



كلية العلوم

القسم : علم الحياة

السنة : الاولى

المادة : جيولوجيا عامة

المحاضرة : السادسة /نظري/

{{ مكتبة A to Z }}

مكتبة A to Z : Facebook Group

كلية العلوم ، كلية الصيدلة ، الهندسة التقنية ، تكنولوجيا المعلومات والاتصالات

١٥

يمكنكم طلب المحاضرات برسالة نصية (SMS) أو عبر (What's app-Telegram) على الرقم 0931497960

الفصل الخامس

المستحاثات Fossils

5-1- مقدمة:

يدعى العلم الذي يهتم بدراسة الكائنات القديمة أو بقاياها الحيوانية والنباتية المحفوظة ضمن الصخور الرسوبية بشكل خاص علم المستحاثات Paleontology أو علم الأحافير.

والمستحاثات بالتعريف هي بقايا كائنات عاشت في الزمن الجيولوجي، تعرض قسم منها للانقراض، ومازال قسم آخر ممثلاً في البيئات الحالية؛ إذ يطلق على الأخيرة اسم المستحاثات الحية، أي التي مثلت سابقاً في الزمن الجيولوجي ومازالت تعيش إلى الآن دون أن يطرأ عليها تغيرات تذكر.

يرتبط علم المستحاثات بالعلوم البيولوجية المختلفة كعلم النبات وعلم الحيوان؛ إذ يساعد ذلك في التعرف على كيفية عيش الكائنات المستحاثات، وبالتالي استنباط البيئة القديمة.

كما يرتبط هذا العلم بكافة العلوم الجيولوجية كعلم الطبقة والجيولوجيا التاريخية والبنوية والاقتصادية وغيرها.

تشعب علم المستحاثات بشكل كبير، ولاسيما في القرن العشرين، نظراً لأهمية المستحاثات في تحديد العمر النسبي للصخور، وأهميتها في المضاهاة الطبقة، و تعتبر المستحاثات الأساس في تقسيم الزمن الجيولوجي، لذا ظهرت علوم مرتبطة بهذا العلم نذكر منها:

- علم المستحاثات النباتية Paleobotany وعلم المستحاثات الحيوانية Paleozoology وعلم المستحاثات المجهرية Micropaleontology؛ إذ يهتم هذا الأخير بدراسة مجمل البقايا المستحاثية التي تحتاج إلى المجهر في دراستها، وأهمها وحيدات الخلية كالمنخربات Foraminifera وبعض كثرات الخلايا كالأوستراكودا Ostracoda (محاريات الدقة).

تطور أخيراً علم خاص يهتم بالجانب النباتي المجهرى، وهو علم الطلع /Palinology/ الذي يهتم بدراسة الأبواغ والطلع.

5-2- أهمية وفوائد المستحاثات:

1- تفيد في تحديد العمر النسبي للصخور وإقامة المضاهاة الطبقيّة فيما بينها على المستوى الإقليمي.

2- للمستحاثات أهمية اقتصادية كبيرة :

- فتجمع هياكلها قد يشكل أماكن مفيدة كما في بعض أماكن الفوسفات المعروفة في تدمر.

- كما يمكن أن تشكل صخوراً ذات أهمية في الصناعة كحجر طرابلس السيليسي الذي تشكّله المشطورات Diatoms.

- إن تجمع البقايا النباتية وخضوعها لوسط مرجع يؤدي إلى تشكّل الفحم بأنواعه.

3- تساعد المستحاثات في ربط المجموعات الحيوانية والنباتية مع بعضها،

وتبين درجة قرابة الكائنات من بعضها، فالطائر البدائي المسمى Archaeopteryx (المجنح القديم) المعروف في الدور الجوراسي يعدّ حلقة الوصل ما بين الزواحف والطيور بسبب شكل أسنانه وفقرات ذيله بينما تدل الأرياش على انتمائه للطيور Aves. فالمستحاثات تدعم التطور وتقدم أمثلة على ذلك.

4- تقدم المستحاثات معلومات عن بعض الكائنات التي لا يوجد ما يمثلها حالياً،

كما في ثلاثيات الفصوص Trilobita والديناصورات Dinosaurian وبعض النباتات المنقرضة، وغير ذلك.

5- تقدم المستحاثات أدلة تفيد علم التشريح المقارن عند الحفظ في شروط خاصة

كالحفظ في الجليد مثلاً.

6- للمستحاثات أهمية كبيرة في التعرف على الباليوجغرافيا والبيئة القديمة، فكل

كائن حيواني أو نباتي يستطيع العيش في مناخ خاص / حار - معتدل - بارد /، وإن وجود مستحاثات لها صلة بذلك تساهم في التعرف على المناخ القديم، كما تفيد المستحاثات في التعرف على حدود الشاطئ؛ أي توزع البحار واليابسة في العصور الجيولوجية السابقة.

تساهم المستحاثات أيضا في التعرف على البارامترات القديمة الخاصة ببيئة عيشها؛ كالضوء ودرجة الحرارة والغذاء والملوحة والحموضة ودرجة الغنى أو الفقر بالأكسجين وحركة الماء والعمق وظروف توضع الرسوبيات أو الترسيب، وغيرها.

5-3- شروط حفظ المستحاثات:

يمكن للكائنات أن تحفظ كاملة أو أجزاء منها أو آثارها الدالة على نشاطها وذلك وفق شروط حفظ أهمها:

- امتلاك المتعضية للأجزاء الصلبة القلزية القابلة للحفظ كالدرع والقواقع والعظام وغيرها؛ إذ إن الأجزاء الرخوة الخاصة بالعضوية غالبا ما تتفكك وتزول إلا إذا قُدِّر لها شروط خاصة من الحفظ، كما هو الحال بالنسبة لفيل الماموت Mammoth الذي حفظ في جليد سيبيريا بكامل أجزائه الرخوة.

- الطمر أو الدفن السريع للعضوية أو لأجزائها في الرسوبيات قبل أن يطرأ على الكائن -أي أجزائه الصلبة- تغيرات كبيرة . وهذا غالبا ما يتوافر عند حفظ الكائنات المجهرية ؛ إذ إنها لا تحتاج سوى قليل من الرسوبيات حتى تغطي كاملة بالرسوبيات وتمنع تأثرها بالعوامل الخارجية.

ومن الجدير ذكره بأن المستحاثات تكون غزيرة في الأماكن التي تسود فيها عمليات الترسيب السريعة الكارثية لاسيما في البحار الضحلة.

يتوافر الشرط الثاني في المناطق المائية؛ أي البحرية والبحيرية والنهرية والدلتاوية غالبا، حيث تغطي الأجزاء الصلبة بسرعة بالرسوبيات في مثل هذه المناطق، بينما يكون العكس على القارة، وهذا ما يعطل ندرة المستحاثات الممثلة للكائنات التي عاشت على القارة.

5-4- طرائق حفظ المستحاثات:

يمكن للأجزاء الصلبة والرخوة أن تحفظ معا بطرائق حفظ تدعى التحنيط، كالتحنيط بالتجميد أو بالإسفلت وبالغبر (الصمغ المستحاثي الذي يدعى الكهرمان) وبالتشيع بالأملاح وغيرها.

أما طرائق وأشكال حفظ المستحاثات السائدة فهي:

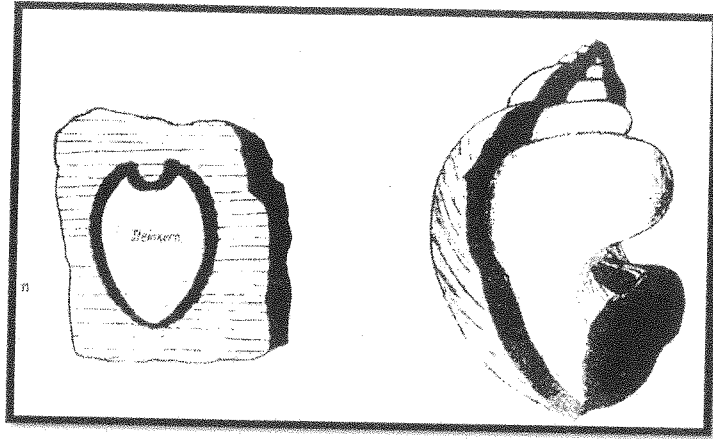
أ- المستحاثات الجسمية Body Fossil :وهي حفظ الأجزاء الأصلية للكائن دون أن يحدث أي تغيير في بنيتها الداخلية أو تركيبها الفلزي والكيميائي، لدرجة يمكن الحفاظ حتى على اللون الأساسي للكائن خلال الحياة. يشترط لحالة الحفظ هذه الحفظ بطريقة التحنيط، أو الدفن في صخور كتيمة جدا ودقيقة الحبات.

ب- القوالب : وهي نوعان :

1- القوالب الخارجية External mold : تتحل في هذه الحالة المادة الأصلية للعضوية/ هيكل - جسم رخو إلخ . . . / ثم ملء التجويف الناجم عن ذلك بالرسوبيات، حيث ينجم عن ذلك قالب تظهر عليه زخارف السطح الخارجي، وتتناسب جودة القالب (الانطباع) طردا مع نعومة ودقة الحبات التي حفظ فيها الكائن.

-2

3- القوالب الداخلية Internal mold : ويتشكل عند زوال المادة الرخوة العضوية، حيث تترك تجويفا لا يلبث فيما بعد أن يملأ بالرسوبيات مشكلا قالباً يدعى القالب الداخلي. يفيد هذا القالب في التعرف على كيفية ارتباط الجسم الرخو بالهيكل الصلب . شكل (1-5).



شكل (5-1): القالب الداخلي لأحد أشكال معديات الأرجل وآلية التشكل.

ج- السبيكة Cast : هي ملء التجويف الناتج من انحلال الهيكل بالكامل بالرسوبيات، وهذا التجويف يقع ما بين القالب الداخلي والخارجي للكائن قيد الاستحاثية، حيث تبدو الزخارف الخارجية وكذلك الآثار الممثلة لانطباعات الأجزاء الرخوة واضحة على السبيكة.

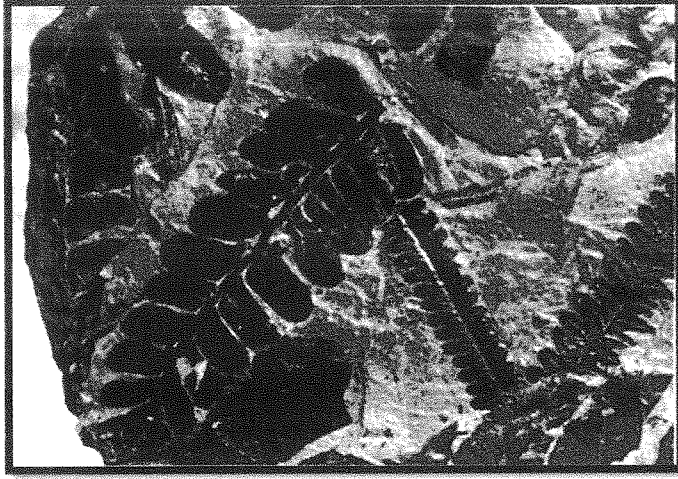
د- التبلور المتأخر أو الثانوي Pseudomorphos: يشبه السبيكة إلا أن التجويف المذكور عند تشكل السبيكة يُملأ بالبلورات / فلزات مبلورة/ بعد انحلال الهيكل الصلب الأصلي للعضوية.

هـ- التغطية Incrustation: وتعني تغليف المتعضية أو أجزاء منها بالمادة الفلزية، وعند كسر المادة الفلزية تلاحظ المستحاثات أو قوالبها في الداخل. تحدث عملية التغطية بفلز السيليس والكالسيت والأراغونيت، وغيرها وغالباً ما تحدث بالقرب من فوهات الينابيع الحارة ؛ إذ تغطي النباتات بالكلس/ التكلس/.

و- الاستعاضة Replacement : وتعني استبدال المادة المشكلة للعضوية بشكل جزئي أو كلي بمادة فلزية كالكالسيت والسيليس والأوبال . تعدُّ المحاليل السيليسية الأكثر شيوعاً؛ إذ يحل فلز الأوبال / السيليس مع نسبة معينة من الماء/ محل المادة الهيكلية التي قد تكون خشباً أو غير ذلك، حيث تحافظ المستحاثات على نسيج المادة الأصلية.

ويمكن التعرف على حلقات النمو عند النباتات في مثل هذه الحالة من الحفظ، ويبدو الاستبدال وكأنه حدث بشكل إيجابي، مثال ذلك الغابة المتحجرة في أريزونا / أمريكا/ سيلسة/وبعض جذوع النباتات الكالسيتية المعروفة في ليبيا (حوض مرزوق).
ز- التخمم Carbonization: وهو عملية تحول معقدة تصيب البقايا النباتية والتي تحدث في وسط مرجع، وتؤدي إلى وجود البقايا النباتية في الحالة الفحمية كفحم التورب والفحم البني والفحم الحجري شكل (2-5).

ح- المستحاثات الأثرية Trace fossils: هي حفظ آثار نشاط الكائنات الحية على شكل مستحاثات؛ إذ يمكن أن توجد على شكل آثار حركة خاصة بالزواحف العملاقة أو آثار زحف بعض اللافقاريات كمعديات الأرجل أو بقايا مسكن بعض الديدان وغيرها. كما يمكن لآثار الغذاء أن تحفظ بشكلين: كوبروليث Coprolith إذا كان الغذاء على شكل مفرزات برازية كما في فوسفوريت منطقة كرسى في فرنسا، أو على شكل كاستروليث Gastrolithes إذا كان يمثل محتوى المعدة من الطعام.



شكل (2-5) : أوراق نباتية متفحمة

ط- المستحاثات الكيميائية Chemical fossils: وهي بقايا أجسام عضوية عاشت في الأزمان الجيولوجية الغابرة، وأنتجت مركبات كيميائية على شكل حموض أمينية

مثل الألانين Alanin وبعض المواد العضوية الملونة كالبورفيرين Porpherin؛ إذ عثر على بعضها في البريكمبري، مما يدل على تطور عضوي ما حصل في تلك الفترة.
ي- الأدوات الصوانية: يعدُّ بعض المؤلفين أن الأدوات الصوانية المستخدمة من قبل الإنسان القديم في الرباعي عبارة عن مستحاثات، تم تقسيم الدور الرباعي إلى ثلاثة عصور اعتماداً على تطور هذه الأدوات المرتبط من القديم باتجاه الحديث، وهي:

- العصر الحجري القديم أو الباليوليتي Paleolithic

- العصر الحجري الأوسط أو الميزوليتي Mesolithic

- العصر الحجري الحديث أو النيوليتي Neolithic

5-5- تصنيف المستحاثات Systematic of fossils

ميز الباحث لينيه Linne في كتابه نظام الطبيعة الوحدات التصنيفية التالية التي تتناقص شموليتها بدءاً بالعالم، وانتهاء باتجاه النوع، ثم الفرد:

- 1- العالم، 2- الصف، 3- الرتبة، 4- الجنس، 5- النوع، 6- الفرد.
- أما حالياً فتوجد سبع وحدات تصنيفية رئيسة تتناقص شموليتها أيضاً من الوحدة الأشمل وهي العالم، وانتهاء بالنوع. نورد هنا الوحدات التصنيفية الرئيسية السبع مع مثال لها من عالم الحيوان:

الوحدات التصنيفية الرئيسية التسمية اللاتينية مثال من عالم الحيوان		
1- عالم	Regnum	حيوان Animalia
2- شعبة	Phylum	الحبليات Chordata
3- صف	Classis	الثدييات Mammalia
4- رتبة	Ordo	آكلات اللحم Carnivora
5- فصيلة/ عائلة/	Familia	كليات Canidae
6- جنس	Genus	كلب Canis
7- نوع	Spezies	أليف Canis familiaris

*النوع:

يعدُّ النوع من أهم الوحدات التصنيفية المستخدمة في تحديد الأعمار الجيولوجية للطبقات.

عرف لينيه النوع بأنه كل كائن حي يصنف في نوع غير متغير ومخلوق منذ بداية الحياة، ويعطي بالتكاثر أفراداً تشبهه.

أما غراسيه Grasse فقد عرفه بأنه عبارة عن مجموعة كائنات ينحدر بعضها من بعض، تكون طوابعها التكوينية متقاربة جداً، ولا تحقق الأنغال مع الكائنات الأخرى.

أشار إلى التعريف البيولوجي للنوع الباحث May 1967 بقوله: يمثل النوع جماعات تكون بالواقع أو بالإمكان قادرة على أن تتكاثر فيما بينها، ولا تكون قادرة على التكاثر مع زمر مشابهة.

يعتمد الباحثون في علم المستحاثات عند تحديد النوع على الصفات المورفولوجية؛ أي الشكلية للنوع بشكل أساسي، ولاسيما للأنواع المنقرضة منها / غير الممثلة حالياً، إذ يعتمدون بشكل أساسي على القرائن المتعلقة بالأجزاء الصلبة المحفوظة، وفي حال كون النوع معروفاً في العصر الحالي يتم اعتماد الصفات الشكلية تضاف إليها مواصفات الأجزاء الرخوة وغيرها.

لذا لابد من الإشارة إلى ميزات النوع في عالم المستحاثات:

1- يعتمد علم المستحاثات على صفات المستحاثات الشكلية لكائن متحجر طراً عليه كثير من التغيرات، والذي يمثل غالباً بهياكل صلبة أو أجزاء منها حفظت بأشكال متنوعة كما ذكرنا.

2- لا يمكن حفظ الأجزاء الرخوة بشكل عام للمستحاثات، وقد يكون الحفظ غير كامل.

3- تعبر المستحاثات عن فترة زمنية طويلة جداً بعكس المتعضيات المعاصرة.

5-6- تسمية النوع (بعض القواعد):

إن مهمة الباليونتولوجي وكذلك البيولوجي الأولى هي تحديد النوع وتسميته، و يعتمد ذلك على قواعد معينة معروفة عالميا باسم القواعد الدولية للتسمية الحيوانية (IRZN).

فلقد اتفق على أن يتألف اسم النوع من كلمتين / تسمية ثنائية/ Binomen تدل الكلمة الأولى على الجنس، أما الثانية فتدل على النوع، على أن تكتب الأحرف باللاتينية . تبدأ الكلمة الدالة على اسم الجنس بحرف لاتيني كبير، أما الأحرف الباقية للجنس وكذلك الكلمة الدالة على اسم النوع فهي صغيرة ومائلة، يضاف إلى ذلك اسم الباحث مُطلق التسمية وسنة التسمية.

مثال النوع هيمياستر أوركنيانوس:

Hemiaster orbignyana DESOR

اسم الباحث كلمة دالة على النوع كلمة دالة على الجنس

كما يوجد ما يسمى التسمية المفتوحة التي يمكن أن يلجأ إليها الباحث عند الحفظ الرديء، أو صعوبة التحديد، وهي تأخذ رموزا معينة تضاف غالبا بعد الكلمة الدالة على الجنس.

5-7- الشكل النموذجي للنوع:

وهو اختيار نسخة / مستحاثنة/ تمثل النوع وإقرارها على أنها المقياس الوحيد للنوع، وهنا يمكن تمييز الحالات التالية:

- الهولوتيب Holotype : شكل نموذجي للنوع عرف منذ البداية على أنه المقياس الوحيد للنوع.

- الليكتوتيب Lectotype : وهو اختيار نسخة واحدة من نسخ عديدة كانت تعد متطابقة وإقرارها على أنها المقياس الوحيد للنوع.

- النيوتيب Neotype : نسخة لمستحاثنة حددت على أنها الشكل النموذجي للنوع تعويضا عن شكل نموذجي قديم مفقود.

5-8-مراحل دراسة المستحاثات:

1- جمع العينات من الحقل، سواء كان من التكتشفات الصخرية أو الآبار .
2- استخدام طرائق خاصة في انتشال المستحاثات الكبيرة باستعمال أدوات خاصة، أو إمكانية صب قوالب عنها في حال احتمال تخريبها عند انتزاعها من الرسوبيات.

3- عند تحضير العينات بهدف استخلاص مستحاثاتها المجهرية، يتم ذلك بطرائق مختلفة مثل التكسير والغلي بالماء أو بإضافة الماء الأوكسجيني وغيرها، ثم غسلها باستخدام مناخل معدنية خاصة، ثم تجفيفها وتنقيتها تحت المجهر بعد فرش جزء منها على صحن التنقية بواسطة إبرة خاصة، ووضعها في خلايا لتصبح جاهزة للتحديد؛ أي التصنيف، أو إطلاق تسمية لها، وذلك باستخدام الأطالس والمراجع العلمية ذات الصلة.

5-9- تطور الكائنات الحية:

تدل دراسة المستحاثات المحفوظة في الرسوبيات والتابعة لأعمار مختلفة منذ البريكمبري، وحتى العصر الحالي، على أن الكائنات تتطور بشكل مستمر، ويتشعب بعضها من بعض، وبمعنى آخر تتغير وتتبدل بمرور الزمن . إن هذا التبدل ساهم في تأريخ الأرض وفي تحديد العمر النسبي للصخور. وهكذا فإن حدوث التطور واقع في حد ذاته.

يدعي العلم الذي يهتم بالتغيرات التي طرأت على العالم الحي، أسبابها، انعكاساتها وتأثيراتها بعلم التطور Evolution الذي توفرت له المادة الأساسية الدالة عليه وهي المستحاثات .

يخضع تفسير حدوث التطور لنظريات علم الحياة الذي يرى أن للوراثة دورا في ذلك ؛ إذ إن الصبغيات الوراثية تُمكن من حدوث التغير.

كشفت المستحاثات مؤخرًا عن حقائق عديدة ووقائع جديدة تدعم كلها حدوث التطور، فالمستحاثات ترينا الحقيقة التي كانت فعلاً في الأزمان الغابرة. يؤكد علم المستحاثات من خلال براهينه حدوث التطور، ويقدم الأدلة اللازمة لذلك، وتساهم في دعمها لذلك علوم حالية مثل علم التشريح المقارن Comparative Anatomy وعلم الخلية Cytology وعلم الجنين Embryology وغيرها. هناك فرضيتان رئيسيتان للتطور؛ الأولى وتدعى فرضية خلق الأنواع التي تقضي بثبات الأنواع وعدم تبدلها؛ أي خلقت منذ البداية كما هي دون أي تغيير وقد أيدها أرسطو وغيره. والثانية تدعى فرضية التحول، وتقضي بأن الكائنات تتبدل وتتغير ويشق بعضها من بعض نتيجة تحولات تطراً عليها بالتدريج، ويرى مؤيدو هذه الفرضية أن الكائنات المعقدة أتت من أشكال أقل تعقيداً. لقد أكدت الفرضية الثانية القرابة القائمة بين أشكال الكائنات المختلفة، ولاسيما التي تطور بعضها عن بعض. وهنا لابد أن نذكر لمحة مبسطة عن نظريات التطور:

أ- اللاماركية: وتتسبب إلى لامارك LAMARK CHEVALIERDE /1744-1829/ ويعود حدوث التطور إلى: - الحاجة وعدم الحاجة للأعضاء، فهي تنمو إذا كان الكائن يحتاجها وتضمحل عند عدم الحاجة إليها، بالتالي تورث الصفات الجديدة المكتسبة إلى الأجيال القادمة. فتغير الظروف البيئية يمكن أن يضيف للكائن احتياجات جديدة؛ أي خلق أعضاء جديدة؛ أي ظهور أنواع جديدة. وهناك اللاماركية الجديدة التي طورها COPE وزملاؤه /1840-1897/ والتي تؤكد أهمية التغيرات البيئية التي تؤدي بالمتعضيات إلى التكيف مع الوسط الجديد، كما أكدت أهمية الانعزال الجغرافي في إحداث تغيرات تؤدي إلى أنواع جديدة. وترفض هذه النظرية فكرة الاصطفاء الطبيعي.

ب- الداروينية: تتسبب للباحث داروين CHARLES DARWIN /1809-1882/ ويعود أساس التغيرات إلى الاصطفاء الطبيعي، فالعناصر الأقوى هي التي تبقى تتكاثر فيما بينها، ويؤدي ذلك إلى تغيرات تكيفية، وبالتالي ظهور أنواع جديدة. كما تُعزى التغيرات إلى التكيف مع البيئة الجديدة والفعل الوراثي الذي يقر بالحاجة أو عدم الحاجة للأعضاء.

نشير أيضا إلى الداروينية الجديدة العائدة للباحث وايزمان WEISMAN /1883/ وديفريس VRIES /1900/DE التي تقر باستقلال الأصل المنشئ عن الجسم، فالخلود دوما للأصل المنشئ، والبيئة تؤثر فقط في الجسم، فهي تدين الصفات المكتسبة، وتقر بحدوث الطفرات التي تظهر بصورة مفاجئة في الجماعات، ويتجلى ظهورها في الخلايا الجنسية بوصفها المسؤولة عن توريث الصفات.

وهنا تُثار تساؤلات، أهمها كيف نشأت الحياة على الأرض:

أكدت البحوث وباختصار شديد المعلومات التالية :

- 1- تعود بداية الحياة الميكروسكوبية إلى حوالي 3,3-3,7 مليار عام حسب / SCHPF 1975/ فقد كانت البداية عبارة عن خلايا عديمات النوى Prokaryota حسب MOORBAC 1977، وغيره وأطلق عليها اسم المستحاثات الكيميائية.
- 2- تلا ذلك تكوين الخلايا ذوات النوى Eukaryota وفق الباحث SCHPF 1975 وغيره، إذ تمثل هذه المرحلة الخطوة العلمية الهامة لتطور الحياة.

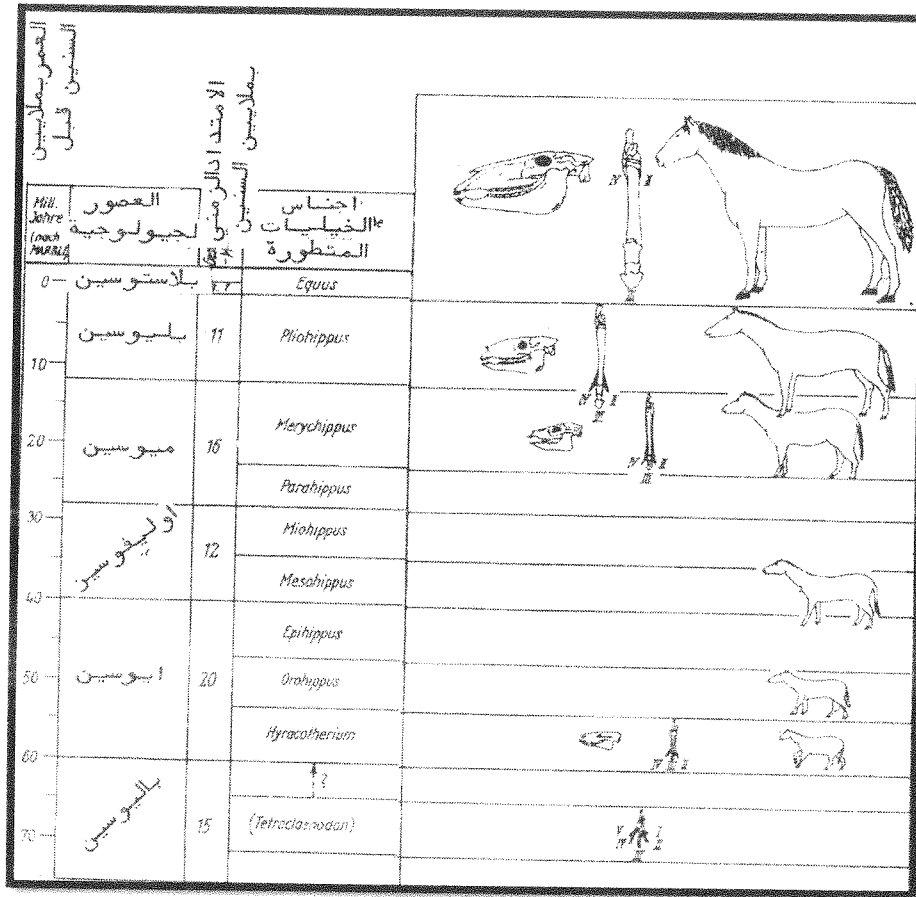
- 3- الخطوة الأهم التي تلت تشكل الخلايا ذوات النوى هي تشكل كثرات الخلايا التي يعود عمرها إلى حوالي 1-1,5 مليار سنة حسب الباحث PRASAD 1978 وغيره، وفي هذه المرحلة أصبح إنتاج الأوكسجين ممكنا وشكل حوالي 1% من حجم الغلاف الغازي، وهنا ازدهرت الطحالب الزرقاء المخضرة التي شكلت مستعمرات خاصة، ورسبت الكلس في أغشيتها على شكل صخور تدعى ستروماتوليت Stromatolithes.
- 4- أخذت الخلايا ذوات النوى بالتكاثر فيما بينها، وأدت إلى نشوء وحيدات خلايا متنوعة قبل حوالي 0,8 مليار سنة، وهذا أدى إلى زيادة سرعة التطور وظهور جلي لكثيرات الخلايا .

5-10- حجج، وأدلة عن التطور:

تنوعت الكائنات الحية بشكل كبير بعد وجود الأوكسجين الذي بدأت نسبته تزداد تدريجاً في الغلاف الحيوي منذ بداية الحقب الأول حتى نهاية الدور الكربوني من الحقب المذكور. وهذا ما أدى إلى تشعب كبير للعالم العضوي الذي شهد تنوعاً كبيراً بدءاً من الكمبري حتى العصر الحالي. نذكر، كأحد الأدلة على التطور 'ما يسمى التطور الخطي أو المستقيم': وهو التطور الذي يؤدي إلى ظهور صفة أو صفات جديدة شكلية، أو قد يؤدي إلى تطوير إحدى الصفات الموجودة بزيادة حجمها مثلاً مع مرور الزمن. نذكر من الأمثلة على التطور بعض الحيوانات الفقارية، فالثدييات كانت صغيرة بشكل عام في الحقب الثاني، وتطورت وأصبح أكبرها في الحقب الحديث، بما في ذلك الرباعي. بعد تطور الخلايا والخرطوميات أمثلة نموذجية على التطور الخطي؛ إذ يلاحظ زيادة حجمها وزيادة درجة تخصص بعض أعضائها بمرور الزمن.

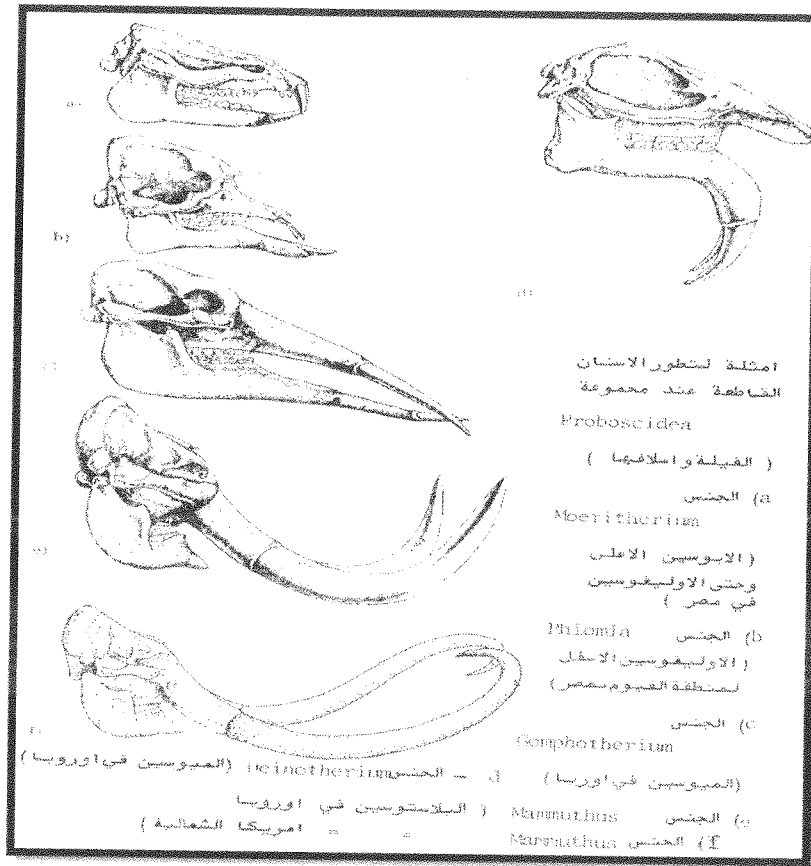
تطور الخلايا: في بداية الإيوسن كانت الخلايا صغيرة بحجم الهر الحالي، وفي الإيوسين الأوسط أصبحت بحجم الثعلب الحالي، وأخذ حجمها يزداد تدريجاً إلى أن وصلت إلى حجمها الحالي.

وفي الوقت نفسه رافق ذلك تطور أسنانها، فقد كانت من آكلات الأعشاب واللحوم، ثم تكيفت أسنانها لتصبح من آكلات الأعشاب فقط. كما رافق ذلك تطور الأطراف، ولاسيما من حيث عدد الأصابع، فبينما كانت أشكالها الأولية تملك /5/ أصابع أي (1، 2، 3، 4، 5)، لوحظ في فترة تطورية /الباليوسين/ ضمور الإصبع رقم 1 / ورقم 5/ ثم تطور الإصبع الثالث على حساب الإصبع رقم 2 والإصبع رقم 4؛ إذ أصبح الإصبع الثالث هو العضو الوظيفي في المشي الذي يستند إليه الحيوان ليتحول الإصبع الثاني والرابع إلى بقايا أصابع ضامرة على جانبي كل طرف، وهذا يلائم الجري السريع، ومنه نستنتج أن الأشكال الأولى كانت بطيئة الجري نسبياً. ويبدو أن الظروف البيئية المتغيرة وطبيعة العيش هما السبب في تغير الصفات الخاصة ببعض الأعضاء بحيث يتوافق ذلك مع الظروف الجديدة لهذه الحيوانات، شكل (3-5).



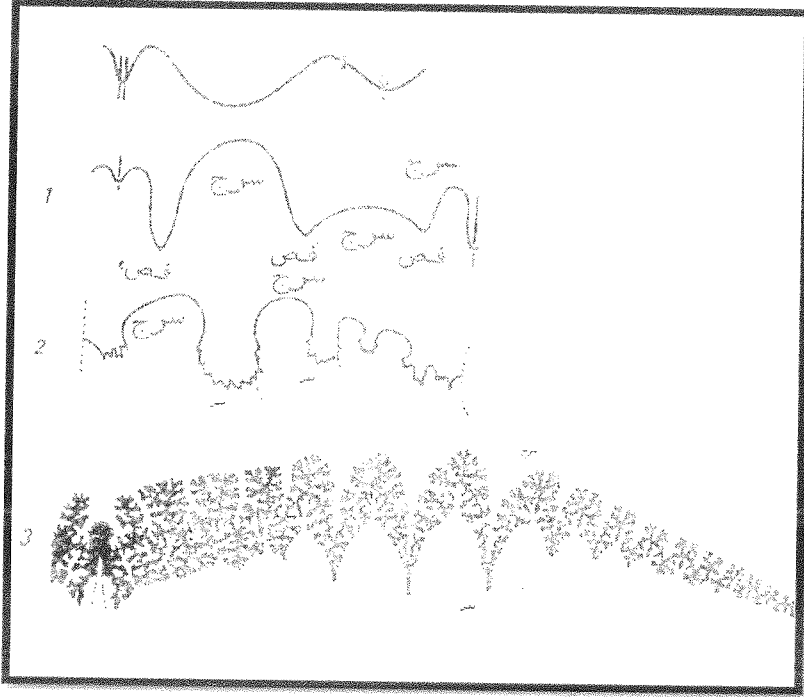
شكل (3-5): تطور الخيليات في الحقب الحديث

تطور الخرطوميات: تطورت الأسنان عند الخرطوميات التي كانت تمثل قواطع في الأشكال البدائية إلى ما يسمى الأسنان الدفاعية ؛ إذ ازداد حجم الأسنان أيضا بمرور الزمن. يلاحظ هنا تطور الأسنان القاطعة بدءاً من الإيوسين الأعلى حتى الأوليغوسين الأسفل، تتطاول مقدمة الجمجمة ويزداد حجم الأسنان على حساب هذا التطاول، وتصبح الأسنان كبيرة ومنحنية. فالأسنان في البداية استعملت للحفر بهدف الحصول على جذور النباتات على ما يبدو، ثم تطورت هذه الوظيفة لتصبح دفاعية بالدرجة الأولى بدليل انحنائها للأعلى والخلف غالباً. شكل (4-5).



شكل (4-5): تطور الأسنان والجمجمة عند الخرطوميات

إن الحيوانات اللافقارية يمكنها أيضا أن تبدي مثل هذه الصفات التطورية؛ فالأمونيات - وهي راسيات أرجل ظهرت في السيلوري الأعلى وانقرضت في نهاية الكريتاسي - ظهرت بأشكال صغيرة القد/7,5 سم بشكل عام / أشكال الديفوني والكربوني / مع ملاحظة بعض الشواذ، ثم ازداد متوسط قدها حتى/20 سم في الترياسي ليصبح متوسط قدها (قطرها) أكبر في الجوراسي والكريتاسي، ويصبح بعضها عملاقا /1,20 م لا بل وصل قطر قوقعة أحد أنواع الجنس Pachydiscus إلى 255 سم. وقد رافق ذلك أيضا تعقيد ما يسمى الخط الدرزي للقوقعة / الذي هو بالتعريف الأثر الذي تتركه الحواجز الخاصة بالقوقعة على السطح الداخلي لها، وهو يُرى بعد إزالة الطبقة الخارجية، شكل (5-5).



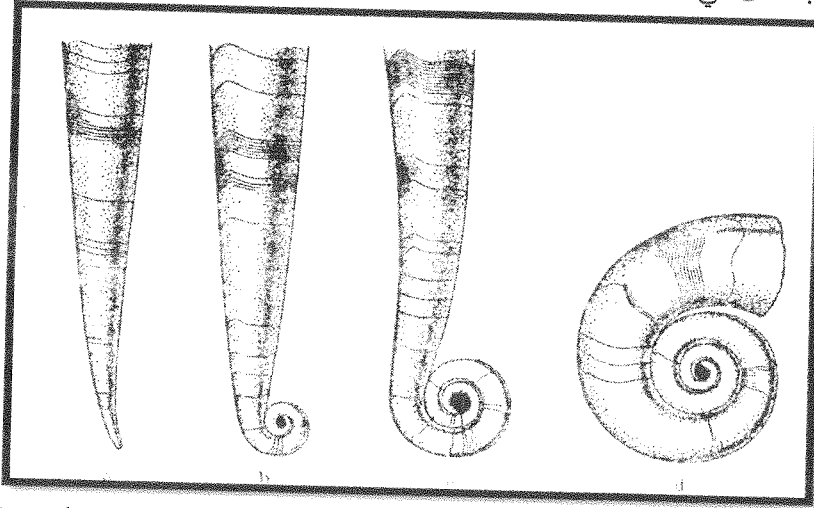
شكل (5-5): تطور الخط الدرزي عند الأمونيات بمرور الزمن. : 1 = النمط الغونياتيتي، 2 = النمط السيرياتيتي، 3 = النمط الأمونيتي

فقد تطور الخط الدرزي مع الزمن؛ إذ كان بسيطاً في الأشكال البدائية (الدور الديفوني) ثم وصل إلى درجة تعقيد قصوى في الحقب الثاني (ترياسي - كريتاسي). هذا ويمكن تقسيم الدروز عند الأمونيات (Ammonitidea) إلى ثلاثة أنماط رئيسة وفقاً لدرجة وزمن تطورها. شكل (5-5):

1- النمط الغونياتيتي: معروف عند مستحاثات الأمونيات / مجموعة غونياتيدا Goniatitida / المعروفة في الديفوني وحتى البرمي من الحقب الأول وهو أبسط الأنماط؛ إذ بقيت السروج والفصوص الخاصة بالخطوط الدرزية ملساء وقليلة التعاريج.

2- النمط السيرياتيتي : معروف عند السيرياتيدا Ceratitida ويميز الدورين البرمي من الحقب الأول والترياسي من الحقب الثاني، وهنا أصبحت الإنشاءات المسماة فصوصاً أكثر تعقيداً بتسنيها، وبقيت السروج دون تسننات.

3- النمط الأمونييتي : يصادف عند الأمونيتيدا *Ammonitida* ويميز مستحاثات الأمونيات التابعة للترياسي وحتى الكريتاسي، وهنا أضحت السروج والفصوص الخاصة بالخطوط الدرزية أكثر تسننا وأكثر الأنماط تعقيدا. وهناك مثال على تطور الالتفاف الخاص بالقوقعة عند بعض أشكال النوتيليات *Nautiloidea* من رأسيات الأرجل كما في الجنس *Lituities* الذي عرف في الأوردوفيسي الأسفل في اسكاندينافيا، حيث بدت أشكال قواقعها شبه مستقيمة في الطبقات السفلى القديمة، وأخذت تلتف بالتدريج مع مرور الزمن إلى أن أصبحت ملتفة بشكل حلزوني بالكامل في الطبقات العليا الأحدث. شكل (5-6) .



شكل (5-6): تطور الالتفاف لقوقعة الجنس *Lituities* في الأوردوفيسي الأسفل الأسكاندينافي / أمريكا/. الشكل a وجد في الطبقات الأقدم . أما الشكل d الملتف بالكامل فوجد في الطبقات الأحدث.

ومن المفيد أن نذكر أن الزواحف ظهرت بأشكال صغيرة وبدائية في الكربوني، ثم تطورت وازدهرت بشكل كبير في الحقب الثاني، ولاسيما دوري الجوراسي والكريتاسي، حيث ظهرت الأشكال العملاقة، أو ما يسمى الديناصورات التي انقرضت في نهاية الحقب الثاني.

توجد أمثلة كثيرة أيضا من المستحاثات المجهرية ونكتفي بذكر ما سبق.

لم يقتصر الأمر على تطور العالم الحيواني، إنما توجد حجج وأدلة كثيرة من العالم النباتي، وهنا نفضل التكلم بصورة عامة على تطور هذا العالم: فقد ازدهرت النباتات البذرية في الحقب الأول / السراخس البذرية وغيرها/ التي تطوّر عنها نباتات الجنكو Ginkyoules ثم تطورت عن ذلك المخروطيات التي استمرت إلى الآن، مثل الصنوبر والأرز والشوح وغيرها.

ظهرت النباتات الراقية بدءاً من الدور الجوراسي، منها: كاسيات البذور Angiosperms، وهنا توجد البويضات ضمن المبيض وأوراقها متنوعة وجذورها متطورة، مثالها النخيل والذلب والزان وغيرها. تتمثل كاسيات البذور حالياً بمجموعتين: الأولى أحادية الفلقة والثانية ثنائية الفلقة. شكل (5-21). وهكذا نرى أن تطور العالم النباتي كان يسير بشكل مواز لتطور العالم الحيواني.

5-11- المستحاثات المرشدة وصفاتها:

يؤدي النوع كوحدة تصنيفية الدور الأكبر في وضع سلم طبقي دقيق، ويمكن للوحدات التصنيفية الأشمل من النوع كالجنس وغيره أن تؤدي دوراً مشابهاً، شرط العيش في زمن قصير لمثل هذه الأشكال الأخيرة. يؤدي التوزع العمودي القليل أي اقتصار وجود المستحاثات على طبقة أو عدة طبقات دوراً كبير الأهمية في وضع السلم الزمني الخاص بالمنطقة المدروسة. ومن هنا بدأ التمييز بين المستحاثات التي تتغير أو تتطور أو تقترض مع مرور الزمن، وتلك التي لم تصبها تغيرات تذكر.

اتفق العلماء على تسمية الأشكال المستحاثية الحيوانية والنباتية المعتمدة في تحديد أعمار الطبقات الحاوية عليها بالمستحاثات المرشدة أو الدالة Guide Fossils وهي المستحاثات التي تتصف بالآتي:

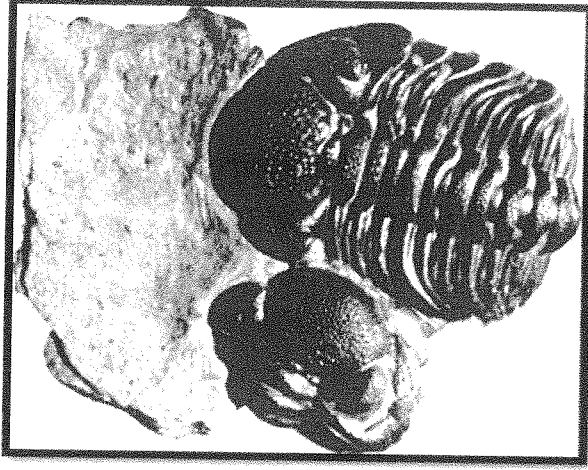
- 1- العمر القصير؛ أي توزعها العمودي في المقطع يجب أن يقتصر على طبقة واحدة أو عدة طبقات.
- 2- الأعداد الوفيرة لتأمين دقة تحديدها.
- 3- الانتشار الأفقي الواسع لها؛ أي وجودها في مناطق جغرافية واسعة.
- 4- ألا يتطلب وجودها سحنة معينة قدر الإمكان؛ أي وجودها في نماذج متنوعة من الصخور الرسوبية.

5- سهولة التعرف عليها، وهذه الصفة تساهم في كشف المستحاثات المرشدة التي نُقلت، وتوضعت في أحواض ترسيب أحدث من تلك التي وجدت فيها عند طمرها لأول مرة بالرسوبيات، وهذا يحتاج إلى مزيد من الخبرة، وقد يعقد تحديد العمر الصحيح للتوضع المدروس.

6- التوزيع الشبه المتساوي لها في الطبقات الحاوية عليها على المستوى الإقليمي. إن هذه الشروط أو الصفات لا تتحقق دوماً معاً، إلا أنها جميعاً من صفات المستحاثات المرشدة. إن الاعتماد على المستحاثات المرشدة سمح بإقامة العمود الطبقي أو ما يعرف بالسلم الزمني بدءاً بالكمبري وحتى العصر الحالي، فعلى سبيل المثال لا الحصر، حُدد الحقب الأول بناءً على ظهور ثلاثيات الفصوص في بدايته وانقراضها في نهايته شكل (5-8)، كما أن الحقب الثاني بدأ باختفاء المجموعة المذكورة وانتهى بانقراض الأمونيات من رأسيات الأرجل، و باختفائها بدأ حقب الحياة الحديثة، الذي ازدهرت فيه المنخربات البلانكتونية / الطافية/ والقاعية العملاقة كالنموليت . شكل (5-9) وخفيات الألقاح من النباتات، يضاف إلى ذلك التنوع الكبير الذي أصاب صفيحيات الغلاصم ومعديات الأرجل/ بطنيات القدم/فقد بلغت ذروة ازدهارهما في العصر الحالي.

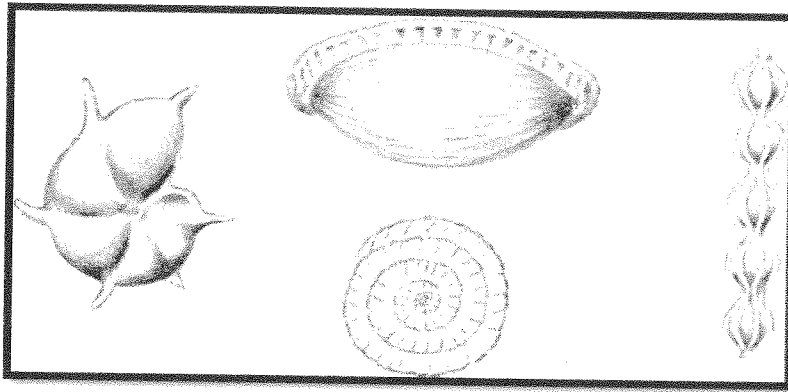
5-12- التجمعات المستحاثية:

يمكن العثور على المستحاثات في الطبقات الرسوبية المؤلفة من الحجر الكلسي و الغضار والرمل والمارن وغيرها. وبصورة أدق تكون المستحاثات غزيرة نسبياً في الصخور ذات المنشأ البحري، وأقل غزارة في رسوبيات البحيرات والمياه العذبة والدلتات النهرية والسهول الفيضية.



شكل (5-8) : أحد أشكال ثلاثيات الفصوص الجنس فاكوبس /Phacops/ المرشدة لتوضعات / سيلوري-ديفوني
أعلى/.

نودوزاريا *Nodosaria* ألفيولينا *Alveolina*



النموليت *Nummulites* هانتكينينا *Hantkenina*

شكل (5-9) : أشكال تخطيطية لبعض مستحاثات المنخريات المرشدة.

تغزر المستحاثات بشكل أوضح في الرسوبيات البحرية المتشكلة في المياه الضحلة، أي المياه النيريتية التي لايتجاوز عمقها /200/ م. إن النسبة الكبيرة من المستحاثات توجد غالبا في الأحجار الكلسية، لابل قد تتألف هذه الأحجار الكلسية من هياكل مستحاثات لمتعضيات كلسية الهيكل، و يطلق عندها على الصخر تسمية : حجر كلسي قوقعي كمثل إذا كان في معظمه مؤلفاً من قواقع الرخويات.

قد نجد غزارة للمستحاثات أيضا وجيدة الحفظ في صخور الغضار أو الغضار الصفحي، ولاسيما مستحاثات الكائنات السابحة / مجهرية وجهرية / . لكن قد تكون المستحاثات محفوظة بشكل سيئ أيضا نتيجة ما يسمى السدياينيز المستحاثي والذي يعرف بأنه مجمل العمليات التي تطرأ على الهياكل المدفونة داخل الرسوبيات، الذي يؤدي إلى إحدى طرائق الحفظ بحيث تتلاءم مع الظروف الجديدة المحيطة؛ أي الضغط وزوال الماء والانحلال وإعادة التبلور والحرارة، بمعنى آخر تحول الهيكل الصلب إلى متحجرة / مستحاثة/.

تكون التوضعات الرملية ذات المنشأ القاري شبه خالية من المستحاثات، عكس الرمال البحرية المنشأ.

ومن المعروف أنه كلما كانت الرسوبيات أكثر نعومة كانت إمكانية الحفظ أكبر وأجود . والسبب يعود إلى أن الرسوبيات الدقيقة الحبات تقوم بعزل الهيكل عن الماء الغني بالأكسجين، مما يمنعها من عمليات التحلل، أو يقللها جدا.

كما ونذكر أن هياكل الكائنات البالغة أكثر حفا في الحفظ من اليرقية لكون الأخيرة هشة. كما أن حجم المستحاثات يؤدي دورا هاما في سرعة تغطيتها بالمادة الرسوبية، وبالتالي عزلها عن تأثيرات الوسط المحيط. فالهيكل الدقيق أو المجهرى أكثر أهلية للحفظ من الهيكل الجهرى بسبب تغطيته بشكل أسرع من الكبير بالرسوبيات، فالمستحاثات المجهرية تحتاج إلى كمية رسوبيات أقل كي تدفن .

كما أن الكائنات التي تعيش على القاع تعيش بأساليب متنوعة، فمنها ما يعيش فوق الرسوبيات ويكون متحركاً Vagile أو متثبتاً Sessile عليها في حال القاع

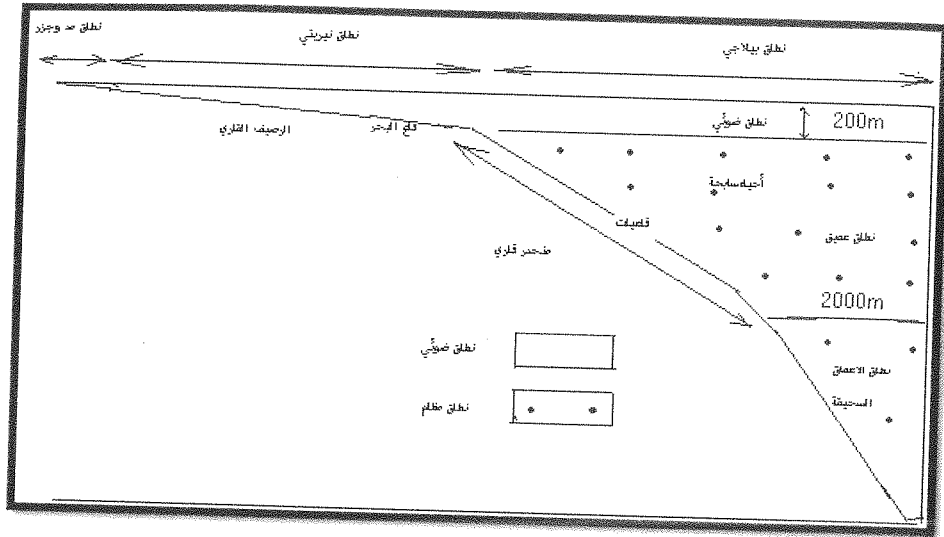
صلباً ومنها ما يدفن جسمه داخل الرسوبيات بواسطة أعضاء خاصة / نسالة، قوقعة، أو مصراع وغيرها/.

نستنتج أن بيئة الكائنات هي أهم عنصر لتحول الكائنات الموجودة فيها إلى مستحاثات، وبالتالي حفظها بعضها مع بعض . ومن هنا تأتي أهمية التعرف على أنماط البيئات البحرية ووجود الكائنات فيها، وبالتالي مبررات حفظها معا بعد موتها على شكل تجمعات مستحاثية.

يمكن إيجاز النطاقات البحرية ووجود الأحياء فيها بالآتي. شكل (5-10):

1-النطاق الضحل Neritic zone: يشمل الرصيف القاري وحتى عمق 200 م ومتوسط عرض النطاق حتى 75 كم. إن امتداد هذا النطاق في عرض البحر بحيث لا يتجاوز العمق أيضا 200 ميدعى النطاق البيلاجي المحيطي Oceanopelagic zone والذي تعيش فيه أغلب الكائنات السابحة والطافية . وتتوافر في هذين النطاقين معظم عوامل الحياة، مثل الضوء والأوكسجين والحرارة والغذاء وغيرها، وبالتالي إمكانية التعرف في رسوبيات مثل هذا النطاق على معظم التجمعات المستحاثية التي تضم الرخويات بأنواعها وشوكيات الجلد وعضديات الأرجل والمرجانيات والمنخربات والأوستراكودا، وغيرها، كأمثلة على ذلك.

2-النطاق العميق Bathyal zone : وهو المنطقة من القاع التي يتأرجح عمقها بين 200 م وحوالي 3000 م، وتشمل غالبا ما يسمى المنحدر القاري، وتغيب هنا معظم عوامل الحياة كالضوء والغذاء والأوكسجين وغيرها، وبالتالي تكون الرسوبيات تكون فقيرة بالأشكال القاعية . يطلق على امتداد هذا النطاق أي ما بين العمق 200 م و 3000 مباتجاه عرض البحر اسم نطاق المياه البيلاجية العميقة Bathypelagic zone والكائنات فيه قليلة، إلا التي تكيفت للعيش في هذا الوسط، حيث تحفظ في الرسوبيات إلى جانب كائنات النطاق البيلاجي المحيطي السابق الذكر.



شكل (5-10) : أنماط البيئات البحرية

3- نطاق الأعماق السحيقة أو الشديدة العمق Abyssal zone: عمقها قد يزيد على 5500 م وشروط الحياة فيها معدومة تقريبا، وتحفظ في رسوبياتها مستحاثات تعيش في طبقات المياه العليا التي تسقط باتجاه القاع بعد موتها، ولاسيما الكائنات ذوات الهياكل السليسية. يطلق على نطاق الكائنات السباحة في مثل هذه الأعماق اسم نطاق المياه البيلاجية الشديدة العمق Abyssalpelagic zone.

4- كما تجدر الإشارة إلى وجود نطاق الحفر المحيطية Hadal zone والذي تكون فيه شروط الحياة معدومة.

يطلق على المستحاثات المدفونة معا في رسوبيات معينة تابعة لفترة زمنية ما بجماعات الموت معا، أو ما يسمى / تاناتوسينوسيس Thanatocoenosis، وتختلف هذه التجمعات في تشكيلها، ويرجع هذا إلى عوامل نقلها المتنوعة والأوساط التي عاشت فيها وتغيرات عوامل البيئة.

يعلل أسباب وجود هذه التجمعات بالاحتمالات التالية:

1- إما أن تكون حفظت في مكان عيشها ؛ إذ كانت تعيش معا في بيئة واحدة، وطرأ تغير بيئي ما أدى إلى موتها ثم دفنها معا. وقد تشكل أرصفة خاصة

كالمرجانيات التي شكّلت أرصفة مرجانية أو تشكّل طبقة خاصة بها، كما هي الحال في صفيحيات الغلاصم المثبتة بأحد المصراعين على القاع الصلب، مثالها طبقة الروديست Rudista المعروفة في تشكيلة صلنفة، والتي تمثل أعلى طابق الألبان من الدور الكريتاسي الأسفل.

2- وإما أنها تعرضت للنقل بعد موتها إلى مسافة قصيرة أو بعيدة عن أماكن عيشها؛ إذ توافرت ظروف معينة لنقلها وترسيبها بعضها بجانب بعض لتطمر معا.

3- وإما أنها قد تكون طمرت في أماكن موتها، إلا أنها تعرضت للنقل في الحالة الحية إلى وسط عدائي أو غريب / مثلاً ملوحة عالية، أعماق أكبر / لتموت معا وتطمر معا.

4- يطرأ على هذه المستحاثات في كل الحالات ما يسمى عمليات الدياجنيز المستحاثي الذي يؤدي إلى حالات حفظ متنوعة.

5-13- الانقراض :

أولى العلماء، ولاسيما الباليونتولوجيون المجموعات الحيوانية المنقرضة اهتماماً خاصاً منذ القديم، وقد بُنيت أساطير كثيرة حولها. فانقراض الديناصورات على سبيل المثال اهتمت فيه صناعة السينما كما في فيلم / حديقة الجوراسي / الذي دار فيه صراع بين تلك الزواحف المرعبة العملاقة والإنسان، على الرغم من انقراض هذه الحيوانات قبل ظهور الإنسان بحوالي 65 مليون سنة.

ماذا يعني الانقراض : هو موت نوع معين أو مجموعة معينة / صف - رتبة - جنس إلخ/ من الكائنات الحية دون أن تترك أخلاقاً لها، ويستدل على ذلك من بقاياها المحفوظة في الصخور الرسوبية على شكل مستحاثات .

يحدث هذا الموت سواء كان فردياً أو جماعياً نتيجة تغيرات بيئية تطرأ على الوسط أو الغلاف الحيوي / Biosphere / . يمكن لهذه التغيرات البيئية أن تحدث على مستوى محلي أو إقليمي، وحتى على صعيد الغلاف الحيوي ككل في فترة زمنية معينة، وهذا ما تؤكدته الدراسات واللقى المستحاثية.

فالتغيرات البيئية يمكنها أن تؤدي إلى اختفاء جماعات بالكامل حيوانية أو نباتية وكذلك إمكانية تطورها بعضها عن بعض، أي ظهور أجيال جديدة مختلفة كثيراً أو قليلاً عن أسلافها، وهذا أدى إلى حدوث التطور الذي تحدثنا عنه سابقاً كما في تطور الخيليات. فاللقى المستحاثية الخاصة بالحصان مرتبطة من الناحية التطورية بعضها ببعض من حيث تغير صفات معينة لها علاقة بالحجم وعدد الأصابع وغيرها، وهذا ما يعرف بالانقراض الزائف.

ولكن ما أهم أسباب الانقراض التي أوردها معظم الباحثين:

- 1- التغيرات التي تصيب تركيب الغلاف الجوي.
- 2- تغيرات في درجات حرارة المياه البحرية أو الهواء الجوي.
- 3- تغيرات تصيب تركيب المياه البحرية.
- 4- تشكّل الجليديات والتغيرات المناخية المرافقة.
- 5- الأشعة الكونية المؤذية.
- 6- تأثيرات لها صلة بانقلاب الحقل المغناطيسي الأرضي، وتأثير ذلك في طبقة الأوزون.

7- تغيرات تصيب مستوى سطح البحر زيادة أو نقصاناً، وهذا ما يسببه نهوض السلاسل الجبلية، كالسلسلة الكليدونية في الباليوزوي الأدنى، والسلسلة الهرسينية في الباليوزوي الأعلى والسلسلة الألبية في الحقب الثاني والحديث.

8- غزارة الاندفاعات البركانية وما تنفثه من أبخرة وغازات سامة وتأثيراتها في تغيير النباتات.

9- تغذي بعض الأحياء الراقية على أحياء أخرى أقل رقياً والتنافس فيما بينها.

10- أسباب كونية كسقوط النيازك وغيرها.

11- تغذي بعض الأحياء على مفرزات تناسلية لأحياء أخرى، أو التغذي على بيضها، كالتهام بيض بعض الحيوانات كالزواحف من قبل حيوانات أكثر رقياً كالثدييات.

12- تغيرات في درجات الملوحة والحموضة الخاصة بالمحيطات.

يبدو أن فترات الانقراض كانت متواترة خلال التاريخ الجيولوجي، فكل دور يتبع الحقب الأول أو الثاني أو الحديث انقرضت في نهايته مجموعات حيوانية أو نباتية،

كما أن كل دور أطلق عليه تسميات ذات صلة بصخوره التي تخصصت بأنواع معينة من المستحاثات تميزه.

وهنا نود أن نورد كمثال الأسباب المحتملة التي أدت إلى انقراض الديناصورات على حدود الحقب الثاني مع الحديث (الكريتاسي - الباليوجين).

تشير معظم الدراسات الباليونتولوجية إلى حدوث كارثة كبرى أصابت العالم الحي في نهاية الكريتاسي الأعلى، ولكن ما هذه الحادثة، وما أسبابها التي أدت إلى هذا التغير البيئي الجذري وانقراض معظم الأحياء ومنها الزواحف العملاقة؟

توجد محاولات عديدة لتفسير وشرح التغير البيئي الحاصل وأسبابه في تلك المرحلة، وسنركز على وجهة النظر الأكثر قبولا حاليا وهي حصول أسباب كونية / كوارث / أدت إلى ذلك.

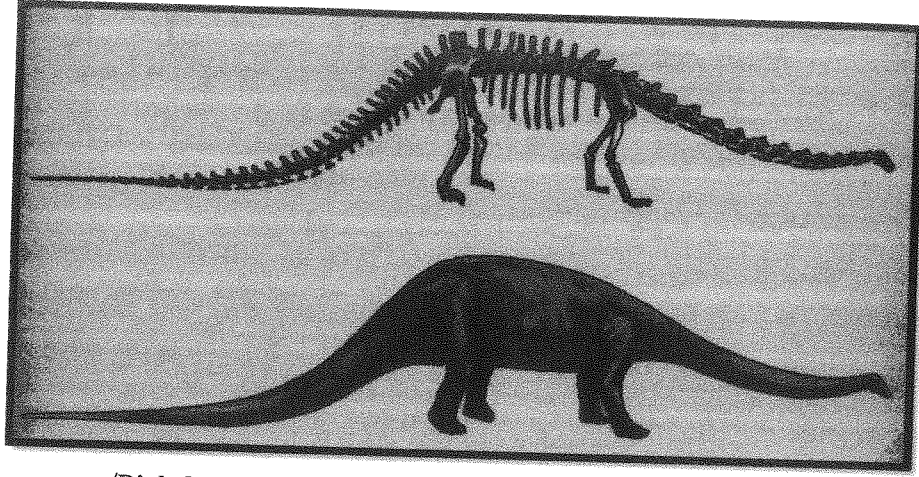
الاحتمال الأول:

فكر العلماء بعوامل خارجة عن نطاق الأرض أدت إلى تغير مناخي وبيئي كبيرين وبشكل كارثي أثرت في الأحياء التي كانت تقطن الأرض في أعلى الكريتاسي الأعلى أي قبل حوالي 65 مليون سنة تقريبا.

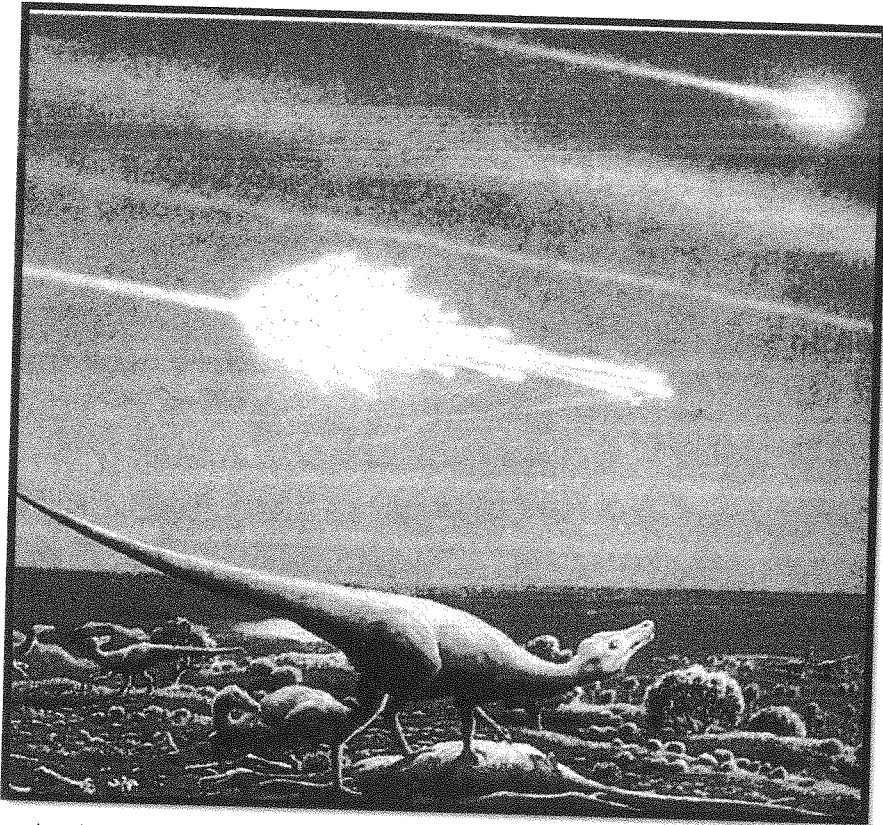
أثبت العلماء أن انفجار إحدى شمس درب التبانة يمكن أن يؤثر في الأغلفة الجوية للأرض كطبقة الأثير / أيونوسفير/، وهذا يؤدي في حال حدوثه إلى تشكل الجليد المتبلور في أعلى الغلاف الجوي، مما قلل من وصول أشعة الشمس إلى الأرض لفترة زمنية كبيرة، وبالتالي سيطرة عصر جليدي كنتيجة لهذا الانفجار، و أثر ذلك في معظم الكائنات ومنها الديناصورات التي كانت بغالبيتها ذات حرارة متبدلة، وأدى ذلك إلى موتها وانقراضها. شكل (5-11).

الاحتمال الثاني:

إمكانية اصطدام نيزك ما بالأرض في نهاية الكريتاسي وهو افتراض أكثر قبولا، والذي فُسر بالآتي وفق الباحثين Luis Alvarez و ولده الجيولوجي Walter Alvarez من جامعة بريكلي شكل (5-12) :



شكل (5-11): يمثل أحد أجناس الديناصورات / الجنس: *Diplodocus*



شكل (5-12): شكل تمثيلي يوضح فرضية ارتباط نيزك ما بالأرض، مما سبب انقراض الديناصورات

- 1- نتجت من الاصطدام سحابة غلفت الأرض، وأدت إلى ظلام دامس، ما أدى إلى ضياع القسم الأكبر من أشعة الشمس، وقاد إلى فترة تبريد طويلة على سطح الأرض، وأثر ذلك في الأحياء ومنها الديناصورات.
- 2- رأى بعض الباحثين أن ضياع أشعة الشمس قاد إلى موت النباتات الخضراء والحيوانات الطافية، وبالتالي كل الأحياء التي كانت تتغذى عليها، فقد تراجعت حرارة المحيطات إلى حوالي 8/ درجة مئوية، واستمر ذلك مئات السنين.
- 3- إن موت النباتات الخضراء أدى إلى نقص كبير بالأكسجين وزيادة مفاجئة لغاز ثاني أكسيد الكربون في طبقة الهواء نظرا لغياب الضوء.

4- إن التساقط المفاجئ للسحب الصخرية الناجمة عن الاصطدام أدى إلى وصول أشعة الشمس بشكل قوي جدا، ولكن بدون الأشعة تحت الحمراء، وهذا ما جعل الأرض شبيهة بالبيت الزجاجي، تسمح لأشعة الشمس بالنفوذ دون العودة، وبالتالي حدوث عمليات تسخين كبيرة جدا على الأرض أدت إلى مشكلات غذائية عديدة طالت معظم الأحياء، ومنها الديناصورات.

حاول الباحثون إثبات ذلك بالبحث عن أدلة يجب أن تتوفر على حدود الكريتاسي - الباليوجين، ونتيجة البحث تم اكتشاف بلورات مجهرية كوارتزية يصل طولها الأعظمي إلى 300/ ميكرون، تشبه جدا بلورات الكوارتز الموجودة في فوهات الحفر الناجمة عن اصطدام نيزك بسطح الأرض، مثل فوهة / Clear Water Lake / وغيرها، وهي بلورات أرضية المنشأ تبدي عيوباً في بنيتها البلورية بتأثير التحول الصدمي، وتنشأ نتيجة تعرض الصخور لضغوط شديدة مفاجئة؛ أي حصول عمليات صدم عنيفة أصابت الكرة الأرضية في تلك الفترة.

كما أن وجود المغنيتيت النيكلي الناجم عن اصطدام نيزك بسطح الأرض على حدود الكريتاسي - الباليوجين - الذي يوجد على شكل قشرة رقيقة جدا ميكرونية وتتشكل فقط عند مرور نيزك بالغلاف الجوي - دليل على صحة هذا الاحتمال. إن مثل هذه

النيازك مازالت تتساقط، ولكن بحجوم وأوزان صغيرة جدا على الأرض والقمر وكواكب أخرى من المجموعة الشمسية، وقد تم التعرف- ولكن ليس بشكل كامل ودقيق- على فوهات الاصطدام النيزكي في معظم القارات / 95 فوهة، ولكن بعضها مملوء بالجليد وبعضها اختفى نتيجة التكتونيك الصفيحي .

أثبت العلماء أيضا وجود أطنان من عنصري الإيريديوم /Iridium/ والأوسميوم /Osmium/ وهما من فصيلة البلاتين ؛ أي وجود غزير لهما على حدود الكريتناسي - الباليوجين، يدل وجودهما بهذه الغزارة على أن مصدرهما لا أرضي، فهذان العنصران معروفان بشكل غزير في الصخور ذات الأصل النيزكي.

وباختصار فقد أخذ معظم العلماء بهذه الأفكار لوجود ما يلي من العناصر في

الرسوبيات على حدود الكريتناسي- الباليوجين:

- 1- الإيريديوم والأوسميوم بكميات غير اعتيادية في تلك الفترة.
- 2- الكوارتز المصدوم.
- 3- المغنيتيت النيكلي على شكل غشاوات رقيقة علما بأنها تتشكل فقط في حالة دخول النيزك الغلاف الجوي.

5-14- أمثلة نموذجية عن المستحاثات:

يقسم العالم الحيواني إلى قسمين رئيسين :

- 1- الحيوانات اللاقفارية Invertebrata أي التي لا تملك عمودا فقريا .
 - 2- الحيوانات الفقارية Vertebrata أي الحيوانات المزودة بعمود فقري.
- يعتمد التصنيف الحيواني على مجموعة من الصفات تعد الأساس في التصنيف أهمها: - الصفات الشكلية - الصفات الفيزيولوجية - الصفات البيئية والطبائية، ولكن أبرز الصفات المعتمدة في تصنيف الحيوانات هي:
- أ- وجود أو غياب العمود الفقري.
 - ب- كون الحيوان وحيد الخلية أو كثير الخلايا.
 - ج- تناظر الحيوان ونمط التناظر.
 - د- وجود الثقوب ووظائفها.
 - هـ- وجود الجوف العام أو فقدانه.