوجود آمده‌اند .

ذغالهای‌آتریتال (Attrital) که در نزدیکی‌محل رشد گیاهان و تولید اسپوروپولن بوجودآمده‌اند دارای مقدار زیادی میکروفسیل هستند . این ذغالهاشامل اندامهای‌تولید مثل گیاهان‌بوده و در نشان دادن انواع گیاهان منطقه نیز کمک مؤثری مینمایند .

از این گذشته زغالهای مزبور از تراکم زیاد زغال نارس (Peat) که بیش از ۹۰ درصدآب دارد بوجود آمده‌اند .

با تراکم زغال نارس و از دست دادن آب که در اثر فشار طبقات بالایی صورت میگیر مواد گیاهی متراکم شده بزغال لیگنیت (Lignitic coal) با رطوبت تقریباً ۷۰ - ۳۰ درصد ، قیرهای نارس (Subbituminous) با رطوبت تقریباً ۳۵ - ۱۸ درصد و مواد قیری (Bituminous) با رطوبت کمتر از ۱۸ درصد تبدیل میشوند .

تغییرات‌دیگری‌هم‌درلایه‌های‌زغالی حاصل‌میشود ولی در تمام این تغییرات تعداد میکروفسیلهای گیاهی ثابت میماند . بنابراین درشرایط مساوی تعداد پولن‌های موجود در واحد حجم زغال قیری از پولن‌های‌موجود در واحدحجم زغال نارس که‌منبع‌تولید زغال مورد بحث است باید بیشتر باشد . این‌مساله در مورد سنگهایی که مقدار زیادی رس ومواد کربن‌دار ریز دارند نیز صادق‌است . این سنگها الزاماً نزدیک جاهاییکه محل رشد گیاهان مولد اسپوروپولن است تشکیل نشده وممکن است در محل های‌دیگر نیز بوجود آیند . همچنین ممکن است‌شامل فسیل سایر موجودات نیز باشند .

رسوبات رسی در ابتدای تشکیل دارای مقدار زیادی آب هستند ولی بعدها تحت تأثیر لایه‌های فوقانی آب آنها کم شده و متراکم میشوند و در نتیجه ضخامت آنها کم میشود .

مواد کربن دار موجود در آنها نیز بهمین‌ترتیب ممکنست با ازدست دادن آب تبدیل به‌لایه های زغالی شوند . باین ترتیب با اینکه تعداد میکروفسیلها نسبت به حجم لایه ضخیم آبدار کم است ولی‌این تعداد بعد از تراکم نسبت به حجم لایه‌های متراکم شده خیلی زیاد و قابل ملاحظه خواهد بود . درمورد تراکم شیل های تیره رنگ که شامل رس‌ومواد کربن دار است درصورتیکه بارلایه های فوقانی متوسط باشد

افزایش تعدادمیکروفسیلها دریک واحدحجم‌به نسبت یک به ده تخمین زده شده است. درشیلهای‌ماسه‌دار خاکستری کـه حاوی تعداد قابـل ملاحظه‌ای فسیل است این افزایش پس از تراکـم به نسبت یک به پنج میرسد.

میکروفسیلها عموماً در طبقات مختلف پـراکنده میشوند و تجمع آنها منحصر بلایه‌هـای شیل خاکستری نیست. این موضوع دارای محسنات زیادی‌است‌زیرا دراین حال دانه‌های اسپوروپولن بطور مجزا درداخل‌سنگ قرارگرفته‌و بطرزبسیارخوبی‌نگهداری‌میشوند. درصورتیکه‌تجمع میکروفسیلها زیادباشددانه‌های اسپوروپولن بیکدیگر می‌چسبند و تزیینات خـارجی آنها از بین میرود و درنتیجه مطالعه آنها بـا اشکال روبرو میشود. بدین‌ترتیب درسنگهایی مانند شیل‌های خاکستری ماسه‌دار تعداد کم‌میکروفسیلها هیچگونه اشکالی درتهیه ومطالعه نمونه تولید نخواهد کرد.

سنگهای کربناته (شامل کنکروسیونهای سیدریتی وسنگ آهک های لایه‌لایه) و رسوبات‌نمکی که ممکن است‌حاوی میکروفسیلهای خوب محافظت شده‌ای بوده و یا رسوب گذاری آنها نزدیک به محل رشد گیاهان باشد، دارای میکروفسیلهای گیاهی کم هستند و برای بدست آوردن نمونه کافی‌ازآنها باید مقدار نسبتاً زیادی از سنگ را شستشوداد.

بعضی ازسنگهای کربناته ممکن است بقدری دور از محل رشدگیاهـان تشکیل شده باشند که عوامل انتشار نتوانند حتی میکروفسیلهای ریز را بمحل آنها که تشکیل میشوندحمل نمایند.

Kuyl (۱۹۶۱) که طرز استخراج پولن را ازسنگهای آهکی شرح میدهد معتقد است که رسوبات کربناته معمولا دارای میکروفسیلهای مفید و مقاوم درمقابل اسید هستند.

شکی نیست کـه محیط ته نشست تأثیر مستقیم درپیدایش میکروفسیلها دارد ولی این موضوع با رابطه‌ای که بین انتشار سنگواره‌ها درکف محیط دریا دارد خیلی متفاوت است.

گلهای رسی که بصورت عدسی یـا میان انگشتی در داخل سنگهای کربناته تبخیری وجود دارند اغلب دارای میکروفسیلهای مقاوم در مقابل اسیدها میباشند. دراین رسوبات‌حداقل میتوان‌به عوامل حمل که‌در انتشار میکروفسیلها تأثیر داشته است پی‌برد. تراکم گلهای‌رسی همچنین درافزایش‌تعدادمیکروفسیلها در واحد حجم کمک خواهد کرد.

رسوبات ماسه‌ای دانه درشت کمتر از ماسه‌های دانه ریز برای حفظ میکروفسیلها مناسب است. ولی معمولا لایه‌های لیمویی با لکه‌های سیاهرنگ کربن‌دار حاوی میکروفسیلهای خوبی هستند. دراین گونه رسوبات پیدایش مگاسپورها بیشتر ازمیکروفسیلهای ریز است.

ماسه های تمیز ممکن است بکلی فاقد میکروفسیل باشند. برعکس بعضی از رسوبات دانه درشت و سیاهرنگ که یکنواخت نیستند (مثل گریوک) ممکن است میکروفسیلهای خوبی داشته باشند.

سنگهای ماسه‌ای معمولا پس از ته نشست تراکم کمتری پیدا میکنند و بنابراین امکان افزایش تعداد میکروفسیلها در یک واحد حجم کمتر است. ازطرفی چون ماسه سنگها متخلخل هستند لذا میکروفسیلهای کربن‌دار موجود در فضای خالی آنها ممکن است حتی در اعماق زیاد در اثر اکسیداسیون از بین برود و در سطح زمین نیز عوامل جوی باعث فساد میکروفسیلها شوند.

میکروفسیلهای گیاهی همچنین در اثر فشارهای محلی ذرات ماسه در ماسه سنگ خراب شده و شکل خود را از دست میدهند. معهذا در مواردی که ماسه ها و مواد آلی موجود در آنها مستقیماً از تخریب رسوبات دیگر بوجود میایند میکروفسیلهای خوبی نیز میتوان در ماسه یافت. بنابراین رسوبات ماسه‌ای را نباید کاملا نادیده گرفت زیرا در موارد لازم میتوان از آن در انطباق طبقات استفاده کرد.

میکروفسیلهای گیاهان خشکی ممکنست بآسانی به دریاها حمل شده یا در آن ته نشین شوند ولی عکس این موضوع یعنی پیدا شدن میکروفسیلهای دریائی در خشکی امکان کمتری دارد.

میکروفسیلهای دریایی و خشکی اغلب بطور مخلوط در رسوبات ساحلی یافت میشوند. بعقیده پالینولوژیستهای شرکت های نفتی فراوانی میکروفسیلهای گیاهان خشکی در طبقات دریایی معیار خوبی برای تشخیص فاصله این رسوبات تا ساحل است. هیچ روش دیگری نمی‌تواند برای تشخیص خط ساحلی این چنین قابل اعتماد باشد.

در مباحث گذشته مختصری از تخریب میکروفسیلهای گیاهی بوسیله هوا زدگی و عوامل مکانیکی بحث شد. دراینجا لازمست از عمل دگرگونی که یکی از عوامل مهم تخریب میکروفسیلها است سخنی به میان آوریم.

شدت و درجات مختلف دگرگونی را در زغالهای نارس با اندازه گیری مقدار رطوبت و در زغالهای عالی با اندازه گیری مقدار مواد فرار و کربن آنها میتوان حدس زد.

میکروفسیلهای مقاوم در مقابل اسید و همچنین مواد کربن‌دار از نظر ترکیب شیمیائی با زغالها قابل مقایسه بوده و تأثیر فشار و حرارت برروی آنها شبیه تأثیر فشار و حرارت برروی زغالها است. بهترین نوع میکروفسیلهای گیاهی اغلب همزمان با زغالها ته نشین شده‌اند و زغالها خود یکی از منابع مهم و اصلی میکروفسیلها هستند. جدا کردن میکرفسیل ها از رسوباتی مانند رسوبات حاوی لیگنیت و قیرهای نارس با دقت زیاد و مقادیر کم محلولهای شیمیائی امکان پذیر است.

این میکروفسیلها گرچه درمقابل اسید مقاومند ولی کاملا غیر قابل تخریب نبوده وبا اکسیداسیون زیاد از بین میروند.

نمونه هایی که از سنگهای حاوی زغالهای عالی‌تر گرفته میشود باید بمدت زیادی تحت تأثیر مواد شیمیائی قرار گیرد.

ترکیبات میکروفسیلها تحت تأثیر حرارت وفشاری که‌در اثر زغالها حاصل میشود تا اندازه‌ای تغییر میکند و بنابراین مقاوم‌تر شده و درمقابل تکنیک‌های مختلف تهیه زود ازبین‌نمی‌روند. اگر دگرگونی‌بقدری شدید باشد که زغالهای‌قیری با مواد فرارکم تولید کندمیکروفسیلهاممکن‌است مواد فرار خود رااز دست‌داده و برای مطالعه مناسب نباشد.

میکروفسیلهائیکه‌توسط مواد کانی محافظت شده باشند (مانند کنکروسیونهای سیدریتی) کمترتحت تأثیرفشار و زغال‌شدگی صدمه خواهندديد. همچنین در مواردی که‌رسوبات‌قبل‌ازدگرگویی سیمانی‌شده‌باشند میکروفسیلهای موجود در آنها میتوانند در مقابل دگرگونی‌ضعیف بخوبی حفظشوند. این‌شایدیکی‌از دلایلی است که‌بسیاری‌از میکروفسیلهای گیاهی مقاوم در مقابل اسید توانسته‌اندد‌ر سنگهای متامورفیک‌پره کامبرین و کامبرین زیرین بصورت‌فسیل محافظت شوند (Timofeyev , 1955 , 1957 , 1960) .

عده‌ای از رسوبات قدیم زیاد تجزیه نشده‌اند بنابراین در تهیه آنها احتیاج به روش خاصی نیست. سنگهایی که‌از نظردگرگونی با زغالهایی مانند آنتراسیت‌هم‌پایه باشند از نظر میکروفسیل زیاد رضایت‌بخش نیستند و فقط با استعمال مواد شیمیائی بخصوصی میتوان میکروفسیلهای معدود وقابل مطالعه از آنها استخراج نمود.

بطورکلی‌استخراج‌سنگواره‌های گیاهی‌از سنگهای متامورفیک و بدست آوردن نمونه‌های کامل‌برای مقایسه تا اندازه‌ای مشکل است.

در پوسته‌جامدزمین سنگهای رسوبی فراوانی‌از پالئوزوئیک‌تا عهدحاضر وجود دارند که‌برای‌مطالعه میکروفسیلهای گیاهی مناسب‌میباشند. از سوی دیگر چون این رسوبات در نزدیکی ویا در خود معادن زغال، منابع نفتی ویا سایرمعادن‌اقتصادی یافت میشوند لذا مطالعه میکروفسیلهای گیاهی میتواند مورد توجه‌بوده‌و قابل استفاده باشد.

مراحل تهیه نمونه‌ها و وسایل لازم

کارهای آزمایشگاهی درسه مرحله مجزا ازهم صورت میگیرند:

۱ - برسی نمونه‌های اولیه، نگهداری و شماره‌گذاری‌آنها وبالاخره انتخاب قسمتهای کوچکی‌ازآنها برای کارهای بعدی.

۲ ـ تجزیه فیزیکی و شیمیائی نمونه ها با استفاده از مواد شیمیایی وتکنیک‌های دقیق وظزیف. در این مرحله برای نمونه های مختلف روشهای بخصوصی بکار میرود. چون این روشها با تجربه بدست میاید بهتراست درهرمورد آنها را یادداشت کرده بعدها از آنها استفاده نمود.

کمترنمونه‌ای میتوان یافت که با استفاده از یک متد معین نتیجه خوب وکامل بدهد. دراین مرحله باید تمام احتیاطهای لازم را برای احترازاز مخلوط شدن نمونه ها بکاربرد. این مرحله با آماده شدن میکروفسیلها برای مطالعه خاتمه پیدا میکند.

۳ ـ مطالعه میکروسکپی نمونه ها ، عکسبرداری ، تعبیر وتفسیرها و تهیه گزارش.

روش جداکردن میکروفسیلها از سنگ

گرچه درمورد سنگهای مختلف روشهای متفاوتی پیشنهاد شده است ولی اصول کلی آنها ساده‌بوده و شامل جدا نمودن مواد کربن‌دار از سایر مواد وپراکنده کردن مواد چسبنده از موادی‌است که ممکنست جزئیات میکروفسیل ها را بپوشاند. برای تشریح اصول کار به دومثال زیر درمورد زغالها و رسوبات کانی‌دار اشاره میشود.

الف ـ **طرز نمونه‌گیری از رسوبات کانی‌دار** ـ قبل ازهرکار بهتراست‌نمونه سنگ رازیرمیکروسکپ دوچشمی ضعیف مطالعه نموده ومشخصات سنگ شناسی آنرا یاد داشت نمائیم. دراین مطالعه رنگ بافت کانیهای اصلی سنگ، کانیهای سیمان سنگ(درصورتیکه مشخص باشد)ومواد کربن دار راباید درنظر گرفت. توضیحات مربوط به‌مواد کربن‌دار ومواد‌سیمانی رسوب حائز اهمیت است.

مقدار نمونه مورد احتیاج بستگی به مقدار و جنس سنگ مورد نظر دارد. چه بسا که مقدار کمی از یک نمونه دارای میکروفسیل فراوانی باشد.

درموردسنگهائی مانند سنگ‌آهک و سنگهای تبخیری که دارای فسیل کم هستند استفاده ازمقدار زیادی نمونه ضروری‌است. نمونه‌برداری معمولا بفواصل نیم‌متر یا کمتر و بمقدار نیم کیلو باید صورت گیرد. سطح خارجی نمونه‌هائی مانند شیلهای خاکستری باید شسته شوند مگر در مواردی که باعث از بین رفتن سنگ شود.

پس از شستن نمونه باید آنرا خشک کرده و باندازه‌های کمتر از نیم سانتی متر خرد نمود. برای یکنواخت کردن دانه ها میتوان از الک ۲۰ × ۱۰ استفاده‌نمود و از دانه های کوچکتر صرفنظر کرد (بشرطی که نمونه یکنواخت خرد شده باشد ومواد زیر الک مربوط به رگه‌ای از نمونه سنگ نباشد). هرقدردانه ها یک اندازه باشند تأثیر مواد شیمیائی برروی آن‌ها یک نواخت‌تر خواهد بود. درهرحال نمونه‌ای که برای مطالعه تهیه میشود باید نماینده کاملی از نمونه اولیه باشد. باین منظور باید وقت زیادی صرف نموده و

نمونه اولیه را کاملا مخلوط نمائیم. وزن نمونه مورد مطالعه نیز باید یاداشت شود تا بعدا برای محاسبه میکروفسیل ها در حجم نمونه بکار رود.

ابتدا نمونه انتخاب‌شده را در محلول اسید کلریدریک (HCl) ۱۰ — ۲۰ درصد قرارداده‌وحرارت میدهیم تا مواد کربناته و ترکیبات آهن‌دار آن حل شده و از بین بروند. در مورد سنگهای غیر آهکی و یا رسوباتی که کم آهک‌دارند مدت‌نیم‌ساعت‌برای این کار کافی‌است. سنگهای دیگرباید مدت بیشتری‌درحرارت قرارگیرند تا عمل انحلال مواد سنگ تکمیل شود. سنگهای غیر آهکی که زود در آب حل شده و دانه‌های آنها ازهم جدا میشوند به‌کارهای شیمیائی کمتری احتیاج دارند.

سنگهای حاوی سیدریت وسایر کربناتها باید تحت فعل و انفعالات شیمیائی بیشتری قرارگیرند. مواد محلول‌و اسید مصرفی با شستن وته نشست مواد (معمولا با استفاده از سانتریفوژ) و خالی کردن‌محلول رقیق اسید از محیط خارج میشوند.

اگر نمونه مورد مطالعه به مقدار یک شیشه ۰.۵ میلی‌متری سانتریفوژ باشد از اتلاف وقت و مواد شیمیائی جلوگیری میشود. بشرطی که نمونه‌برداری بطرز صحیحی صورت گرفته و میکروفسیلهای کافی برای مطالعه در نمونه موجود باشد.

برای اینکه‌دانه‌های غیرآهکی کاملاخورد شده وسیلیکاتها از نمونه‌خارج شوند به نمونه‌های‌شسته شده محلول ۰.۵ درصد اسید فلئوریدریک (HF) اضافه مینمایند.

برای پراگندگی سیلیکاتها و جلوگیری از حالت ژله شدن آنها اضافه کردن مقدارکمی HCl به به HF مفید بنظر میرسد. باید متذکر شد که HF برای‌پوست‌بدن مضر بوده ونباید آنرا درهوای آزادمصرف کرد. بایدمواظبت کرد که HF بعدسی میکرسکپ‌نخورد. HF ظرفهای شیشه‌ای‌را خراب میکند. بنابراین بهتر است از ظرفهای مسی یاپلاستیکی که در مقابل حرارت مقاوم هستند استفاده نمود. علاوه براین، HF تولید حرارت‌نموده وممکن است‌بجوشد و ازظرف محتوی نمونه بیرون بریزد. برای جلوگیری از این‌خطربهتر است تذکرات زیر را بکار بست.

۱ - محلول ۴۸ یا ۵۲ درصد اسیدفلئوریدریک باید بکار رود.

۲ - باید ظرف بزرگی برای آزمایش انتخاب.شود

۳ - برای مدت ۰.۱ یا ۱۵ دقیقه‌محلولی راکه‌دارای HF است باید تحت‌نظر داشت تا در صورت لزوم با اضافه کردن آب و رقیق کردن محلول از حرارت زیاد ولبریز شدن آن جلوگیری‌شود. پس‌از اطمینان ازکاهش فعل انفعالات میتوان بااضافه کردن HF ادامه داد. از HF بصورت سرد ویاگرم در روی اجاقهای برقی استفاده میشود. درصورت اخیر سرعت عمل بیشتر خواهد بود. استفاده از HFتا موقعی‌ادامه داردکه دانه‌های سیلیسی سنگ وتمام سیلیکاتهای پوشاننده فسیلها حل شده و از بین بروند.

انحلال کامل سیلیکاتها معمولا عملی نیست بنابراین پس از مدتی باید استفاده از HF را متوقف کرد. درمورد شیلهای سخت و سیلیسی عمل استفاده از مواد شیمیائی را میتوان چند روز ادامه داد. مجزاشدن دانه ها بطور کامل اغلب ضروری نیست وشاید در بعضی موارد بهتر باشد که میکروفسیلها را در داخل رسوباتی که پیدا شده‌اند مطالعه نمود.

برای از بین بردن HF محلول را با آب رقیق کرده و پس از ته نشین شدن میتوان اسید رقیق‌شده را از طرف خارج نمود. پس از آن محلول را در لوله های پلاستیکی سانتریفوژ ریخته آنقدر شستشو داد تا اثر HF کاملا برطرف شود.

بعضی از مواد سیلیسی حل نشده ممکن است در سانتریفوژ بشکل ژله از میکروفسیلها جدا شوند. ژله حاصل را میتوان با استفاده از HCl ۲۰ درصد از بین برد ولی درصورتیکه قبلا کمی HCl به HF اضافه کرده باشیم این کار دیگر ضرورتی نخواهد داشت. بعد از شستشو با HCl بهتر است رسوبات را در زیر میکروسکپ استریوبرای موارد زیر مطالعه نمود :

۱ ـ آیا فسیلهایی در نمونه وجود دارند که احتیاج به مواد شیمیائی دیگری داشته باشند ؟

۲ ـ تخمین مقدار محلولهای شیمیایی بیشتر درصورت لزوم . دراین مرحله باید تمام میکروفسیلهای کربن دار از مواد سیلیسی و کربناته جدا شده و بحالت آزاد دیده شوند.

کانیهای گوگردی مخصوصاً دانه های پیریت که توسط HCl و HF حل نشده‌اند ممکن است در میان رسوبات دیده شوند. قالبهای پیریتی سنگواره‌ها ممکن است برای مطالعات بعدی جالب باشند. وضع رسوب برای مطالعات بعدی باید دراین مرحله یادداشت شود.

ب ـ طرز نمونه‌گیری از زغالها و رسوبات زغالی ـ نمونه های معمولی زغال درصورتیکه کمی ناخالصی داشته باشند احتیاج بمحلولهای شیمیائی به ترتیبی که در بالا گذشت ندارند. مواد موجود در زغالها و سنگهای مجاور آنها که میکروفسیلهای گیاهی را دربردارند درسه مرحله مختلف و اصلی محافظت مواد آلی بوجود آمده‌اند. این مواد بنا بنظر Schopf (۱۹۴۸) بقرار زیر میباشد :

۱ ـ قسمتی از مواد کربنی موجود در زغالها از نظر خواص شیمیایی وفیزیکی شباهت نزدیکی به زغال چوب (Charcoal) داشته و بنام Fusain خوانده میشود. فوزائین از نظر ترکیب شبیه آنتراسیت بوده و در مقابل عوامل شیمیائی خیلی مقاوم است . این ماده اغلب دارای آثاری از بافت گیاهان است که تغییر ماهیت داده وتیره شده‌است.

۲ ـ قسمت دیگری از مواد کربندار محصول مواد کیتینی ، مومی و رزینی گیاهان است. پوشش اسپورها در ابتدای تشکیل آنها مومی است و برگ گیاهان عالی نیز از موم یا کوتیکول پوشیده است. این دو ماده پس از مجاورت با هوا سخت شده و در مقابل عوامل فساد و تجزیه مقاوم میشوند. این مواد در

زغالهای پست با اندك تغییری باقیمانده و برمقدار مواد کربن‌دار رسوبات اضافه میکند. درآنتراسیت این‌مواد تغییر شکل داده و بسختی قابل مطالعه میباشند.

باید دانست مفیدترین نوع میکروفسیلهای گیاهی پوشش اسپورهاو دانه‌های پولن میباشند که‌شکل تزیینات خودرا حفظ کرده و بتعدادزیاد تولید میشوند و چون ریز و کوچك هستند بوسیله باد و آب‌دراغلب سنگها پخش شده‌اند.

۳ - بخش اعظم بسیاری از لایه‌های زغالی وشاید اغلب رسوبات تخریبی کربن‌دار شامل‌ماده‌ای بنام ویترینایت (Vitrinite) میباشد. این ماده که از بافت سلولزی تشکیل شده بواسطه شکل شفاف و شیشه‌ای آن که بصورت نوارهایی در زغالها دیده میشود بآسانی قابل تشخیص میباشد. ویترینایت از نظر شیمیائی فعالترین قسمت مواد زغالی است و تغییرات متامورفیکی‌بیش از سایر مواد در ترکیب شیمیائی آن صورت گرفته و بانواع مختلف قیرها و زغالهای عالی تبدیل شده است.

تفکیك میکروفسیلها بروشهای مختلف صورت میگیرد. این کار بستگی بوقت و تجربه شخصی داشته و تا اندازه‌ای یك نوع هنر محسوب میشود.

روشهای دقیق توسطاستادان‌فن در موردآماده کردن و تفکیك میکروفسیلها داده شده است. معهذا کاربرداین روشها بستگی بقضاوت شخصی ونوع نمونه‌ها دارد.

متدهای فیزیکی برای تفکیك و پخش‌دانه‌ها را میتوان بطور اختصار بشرح زیر تشریح کرد:

وارد نمودن نمونه در ئیدروکربن‌های نافذ (Penetrant hydrocarbons) و سپس وارد کردن آن در آب برای جدا کردن ذرات رسوبی که بطور ضعیف متراکم و خشك شده‌اند کمك مؤثری مینماید (Layne , 1950 ; Stapline & others , 1960).

استفاده از موادشبه صابونی و آب نیز در جدا نمودن‌دانه‌ها و تمیز کردن آنها کمك مؤثری‌خواهد کرد ولی درمواردی که رسوبات بطور محکم‌سیمان شده‌اند این روش مؤثر نیست.

استفاده‌ازژنراتورهای التراسونیك (Ultrasonic) نیز در پخش وتفکیك‌دانه‌ها درسنگهای‌رسوبی مؤثراست. این عمل راکه‌برای جلوگیری از تجمع ذرات نیز مؤثراست میتوان قبل از استفاده از HF انجام داد. استفاده بیش از حد عملیات اولتراسونیك برای میکروفسیلهای غیر مقاوم مضر بوده و بتخریب آنها کمك میکند.

مواد Fusain که گاهی قسمتهای‌مختلف‌میکروفسیلهارا میپوشاند با عملیات تفکیکی اولتراسونیك بدون‌اینکه صدمه‌ای‌به فسیلها برسد قابل تخریب‌میباشند. ذرات کوچك Fusain را می‌توان با سانتریفوژ از بین برد.

تشودی (Tschudy) درسال ۱۹۶۰ با استفاده از اندازه وزن مخصوص دانه‌ها دستگاه جالبی

برای جدا کردن اسپوراز دانه‌های غیر متبلور آلی وسایر موادی که وزن مخصوص مشابهی داشته ودراغلب سنگهای خیلی کربن دار دیده میشوند اختراع نمود. Kurtz و Turner درسال ۱۹۵۷ و Arms درسال ۱۹۶۰ روش تفکیک‌دانه‌هارا با استفاده‌از شناور بودن‌مواد در مایعات پیشنهاد نمود. این روش درصورتیکه مقدار مواد تا اندازه‌ای زیاد بوده و نسبت کانیهادر آن بیشتر باشد باصرفه‌تر است. محلول اشباع شده کلرور روی (Zinc chloride) با وزن‌مخصوص ۱٫۹ بوسیله بعضی از پالینولوژیست‌ها پیشنهاد شده است. این محلول زیاد گران نیست‌ولی محلول‌اشباع شده‌آن‌بدون‌اینکه‌وزن مخصوص زیادتری داشته باشددارای‌غلظت بیش ازحدموردنیاز است.

برومور روی (Zinc bromide) با وزن مخصوص ۲ یکی از مایعات‌سنگینی است که دراین مورد قابل استفاده است. این ماده سمی‌تر وگران تر از محلول بالایی بوده ولی غلظت‌آن مناسب‌ترمیباشد. Stapline (۱۹۶۰) که استفاده از برومور روی را پیشنهاد میکند اضافه مینماید که‌برای جلوگیری‌از رسوب این ماده بصورت هیدروکسید روی (Zinc hydroxide)، شستشو با محلول ده درصد اسیدکلریدریک مؤثراست.

پالینولوژیست‌های‌روسی‌محلول تولت (Thoulet ´s solution) با وزن مخصوص ۱٫۷۳ راترجیح میدهند. این محلول خیلی‌گران وسمی بوده و باید با دقت خیلی زیادتر مصرف شود.

محلولهایی مانند بروموفورم (Bromoform) وتترابرمواتان (Tetrabromoethane) در ایالات متحده امریکا مصرف زیادی دارند و معمولا مخلوط با الکل (برای پایین آوردن وزن مخصوص آنهابه۲٫۳) استفاده میشود.

بطورکلی هیچ مایع بی خطر و ارزانی برای جدا کردن مواد کانی از مواد آلی وجود ندارد. با استفاده از واکنش های مختلف ترکیبات آلی زغال‌دار بخصوص عکس‌العمل آنها در مقابل اکسیژن‌میتوان کوتیکول و اسپورهای مومی شده را از سایر مواد هوموسی ویترینه شده (Vitrinized) جدا نمود. مواد ویترینه شده میکروفسیلهای مفیدی را در زغالها احاطه نموده و در سایر سنگهای رسوبی نیز با میکروفسیل همراه‌اند. بعضی از اسپورهای موجود درسنگها،مواد ویترینه شده کمی را دارا میباشند. دراینصورت‌احتیاج زیادی به محلول‌های اکسیدکننده نبوده و فقط برای کلوئیدی کردن مواد و یترینه شده که بحالت رسوب درآمده‌اند میتوان از این محلولها استفاده نمود. میکروفسیلهای موجود دربعضی از نمونه‌های فرسایش یافته واکسید شده حتی با عمل اکسیداسیون اضافی نیز بهتر نخواهندشد.

برای اکسیداسیون میتوان از محلولهای آب اکسیژنه و هیپوکلریت سدیم وآسید نیتریک ویا مخلوط اسید نیتریک وکلرات پتاسیم (محلول شولتز) استفاده نمود.

Hoffmeister درسال ۱۹۰۶ استفاده از هیپوکلریت سدیم را در استخراج میکروفسیلهااززغالهای عالی موردبحث‌قرار داده و آنرا برای این منظور بهتراز محلول‌شولتز میداند. زمان اکسیداسیون بستگی‌بدرجه دگرگونی ، نوع رسوبات کربن‌دار ، قدرت محلول وحرارت دارد.

بطورکلی چند ساعت اکسیداسیون ملایم برای از بین بردن مواد و یترینه شده کافی است . در مورد اسید نیتریک باید از محلول ۵۶ درصد استفاده کرد (نوع تجارتی اسید نیتریک) و برای تسریع اثر اسید میتوان محلول را حرارت داد ولی نباید حرارت را بدرجه جوش رساند.

اسید نیتریک باسانی در روی زغالها و پیریت رسوبات تأثیر میکند. اثر فعل‌وانفعالات در ابتدا ممکن است شدید باشد. روی این اصل بهتر است ابتدا از اسید نیتریک ضعیف استفاده نمود .

ژخوفسکی (Jekhowsky) درسال۱۹۰۹، قبل از استفاده ازHF ، برای ازبین‌بردن کربناتها و اکسیدهای آهن از اسید نیتریک استفاده‌نمود. ولی پس از مجزاکردن دانه‌های رسوبات توسط HF برای ازبین بردن‌ژله سیلیکاتها مجدداً از اسید نیتریک استفاده‌کرد. بعداز اکسیداسیون توسط اسید ، موادویترینه شده را با استفاده از محلولهای قلیایی بصورت معلق درآورد.

برای جلوگیری از فعل و انفعالات بعدی وکاهش حالت بازیک ، محلول را باید شستشو داد. بسیاری از مواد قلیائی برای معلق کردن و پراکنده کردن مواد اکسید شده هوموسی مناسب‌اند. این‌مواد عبارتند از هیدروکسیدپتاسیم (KOH) ، هیدروکسیدآمونیم (NHOH) و هیدروکسیدسدیم (NaOH). پخش مواد هوموسی معمولا در رسوبات اکسید شده به‌سرعت صورت میگیرد.

زمان لازم برای پخش مواد هوموسی بستگی به سرعت نشست میکروفسیلها دارد. دراینصورت میتوان مواد معلق هوموسی را از بالای‌ظرف بیرون ریخته و ازمیکروفسیلهای ته نشست شده ته ظرف‌استفاده نمود. برای تفکیک و جداکردن میکروفسیلها بهتر است از سانتریفوژ استفاده نمود. رسوبات زغالی احتیاج به شستن زیادتری دارند. دراینمورد بهتراست از ظرفهای بزرگتری استفاده کرد.

بطورکلی شستن موادرسوبی‌باید آنقدر ادامه داشته باشد تا آب جاری حاصل از شستن تمیزوخالی ازمواد هوموسی گردد.

تهیهٔ سلاید

ساده‌ترین ومطمئن‌ترین روش تهیه سلاید را میتوان به طریق زیر خلاصه کرد :

سطح شیشهٔ لامل را بایک‌مادهٔ قابل‌حل‌در آب نظیر هیدروکسی اتیل سلولز (HEC) یا پلی‌وی نیل الکل (PVA) که نام دیگر آن کلیرکال (Clearcol) است آغشته‌میکنیم. سپس یک قطره‌ازنمونه‌ای راکه محتوی میکروفسیل است روی این ماده میریزیم وپخش میکنیم ومیگذاریم تا در هواخشک شود.

شیشه لامل را که باین ترتیب آماده شده است روی لامی که به بم‌دوکانادا آغشته شده واژکون کرده ومی‌چسبانیم. باین ترتیب میکروفسیلها کاملا بسطح لامل میچسبندوهنگامی که خشک‌شوندبصورت کاملا مجزااز یکدیگر قرار میگیرند و بندرت فسیلها در یکجا جمع میشوندوهیچگونه ابهامی ازنظر مطالعه‌آنهابوجود نمیآید.

درمورد فسیلهای بسیار ظریف‌و شکننده نظیر فسیلهایی که سیدریتی شده‌اند نیز میتوان از این روش استفاده کرد چه احتمال شکستن فسیلها در آن خیلی کم است. بم‌دوکانادا را هم برای چسباندن و هم‌برای محافظت میکروفسیلها میتوان بکار برد. گلیسرین و ژله گلیسرین وسیله خوبی برای این کار نیستند.

روش‌های مطالعهٔ میکروفسیلهای گیاهی

میکروفسیلهای گیاهی از نظر اندازه بسیارمتفاوتند. مگاسپورها و کوتیکول‌ها چند میلی‌مترقطردارند وکوچکترین اسپورهای قارچی قطرشان‌به کمتر از پنج میکرون میرسند.

دریک‌مجتمع گیاهی، هریک از میکروفسیلهای گیاهی‌از جنبه‌جداگانه‌ای برای مطالعه ارزش‌دارند. مخصوصاً اینکه اغلب مواقع این میکروفسیلها از منشاءهای مختلف دریک جا جمع شده‌اند.

مؤثرترین روش برای استفاده ازمیکروفسیلها اینست که با مگافسیلهای همزمانشان مجموعاً مورد مطالعه قرارگیرند و باین‌ترتیب میتوان یک مجتمع گیاهی خوب بوجود آورد.

اغلب اجتماعات میکروفسیلهای گیاهی نمیتوانند یک مجموعه گیاهی را بوجود بیاورند زیرا معمولا دانه‌های پولن و اسپور فراوان بوده و قابل مقایسه با موجودات میکروسکپی نیستند.

یک مجموعه گیاهی‌میکروسکپی (Microfora) میتواند ترکیبی از اجتماع دسمیدها (Desmids)، دینوفیت‌ها (Dinophytes) ، باکتریها و گروه‌های‌دیگر گیاهی که دارای ابعاد میکروسکپی واقعی‌هستند باشد.

هربخشی از یک مجموعه گیاهی را میتوان بنحوی در انطباق چینه‌هاو ارتباط بین محیط‌های‌مختلف گذشته بکاربرد. اینهاتسهیلات‌مهم و اساسی هستند که‌پالینولوژی‌و پالئولوبوتانی (Paleobotany) برای تعبیر وتفسیرهای زمین شناسی فراهم میسازند.

بخشهای عمده سلسله گیاهی درساختن میکروفسیلهای گیاهی‌هردوره‌ای سهیم هستند. بنابراین داشتن تخصص در رده بندی این گروههای اصلی درکارهای علمی ضروری است.

همانطورکه در تاکسونومی گروههای مختلف فسیلهای جانوری احتیاج به متخصص هست در تاکسونومی گروههای فسیلهای گیاهی نیزوجود متخصصین کاملا ضروریست.

بهترین کارهای دیرینه شناسی وچینه‌شناسی باید براساس اطلاعات کافی درباره اختصات تکاملی و انتشار زمین‌شناسی و جغرافیایی شاخه‌های مختلف سلسله گیاهی باشد. جنبه‌های پالینولوژیکی فسیلهای گیاهی برای بالابردن اطلاعات تاریخی در باره گیاهان مورداستفاده نیست و نمیتواند وسیله‌ای برای تعبیر وتفسیرهای چینه‌شناسی باشد.

روشهای مطالعه و توصیف میکروفسیلها

گذشته از مسائلی که در مقایسه تشخیص و طبقه بندی میکروفسیلها وجود دارد، یکی‌ازضروریات اساسی برای مطالعه‌مؤثر و مفید میکروفسیلها توصیف آنها بوسیله نقاشی است. این مسئله‌هم ازنظرمراجعات بعدی وهم برای تهیه گزارشها و انتشارات اهمیت فوق‌العاده دارد.

هنگام شرح فسیلها برای تهیه مقاله بهتر است تعدادی از افراد یک گونه میکروفسیل گیاهی را ترسیم وتوصیف کنیم زیرا با این کار میتوان تغییراتی را که در بین افراد یک گونه وجود دارد مشخص نمود. با کمی تغییر همین کار را در مورد شاخه‌های دیگر فسیل شناسی‌میتوان انجام داد ولی این مسئله‌مخصوصاً هنگامیکه روی میکروفسیلهای گیاهی با قطر کمتر صورت میگیرد اهمیت زیادی پیدا میکند. دراین مورد بزرگ نمایی بیشتر (۵۰۰ تا ۱۰۰۰ یا حتی‌بزرگتر) برای نشان دادن خصوصیات ظریف ودقیق میکروفسیلها لازم است.

مطالعات اخیرنشان داده است که اشکال خیلی ظریف فسیلها که فقط در بزرگ نمائیهای خیلی بالا قابل رؤیت هستند اغلب ارزش تاکسونومی زیادی دارند. وبهمین علت است که وسایل میکروسکپی لازم برای این کار با وسایلی که برای انواع دیگر سنگواره‌های ذره‌بینی بکار میرود خیلی فرق‌دارد.

برای نقاشی و ترسیم‌میکروفسیلهاوسایل‌میکروسکپی ساده‌تری است و احتمالا بهمین دلیل است که که گروهی از پالینولوژیست‌ها ازاین روش برای توصیف میکروفسیلها استفاده میکنند.

ساده‌ترین روشی که معمولا برای تهیه شکل صحیح بکار میرود استفاده از یک شبکه چهار خانه است که درمیدان دید میکروسکپ قرار میگیرد. ابعاد مربع‌های موجود دراین شبکه بوسیله یک سلاید میکرومتراندازه گیری‌میشود.

روی کاغذ نقاشی مشبک، که چهارخانه‌های آن بیک اندازه مشخص بزرگتر از شبکه میکروسکپ است، هرچه دریک مربع زیر میکروسکپ دیده میشودبصورت کمرنگ درمربع نظیر آن نقاشی میشود. بعداز اینکه کلیه قسمتهای اصلی باین ترتیب روی کاغذ منعکس شد شبکه زیر میکروسکپ را میتوان برداشت و تزئینات اضافی روی‌فسیل را روی آن نقاشی نمودودر پایان کار این نقاشی را بایدسرکبی کرد. دراین مرحله

قسمتهای اضافی ونامتناسب را می‌توان حذف نمود. خطوط مدادی رامیتوان با یک پاک کن نرم که اثرسیاهی روی کاغذ باقی نگذارد پاک کرد.

بااستفاده از این روش یک رسام ماهر میتواند شکلی کامل تهیه نماید که آنچه در زیر میکروسکپ دیده میشود در آن منعکس شده باشد. البته دراین نقاشی ممکن است بعضی از خصوصیات دقیق حذف‌شده باشد ویا بعلت‌اینکه توصیف کننده نتوانسته‌آنهارا تشخیص دهد ویا آنها را غیر ضروری ونامتناسب تشخیص داده بخوبی مشخص نگردد. همچنین در این نقاشی روی بعضی از خصوصیات ممکن است خیلی تأکیدشده باشد در حالیکه خصوصیات عملا اتفاقی باشند ودرهمه فسیل ها عمومیت نداشته باشند (مثل برآمدگی روی قسمتی‌ازصدف) ولی از نظر نقاش مهم بنظر رسیده باشند.

اساساً نقاشی انعکاسی است از برداشت نقاش از آنچه دیده است وبجز درموارد خیلی استثنایی این نقاشی‌ها بعنوان پایه تعبیر و تفسیر مسائل برای یک محقق دیگر قابل استفاده نخواهد شد.

یکی دیگر از روشهای تهیه نقاشی با مقیاس صحیح استفاده‌از آینه انعکاسی یا(Camera lucida) میباشد. در هردو روش تصویر بزرگ شده فسیل روی کاغذ نقاشی منعکس میشود بطوریکه میتوان نیمرخ آنرا نقاشی نمود.

برای اینکه‌معلوم شود که‌بزرگ‌نمایی شکل چقدر است میتوان یک سلاید میکرومتر در محل‌جسم میکروسکپی قرارداده و تصویر آنرا که چندبار بزرگتر شده روی کاغذ رسم نمود. بعد از اینکه ترسیم‌با مداد کامل شد میتوان‌آنرامرکبی کرده و خطوط‌مدادی اضافی را با پاک کن پاک کرد. برای بدست‌آوردن‌بزرگ‌نمائی دلخواه‌لازمست‌باترکیب‌عدسی‌های‌مختلف و تغییر فاصله میکروسکپی مقیاس مورد نظر رابوجودآورد.

این روش ازطریقه‌ای که ابتدا شرح داده شده ساده‌تر است زیرا درطریقه اول نقاش مجبور است بدفعات چشم خود را از روی میکروسکپ برداشته و روی کاغذ بیندازد و همواره اندازه‌ها و اشکال رادرنظر مجسم کند و جسم میکروسکپی و تصویررا بطور مرتب بایکدیگر مقایسه کند در حالتیکه در روش‌دوم‌تعیین مقیاس لازم نیست ونقاش فقط به تصویر نگاه میکندو اثر آنرا روی کاغذ نقاشی میکند.

بهترین روش برای نمایش میکروفسیلها تهیه عکس های میکروسکپی است. کلیه جزئیات روی میکروفسیل را میتوان به خوبی روی یک عکس میکروسکپی خوب نشان داد. معذالک خیلی از جزئیات را در مشاهده مستقیم بهتر از روی عکس میتوان دید. از سوی‌دیگر بعضی ازخصوصیات‌روی عکس هنگامیکه برای تهیه مقاله مجدداً روی کاغذ چاپ میشود ازبین میرود.

همچنین عکسهای میکروسکپی با بزرگ‌نمایی زیاد دارای سطوح کانونی زیادومتفاوت در یک‌فاصله بسیار

کم هستند. هنگام نقاشی از روی میکروفسیل میتوان با تغییر پیچ میکرومتری تنظیم میکرسکپ کلیه این سطوح مختلف را دید ویک شکل کامل که نمودار ابعاد مختلف میکروفسیل است رسم نمود. برای نشان دادن خصوصیات سه بعدی در روش عکاسی بناچار باید از یک میکروفسیل چند عکس مختلف که هر یک مربوط بیک سطح تمرکز کانونی است تهیه شوند. با وجود این، مزیت بزرگی که عکس برداری به نقاشی دارد سرعت عمل آنست. در فاصله زمانی برای تهیه یک شکل خوب میتوان چندین عکس خوب از میکروفسیل تهیه نمود.

برای تهیه عکس های میکروسکپی آشنایی به تکنیک‌های متداول لازم است. این کار به دوربین هائی که روی میکروسکپ سوار میشوند و همچنین بیک تاریکخانه عکاسی احتیاج دارد. برای مقایسه میکرو-فسیلهای گیاهی بهترین راه مقایسه عکس های آنهاست زیرا فسیلها دارای اندازه‌های کوچکی هستند. ازطرفی جزئیات و خصوصیات کوچک فسیل در تفسیر آن اهمیت دارد ومقایسه مستقیم فسیلها بعلت اینکه در سلاید-های مختلف نگهداری میشوند مشکل است.

بعضی از پالینولوژیست ها علاوه برعکس برداری اشکالی نیز از روی عکسهای میکروسکپی رسم میکنند. باین منظور دو یا سه عکس که تقریباً باندازه دو برابر عکس های دیگر بزرگ شده‌اند باشدت رنگهای مختلف تهیه میشود. عکسی را که از عکسهای دیگر روشن تر شده ومشخصات اصلی فسیل را بهتر نشان میدهد انتخاب و مستقیماً روی آن را با مرکب چین نقاشی میکنند. عکسهای بزرگ شده دیگر و نمونه اصلی برای کمک به نقاشی در روی عکس اول بکار میرود. بعد از اینکه همه جزئیات اصلی با مرکب روی عکس مشخص شده ومرکب کاملا خشک شد آنرا در محلول فری‌سیانور پتاسیم و هیپوساده (Plain hypo) قرار میدهند تا رنگ عکس کاملا از بین برود وفقط خطوط مرکبی باقی بماند.

برای اینکه نقاشی لکه‌دار نشود نباید بسطح مرکبی شده تاوقتی که مرطوب است دست زده شود. بعد از شستن کامل و آرام نقاشی آنرا خشک کرده و روی یک مقوای ضخیم می‌چسبانند. برای اینکار بهتر است از چسب های خشک استفاده شود.

دراین مرحله لازمست یک بررسی نهائی در نقاشی انجام شود و قسمتهایی که احتمالا در اثر شستن از بین رفته‌اند دوباره مرکبی شوند. در این مرحله مولف میتواند قسمتهایی را که مایل است برای تفسیر و تعبیرهای خود روی آنها تاکید نماید و روی عکس مشخص تر نشان دهد. معمولا تهیه یک شکل خوب با این روش ساده‌تر از هرروش دیگری است.

طبقه بندی میکروفسیلها

فراوانی میکروفسیلهای گیاهی باعث ایجاد مسایل زیادی در طبقه بندی آنها شده است. هر چه

طبقه‌بندی متکی براصول زیست شناسی موجودات باشد و یابعبارت دیگر طبیعی‌ترشود نتایج حاصل از آن دارای ارزش تاریخی و زمین شناسی بیشتری است .

معیارهای سنجش تغییرات و اختلافات بیولوژیکی فسیلها در درجه اول از روی اطلاعات‌حاصل از گیاهان و جانوران امروزی بدست میاید . مسئله بیولوژیکی فقط در بررسی وظایف حیاتی موجودات زنده اهمیت دارد و نمیتوان آن را در موردموجودات‌فسیل تجزیه نمود . بنابراین تفسیر گروههای فسیلی که‌ارتباط به موجودات زنده کنونی دارند ، براساس‌صحیح تر و دقیق‌تری نسبت بفسیلهائی صورت‌می گیرد که گروههای وابسته به آنها ازبین رفته و اکنون وجود ندارند .

هنگامیکه‌اطلاعات کافی از گروههای کاملاوابسته‌در دست‌نیست‌بالاجبار باید آنها را با گروههایی که وابستگی کمتری داشته ولی مشابه‌اند مقایسه نمود .

هنگامیکه یک گونه‌جدید ازگیاهان فسیل پیشنهاد میشود معمولا اطلاعات درباره ظهور آن ازنظر چینه شناسی یا بعبارت دیگر دوره زندگی آن درطول زمان زمین شناسی کم است ولی هنگامیکه اطلاعات بیشتری از ظهور زمین شناسی این گونه بدست آمد میتوان تاحدودی تشخیص داد که این گونه جدیددارای دوره زمانی چینه‌شناسی و جغرافیائی است و بیک گروه تاکسونومی که نسبتاً با آن وفق میدهد ارتباط‌دارد . یک گونه که‌بدفعات‌مختلف تشخیص داده شد دارای اهمیت زمانی زیادی است وخصوصیات مورفولوژیکی مشخصی نیزداردرغیر اینصورت ارزش آن مورد تردید خواهد بود .درحال‌حاضر گونه‌های زیادی که ارزش آنها ثابت نشده و مورد تردید است پیشنهاد شده‌اند .

اگر اسامی گونه هایی که اساساًباهم فرق‌داشته‌ولی ظاهراً شبیه یکدیگر هستندبطور مترادف‌استعمال شود اختلال زیادی در تاکسونومی بوجود میاید .

درمباحث بالا بیشتر تاکید برروی گونه‌بوده است زیرا این واحد تاکسونومی اهمیت زیاد درچینه شناسی دارد . یک جنس نماینده یک گروه‌تاکسونومی است که از یک یا چندگونه تشکیل شده وارتباط و نزدیکی بین آنها بیشتر از قرابتی است که باگونه های دیگر دارند .

اختلافات کیفی باعث تشخیص جنس ها از یکدیگر میشود . اغلب دلایلی که‌درحال حاضر درمورد نزدیکی گونه ها داده‌شده آنقدر ذهنی و دور از واقعیت و اختلافاتی که کیفی تلقی شده‌اند آنقد رسطحی هستند که‌بسیاری از اسامی جنسهایی که پیشنهادشده دارای درجه اعتبار ضعیفی هستند . فقط دربعضی‌موارد واقعاً ارتباط فامیلی جنسها با خانواده‌های گیاهی مطابقت‌دارد . تعیین جنسهای گیاهان‌فسیل عموماًبراساس‌وجود اعضایی ازگیاه‌قرار دارد که کار مشخصی‌را انجام داده‌ویابایکدیگر ارتباط‌دارند و درفسیل هانیزحفظ‌شده‌اند .

تقسیمات گیاهان‌در مقیاس‌خانواده و بالاتراز آن بترکیب و تلفیق کلیه‌اطلاعات مربوطبه اعضایی که‌در این‌خانواده‌یاراسته‌قرار میگیرنداحتیاج‌دارد . در نتیجه بااینکه‌این روش الزاماً عمومیت دارد اطلاعات

عمومی زیادی برای تفسیر میکروفسیلهادراختیار میگذارد و مخصوصاً امکان قرار دادن آن دریک گروه بزرگتر رابوجود میاورد.

سیستم‌های مصنوعی طبقه‌بندی

آنچه قبلا گفته شد بیشتر در مورد طبقه‌بندی بر اساس صفات فیلوژنی (طبقه‌بندی طبیعی) بود. گرچه این رده‌بندی دارای اهمیت اساسی است ولی در زمین شناسی بغیر ازاین روش طرق دیگری نیز برای مقایسه گونه ها وانطباق چینه‌ای وجوددارد.

روشهای غیر رسمی دیگری نیز براساس انواع مختلف میکروفسیل های گیاهی برای انطباق چینه‌شناسی بکار رفته که موفقیت آمیز نیز بوده‌اند. روش های غیر رسمی برای مطالعه خصوصیات طبیعی یک حوضه هنگامیکه تأکید برروی ارتباط سنی طبقات بیشتراز تاریخ زمین شناسی گیاهان است ، دارای مزیت وبرتری خیلی زیادی است.

طبقه‌بندی مورفولوژیکی درگیاهان جدید عموماً ازروی برگها (برگهای پنجه‌ای و غیره)، میوه‌ها، دانه‌ها وگرده‌ها انجام میگیرد.

از نظر وضوح اسامی لازمست واژه‌هایی که سیستم طبقه‌بندی تشریحی را مشخص میکنند از اسامی که ارتباط موروثی گیاه را نشان میدهند متمایز شوند. متأسفانه درپالینولوژی اسامی تشریحی از ریشه‌لاتین را بعنوان نام فسیل بکار برده‌اند.

تشوری (Tschudy، ۱۹۵۷) پیشنهاد میکند که یک‌روش علامت گذاری (Symbolic coding system) براساس مورفولوژی فسیلها بکار رود که در بسیاری از موارد عملی خیلی آسان و مفید است. اگر محل این گونه بعداً در رده‌بندی‌طبیعی بطور مسلم مشخص شد میتوان آنها راباسامی‌رسمی‌مربوط کرد.

تفسیر نتایج مطالعات پالینو لوژیکی

مطالعات اولیه میکروفسیلهای گیاهی درهرناحیه‌ای باید ابتدا براساس روشهای آماری باشدتابطور ساده انواع فسیلهائی که دراین ناحیه موجوداند مجزا و مشخص شوند.

برای تشخیص سن این مجموعه باید از دوره زمانی فرمهایی که قابل تشخیص هستند وقبلا معین شده‌انداستفاده‌نمود دراین‌مورد جدولهایی توسط گروهی از پالینولوژیست‌ها تنظیم شده است. البته این جدولها بامطالعات جدید کاملتر میشوند و مسلماً روز به روز با کارهای جدیدی که ارائه میشود اطلاعات قبلی در مورد دوره زندگی وگسترش جغرافیایی فسیلها تغییر میکند و همچنین وسعت گسترش زمانی فرمهای جدید نیز باین جدولها اضافه میشود.

تعیین سن مجموعه مذکور بطور دقیق‌تر بجمع آوری اطلاعات زمین‌شناسی ، مطالعات دیرینه‌شناسی قبلی روی انواع دیگر فسیلها ویا هرگونه منابع دیگر از اطلاعات مناسب احتیاج دارد .

روش معمول برای انطباق چینه شناسی مقایسه مجموعهٔ میکروفسیلها یا بیوفاسیس ها است . مجموعه بیوفاسیس میکروفسیلهای گیاهی برای مشخص کردن زونهای همزمان خیلی مناسب هستند زیرا تحت تأثیر تغییرات لیتوفاسیس قرار نمیگیرند . اما معمولا این نوع تشخیص رخساره‌ها براساس تجزیه‌آماری گروههای میکروفسیلهای گیاهی قرار دارد .

اطلاعات آماری را میتوان بوسیله‌رسم هیستوگرام ساده نمود . با مقایسه این هیستوگرام‌ها میتوان شباهت گروهها را بیکدیگر سنجید . مقایسه هیستوگرام‌ها معمولا برای مقایسه درصد تغییرات کلی اسپورها بکار میرود . فراوانی نسبی میکروفسیلها بطور کلی با این روش منعکس میشود .

در مقایسهٔ تناوب انواع مختلف میکروفسیلها باید احتیاط نمود . اطلاعات مربوط به مجموعه میکروفسیلها خیلی متغییراست و اگر به آن توجه نشود باعث اشتباه وگمراهی میشود .

برای مثال اسپورهایی که تقریباً اندازه‌یکسانی دارند کم اشکال تولید میکنند ولی اگر اختلاف زیادی دراندازه نمونه‌ها باشدمثل اختلافی که بین آیسوسپورها ومگاسپورها وجود دارد مقایسه عددی چه نسبی‌وچه مطلق قابل قبول نخواهد بود .

البته همان گیاهانیکه‌مگاسپورها راتولید کرده‌اندمیکروسپورها را نیزبوجود آورده‌اند ومیکروسپورها معمولا دارای‌اندازه کوچکی هستند . بنابراین میکروسپورهای گیاهان هترسپوراحتمالا قابل مقایسه با ایزوسپورهایی هستند که‌مربوط‌به‌عناصر گیاهی دیگری هستندلذا هردو باید بحساب‌مجموعه اسپورهای کوچک بیایند . بعضی‌از میکروسپورها مثل Cirritriradites و Endosporites بزرگتر از انواع زیادی هستند که در نمودار آیسوسپورها دیده‌میشوند . Cirritriradites بطور مشخص‌جنسی‌است که مربوط به لیکوپودهای‌سلاژینلاسه است . Endosporites مربوط‌به Polysporia است که نماینده لیکوپسیدهای دارای‌مخروط‌های‌دراز است . بعضی از پولن های بازدانگان‌نظیر فرمی که به Monoletes معروف‌است مربوط به پتریدوسپرم هاست . بنابراین نمیتوان یک‌حدود (Range) معمولی از اسپورهای کوچک‌نماینده‌یک‌مجموعه گیاهی‌را حدس زد . تأثیرفشردگی رسوبات هنگام دیاژنز مهم است هرچند که عده‌ای از اسپورها تحت تاثیر آن قرار نمی گیرند . معذالک شکی نیست که روی میکرو فسیلهایی که از سنگ‌های مشابه هم بدست میایند و درمقابل آزمایشهای شیمیایی واکنش یکسانی نشان میدهند میتوان مقایسه صحیح تری انجام داد .

میکروفسیلهای گیاهی‌موجود در زغال‌را نمیتوان هیچگاه‌بطور کمی با میکروفسیلهای موجوددرسنگ آهک‌یاسیدریت‌مقایسه‌نمود . شکی نیست که‌اختلاف‌فاحشی‌بین شماره‌میکروفسیلهایی که‌ازسنگهایی‌با ترکیب

سنگ شناسی متفاوت بدست میاید وجود دارد. حتی اگر این سنگها از نظر سنی هم تقریباً یکسان باشند در تفسیر چنین مجموعه هایی بمنظور توصیف شباهت سنی تولید اشکال میشود. بعضی گونه ها ممکن است در هردو نمونه موجود باشندولی بعضی دیگرممکن است تقریباً یابطور کامل دریک نمونه موجود نباشد. این اختلاف رابعلت مهاجرت گیاهان یا عوامل جدیدی که در انتشار میکروفسیلها تأثیر گذاشته اندمی توان دانست. تغییر در رسوب گذاری همیشه برروی انتشار میکروفسیلها اثر میگذارد. بنابراین اگرنسبت سنی رسوبات دریک محل مشکوک است بهتراست فسیلهای موجود در سنگهای مشابه را با یکدیگر مقایسه نمود تا معلوم شود اختلافات آنها مربوط به تغییرات رسوب گذاری است یا مربوط به تغییرات سنی و زمانی رسوبات است.

طبقات زغالی اهمیت زیادی از نظر مقایسه سنگی میکروفسیلها دارند زیرا دوره های نسبتاً کوتاهی در تغییر رخساره در حین تجمع زغال نارس که بعداً به زغال تبدیل میشود وجود دارد. بهمین ترتیب لایه های رسی بالا و پایین رگه های زغالی، رخساره های مشابهی را نشان میدهند که اگر زمان آنها مشابه باشد از نظر تعداد میکروفسیلهانیز مشابه خواهند بود. ولی مجموعه فسیلی در لایه رسی زیرین و شیل فوقانی اگر از محل دیگری حمل شده باشد (حوضه های آلوکتون Allochthonous) با طبقات زغالی مجاورشان که بصورت محلی تشکیل شده اند (اتوکتون Authochthonous) قابل مقایسه نخواهد بود. اصولا طبقات زغالی و همچنین پتونیت ها طبقات همزمانی را در سراسر حوضه ای که رسوب میکنند تشکیل میدهند. حتی در نقاطی که پیشروی دریا صورت گرفته رخساره ذغالی مشخص تشکیل طبقات زغالی جداگانه روی طبقات قدیم است که هریک در موقعیت های مختلف خود بتنهایی رسوبات همزمانی را تشکیل میدهند.

برآورد تعداد میکروفسیلهای گیاهی در یک واحد سنگ شناسی مشخص وسیله ای برای مقایسه رخساره ها استو در تعیین تغییرات جانبی رسوبگذاری کمک مینماید. در رسوبات جدید که نرم هستندمیتوان برای مطالعه تغییرات گونه ها تعدادآنها را در یک گرم رسوب خشک حساب کرد (Muller , 1959). ولی در مورد سنگهای سخت، مقایسه حجمی بهتر است مخصوصاً هنگامیکه سنگهایی با جرمهای مخصوص متفاوت باهم مقایسه میشوند.

جرم مخصوص اسپوروپولن ۱٫۱ تا ۱٫۲، زغال ویترینایت ۱٫۲ تا ۱٫٤ ، کانیهای رسی ۲٫۳، کربناتها سنگین تر وپیریت در حدود ۵ می باشد.

References

Erdtman, G. , 1948. Palynology. Aspects and prospects . Svensk. Bot. Tidskr. v., 42, n. 4.

Evitt , W. R., 1961, Observations on the morphology of fossil dinoflagellates. Micropaleont., v. 7, n. 4.

Jekhowsky , B. de , 1959. Une tcchnique standard preparation des roches pour l' etude des microfossiles organiques. Inst. Franc Petrole , Rev. , v. 14, n. 3.

Kurtz, E . B . and Turner, R. M . , 1957 . An oil - flotation method for the recovery of pollen from inorganic sediments. Micropaleont. , v. 3, n. 1.

Kuyl , O. S. , 1961. The pollen preparation of calcareous sediments . Meddelingen van de Geol. Stichting, n. s. n. 13.

Naumova, S. N. , 1953. Spore - pollen complexes of Upper Devonian of the Russian platform and their meaning for stratigraphy. Trudy Akad . Nauk SSSR, Inst. Geol . Nauk, v. 148 , Geol. Ser. (no. 60).

Schopf , J. M. , 1949 , Research in coal paleobotany since 1943. Econ. Geol. , v. 44, n. 6.

Schopf, J. M. , 1964 . Practical problems and principles in study of plant microfossils . Palynlogy in oil Exploration. Amer. Associ. Petrol. Geol.

Timofeyev , B. V. , 1959. Ancient flora of the Baltic region and its stratigraphic significance. All - Union Oil and Sci. Research Geol. Prospecting Institute , Trans . , v. 129.

Tschudy , R. H. , 1957. Pollen and spores formulae - a suggestion. Micropaleont. v.3, n. 3.

Tschudy , R . H. , 1961 . Palynomorphs as indicators of facies environments in Upper Cretaceous and Lower Tertiary strata , Colorado and Wyoming. Geol . Associ . , Wyoming Guidebook .

Wall . D. , 1962 . Evidence from recent plankton regarding the bioiogical affinities of Tasmanites Newton 1875 and Leiosphaeridia Eisenack 1958. Geol. Magazine, v. 99.

Wilson , L. R . , 1959 · A water - miscible mountant for palynology. Okl . Geol. Notes , v . 19 , n. 5 .

Woods , R . D . , 1955 . Spores and pollen - A new stratigraphic tool for the oil industry . Micropaleont . v. 1, n. 4.