مقدمــة: المدخل إلى الصخور الرسوبية

من أين تتشكل الصخور في الطبيعة ؟.

تتشكل الصخور في الطبيعة من:

المحاليل، المصاهير المهلية، ومن المحاليل المائية والغازات. وذلك بمجموعة من العمليات.

ما هي العمليات الأساسية المؤدية إلى تشكل الصخور في الطبيعة؟.

تتحدّد العمليات المكونة للصخور بالآتي:

-التصلب غير المبلور

-التبلور

-الانحلال

-التصعيد

-الانصهار

-التجزؤ الميكانيكي

-والتفاعل الميكانيكي المتبادل.

منشأ الصخور بأنواعها -ودورة الصخور في الطبيعة:

من المعلوم أن المغما هي المصدر الرئيسي **للصخور النارية بنوعيها** البركانية والاندفاعية، **أما الصخور المتحولة** فتنجم عن تحول الصخور النارية أو الرسوبية أو المتحولة القديمة بفعل عوامل التحول المختلفة (حرارة – ضغط – محاليل وأبخرة) ما يؤدي إلى تغير في خواص الصخور الأصلية واكتسابها خواص بنيوية ونسيجية وفلزية مختلفة وجديدة.

بينما تتشكل الصخور الرسوبية بفعل تفكك وتحلل وفساد الصخور النارية أو المتحولة ومن ثم نقل المواد الناتجة إلى أحواض الترسيب بفعل عوامل النقل المختلفة (ماء-هواء-جليد) إلى أن تتحول هذه المواد والبقايا إلى صخور متماسكة ذات ملاط يجمعها.

كل العمليات السابقة تجري في الطبيعة ضمن حلقة مغلقة تدعى **دورة الصخور في الطبيعة**:

المكونات الرئيسية للصخور الرسوبية

تتكون الصخور الرسوبية من:

- شظايا سيليكاتية وحبيبات مرافقة.
- مواد رسوبية كيميائية وبيوكيميائية (خاصة المواد الكربوناتية).
- المواد القديمة (allochemes) وهي مواد تعود إلى صخور رسوبية قديمة التشكل.

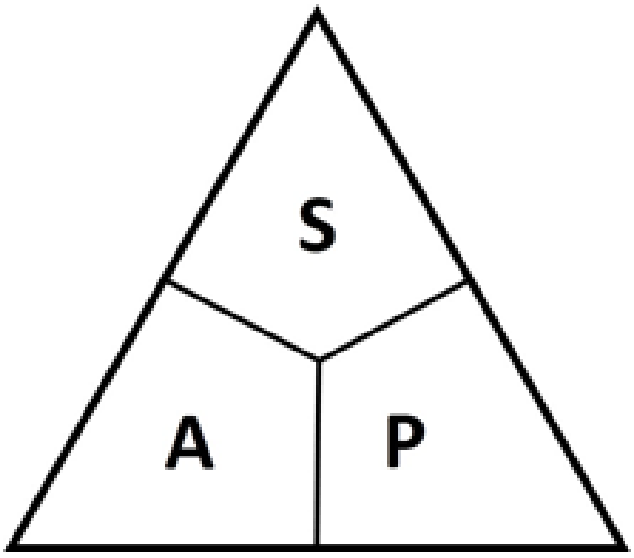
تركيب الصخور الرسوبية على مثلث رايموند (S P A ، 1984 -1993):

نجد أنّ:

S: تدل على صخور حطامية سيليكاتية -كونغلوميرا – بريشيا سيليكاتية – صخور طينية .

P: تدل على صخور كربوناتية (صخور كلسية ودولوميتية) – الصوانية - صخور المتبخرات.

A: تدل على صخور حطامية وallochem.



التركيب الفلزي: توجد فلزات مستقرة: كوارتز-كالسيت -الفلزات الطينية –غضاريات -دولوميت

وهناك فلزات غير مستقرة: مسكوفيت -أكاسيد الحديد والمنغنيز.

وهناك أيضاً فلزات هامة: هي فلزات الصفاح – الكلوريت -الأراغونيت – الغرينا

وعادة تتبلور فلزات خاصة وبشروط خاصة: كالسيت، أراغونيت، دولوميت، أوبال، هاليت، جص، أنهيدريت، الخ. **ويرتبط التركيب الفلزي بـ**: 1-صخور المصدر 2-وبعمليات النقل

التركيب الكيميائي: وهو مرتبط بالتركيب الفلزي (منشأ ناري، متحول، ورسوبي) كما يشير لتركيب الصخر ونوعه (تبعا للأوكسيد المسيطر) NaO, Na2O, K2o, Cao, MgO, SiO2، أكاسيد الحديد وكذلك الكربون العضوي (c) والكبريت (s).

المكونات العضوية:

توجد في الصخور الرسوبية بنسب متفاوتة، ونسبتها (50 -70%) في الصخور الرسوبية عضوية المنشأ (على شكل كائنات حية نباتية أو حيوانية و/أو أجزاء مكسرة منها)، وأهمها: الرخويات – البراكيوبودا – الزوانتاريا – الألسيوناريا – الهيدروزوا – الأكاينودرماتا - الفورامينيفيرا – والطحالب الخ.

مصدر الرسوبات والعمليات الترسيبية، والدياجينيز

تنتج الصخور الرسوبية من تجوية وتعرية الصخور الأقدم والتي تصبح جاهزة للنقل إلى الأحواض الترسيبية. تتوضع في الأحواض ومن ثم تخضع لتغيرات لاحقة تطرأ على مكوناتها وهذا ما يعرف بالدياجينيز.

أي أنّ الدياجينيز: هو مجموعة التغيرات الفيزيائية والكيميائية والبيولوجية التي تحول المادة الرسوبية إلى صخر رسوبي وتعدل نسيجه وتركيبه الفلزي (عملية معاكسة للتجوية).

التجوية: هي مجموعة العمليات المؤدية إلى تفكك وتحطيم الصخور المتماسكة الصلبة وتحويلها إلى مواد مشتتة وبقايا. نجد إذاً أن التجوية والدياجينيز عمليتان متعاكستان تماما (واحدة تبني والأخرى تهدم).

التعرية والمصدر: يؤثران بشكل واضح في تركيب المواد الرسوبية ويتحكمان بالنوعية.

أنواع التجوية: العمليات الفيزيائية: تحطيم وتكسير. العمليات الكيميائية: تحلل وتفكك -الأكسدة والإرجاع.

ملاحظة: يشرح الطالب شرح موجز موضحا كل عملية من العمليات السابقة (كما ورد في الجيولوجيا الفيزيائية وغيره).

نواتج التجوية:

فلزات كربوناتية – غضارية – كوارتز وأوبال، مع نواتج أخرى تكون بنسب قليلة. وهناك ثبات نسبي للفلزات (وهو بعكس سلسلة بوون). يضاف إلى ذلك فلزات تحوي Mg-k-Ca-Na والتي تتحرر بسهولة بفعل التجوية وتتحد مع O2 وتعطي بنيات فلزية متنوعة .

المصدر: تقوم عوامل المصدر بضبط عمليات التجوية وطبيعة المواد المترسبة، ومنها: التضاريس – المرتفعات – الغطاء النباتي – تركيب الطبقات الصخرية (ويطلب توضيح بسيط).

وتختلف نواتج التجوية بالاعتماد على:

1-خواص صخور منطقة المصدر

2-وطبيعة المناخ السائد فيها (جدول أكثر الفلزات انتشاراً).

حيث يلاحظ أن المواد الرئيسة المتبقية في التربة الناتجة عن تحلل الصخور بشكل كبير هي الكوارتز غير المنحل والغضار المستقر وأكاسيد الحديد والهيدرات.

نقل الرسوبات:

يتم النقل بالمياه الجارية – الرياح -الجليد المتحرك -وبالجاذبية الأرضية.

(وهي عمليات واضحة من الجيولوجيا الفيزيائية)

-النقل الميكانيكي والترسيب:

-النقل بفعل الجاذبية والترسيب

-النقل الجليدي والترسيب

-النقل والترسيب المائي والهوائي

-النقل الكيميائي والترسيب

التصخر أوالدياجينيز: مجموعة العمليات والتغيرات الفيزيائية والكيميائية والبيولوجية التي تؤدي إلى:

1-تحول المواد الرسوبية إلى صخور رسوبية

2-تعديل نسيج الصخر وتركيبه الفلزي.

والدياجينيز يعاكس عملية التجوية والتعرية.

<u>ويمكن تلخيص الدياجينيز بالمراحل التالية:</u>

- إيبوجينيز: وهو الدياجينيز البدائي وفي هذه المرحلة يتم تحطيم الصخور ونقل بقاياها إلى أحواض الترسيب على السطح والدفن.

- ميزوجينيز: وهو الدياجينيز الانتقالي ويحدث بعد طمر الرسوبات.

- تيلوجينيز: وهوالدياجينيز النهائي ويستمر حتى اكتساب الرسوبات الصفة الصخرية.

أنواع عمليات الدياجينيز:

1-رص الرسوبات وضغطها

2-إعادة التبلور

3-الانحلال

4-تشكل الملاط الصخري (وتثبيت الرسوبات به)

5-التبلور الحديث وظهور بلورات جديدة

6-الإحلال والاستبدال

7-التيارات التوربيدية العضوية (تفتت واختراق وخلط الرسوبات من قبل لعضويات) وذلك في البيئات الدياجينيزية المختلفة (سطحية -ضحلة-عميقة). السطحية والضحلة تكون بحرية أو غير بحرية ومياهها نيزكية (أي يتمثل طورها السائل بالمياه النيزكية). أما العميقة فيتمثل طورها السائل بالمياه الحبيسة في المسامات و/أو ناتج عن التفاعلات الكيميائية وإماهة الفلزات.

الطور السائل: يساعد في تسهيل عمليات الدياجينيز ويتحكم بترسيب مواد الملاط الصخري وعمليات التبلور الحديث وإحلال الفلزات ومعدلات الانحلال وكذلك إعادة التبلور (وتغير تركيب الطور السائل يؤدي إلى تعقيد تاريخ الدياجينيز).

دياجينيز الرسوبات والصخور

أي علاقة الدياجينيز بنوع الرسوبات والصخور وأهمية ذلك خلال مراحله المختلفة.

الصخور الكربوناتية: مكوناتها: سباريت -طين كربوناتي -ومواد كيميائية قديمة متغايرة.

الطين الكربوناتي: هو كالسيت -كالسيت مغنيزي –أراغونيت مع بروتودولوميت ودولوميت (ينشأ الطين الكربوناتي عن الترسيب اللاعضوي والعضوي بفعل الأشنيات).

أما المواد المتغايرة فهي: كربونات عضوية ومواد كيميائية قديمة وهياكل عضويات متنوعة. تكون مساميتها 40-75% من الثقوب المجهرية ضمن الطين.

العمليات العامة: التأكيد على دور المياه وقابلية الانحلال وتغيرها + دور CO_2 في المياه + دور المياه النيزكية في الانحلال (ويختلف ذلك حسب التركيب الفلزي للكربونات). وتدل قابلية الانحلال على: التركيب الفلزي – حجم الحبات – الضغط الموجه -درجة الحموضة -الأكسدة والإرجاع ونسبة التبلور الحديث وغير ذلك.

الأراغونيت والكالسيت المنغنيزي يتشكلان في المراحل الأولى من الدياجينيز بينما الكالسيت والدولوميت فينشأ كل منهما في المراحل المتوسطة للدياجينيز. وهناك كربونات كالسيوم حديدية ودولوميت حديدي وأنهيدريت وجص وهاليت وسفاليريت وكوارتز يمكن أن يشكلوا الملاط الصخري.

إحلال الكالسيت محل الدولوميت يعني إزالة الدلمتة، بمعنى انتشار واسع للكالسيت في البيئات الضحلة عبر السجل الجيولوجي.

<u>مراحل الدياجينيز في الصخور الكربوناتية:</u> -تشكل الميكريت -تشكل ملاط صخري -ترسيب ملاط صخري -تحول الأراغونيت والكالسيت المغنيزي إلى كالسيت

- انقلاب الاطوار غير المستقرة إلى كالسيت وملء القوالب بالسباري كالسيت

- الانحلال وتشكل مسامات منخربة واستمرار إعادة التبلور

- ترسيب سباري كالسيت في التجأويف (كالسيت ثانوي الترسيب)

<u>وهناك أحداث إضافية يمكن الاطلاع عليها في الدراسات العليا</u>

منشا الصخور الدولوميتية:

تزيد عملية الدلمتة مسامية الصخر 13%. تنشأ خلال مراحل الدياجينيز، وهي نادرة كرسوبات أولية في البحيرات، وقد تتشكل في الظروف البحرية العميقة.

لكن لماذا لا تتشكل في مياه البحر وهي فوق مشبعة بالدولوميت؟، لأن ذلك مرتبط بعملية التنوّي وبالبناء البلوري للدولوميت.

والدلمتة: هي عملية إزاحة الكالسيت وإحلال الدولوميت وتحدث عند عبور السوائل الغنية بـ MgO خلال الرسوبات أو الصخور الكربوناتية حيث يزاح الكالسيت ويسحب بعيداً ويتشكل الدولوميت.

كيف تشكلت الصخور الدولوميتية ؟؟. وضعت فرضيات عديدة لتفسير الظروف الخاصة بتشكل الصخر الدولوميتي، ومنها:

1- **موديل تبخر الماء المالح:** ترسب CaO يزيد من نسبة MgO فيتشكل الدولوميت.

الدلائل على حدوث الدلمتة: -تشكل المتبخرات -الدلائل النظائرية -ووجود مواد رسوبية بحرية مرافقة تشير إلى ذلك.

2- **موديل اختلاط المياه الجوفية:** وهو مهم فاختلاط المياه العذبة بمياه البحر وتغير التركيب وزيادة نسبة MgO يؤدي إلى ترسيب الدولوميت وتحت اشباع بالكالسيت.

دلائل عملية الدلمتة من خلال اختلاط المياه الجوفية: – نقاوة الدولوميت -تشكل حجوم كبيرة للصخور الدولوميتية في المراحل المتوسطة من الدياجينيز -والدلائل النظائرية.

3- **موديل التدفق:** هذا مرتبط بتغير درجة الحرارة للمياه نتيجة التصادم مع صخور الشاطئ وكذلك الفورانات البركانية.

4- **موديل مياه التشكل:** نتيجة التفاعل بين مياه المسامات والصخور، ويأتي MgO من الكالسيت المغنيزي غير الثابت وكذلك من الغضاريات (سمكتيت ← إيلليت) ويوجد هنا كذلك fe ← إمكانية تشكيل الدولوميت الحديدي ويبقى الدولوميت ضحل التشكل. وقد يكون مسيطر في الصخور البحيرية. وهناك القليل في الرسوبات البحرية العميقة. لكن الدولوميت لا يتشكل بنسب تسمح بتشكيل صخور دولوميتية مستقلة.

الصخور الصوانية:

هي صخور مبلورة من فلزات سيليكاتية ناعمة الحبيبات، وتتشكل بطرق مختلفة:

1-ترسيب عضوي للسيليس

2-ترسيب حطامي للمواد عضوية المنشأ

3-نتيجة عمليات الدياجينيز المختلفة (وهو مهم في تشكيل أغلب الصخور الصوانية).

- يوجد الصوان في عدة بيئات ترسيبية: **بحرية ولا بحرية**

- إذا سيطر الترسيب **الحطامي في هذه البيئات** يشكل بيوكلاست سيليسي مجهري إسفنجي أو قواقع (راديولاريا) أو اشنيات (دياتوميت)، وإذا الترسيب سيطر **غير الحطامي تتشكل السوائل الغنية بالسيليس** نتيجة التجوية والدياجينيز أو النشاطات البركانية والهيدرو ترمالية.

- رص البيوكلاست الصواني يؤدي إلى زيادة المسامية 30% إذا كان في الصخور الكربوناتية.

- إعادة التبلور وإحلال الفلزات السيليكاتية محل الدولوميت تؤدي إلى تشكيل الصوان الموجود ضمن الصخور الدولوميتية (والكربوناتية بشكل عام).

- الانحلال وإعادة التبلور وتشكل الملاط من أكثر عمليات الدياجينيز أهمية في تشكل الصوان.

- انحلال البيوكلاست بزيادة الضغط يؤدي إلى هجرة السيليس ليتوضع بين الحبات ذات الضغط المنخفض مشكلة ملاطاً صخرياً يجمع الحبات البيوكلاستية بعضها ببعض.

- وأحيانا يتشكل نوع غير مبلور يدعى الأوبال – A الذي يتحول فيما بعد إلى كوارتز أو ما يسمى أوبال – CT وهو نوع ثابت من السيليكا .

- إعادة التبلور وضغط المحلول يحول الأوبال – A إلى أوبال – CT ومن ثم إلى كالسيدوان أو كوارتز مؤدياً إلى تشكيل أنسجة بلورية ومسامات صخرية.

- كذلك ينتج الصوان من تعرض الرسوبات الحطامية (الطمي – الأرينيت الكوارتزي) لعمليات الدياجينيز.

والشيرت: هو صوان معاد التوضع (توضع الفلزات السيليكاتية محل الفلزات المختلفة والموجودة في الصخور غير الصوانية) وخاصة في الصخور الكلسية والدولوميتية ↔ عملية سيلسة المستحاثات والأوليت والبيليت ← تشكل العقد والعدسات والتطبقات الرقيقة ضمن متتاليات الصخور الكربوناتية.

وبشكل عام، يتم استبدال الفلزات بالصوان في الصخور الكلسية أو الدولوميتية عندما يكون الطور السائل غني بالسيليس وغير مشبع بالكالسيت والدولوميت.

<u>الصخور الطينية والغضارية (حسب أبعاد الحبات):</u>

الدياجينيز في الصخور الطينية أكثر قابلية للفهم من سواه.

- حبات دقيقة وحبيبات فيللوسيليكاتية (متوزعة) بنسج عالية المسامية ولكن قليلة النفوذية، وتتألف **فلزياً من:**

الفلزات الغضارية (سمكتيت، ايلليت، كاولينيت، وكلوريت) مع تطبقات الفيللوسيليكات وكوارتز وفلدسبار وكالسيت وغيره.

- تعد تيارات العكر عضوية المنشأ من أكثر عمليات الدياجينيز تاثيراً على بنية الصخور الطينية (غالبية البيئات البحرية الضحلة تتميز بوجود الصخور الطينية الحاوية على العضويات).

تتغير مواصفات الفلزات الموجودة في الصخور الطينية خلال عمليات الدياجينيز المختلفة (إعادة التبلور – الانحلال – تشكل الملاط – الاحلال والاستبدال – والتبلور الحديث).

تشمل هذه التغيرات ما يلي:

-تشكل الكاولينيت

-تراجع بكميات السمكتيت (المونتموريللونيت)

- انحلال أو توضع الفلدسبار

-انحلال أو توضع الكالسيت والدولوميت

- نقص الكربون العضوي

-تزايد التبلور في الايلليت

- تزايد في معدلات ونسب الطبقات الطينية الممزوجة

- يتبلور الكلوريت بشكل حديث أو نتيجة الإحلال

- يترسب الزيوليت كملاط صخري أو كطور حديث التبلور أو كفلز إحلال أو يسود تشكل الايلليت بسبب وجود السمكتيت (المونتموريللونيت).

<u>الصخور الرملية والكونغلوميرات:</u>

لدراستها أهمية علمية واقتصادية، يتم من خلالها الدراسة للدياجينيز بما يتعلق بالمسامية والنفوذية كونها خزانات للمياه الجوفية والمواد الهيدروكربوناتية.

تركيبها الفلزي: حطاميات يسود فيها الكوارتز مع/ أو بدون الفلدسبار.

- عمليات التيارات العضوية التوربيدية خلال الدياجينيز تؤدي لمزج المكونات الرسوبية وتخريب البنيات الأولية.
- وعمليات الدياجينيز بشكل عام تقلل المسامية في الصخور والرسوبات.

- عملية الانحلال تقلل المسامية، لكن مرحلة الانحلال المتأخرة التي تحدث في الدياجينيز المتوسط تؤدي لزيادة نسبة المسامية، وهنا تسمى مسامية ثانوية أي مسامية تحدث بعد الترسيب.

- مسامية الرمال 15 -60 % حسب التوضع والحجم للحبات وتوزعها وترتيبها، وتعتبر 40% نسبة مميزة للصخور الرملية (وهناك بعض الصخور الرملية انخفضت مساميتها إلى 3% (شواذات).

- الرص هو أقل العمليات تأثيرا على المسامية في الصخور الرملية بغض النظر عن شكل وحجم وتوزع وترتيب الحبات.

- تصل مسامية الرمال جيدة الفرز والمرتبة إلى 25 -40 %، والرمال سيئة الفرز تقل نسبة مساميتها بسبب ملئ الفراغات بالحبات الصغيرة بين الحبات الكبيرة.

- يعد تشكل الملاط والتبلور الحديث وضغط المحلول من أكثر العمليات أهمية في إنقاص المسامية الصخرية. **والملاط هنا يساهم** بعملية التصخر وهو مؤلف من كوارتز-كالسيت -فلدسبار – دولوميت – كاولينيت – الأناليسم -والأنهيدريت. **ويعد الكالسيت المادة الشائعة كملاط** (بلورات كبيرة أو مكريت بلورات صغيرة).

- وهناك للانحلال دور هام في تغير التركيب الحجمي للصخر حيث يزيل حواف المكونات. والتبلور الحديث ينتج من الفلزات الناتجة عن الانحلال وتشكل الملاط.

- **تتشكل الأرضية** بمشاركة عملية الانحلال والإحلال والاستبدال نتيجة الانحلال وإعادة توضع القطع الصخرية.

<u>التعاقب العام لمراحل الدياجينيز في الصخور الرملية:</u>

1-الترسيب والتيارات التوربيدية المتعاقبة –**المرحلة الأولى** للدياجينيز (تشكل ملاط يملأ المسامات).

2-تثبيت الرسوبات بملاط -**المرحلة المبكرة – المتوسطة**

(<u>1 و2 أي الايبوجينيز</u>)

3-عملية الرص والتبلور الحديث والتثبيت بملاط

4-ظهور فلزات حديثة التبلور 5-التغيرات في المسامية (تشكل المسامية الثانوية)

6-ترسيب البلورات حديثة التشكل وتشكيل ملاط.

(3 و4 و5 و6 – المرحلة المتوسطة أي الميزوجينيز)

7-انحلال متأخر مع إعادة تبلور وإحلال وإعادة توضع البيريت -تشكل غطاءات من أكاسيد الحديد (أي **تيللوجينيز**)

الصخور الرسوبية الأخرى: عبارة عن المتبخرات – الفوسفات – والحديد، وتكون فيها عمليات الدياجينيز المختلفة متساوية إلى حد كبير.

بنية ونسيج الصخور الرسوبية

ترتبط بنية ونسيج الصخور الرسوبية بشكل مباشر بالتركيب الفلزي والمواد العضوية والحطامية، أي ترتبط بشكل وحجم وطريقة توزيع المكونات وبنسبة وجود كل منها في الصخر.

حقلياً، يمكن التميز بوضوح لـ: التطبق والتورق، علامات الأمواج تطبق متصالب، الفرز الحجمي، تدور وتكور الحبات، التخثرات، والبيوض الأوليتية.

<u>بنيات الصخور الرسوبية</u>: تعطي معلومات هامة عن بيئات الترسيب وأصل ومنشأ الصخور.

التمييز بين البنية والنسيج:

تقسم البنيات حسب عدد من الباحثين إلى:

1-طبقات وتشكيلات 2-بنيات داخلية 3-بنيات سطحية 4-بنيات أخرى

<u>- التطبق والتورق:</u>

التطبق موجود ونادراً ما يختفي، ولكن يختلف حجم وشكل الطبقات وسماكتها:

طبقات كتلية >30 سم، متوسطة التطبق أو رقيقة 10 – 30 سم، ومتورقة <10 سم.

- اندماج عدد من التطبقات يشكل مجموعة صخرية لها ملامح ومميزات متشابهة، وتوجد تطبقات متقاطعة، مائلة، وتطبقات حاوية على تعليمات موضعية.

ونميز نوعين مختلفين من التطبقات:

1-متقاطعة الشكل 2-عدسية حوضية الشكل

وهناك تطبقات ملتوية (تطبقات مشوهة)، وتطبق متدرج عبارة عن التطبقات التي يتناقص فيها حجم الحبات بالاتجاه الأعلى.

- تشكل الطبقات: 1-تجمعات صخرية (جزء من التشكيلة الصخرية وله خواص مشابهة)

2-تشكيلات صخرية (لها عمر، تركيب، سماكة، وليتولوجيا)

3-وسحنة صخرية (مجموعة الصفات التي تبديها طبقة صخرية ما ونستدل منها على بيئة الترسيب.

البنيات الصخرية الداخلية:

تشمل البنيات الصخرية الداخلية المنتشرة في الصخور الكربوناتية على ما يلي:

1-**الأنكوليت**: جسم صخري <10سم متطبقة ومتحدة المركز ذات شكل مركزي إلى غير منتظم نتيجة الترسيب الكيمائي والبيوكيمائي واحتباس الطيين الكربوناتي بواسطة الطحالب.

2-**الستروماتوليت**: تجمعات طحلبية <10سم بشكل مسطح إلى مخروطي وقبيي أو كتلي.

3-**المرجانيات**: ترسيب الكربونات بوساطة المتعضيات المرجانية والطحالب كيميائياً وتشكل الحيد المرجاني (العرف المرجاني) بارتفاع ما بين 1متر لأكثر من 1000متر.

4-**الستيلوليت**: سطوح غير منتظمة تظهر كخطوط مسننة قاتمة اللون على السطوح المكشوفة للصخور الكربوناتية. **يعود التشكل أحياناً لعملية الانحلال** التي تحدث بعد تشكل المجموعات الصخرية حيث تتشكل تطبقات قاتمة تمثل المخلفات غير القابلة للانحلال.

5-**بنيات اللهب**: مواد غضارية مشوهة ولها أطراف معقوفة ومنحنية تظهر في الطبقة المغطية وتشبه اللهب، تشوه رسوبي للطبقات الناعمة عند تشكل طبقات كثيفة فوقها (تشوه بفعل الضغط والوزن).

6-**الحفر أو الجحور**: آثار الكائنات الحية في الصخور (مساكن لها) وعادة شكلها أسطواني مفرغ أو على شكل نفق أو مملوءة. أحياناً تتشكل بنيات عضوية – توربيدية إذا كان الحفر شديد ومشوه ومرافق بتهدمات.

7-**بنيات الانفلات**: طبقات تتخللها أنفاق متقاطة مع التطبق وتملأ بالرسوبات بعد انفلات الماء أو المتعضيات الحبيسة ضمن الطبقة الرسوبية حديثة التشكل (تحفر طريقاً لتحرر نفسها وتخرج للوسط المائي).

8-**بنيات التخثرات أو التركيزات**: كتل صخرية مختلفة عن الصخر المضيف ومميزة بألوان مختلفة (وتنتج عن الأكسدة أو انخفاض درجة الأكسدة).

أما الطيات الرسوبية الناعمة، والصدوع، والطبقات المكسرة، والمنحنية، فتتشكل نتيجة تعرض الرسوبات الرخوة لضغوط كبيرة ولعمليات تشوه قبل أن تتماسك وتتصخر.

البنيات السطحية والبنيات الأخرى:

علامات التموج

– التشققات الطينية

– علامات قاعدية والآثار والمسارات وأنواع أخرى من أشكال التطبقات (التموجات، الأمواج الرملية الكثبان والكثبان العكسية).

وتوجد في الصخور الكربوناتية بنيات كبيرة (مثل الحديد المرجاني، التلال الطينية والصخور الكتيمة).

-يمكن التعرف على صفات البنيات السطحية عن طريق الانطباعات الموجودة على قمة التطبق أو على أسفل الطبقة أو التطبق، من خلال:

- علامات التموج

– التيارات المائية وآثار حركة القواقع وعمل الدومات المائية.

- تتشكل التشققات الطينية وتتطور عندما تنكمش الرسوبات دقيقة الحبات ويمكن أن تملأ الشقوق لاحقاً وتشير لعملية التشقق.

- وقد تحفظ آثار قطرات المطر.

- تتشكل الكثبان المعاكسة والأكوام المتطاولة بارتفاع أقل من 1م إلى عشرات الأمتار تتشكل بفعل الرياح أو التيارات المائية وتحفظ عند توفر الشروط المناسبة.

ولدينا من البنيات السطحية ثانوية التشكل:

1- **العروق المعدنية** التي تتشكل نتيجة لملأ الشقوق بمواد معدنية لاحقة التشكل.
2- **المستحاثات** من أكثر البنيات السطحية الثانوية أهمية وانتشاراً (أوراق النباتات – قواقع – هياكل – مسارات الحركة – عظام).
3- **الحبيبات الكروية والاهليليجية** الموجودة في بعض الرسوبات.
4- **البيلوئيد** وقطرها < 0,25مم، وهي كتل مدورة من كلسي أفانيتي أو أرغوانيت كريات تفرزها الديدان التي تتغذى على الوحل.
5- **الأووليت** وقطرها 0,25 -2مم، وهي حبات صغيرة من فلزات كربوناتية
6- **البيزوليت** وقطرها > 2مم، حبة رملية أو شظية كلسية أو من قوقعة **ما يدل على بيئة ضحلة – دافئة ومخضوضة دائمة الاضطراب**
7- **الغرابيستون** مجموعة من البيوض الكروية ملتصقة بملاط، تنتشر ضمن الرسوبات الكربوناتية حديثة التشكل.

تكون الأنسجة في الصخور الرسوبية:

1-مبلورة (بلورية).

2-أو حطامية (الأكثر انتشاراً).

منشأ الأنسجة البلورية:

1-النسج البلورية لمادة كيمائية أولية ولترسبات بيوكيمائية (المجموعة P)

2-النسج البلورية في الملاط الصخري (المجموعة S, A) } **1، 2، 3 هي نسج موزاييكية حبيبية**

3-النسج البلورية في الصخور المعاد تبلورها (المجموعة P, A)

النسيج:

1-ذاتي وتكون فيه الحبات المكونة للصخر بلورات ذاتية الوجوده أو تحت ذاتية الوجوه وعلى تماس مع بعضها البعض.

2-تركيبي ينمو فيه الملاط الجديد بحيث يأخذ نفس الاتجاه الكريستالوغرافي الموجود في نواة الحبات البلورية الموجودة أصلاً.

تعتبر عملية النمو البلوري وظهور نوى بلورية جديدة من العمليات الهامة في تطور الأنسجة البلورية في الصخور الرسوبية.

هناك عوامل مؤثرة على تحول النويات إلى بلورات، وأهمها:

1- التركيب الكيمائي للماء.
2- درجة الحرارة.
3- النشاط العضوي في البيئة الترسيبية.
4- النفوذية والمسامية.
5- التغيرات في عملية التبخر زيادة أو نقصان.
6- كمية المحاليل أو المياه ونسبتها وتركيبها (المارة خلال الرسوبات)
7- التفاعلات بين البلورات وبين البلورات والمحاليل

* منشأ الأنسجة الحطامية:

1-أنسجة حطامية تلتصق فيها الحطاميات ببعضها البعض.

2-أنسجة إيبي كلاستية تنشأ على السطح وتجمع الحبيبات المتراكمة مع بعضها البعض.

ويعد الفرز الحجمي عامل إضافي يستخدم في وصف أنسجة الصخور الرسوبية الحطامية: (حجوم متساويه يعني فرز جيداً جداً وعلى العكس حجوم متباينة تدل على فرز رسوبي سيء).

وتوصف الحبات بثلاث طرائق:

1-الشكل العام

2-الاستدارة

3-والتكور.

تصنيف الشكل العام (طول وعرض وارتفاع):

تقاس كروية الحبات باقتراب الشكل العام للحبات من شكل الكرة.

والاستدارة معاكسة لمفهوم الزاوية حيث تستخدم لقياس انحناء حواف الحبات.

تدرس أنسجة السطح الحبي بوساطة المجهر الالكتروني بنظام (SEM) بهدف تحديد بيئات الترسيب.

عند وصف النسيج الصخري للصخور الرسوبية نلاحظ مظهرين أساسيين، هما: **المسامية والنفوذية.** المسامية = حجم الفراغ /حجم العينة %، والنفوذية: ترتبط بحجوم المسامات واتصال هذه المسامات مع بعضها البعض **(أي تبين كيفية تدفق السائل من خلال الصخر).**

- تنشأ الانسجة (الحطامية) الكلاستية من تراكم الحبات الناجمة عن التجوية بفعل التجوية المختلفة وتعرية الصخور الموجودة مسبقاً.

يتأثر حجم الحبات في الصخور الرسوبية الكلاستية بعدة عوامل، منها:

1- حجم الحبات الأصلية الناتجة عن عوامل الحت والتعرية المؤثرة على الصخور في منطقة المنشأ.

2- النقل والحت وعمليات الفرز ضمن الوسط الناقل (ماء – رياح – جليد -أمواج)، مثلاً: حبات صغيرة المقاييس بالنقل إلى أحواض الترسيب تصبح حبات أصغر وأقل.

- الرياح: تؤدي لفرز جيد للحبيبات الصخرية والمواد الحطامية.
- الجليد: هو الأسوأ من حيث عمليات الفرز. -الماء: متوسط المقدرة في عملية الفرز.

وهكذا، فإن أهم ما يميز الصخور الرسوبية هو التطبق كبنية إضافة للتميز بوجود بنيات داخلية وخارجية.

وعادة تتنوع الحبيبات الداخلة في تركيب الصخور الرسوبية من حيث:

الحجم والشكل والتركيب الكيمائي والفلزي.

والنسيج الصخري الأكثر انتشاراً هو النسيج الإيبي كلاستي (يتدرج هذا النسيج من النسيج جيد الفرز إلى سيء الفرز).

كما توجد الأنسجة البلورية في بعض أنواع الصخور الرسوبية إضافة إلى وجودها في الملاط لصخري لبعض الصخور وكذلك في الصخور المبلورة.

القســـــم العملـــــي

الجلسة الأولى

تتضمّن هذه الجلسة على ما يلي:

- توجيهات عامة،

- تعريف بالمنهاج النظري والمواضيع التي سيتناولها،

- تعريف بالمنهاج العملي للمقرر،

- التأكيد على ما هو مطلوب من الطالب.

الجلسة الثانية

دراسة بنيات الصخور وألوانها (المظاهر العامة للصخور الرسوبية)

- لمحة عن تشكل الصخور الرسوبية ومكوناتها.

1- **التطبق والتورق:** هذا من المظاهر المميزة لها.

اختلاف سماكة الطبقات تعكس التغيرات في شروط الترسيب ما يعطي توضعات أفقية، مائلة، متصالب، متدرج، حولي، فصلي، دوري، أما الطبقات الرقيقة وقليلة السماكة فتسمى تورق.

2- **العقد:** بنية مميزة تتشكل بعد عملية الترسيب بأشكال غير منتظمة وتتألف من مواد فلزية مختلفة عن الصخر المضيف.

تتوضع بشكل مواز لسطح التطبق واتصالها مع بعضها البعض يشكل مستويات وتكون سيليسية خاصة في الصخور الكربوناتية. وتتشكل نتيجة لإحلال السيليس محل الفلزات الأخرى والتي يمكن إزالتها بفعل عمليات الإنحلال والاستبدال. **وهكذا يكون لدينا:**

- منشأ أولى (خلال توضع الصخر المضيف).
- منشأ ثانوي إحلال السيليس محل الفلزات الأخرى (العقد).

3- **التخثرات والسبتاريا:** تتشكل بعد الترسيب، تكون موضعية ومؤلفة من مادة الملاط الصخري. **أشكالها**: كروية أو اسطوانية، **وأبعادها**: من سنتمترات ← ما يقارب واحد متر. وتنتشر في صخور العضار الصفحي.

4- **الجيود:** مميزة للصخور الرسوبية / ما بعد التوضع/، وهي ملفتة للنظر وذلك لإختلاف بنيتها وألوانها عن العقد والتخثرات. قطرها من 4-5 إلى 10-20 سم.

- من الخارج كالسيدوان وبلوراتها تتجه نحو الداخل المجوف التي تحيط به غالباً بلورات واضحة التبلور من الكوارتز.
- التركيب بشكل عام سيليسي وهناك جيودات كلسية وأخرى دولوميتية وتنتشر بشكل عام ضمن الصخور الكربوناتية والغضارية.

- تتشكل عندما تملأ المحاليل الحاوية على السيليس والمواد الأخرى الفراغات والجيوب الناتجة عن انحلال البقايا العضوية وترك مكانها فارغاً. ما يؤدي لتشكل هلام سيليسي يخدم كعازل للمواد داخل التجويف عن المواد الحطامية يتبع ذلك تمدد التجويف حتى يتساوى التركيز بين داخل التجويف وخارجه ⟸ تصلب الهلام السيليسي وبدء البلورات بالتشكل باتجاه داخل التجويف وتوضعها فوق بعضها البعض.

5- **المستحاثات:** وهي من مظاهر الصخور الرسوبية التي تميزها عن الصخور النارية والمتحولة (وهي فاونا وفلورا). تحفظ المستحاثات بشكل خاص في الصخور ناعمة الحبات (طينية وطينية كلسية) في وسط بحري هادئ وعميق، كما توجد في الصخور الرملية والكونغلوميراتية وضمن رسوبات المياه العذبة في البحيرات والسهول اللحقية والمستنقعات.

6- **الستيلوليت:** يظهر على سطح الطبقات بشكل أعمدة أو بروزات أو مخاريط متعرجة ويظهر بشكل خط بياني متعرج ذي ارتفاعات وانخفضات. يتشكل نتيجة عمليات التقلص أو التشقق الحاصلة في مرحلة ما بعد تصلب الرسوبات، **وهناك من قال ناتج** عن الضغط التفاضلي الذي يعطي التعرجات في الستيلوليت.

7-المخاريط المتداخلة: من المظاهر والبنيات الثانوية شبكة مخاريط متوازية ومتداخلة مع تجاويف مخروطية الشكل تطابقها تماماً وتغطي سطوحها بحراشف مخروطية وتحرزات. يبلغ الارتفاع من بضعة ملم ⟵ بضعة سم، ووسطياً (1-20 سم). وعادة يكون الارتفاع > القاعدة وزاوية رأس المخروط ما بين $30\text{-}60^0$.

وتنشأ من:

- تحرك الغازات الواقعة تحت تأثير الضغوط العالية.
- أو تبلور الكالسيت الليفي بشكل شعاعي ضمن المواد المتبلورة ⟸ تمزق المواد المتبلورة بشكل مخروطي.
- ناتج عملية التقلص التي تؤدي إلى طرد الماء الخلالي ⟸ بنيات قمعية.
- نتيجة الضغط الشاقولي غير المتجانس الذي يمزق الرسوبات ويتبعه عمليات الانحلال ⟸ اختفاء الكالسيت وبقاء المواد الغضارية.

8-البنيات والأنسجة المجهرية:

يستخدم المجهر لتميزها ⟸ صخور رملية هشة وأخرى صلبة وكهفية ومسامية وهناك البنيات التكسرية مثل (حجر كلسي مبلور وأنهيدريت)، بنيته البريش والخ.

9-ألوان الصخور الرسوبية: وذلك اعتماداً على التركيب الفلزي والعضوي ووجود المواد الملونة.

- **أبيض**: كلسية كربوناتية، رملية سيليسية، وغضارية
- **أسود**: دلالة على وجود الفحم.
- **أصفر، أحمر**، نتيجة لإحتوائها أكاسيد الحديد.
- **وأخضر**: دليل وجود الكلوريت.

<u>وعادة ما يزول لون الرسوبات عندما يتم إرجاعها.</u>

الجلسة الثالثة

تصنيف الصخور الرسوبية

1- ميكانيكة المنشأ (حطامية):

أ-كونغلوميرا ب-رملية جـ-عضارية بيليتية

2- كيميائية المنشأ:

أ- عضاريات متبقية ولاتيريتت ب -كربونانية (كلسية ودولوميتة)
جـ -صخور متبخرات د -صخور حديدية

3- عضوية المنشأ:

أ- سيليسية ب – فوسفاتية جـ-كلسية عضوية حوارية د -غوانو
هـ-فحوم هيدروجنية

- تتميز غالبية الصخور الرسوبية بكون مكوناتها: مدورة الشكل، أو زوية الشكل، أو غير منتظمة الشكل. كما أن معظمها يحوي على المستحاثات (الحيوانية والنباتية).

- يكون الملاط في الأحجار الرملية: سيليسي، كلسي، حديدي، بيليتي (غضاري)، دولوميتي، وفوسفاتي.