علم المستحاثات المجهرية (علم المستحاثات الدقيقة) الميكروباليونتولوجيا

Micropaleontology

علم المستحاثات المجهرية (علم المستحاثات الدقيقة) Micropaleontology: وهو فرع من علم المستحاثات والذي يهتم بدراسة المستحاثات الدقيقة (المجهرية والقزمة) والتي تتطلب استخدام المجهر لرؤيتها ومعرفة خصائصها وتفاصيلها الدقيقة. وبالتالي فإن سائر مجموعات الكائنات الحية (العضويات) النباتية والحيوانية المعروفة في حال استحاثة هي ضمن مجال الميكروباليونتولوجيا.

أهداف دراسة المستحاثات المجهرية:

1- الاهتمام بدراسة أشكال المستحاثات المجهرية وبنياتها وتراكيبها الفلزية.
2- محاولة تصنيف المستحاثات المجهرية ودراسة أصلها وصلاتها التصنيفية.
3- السعي إلى تحديد دور المستحاثات المجهرية في تكوين الصخور وتحديد مدلولها الباليوجغرافي وأهميتها الاستراتيغرافية.

تطبيقات المستحاثات المجهرية:

1- تعتبر المستحاثات المجهرية هامة جداً في مجال البيوستراتيغرافيا Biostratigraphy بسبب وفرة هذه المستحاثات وظهورها واختفائها السريع من السجل الطبقي.
2- تعطي فكرة هامة جداً عن البيئات القديمة.
3- توفر سجلات هامة للتغير البيئي العالمي على فترات زمنية طويلة أو متوسطة أو قصيرة عبر مناطق شاسعة من قاع المحيط. وذلك عن طريق دراسة التغيرات في مجموعات المستحاثات المجهرية والتغيرات في التركيب الكيميائي في هيكلها.

تصنيف المستحاثات المجهرية:

1- وحيدات الخلية:

- وحيدات الخلية الحيوانية:
  - المنخربات Foraminifera
  - الشعاعيات (وحيدات خلية حيوانية سيليسية) Radilaria
  - الكاليبونل Calpionelles

- وحيدات الخلية النباتية:
  - النانوفوسيل (النانوبلانكتون) الكوكوليت Nannofossils (Nannopalnkton) Coccolithes
  - المشطورات (وحيدات خلية نباتية سيليسية) Diatomite

2- كثيرات الخلايا:

- الأوستراكود Ostracods
- البقايا المتعدنة لمتعددات الخلايا النباتية والحيوانية
  - الطحلبيات الكلسية Calcium Algae
  - البتروبود Pteropodes
  - تانتاكيلاريد Tentaculariides

3- مجموعات لم يعرف وضعها التصنيفي:

- الكونودونت Conodonts

جمع المستحاثات المجهرية وتحضيرها وتحديدها

أولاً جمع العينات:

- يبدأ عمل الميكروباليونتولوجي من الحقل وذلك برفع مقطع جيولوجي مفصل وبسحب عينات من التكشف الصخري وتصوير لأنواع التكشفات ثم يتم رسم هذا المقطع توضع عليه مواقع العينات المأخوذة بعناية.
- من المعلوم أن المستحاثات المجهرية لا ترى بالعين المجردة، إلا أن يوجد بعض أن من المستحاثات المجهرية تتطور لتصبح بحجوم ترى بالعين المجردة مثل المنخربات الكبيرة والتي تدعى Large Foraminifera (مثل النموليت) وهذه المستحاثات ترى على سطح الكسور الحديثة.
- في حالة بئر أو سبر يجب معرفة عمق العينة المأخوذة بدقة.
- كل الصخور ذات المنشأ الرسوبي يمكن أن تحتوي المستحاثات المجهرية وعدد هذه المستحاثات وتنوعها وجودة حفظها تختلف باختلاف الصخر وعمره ومنشأه. ومن خلال الخبرة يمكن التوقع بنوع المستحاثات المجهرية التي توجد ضمن الصخور الرسوبية.

طرق أخذ العينات: المطرقة هي الأداة الضرورية بالنسبة للجيولوجي والميكروباليونتولوجي للحصور على العينة الصخرية، إضافة إلى ذلك يمكن أن نحتاج إلى فأس ومجرفة وأزميل خاصة في المناطق المغطاة بالنباتات والأعشاب.

الميزات الواجب توفرها في العينات المأخوذة من التكشف الصخري:

1- **النظافة:** قبل أخذ العينات يجب إزالة الأقسام السطحية من التكشف والتي تكون في الغالب مفككة. والعناية ضرورية جداً عند أخذ عينات فتاتية رسوبية من أجل الدراسة البالينولوجية وبخاصة في فصل الربيع عندما يكثر غبار الطلع في الجو. وأفضل طريقة في هذه الحالة هي تعبئة أنبوب معدني نظيف بالرسوبات بوساطة إدخاله بشكل عمودي عبر السطح المقطوع من التكشف.
2- **التمثيل:** أن يكون أخذ العينات كاملاً وممثلاً للمقطع وذلك بأخذ عينات ممثلة لكل نوع من أنواع الصخور المتكشفة في المقطع. وتعطينا الليتولوجيا فكرة عن حجم العينة التي ينبغي أخذها، وعادة يلزم حوالي 500 غرام من الصخر الهش لإجراء الدراسة. ومن أجل دراسة النانوفوسيل يلزم عدة غرامات. وفي حالة الصخور الصلبة ومن أجل تحضير شريحة صخرية يلزم مكعب ضلعه حوالي 4-5 سم.
3- يتم وضع العينة في كيس من البلاستيك وتدون عليه بحبر غير قابل للمحي كل الشروحات الضرورية لتحديد هويته. تضاف ورقة توضع مع العينة داخل الكيس يدون عليها رقم العينة – ارتفاعها نوع الصخر، تأريخ أخذ العينة، التشكيل، العمر المتوقع .... إلخ

ثانياً تحضير العينات:

1- عمليات الاستخراج الميكانيكي: لا تطبق هذه العمليات إلا على العينات الصخرية الرخوة وقليلة القساوة لأن مبدأ هذه الطريقة يتمثل بفصل الحبات المكونة للرسوبيات حسب قياساتها الحبية المختلفة. وتتضمن عمليتا الفرش والغسل.

- **عملية الفرش**: وهي أسرع طريقة لتحضير النانوفوسيل (المستحاثات القزمة) Nannofossils. إن طرق تحضير ودراسة مستحاثات النانوفوسيل قدمت وشرحت من عدد كبير من الباحثين في هذا المجال منهم Bramlette and Sullivan (1961)، وتتلخص هذه الطرق بأن تفرش حجم حوالي 1-2 مم^3 من الصخر المفكك والمحلول مسبقاً بالماء المقطر على شريحة زجاجية والتي توضع على سخان كهربائي حتى تجف جيداً ثم تغطى بشريحة زجاجية (Slide) وتلصق بالساترة الزجاجية باستخدام بلسم كندا والذي يعمل على لصق الساترة مع الشريحة لتصبح قطعة واحدة. ثم ينظف باقي بلسم كندا على حواف الشريحة بمحلول الإكسلين. وأخيراً توضع لصاقة على الشريحة يكتب عليها رقم العينة، وبذلك تصبح العينة جاهزة للدراسة المجهرية.
- **عملية الغسيل**:
  - وهي الطريقة الأكثر استعمالاً من أجل استخراج المستحاثات المجهرية الموجودة ضمن الصخور الرسوبية والذي يتجاوز حجمها 100 ميلي ميكرون.
  - قبل عملية الغسل تجفف العينة ضمن فرن كهربائي، حيث توزن وهي جافة.
  - ثم تغمر لمدة من الزمن يكون كافية حتى تتفكك.
  - إذا استدعت الحاجة من أجل تفكيك الصخر المراد دراسته فإنه بالإمكان وضع الصخر ضمن محلول من 10-15% من الماء الأوكسجيني H_2O_2 (لونه أزرق باهت والذي يبدو عديم اللون في المحاليل الممدة، ويعتبر من الحموض الضعيفة).
  - نقوم بغسل الرسوبيات عبر مجموعة من مناخل معدنية مستديرة وتشمل من الأعلى إلى الأسفل المناخل التالية:
    - فتحات المنخل الأول: 0.5 مم، 500 ميلي ميكرون
    - فتحات المنخل الثاني: 0.16، 160 ميلي ميكرون
    - فتحات المنخل الثالث: 0.1، 100 ميلي ميكرون
  - تنجز عملية النخل تحت حزمة من الماء وذلك بتحريك الرسوبيات بوساطة الأصابع، ويمكن أن تعرف فيما إذا كانت عملية الغسل قد انتهت وذلك من لون الماء الذي يخرج من مناخل الغسل، فإذا كان رائقاً فإن العملية تكون قد انتهت.
  - نحصل على المتبقيات من المناخل الثلاثة وذلك بتجميع كل متبقي على محيط كل منخل ومن ثم نقوم ونمرره ضمن بوتقة بمساعدة تيار خفيف من الماء على أرضية المنخل وهو مائل.

- تمشط المناخل بشكل جيد بعد كل عملية غسل ومن ثم تغمر لمدة دقائق متعددة ضمن محلول 5% من أزرق الميتيلين. وإن الهدف من غمس المناخل بأزرق الميتيلين يفيد في تمييز المستحاثات المجهرية عم تلك التي تليها في عملية الغسل اللاحقة.
- تتواجد المستحاثات المجهرية على المناخل مع عناصر ومتبقيات أخرى مثل الكوارتز، أجزاء كلسية، حبا غلوكوني ..... إلخ.
- نقوم بعملية الفصل وذلك بفحص المتبقي الجاف المفروش على أرضية صحن ذي لون أسود (تحت مجهر بتكبر 25 X.
- يتم التقاط المستحاثات المجهرية بريشة أو برأس إبرة وتوضع داخل شريحة مستطيلة الشكل ومجوفة في الوسط وتدعى الخلية Cellule، حيث تغمس الإبرة بالمعجون أو البلاستيك لالتقاط المستحاثات.

1

2

3

4

بعض الأدوات المستخدمة في عملية الغسل (1– مناخل، 2–4 خلايا متنوعة لوضع المستحاثات المجهرية)

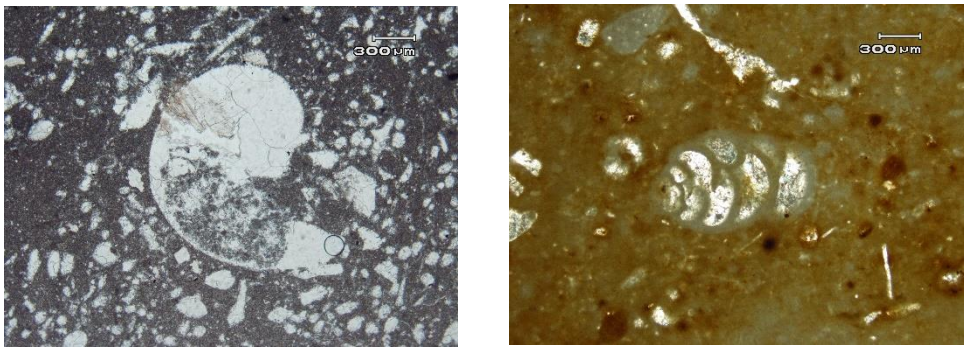
2- عمليات الاستخراج الكيميائي:

- تستخدم هذه الطريقة لاستخراج المستحاثات المجهرية السيليسية من الصخور الرسوبية الكلسية، ويكفي أن نصب حمضاً على تلك الصخور فيتفاعل الحمض مع كربونات الكالسيوم وتبقى المستحاثات المجهرية السيليسية.
- بالنسبة للكونودونت المؤلفة من فوسفات الكالسيوم والمقاومة إلى حد ما لتأثير الحموض الضعيفة نغمر العينة المكسرة إلى حجوم صغيرة ضمن بيشر مملوء بحمض الخل أو حمض النمل ممدد 10-20%. وتبقى الكونودونت ذات التركيب الفوسفاتي ذات التركيب الفوسفاتي ضمن الراسب في البيشر.
- فيما يخص المستحاثات المجهرية غير المتمعدنة (المحفوظة بالحالة العضوية) فقد وضع مختصو غبار الطلع والأبواغ (الباينولوجيا) تقنيات متعددة تحتاج إلى مخبر كيميائي مجهز بشكل جيد يحتوي علة مخلية الهواء، مثفلة، أنابيب زجاجية، بيشرات. وتشمل الطريقة القياسية المعمول بها من أجل عشرة غرامات من الصخر (حجر رملي، صخر كلسي، مارل، شيست) المراحل التالية:
  - سحق العينة إلى أجزاء أقل من 5 ملم إذا كان الصخر متماسكاً.
  - إزالة الأطوار الكربوناتية باستخدام حمض كلور الماء HCl بمعدل 50%.
  - التخلص من السيليس والسيليكات بوساطة حمض فلور الماء HF بمعدل 7% (حمض خطر جداً).
  - عملية الأكسدة الانتقائية للأجزاء الصغيرة الكربوناتية أو النباتية بشكل جيد بوساطة ماءات البوتاسيوم KOH بمعدل 10% خلال ثلاثين دقيقة.
  - إزالة البيريت والتخلص من مواد غبار الطلع عن طريق تفاعل وجيز (دقائق متعددة مع حمض الآزوت HNO_3 المركز).
  - نقوم بعد كل تفاعل بعملية غسل بالماء مرة واحدة أو مرتين تليها عملية التثفيل. ويتم تركيز المتبقي عن طريق النخل على أنسجة من النايلون ذات فتحات صغيرة جداً (5-20 ميكرون) تسمح بمرور الجزيئات الصغيرة المتبقية ولا تستعمل هذه المناخل إلا مرة واحدة فقط.
  - يحفظ المتبقي الحاصل في وسط لزج أو في الغلسيرين ضمن أنابيب صغيرة وتتم دراسة العينة على شريحة زجاجية مغطاة بزجاجة رقيقة (ساترة).

3- عملية تصنيع الشرائح الرقيقة: يقتصر تحضير الشرائح الرقيقة من الصخور لدراسة السحنات الدقيقة والمستحاثات المجهرية على الصخور الكلسية القاسية وعلى غيرها في بعض الأحيان، ومن أجل ذلك نقطع على الأقل شريحتين من كل عينة يراد دراستها، الشريحة الأولى موازية للتطبق والشريحة الثانية عمودية على سطح التطبق. ويشمل تصنيع شريحة رقيقة المراحل التالية:

- تقطع الشريحة الصخرية بحيث تكون محددة بوجهين مستويين متوازيين.
- يصقل أحد وجهي الشريحة بوساطة مجلخ مرطب بالماء.
- يلصق الوجه المصقول (مغشى) بوساطة صمغ بلسم كندا أو عجينة تركيبية على إحدى الشرائح الزجاجية التي تستخدم كمدعم حيث يكون قياسها المعتاد 43 X 30 ملم.
- يرقق الوجه الآخر من الشريحة حتى يصبح شفافاً وتصل ثخانته إلى 30-50 ميلي ميكرون.
- تغطى الشريحة الصخرية الرقيقة بساترة زجاجية رقيقة (0.1 ملم) بوساطة صمغ أو بلسم كندا او بالراتنج.

- يخفي الترقيق المبالغ به للشرائح الرقيقة التفاصيل الخاصة بالمستحاثات المجهرية وتكون الشرائح الخاصة بالدراسات الميكروباليونتولوجية أكثر ثخانة من الشرائح الخاصة بالدراسات البتروغرافية والمتفق عليها 30-50 ميلي ميكرون عوضاً عن 25 ميلي ميكرون.



صورة لشريحة صخرية رقيقة توضح بعض مقاطع في بعض أنواع المستحاثات المجهرية (المنخربات)

ملاحظة المستحاثات المجهرية: يقوم الميكروباليونتولوجي بملاحظاته الأولى على الطبيعة بالعين المجردة وبوساطة المكبرة ويستعمل المجهر حين عودته إلى المخبر. وتستخدم المكبرات والمجاهر الاستقطابية والالكترونية لملاحظة ودراسة المستحاثات المجهرية.

1- **المكبرات (المكبرة ذات العينتين):** تستخدم لدراسة لتكبير ودراسة المستحاثات المجهرية ذات الحجم الكبير > 100 ميلي ميكرون والمفصولة عن الرسوبات بطرائق الغسل العادي، أو بالطريقة الكيميائية والمحفوظة بمكان جاف وذلك باستخدام إضاءة مباشرة (أشعة منعكسة "من الأعلى")، ومن ثم بوساطة المجهر الالكتروني.

مكبرة لدراسة المستحاثات المجهرية (خصوصاً المنخربات)

2- **المجاهر الاستقطابية**: تستخدم لدراسة النانوفوسيل (المستحاثات القزمة) والشرائح الصخرية الرقيقة حيث تستخدم المجاهر الاستقطابية ذات الأشعة النافذة.

مجهر استقطابي لدراسة المستحاثات المجهرية خصوصاً النانوفوسيل ودراسة الشرائح الصخرية الرقيقة

3- **المجاهر الالكترونية:** تستخدم تكبيرات تصل عدة عشرات آلاف المرات لتمييز البنية الداخلية والتركيب الدقيق للمستحاثات المجهرية. ويوجد أنواع من المجاهر الالكترونية، مثل المجهر الالكتروني الماسح SEM والذي استخدم بشكل واسع لتسمية مستحاثات النانوفوسيل، والمجهر الالكتروني التحليلي MEB، وهناك الميكروبروب Microprobe وهو عبارة عن جهاز تحليل مزود بوحدة تصوير الكترونية.

المجهر الالكتروني

تحديد المستحاثات المجهرية وتسميتها:

1- **وصف وإيضاحات:** تعبير تركيبي للملاحظات:

- يعبر عن مجموع المعلومات المتوافرة عن مستحاثة مجهرية أو سحنة مجهرية بوصفها أو برسمة أو مجموعة من الرسوم عنها.
- يكون الوصف أقل تعبير من الرسم أو الصورة ويتم الرسم باليد أو الاستعانة بغرفة مضيئة خاصة بالرسم.
- تكون الصورة حالياً مرغوبة أكثر بفضل موضوعية التنفيذ وسرعته، ويجب أن ترفق بكل صورة القياسات التي يمكن منها معرفة حجم المستحاثة ومدى تكبيرها (مقياس الصورة).

2- **التحديد (إعطاء الاسم للمستحاثة المجهرية):**

- يشار إلى كل نوع باسمين لاتينيين يكتبان بأحرف مائلة عند الطباعة.
  - يبدأ الاسم الأول بحرف كبير والذي يدل على اسم الجنس الذي ينتمي إليه النوع.
  - يكتب الثاني بأحرف صغيرة ويدل على الاسم النوعي أو الدقيق.

- يضاف اسم المؤلف أو المؤلفين الذين سموا النوع بأحرف كبيرة وبعد فاصلة تضاف السنة التي تم فيها الوصف الأولي
  - مثال: ***Globigerina bulloides*** D'ORBIGNY, 1826
- إذا وضع اسم المؤلف بين قوسين فهذا يعني أن النسب الجنسي للنوع لم يكن بالذي اقترح في الأصل
  - مثال: ***Globotruncana elevata*** (BROTZEN, 1934)
  - كان هذا النوع قد نسب في البداية إلى الجنس ***Rotalia***
- إذا كان من الضروري وضع تحت اسم الجنس sub-genus فإنه يتداخل بين الجنس والنوع ويوضع بين قوسين.
  - مثال: ***Alveolina*** (***G lomalevolina***) ***primava*** REICHEL, 1936
- في حالة وجود تحت نوع فإنه يتميز بتسمية ثلاثية ويتبع اسمه بالمؤلفين الذين أوجدوه.
  - مثال: ***Globorotalia Cerroazulensis cunialensis*** TOUMARKINE & BOLLI, 1957

- يجب علينا الاستناد إلى النشرات العلمية التي تطرقت للمستحاثة ووصفتها للمرة الأولى، لكن هذه التوثيقات غير كافية أساساً لتمييز الأنواع المدروسة، لذلك علينا أن نقارن مع مجموعات مرجعية وذلك بعد العودة إلى الوصوفات الموضحة داخل المراجع اللاحقة للوصفات الأصلية.
- تكون المستحاثات المجهرية على الأغلب محفوظة بشكل جيد وأكثر عددا من المستحاثات الكبيرة وهذا ما يسهل ملاحظتها الشكلية.
- تبسط المصنفات والكاتالوجات المتعلقة بالمستحاثات المجهرية للبحث المكتبي عنها نظراً للحجوم الصغيرة لتلك المصنفات وسهولة مراجعتها.
- يتطلب التحديد أو التسمية الوثيق والتشدد والحذر ومن الطبيعي أن تحول الحالة السيئة لبعض العينات وغياب المراجع لكافية دون تحديد دقيق. ويجب في هذه الحالة أن نحاول إعطاء تحديدات غير كاملة أو مفتوحة يعبر عنها بإدخال إشارة cf اختصاراً لكلمة confer بين اسمي الجنس والنوع أو أن نحل محل النوع إشارة φ.
- تتوقف التسمية في بعض الأحيان في مستوي الفصيلة، الرتبة، الصف والشعبة ويكون التحديد غير كامل ولكن مع الحذر أفضل بكثير من خلال الأخطاء التي يتجنبها من التحديد المحدد والمغلوط.