بتروغرافيا
الصخور الرسوبية

بجزأيه النظري والعملي

الفصل الثاني
للعام الدراسي 2020/2019

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.

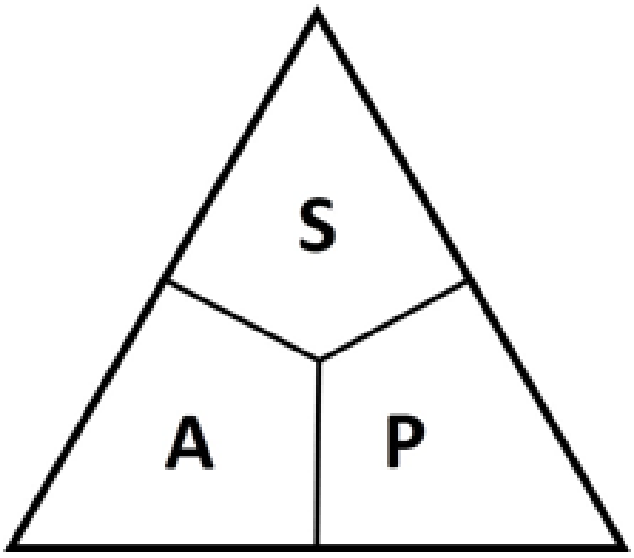
تركيب الصخور الرسوبية على مثلث رايموند (S P A ، 1984 -1993):

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.

مراحل الدياجينيز في الصخور الكربوناتية: -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)

وهناك أحداث إضافية يمكن الاطلاع عليها في الدراسات العليا

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).

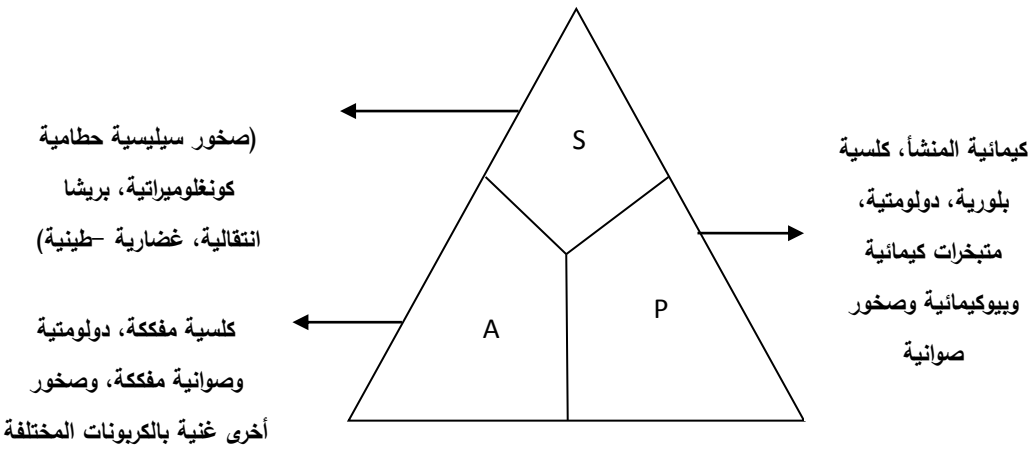
كما توجد الأنسجة البلورية في بعض أنواع الصخور الرسوبية إضافة إلى وجودها في الملاط لصخري لبعض الصخور وكذلك في الصخور المبلورة.

تصنيف الصخور الرسوبية

من المعروف أن الصخور الرسوبية تقسم للثلاث مجموعات الآتية:

1- المجموعة (S) الحطامية السيليسية.
2- المجموعة (A) الغنية بالمواد القديمة.
3- المجموعة (P) الغنية بالمواد الرسوبية.

والتي تُمثّل على الشكل الآتي:



وقد قام بيتي جون (1975) بتقسيم الصخور الرسوبية إلى قسمين، هما:

1- صخور خارجية المنشأ (exogenetic): حطامية مفككة.
2- صخور داخلية المنشأ (endogenetic): كيمائية وبيوكيمائية وغيرها.

<u>والعالم فولك مؤيد لذلك</u>

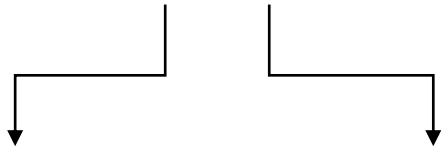
*** تصنيف صخور المجموعة (S):**

- تحتوي الكونغلوميرا على **حبيبات حطامية مستديرة الشكل ضمن ملاط رملي (بودنغ) أما البريشيا فهي صخور رسوبية تحتوي على أجزاء وحبيبات زاوية الشكل ضمن ملاط رملي**.

- و**أما الصخور الحطامية الديناميكتتية**: فتحتوي على حبيبات كسارية مستديرة الشكل أو زاوية أو على كليهما ضمن **ملاط غضاري طيني**.

ونعتمد تسمية الصخر على محتواه من المواد الحطامية وحجم الحبات السائدة وشكلها بالإضافة لإسم الصخر الأصلي. مثلاً: كونغلوميرا حصوية كوارتزاية (أي المواد السائدة حبيبات كوارتزية دائرية الشكل وبمقياس أكبر من 2مم.

تصنيف الصخور الرملية: ويُعتمد هنا تصنيف دوت – وغلبرت



ويتم التميز بينهم تصنيف الصخور الرملية المعروفة بالأرينيت

تصنيف الصخور الرملية المسماة (بالويك)

والأرضية: هي المواد الحطامية التي تملأ الفراغات الموجودة بين الحبيبات المكونة (وتكون معاصرة لتشكل الصخر)، وتتألف من:

1-المواد الغضارية – الطينية.

2-حبيبات الكوارتز الناعمة.

3-المواد الكربوناتية وغيرها من مواد.

أما الملاط: فهو المادة اللاصقة التي تقوم بدور اللاحم – وتجمع بين الحبيبات الصخرية (وهو لاحق لتشكل الصخر).

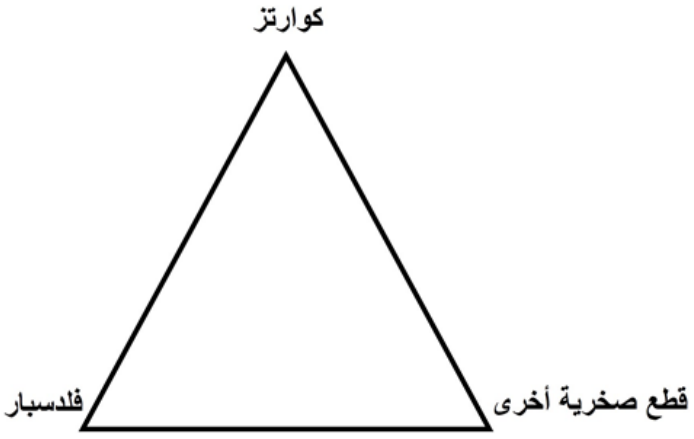
تكون الأرضية في الأرينيت أقل منها في صخر الويك واعتماداً على ذلك ننتقل من الصخر الأول إلى الصخر الثاني:

صخر الأرينيت انتقال ← إلى صخر الويك

%5 < %5 >

(نسبة الأرضية من مجال: 0,5 -10 -15 %)

- وقد قسم العالم فولك الصخور الرملية اعتماداً على نسبة الكوارتز، الفلدسبار، والقطع الأخرى بما فيها الصوان اعتماداً على المثلث التالي:



وقد اعتمد في تصنيفه على صخرين رمليين هما الأرينيت والأركوز (وقد اعتمد عليهما غيره: وهما صخور غنية نسبياً بالفلدسبار -ويتميز **الأركوز بكونه أغنى بالفدسبار من الأرينيت**).

تصنيف الصخور الطينية:

الطين: هو فلزات سيليكاتية ألومينية أو فلزات غضارية أو خليط منها وبتصلب هذا المزيج يتم التحول إلى صخور طينية.

توجد الصخور الطينية بكثرة ضمن الصخور الرسوبية ويمكن أن تختلط مع الصخور الكربوناتية والصوانية والرملية.

عادة يتم الخلط ما بين أسماء الصخور الطينية والغضار الصفحي (الغضار **الصفيحي** هو صخر طيني متطبق صفائحي، **أما الصخور الطينية** فهي صخور غير متورقة وغير صفائحية).

وهناك الصخور الغرينية وهي متنوعة وتحتوي على حبات ناعمة جداً وقد تكون متطبقة أو متورقة أو صفائحية أو غير متورقة.

- وبشكل عام يجب أن يعتمد اسم الصخر على كمية المواد الطينية الداخلة في تركيبه.

الصخر طيني ⇔ يحتوي > 50 % من المواد الطينية

- يعتمد تصنيف الصخور الطينية حسب (لوندغارد وصموئيل) في تحديد اسم الصخر الرسوبي على نسبة الغرين في الصخر غير المتورق أو غير المتصفح، أي:

يكون الحجر غضاري عندما تكون نسبة الغرين 25 %

ويكون الحجر غرين عندما تكون نسبة الغرين 30 %

ويصبح الحجر رملي عندما تكون نسبة الغرين 45 %

تصنيف صخور المجموعة (P):

اعتماداً على التركيب الفلزي والفلز السائد والمواصفات العامة للصخر تكون غالبية صخور هذه المجموعة مترافقة مع صخورالمجموعة A ⇔ يمكن رسمهم مع بعض على المخططات التصنيفية.

أ-الصخور الكربوناتية:

كالسيت: حجر كلسي. الحجر الكلسي = ترافرتين – طف – حوار – سباريت – ميكريت

دولوميت: حجر دولوميتي. الحجر الدولوميتي = حجر دولوميتي – حجر دولوميتي طيني – حجر ميكرودولوميتي – حجر دولوسباريت.

- المتبخرات:

1-هاليت: صخور ملحية. 2-جص: متبخرات جصية. 3-أنهيدريت: متبخرات أنهيدريتية.

4-فلزات **تبخرية أخرى**: وهنا يسمى الصخر حسب اسم الفلز التبخري السائد في الصخر.

- الصخور السيليسية: كوارتز -كالسيدوان: صوان بألوانه، كريستوباليت: صوان راديولاريتي، أوبال: دياتوميت تترسب بفعل المياه الجوفية ومياه الينابيع الساخنة.

- صخور غنية بالحديد:

وهنا نميز بين:

1-**حجر حديدي:** غوتيت ± كالسيت ± دولوميت

2-**تشكيلة حديدية:** مغيتيت ± هيماتيت ± غرينياليت.

- صخور غنية بالمغنيز:

فلزات المنغنيز:

1-عقد منغنيزية: تتألف من أكاسيد منغنيزية

2-مانغنوليت: وهو خليط من أكاسيد المنغنيز.

- صخور غنية بالفوسفات:

أباتيت: فوسفوريت 50% أباتيت،

والصخر فوسفاتي -الملاط أباتيتي

- المجموعة A وP: تستخدم نسبة الكربونات كمعيار لتصنيف الصخر.

يعتمد تصنيف دونهام على الأنسجة الترسيبية وخصوصاً نسبة الحبات إلى المواد الطينية.
فيكون لدينا: حجر كلسي مبلور، وحجر دولوميتي مبلور
ونسيج بلوري ونسيج رسوبي

-أما فولك فقد ميّز بين أربع مواد رئيسية في التصنيف، وهي: 1-الكربونات 2-الميكريت: وهو مواد مجهرية التبلور 3-السباريت: كالسيت مبلور 4-بيوليثيث: وهي صخور ذات نمو متداخل وتحوي على هياكل مستحاثية.

واضح من تصنيف فولك أنه أكثر تعقيداً من تصنيف دونهام.

تصنيف الرسوبيات الأخرى -وهنا نؤكد على:

- الأرضية: قاعدة الصخر وتتشكل قبل الملاط (خلال تشكل الصخر) وتتكون من جزيئات تملأ الفراغات بين المكونات.

- الملاط: لاحق لتشكل الصخر ويجمع كل المكونات بما فيها الأرضية

ـ تصنيف صخور المجموعة A: تضم الصخور الكربوناتية كيمائية المنشأ.

يستخدم التصنيف النسبة المئوية للكربونات الكيمائية كمعيار تصنيفي، أي وجود أسباب منشئية وملاحظات تجريبية للتميز بين صخور المجموعة A عن P.

وقد ميز فولك بين مادتين من الحطاميات ضمن الملاط الصخري، هما:

1-الميكريت (طين كلسي) –**وحجوم حباته تحت المجهر < 0,004مم**

2-السباريت (كلسي بلوري) **وحجوم حباته تحت المجهر 0,004-0,06مم**

<u>وميّز دونهام عام 1962 بين:</u>

1- **<u>صخور المدستون:</u>** وهي صخور كلسية طينية حبيباتها أقل من 10%.
2- **<u>صخور الويك ستون</u>**: صخور حبيباتها أكثر من 10% مع مواد ميكريتية (ولا تتلامس الحبيبات مع بعضها البعض).
3- **<u>صخور الباك ستون</u>**: صخور يملأ الميكريت الفراغ بين حبيباتها (والحبيبات فيها تتلامس مع بعضها البعض).
4- **<u>صخور الغرينستون</u>**: صخر حبيبي ينقصه أرضية ميكريتية.

الكونغلوميرات والديامكتيت والبريش

- أنواع رئيسية للصخور الحطامية الخشنة ذات أرضية وملاط صخري، وتشكل حوالي 1% من الصخور الرسوبية المعروفة في السجل الستراتيغرافي على سطح الأرض.

تتشكل الكونغلوميرات في بيئات ترسيبية متنوعة ابتداءاً من البيئة الجليدية الألبية وانتهاءاً بالبيئة البحرية العميقة، وتترسب الكونغلوميرات والصخور المرافقة لها (ديامكتيت وبريش) على القارات بفعل الأنهار الجليدية والانزلاقات الأرضية وأمواج شواطئ البحيرات والجداول والأنهار. كما تتشكل الكونغلوميرات البحرية والصخور المرتبطة بها على طول الشواطئ وعلى الأرصفة البحرية قليلة العمق (من قارة ومحيطات).

المعلومات التي تقدمها دراسة الكونغلوميرا:

علمياً:

1-تحديد صخور منطقة المصدر من خلال دراسة القطع الصخرية المكونة لها.

2-بناء باليوجغرافية منطقة المصدر من خلال التنوع الليتولوجي لمنطقة المصدر.

واقتصاداً:

1-قد تكون الكونغلوميرا والصخور المرافقة لها ذات مسامية ونفوذية أي تصبح خازنة للسوائل الهامة (مياه جوفية مثلاً، والخ).

2-احتواء الكونغلوميرا على المعادن الثقيلة (الذهب وغيره) والتي تؤلف رواسب اقتصادية.

-**هناك كونغلوميرا ذات منشأ ناري** مؤلفة من مواد حطامية وأرضية صخرية هي بكاملها أو بمعظمها نارية ويظهر ذلك واضحاً من البنية والنسيج (والصخور التي تحتوي على حطاميات نارية -بركانية يصعب تحديد مصدرها نسبياً).

- بعض الصخور الحطامية الخشنة التي تحتوي على حطاميات بركانية تملك تاريخاً معقداً (الصخور البيروكلاستية البركانية) والتي يمكن أن تنتقل قبل أن تترسب في الأحواض الرسوبية وتتحول إلى صخور رسوبية.

الفرق بين الكونغلوميرا والديامكتيت من حيث الأرضية:

الكونغلوميرا تحوي على أكثر من 25 % حطاميات مدورة وبطول > 2مم ضمن أرضية صخرية رملية، بينما يحوي **الديامكتيت** نفس الحطاميات لكن ضمن أرضية مؤلفة من الطين.

تسمى الرسوبات ذات الحطاميات > 2مم، بشكل عام، وزاوية الشكل بالتالوس

صخور البريش: هي صخور رسوبية مشتقة من التالوس ومن الرسوبات المشابهة، وتحوي حطاميات زاوية >2مم وبنسبة 25 % ضمن أرضية رملية أو حبيبات خشنة نسبياً.

أما إذا كانت الأرضية طينية فيعرف الصخر باسم الديامكتيت.

بينما التيلليت هو ديامكتيت ذو منشأ جليدي وأرضيته طينية.

//الكونغلوميرا –الديامكتيت –التالوس –البريش (مشتق من التالوس)،

والتلليت هو ديامكتيت جليدي//.

الأنسجة الصخرية والبنيات وتراكيب الصخور الحطامية الخشنة

أ-الأنسجة الصخرية والبنيات:

تتميز الصخور الحطامية الخشنة بنسيج إيبي كلاستي –سطحي المنشأ.

نميز بالدراسة التفصيلية بين:

1- اختلاف في النسيج الصخري وكمية الملاط والأرضية.

2- اختلاف العلاقة بين توزع الحطام والأرضية الصخرية.

- يمكن أن يكون الملاط خشن الحبات أو أفانتي. والأرضية يمكن أن تكون خشنة إلى ناعمة الحبات أو أفانتية أو متورقة صفائحية نتيجة لوجود حبيبات الغضار المسطحة أو حبات الميكا الورقية.

- الصخور ذات الأرضية الداعمة: تكون حطاميات الصخر مبعثرة ضمن الأرضية، ونادراً ما تكون الحطاميات (الحبات) على تماس مع بعضها البعض.

- الصخور ذات الحطاميات الداعمة: صخور لها أرضية، وحطامياتتها متلامسة بشكل كاف مع بعضها البعض. والحطام الكبير يشار له بشكل إطار.

- حجوم المكونات في الصخور ذات الأرضية الداعمة والمكونات الداعمة:

تكون غالبية حجوم الحباب في الصخور ذات الأرضية الداعمة مقاربة لحجوم الرمل والطمي أو الغضار.

أما في الصخور ذات المكونات الداعمة فتكون الحطاميات الهيكلية هي العنصر الأساسي في الرسوبات.

الاختلاف حول أسباب توزع حجوم الحطام الثنائي والمتعدد الحجوم في الرسوبات ومنشئها:

1-تأثير البيئة والطبيعة وتجوية مواد منطقة المصدر (تعطي حطام متعدد الحجوم).

2-سيطرة عملية النقل والترسيب (اختلاط المواد مع بعضها).

3-تعديل الرسوبات بعد الترسيب (دخول الحبيبات الناعمة بين الحبيبات الخشنة الهيكلية).

حسب تنوع حجوم الحطاميات، لدينا صخور الأوليستوسترومي: وهي حطاميات كبيرة جداً بأرضية ناعمة من الطين (جليدية المنشأ).

*** هناك عوامل إضافية تستخدم عند تقييم أنسجة الصخور الرسوبية الحطامية الخشنة، منها:**

1-تدورة الحطاميات (بسبب التجوية، النقل، والتفاعلات).

2-التكور والشكل.

3-ميزات مشتركة بين الأرضية والملاط.

<u>يعتمد مقدار التدور (وتقليل حجم الحبات) لمكونات الصخور الحطامية على عدة عوامل:</u>

أ-مسافة النقل.

ب-تركيب الحطام.

ج-تركيب المواد المرافقة للحطام.

ء-حجوم المواد المرافقة للحطام والحبيبات.

هـ-طبيعة الوسط الناقل (ماء، هواء، جليد).

-الصخور الكلسية أكثر قابلية للتدور مقارنة مع صخور الميتاكوارتزيت لذلك تكون زيادة نسبة التدورة عند أسفل المجرى المائي. بينما تتوضع الصخور البريشية بعد مسافة نقل قصيرة.

-**تشمل البنية** الصخرية للكونغلوميرات والبريش والديامكتيت على التطبقات المتصالبة والتداخلات الحصوية، وبسبب خشونة الحبات تكون الطبقات متوسطة التطبق إلى كتلية.

-ويكون شكل الطبقات: عدسي – مسطح، وعدسي – خطي (متطاول). وبعضها يكون بشكل: أسفيني ومفصص. كما توجد التطبقات المتصالبة والمستوية وحوضية الشكل (الطبقات المقعرة المغلقة).

-يعد التدرج بحجوم الحبات مؤشر هام على عوامل النقل وشروط الترسيب ما يساعد في التمييز بين ستة أنواع من البنيات الصخرية، وهي:

1- الطبقات غير منتظمة مشوهة.
2- عادية التدرج.
3- عكسية التدرج.
4- الطبقات عادية – عكسية التدرج.
5- غير منتظمة (مشوهة)-عكسية.
6- متدرج التطبق.

ب) التراكيب:

- توصف تراكيب الكونغلوميرات بمصطلح التركيب الكيمائي أو تركيب الحطام والأرضية.

- تكشف التحاليل الكيمائية عن التنوع الكبير في التراكيب الكيمائية نظراً للتنوع الكبير في نوعية وتراكيب الحطامات المسيطرة (كوارتز، الحجر الكلسي، الخ).

- ربما تشابه التراكيب الكيمائية للكونغلوميرات والبريش تراكيب الصخور الرملية المرتبطة بها.

الصخور الكربوناتيـــــــة

تعريفها: هي صخور تحوي من الفلزات الكربوناتية أكثر من 50%. تشكل 4 % من حجم صخور الأرض و10 – 35 % من صخور القارة.

أهميتة دراستها:

- إعادة بناء التطور الجيولوجي (باليوجغرافيا).
- احتوائها على مواد هيدروكربوناتية.
- احتوائها على الكثير من الخامات المعدنية.
- وجود المستحاثات فيها وتحديد الأعمار.
- توجد في المحيطات وعلى القارات. حيث تتشكل في التربة والبحيرات وفي مناطق وجود النشاط الحراري المائي والينابيع الحارة.

خصائص الصخور الكربوناتية:

- تم التصنيف اعتماداً على تركيبها الفلزي وكذلك على أنسجتها.
- منها المبلور ومنها الحطامي ويوجد الكثير منها يحوي النوعين المبلور والحطامي.

تركيبها الفلزي: 1-فلزات أولية المنشأ

2-فلزات ثانوية التشكل ومنها الدولوميت.

3-معادة التوضع.

وكل ذلك مرتبط بالدياجنيز وعملياته المختلفة.

*** التركيب الفلزي والكيمائي للصخور الكربوناتية:**

أ-التركيب الفلزي:

1-كالسيت.

2-كالسيت منغنيزي.

3-أراغوانيت.

4-دولوميت.

والكالسيت والدولوميت هما الأساسيان والثابتان، حيث يتعرض كل من الكالسيت المنغنيزي والأرغوانيت للتغير أثناء عمليات الدياجينيز المختلفة.

-تحوي هذه الصخور بتركيبها الكيمائي بشكل أساسي على: CaO, MgO, و CO_2. مع الإشارة إلى الأهمية النسبية لنظائر الأوكسجين والكربون وبقية العناصر النادرة.

الفلزات الكربوناتية:

-الكالسيت النقي ($CaCO_3$) أو منخفض المغنيزيوم: يترسب بشكل عضوي أو لا عضوي ويمكن أن يحوي على Na, Fe, Mn.

-الكالسيت المغنيزي: ويحوي على 30% مول/ل من MgO، أو يسمى الكالسيت عالي المغنيزيوم.يتشكل في القيعان الضحلة بفعل المتعضيات القاعية في البيئات البحرية المدارية أو نتيجة التبادل الشاردي لـ CaO وMgO وامتزاجها مع غاز الميتان المؤكسد بيولوجياً أو كيمائياً في المناطق غير الاستوائية.

-الأرغوانيت: أغلبه من منشأ عضوي (رغم التشابه مع الكالسيت من حيث التركيب والمنشأ) وهو المادة الرسوبية الرئيسة التي ترسبها بعض الطحالب. **ويعد الأرغوانيت** مكون أساسي للهياكل العظمية للحيوانات اللافقارية. **كما ينتج الأرغوانيت** اللاعضوي عن ترسب مياه الينابيع الحارة وتكون شبكته غير مستقرة على سطح الأرض ما يؤدي لتحوله سريعاً إلى كالسيت.

- الدولوميت [Ca Mg (CO3)2]: ومنه أولي التشكل واحلالي (محل فلز آخر). وعملياً الـ Mg لا تعوض كل محل Ca $\Leftarrow$ امكانية دخول لـ Fe مع Mg وتشكيل الدولوميت الحديدي.

ب -هناك فلزات أخرى:

كوارتز + غضار إضافة إلى إيلليت + سمكتيت + كاولنيت، بالإضافة إلى الغلوكونيت والكلوريت. وكلها يمكن أن توجد ضمن الصخور الكربوناتية. كما أن **هناك أطوار فلزية إضافية تنتج خلال مراحل الدياجينيز** ومنها: الأوبال، الأنكيريت، المغنتيت، البيريت، الأباتيت، والجص وهي فلزات كاذبة التشكل عندما يكون الإحلال والاستبدال واسعاً.

ج-التركيب الكيمائي للصخور الكربوناتية:

- التركيب الفلزي ← تركيب كيمائي واضح ← سيطرة MgO, CaO ، كما في الجدول (6-1) ص 216 ، حيث نلاحظ SiO_2 قليل في الحجر الكلسي والدلوميت.

- وبوجود الغضار تزداد نسبة كل من SiO_2 و $Al2O_3$ و FeO.

- أما العناصر النادرة فتوجد بكميات قليلة وذلك لأنها لا تدخل في التركيب الكيمائي لفلزات الصخور الكربوناتية. - ونحصل من تحاليل النظائر للمواد الكربوناتية على تحديد (O,C,H) والتي تعتبر هامة جداً لمعرفة كمية المياه التي كانت سائدة عند/أو أثناء الترسيب أو خلال عمليات الدياجينيز المختلفة.

العناصر النسيجية وأنسجة الصخور الكربوناتية:

أ) -العناصر النسيجية للصخور الكربوناتية:

1) ميكريت < 0,004 مم.	2) سباريت (0,06-0,004) مم	3) مواد كيمائية مجلوبة وهي مواد متنوعة جداً:	4) مواد عضوية
يتشكلان بفعل عمليات الترسيب		كسارات كربوناتية، فلزات صوانية مستحاثات، أوليت، بيليت، والانتراكلاست - بيليت: < 0,25 مم، النواة كسارات عضوية - أوليت: 0,25 – 2 مم، النواة عضوية أو لا عضوية - أنكوليت: 2-10سم، ترسب بفعل الأشنيات.	هياكل وانطباعات

يوجد تفصيل في العناصر النسيجية الرئيسية في الرسوبات والصخور الرسوبية (الجدول 6-2 ص 218)

ب) أنسجة الصخور الكربوناتية وتصنيف الصخور الكربوناتية:

- لدينا من الأنسجة:

1-نسيج مبلور 2-ونسيج إيبي كلاستي.

- يعتمد تصنيف دونهام على نسبة كل من الطين والحبات (الأرضية والمكونات والعلاقة بينهما)

- ويجب القول: النسيج: 1) مبلور 2) أو إيبي كلاستي } على أن يسبق (أي منهما) بكلمة ناعم أو متوسط أو خشن التبلور.

وبشكل عام يكون النسيج البلوري أولي التشكل وناعم التبلور ويمكن أن يكون متوسط أو خشن التبلور في الصخور الكربوناتية قارية المنشأ. **أما أنسجة البيوليثيث (أو الأحجار العضوية) فربما تكون:** أنسجة حطامية أو بلورية أو مختلطة ومؤلفة من الحطام والمواد المبلورة.

<u>بنية الصخور الرسوبية الكربوناتية:</u>

- البنية الشائعة: 1) متطبقة 2) ومتورقة، 3) وما بينهما.

-وقد تتشكل الطبقات السميكة نتيجة لـ:

-التوضع والترسيب في بناء فوقي.

-تأثير تيارات العكر ذات المنشأ العضوي.

-الخلط خلال عمليات الدياجينيز المختلفة.

-وتبقى الطبقات الأكثر شيوعاً هي الطبقات الرقيقة وقليلة السماكة، **<u>ويكون التطبق:</u>** مسطح، عقدي، متموج، عدسي، متصالب، متدرج وغيره.

<u>ويضاف إلى ما ذكر بنيات:</u> الستروماتوليت – الستروماتاكت – العقد – والأرصفة والتجاويف والتخثرات.

أنواع البنيات حسب المنشأ:

اسم البنية	متطبقة	متورقة
ترسبية	تطبق متصالب ستروماتوليت بيليت علامات تموجية أرصفة	تورق متصالب أونوكوليت غرابستون تطبق متدرج رابية -أكمة
حتية وتعرية	أقنية علامات متعددة انحدار أو انزلاق حجور وأوكار حيوانات	خلائط أقنية خلائط الحمل شقوق علوية مسارات، ممرات
تشوهية	طيات رسوبية ناعمة تشققات بريش	شقوق فالقية تورقات مخروطية بنيات اللهب
دياجينيزية	بنيات تخثرية عروق ستيلوليت تيبز خطوط أو حلقات كاذبة	عقد تجأويف سطوح تصلب عيون العصافير بيزوليت

-**التجاويف**: كهوف صغيرة تملؤها بلورات لاحقة التشكل.

-**العقد والتخثرات:** البنيات التخثرية: القطر أقل من 30سم ولكن قد يصل في بعض الأحيان إلى مترين. وهي كتل محاطة بقشرة من الكالسيت وتغلف نواة من المستحاثات أوالحبات مختلفة النوع. **والعقد**: تخثرات صغيرة الحجم.

-**الستروماتاكت**: هي تطور للتكهفات العدسية وتكهفات سقوط الماء.

-**التيبيز**: أجسام صغيرة زاوية (من سنتمترات إلى متر). تنتج عن رص الطبقات على طول الكسور والصدوع [وذلك نتيجة لنمو البلورات المتبلورة ضمن الطبقات وتتشكل مثلاً: في بيئات تشكل المتتاليات التبخرية حديثة التشكل].

-**سطوح التصلب:** طبقات قاسية بسماكة تبلغ بضعة سنتمترات تتشكل على قاع البحر خلال فترات انقطاع الترسيب وتكون مثقبة ومحفورة وذات ألوان متعددة وقد تحوي مستحاثات.

- **الفنيسترا** (عيون العصافير): حفر دائرية تملأ لاحقاً بحشوات من الكالسيت المترسب وخاصة في الصخور القديمة، وعادة ما توجد بأشكال متطاولة. وتتشكل في بيئات المد والجزر بفعل الطحالب وانكماش الرسوبات خلال عمليات الجفاف أو لفقدان الهواء المحبوس ضمن الرسوبات.

وبشكل عام، كل بنية من بنيات الصخور الرسوبية تعكس نوعاً من تاريخ البيئة الترسيبية التي تشكلت ضمنها وعمليات الدياجينيز التي تعرضت لها.

أصل ووجود الصخور الكربوناتية:

تتشكل الصخور الكربوناتية في البيئات التالية:

1- بحرية قليلة العمق (البحيرات والشواطئ).
2- البحرية العميقة.
3- البيئات الانتقالية.
4- البيئات القارية وهي **محدودة الانتشار وتحت شروط نادرة التحقق**.

وبشكل عام، **تترسب غالبية المواد الكربوناتية في بيئات ترسيبية متنوعة من** المحاليل الحاوية على $CaCO_3$ بفعل المتعضيات والكائنات الحية حيث يتطلب بناء هياكل وأصداف الحيوانات وجود المواد الكربوناتية ويساعد في ذلك انتشار الطحالب (في السبخات والبلاتفورم – الرف القاري – والأنواع البحرية العميقة ومناطق المد).

-**البيوض الكلسية:** تتشكل في المناطق الشاطئية ذات الحركة العالية نتيجة لتجمع الكربونات حول نواة صغيرة (عضوية أو لا عضوية).

-تعتبر المنخريات في الأحواض العميقة (خاصةً الغلوبوجيرينا) العنصر الأساسي في الرسوبات الكربوناتية.

-يحدث ترسيب عضوي طحلبي وترسيب غير عضوي في البيئات القارية حيث تعتبر المتبخرات والكاليش مواد غير عضوية كبيرة. وتلعب الطحالب دور في ترسيب الكربونات في البحيرات وبعض الينابيع.

تعريف الكاليش: صخر كربوناتي حواري فاتح اللون ودقيق التبلور (بين الميكريت والسباريت) يتشكل من تبخر وترسب الكالسيت ضمن الرسوبات والصخور القديمة (يتميز بوجود الكالسيت منخفض المنغيزيوم) وعادة يحوي عروق من السباريت والبيزوليت والبيوض الأوليتية أو العقد.

وبشكل عام، تستخدم المواد الكربوناتية المتنوعة وأنسجتها وبنياتها المميزة لها كقاعدة في التمييز بين الصخور الكربوناتية المتنوعة والمتشكلة في بيئات رسوبية مختلفة عن بعضها البعض.

أ-الصخور الكربوناتية البحرية:

يظهر في السجل الجيولوجي تسعة من التوضعات البيئية الأساسية. والمؤلفة من صخور الكربوناتية والتي تتميز كل منها ببنياتها وسحنتها الصخرية والمستحاثات الحاوية عليها: **في الرف القاري، المنحدرات، الأرصفة، البلاتفورم، والأحواض.**

ب-صخور الحوض: طبقات قليلة السماكة، متورقة، مؤلفة من الحجر الكلسي الطيني قاتم اللون مع تداخلات من تورقات صخور طينية إلى جانب التورقات الكربوناتية (ديامكتيت). وتكون المستحاثات قاعية مع بعض المستحاثات المنقولة من الشاطئ بتيارات العكر التوربيدية، وهناك ارتباط للون هذه الصخور مع الصخور البركانية المحيطة (أحمر – بني – تداخلات لونية) حيث تتشكل تطبقا ت كلسية بين الصخور البيلولافا أو تطبقا ت كلسية رقيقة فوق أساسية.

ج -صخور المنحدر: توجد على طول المنحدارات وهي من حجر كلسي طيني (ويك ستون مع غرينستون) بلون قاتم وتكون رقيقة إلى متورقة مع تطبقات سميكة تغطى بسطوح التصلب محلياً.

د-الصخور على البلاتفورم والنطاق الضحل والرف والحاجز: تكون توضعات الحواجز منحدرة بشكل لطيف من الشاطئ إلى الحوض، ويكون لونها فلتح إلى قاتم وعلى شكل تطبقات رقيقة إلى سميكة.

* تتميز رسوبات الرف بتطبقها الرقيق إلى المتوسط وهي أحجار طينية كلسية وكونغلوميراتية في بعض المناطق.

إذن:

توجد تطبقات بينية متداخلة من الصخور الحطامية وجزئياً من الطينية فيما بين الطبقات الكربوناتية المتموجة أو غير منتظمة الشكل.

تنتشر فيها الجحور والأوكار والمستحاثات.

يكون لونها قاتماً (من الرمادي إلى الأزرق).

أما الرسوبات الكربوناتية الضحلة فتنتشر على البلاتفورم والرف والحواجز.

في المناطق الضحلة توجد نباتات وفي البلاتفورم المسطح والرملي توجد المستحاثات.

لذلك نُعرّف النطاق الضحل:

منطقة قليلة العمق تتم فيها عمليات هامة لمعالجة الرسوبات بفعل الأمواج مما يجعل الصخور فيها فاتحة اللون وحاوية على مستحاثات هامة وهياكل عضويات مع غرينستون أوليتي.

هـ-صخور الأرصفة والأبنية على الضفة والرف وحواف البلاتفورم:

الأرصفة: هي عبارة عن أبنية كربوناتية تشيدها العضويات، وتتميز بما يلي:

1- وجود فروقات ليتولوجية بينها وبين المناطق المحطية.
2- سماكة المقطع الصخري كبيرة مقارنة بالصخور المحيطة.
3- خصوصية المكونات العضوية.
4- وجود أثار فعاليات الأمواج.

- تعتبر الأرصفة معقدة البنية نتيجة لتغير الطاقة من عالية إلى منخفضة ما يعطي تنوعات رسوبية متباينة التركيب.
- وأهم ميزة هي سيطرة الهياكل العضوية على بنيتها في حين تسيطر المواد الطينية على الحواجز وغيره.

و-الصخور الكربوناتية المتشكلة في البيئات الانتقالية:

وتشمل صخور كلاً من:1-بيئات ضمن مستوى المد 2-وتحت مستوى المد 3-على الشاطئ 4-في اللاغونات والخلجان البحرية 5-وفي السبخات قرب الشاطئية. ⇐ **وبشكل خاص، تتشكل الرسوبات الكربوناتية اللاعضوية حصراً في المناطق ذات درجة التبخر العالية.** حيث الملوحة العالية تحد من درجة وجود العضويات ماعدا الطحالب، ووجود بعض العضويات يشير لقدوم مواد تعرية حاوية عليها.

ز-الصخور اللاغونية والخليجية ومسطحات المد:

تكون الصخور في هذه البيئات متنوعة الخواص لتغير الطاقة حسب الحركة، وهي طاقة حركية منخفضة إلى متوسطة وتحدث فيها أمواج حفيفة داخلية فقط (ما عدا فترات التيارات البحرية القوية) ⇔ تكون المياه هادئة في اللاغونات و الخلجان ⇔ أغلب المواد الترسيبية تكون ناعمة ⇐ تشكل صخور طينية كلسية والتي تعتبر صخور نموذجية في هذه البيئات الرسوبية.

ح) صخور السبخات: من مناطق مستويات ما فوق المد.

تحتوي بشكل عام على الجص والأنهيدريت والدولوميت وتتميز بظهور العقد من الجص والدولوميت ضمن طبقات الدولوميت المتورقة وغير المنتظمة.

ط) الصخور الشاطئية وصخر الشاطئ:

1-مقدمة الشاطئ (منطقة ما بين مستوى المد العالي والمنخفض)

2-الشاطئ الخلفي [منطقة ما فوق مستوى المد (المد العادي المرتفع)]

تتميز بيئة مقدمة الشاطئ بوجود الغرينستون، التورق، التطبق، ووجود المستحاثات والحبات الأوليتية وأجزاء من المستحاثات.

- صخر الشاطئ: هو صخر غرينستون أوكونغلوميرات بملاط كالسيتي، يتشكل بعد التوضع في مقدمة الشاطئ. يسجل وجوده بشكل نادر في السجل الجيولوجي ويعزى ذلك لعمليات الحت بالأمواج والتخريب البيولوجي للصفات المميزة، ما يؤدي لغيابه من السجل الجيولوجي.

ظ) الصخور الكربوناتية القارية:

صخور قليلة الانتشار (ماعدا البحرية منها) وهي الصخور المتشكلة في الكثبان الريحية، النهرية، البحرية وتوضعات الينابيع الكربانوتية والكالسيت.

- في أغلب الحالات تكون الصخور الكربوناتية عبارة صخور مارنية (أي غضارية -كلسية وكلسية -غضارية) حيث تتشكل في أعمق جزء من البحيرات مع وجود الستروماتوليت وخاصة على حواف البحيرات.
- أما الصخور الدولوميتية فتشكل في البحيرات الاستوائية العذبة وفي مناطق البلايا.
- وتتضمن السحنات الشاطئية على: صخور كلسية -غضارية (أوليتية – بيوكلاستية).

-الترافيرتاين:

صخر كربوناتي متطبق إلى متصلب ومتعدد الألوان، **أما الطف الكلسي** فهو ترافيرتاين مسامي/فراغي يتوضع بالقرب من الينابيع والبحيرات والأنهار.

ونذكّر بصخر الكاليش:

صخر كربوناتي حواري فاتح اللون دقيق التبلور (بين الميكريت والسباريت) يتشكل نتيجة لتبخر وترسب الكالسيت من التربة في الرسوبات أو من الصخور الموجودة سابقاً، كما يحوي على نوعي الكالسيت عالي ومنخفض المغنيزيوم ويكون منخفض المغنيزيوم هو الأكثر انتشاراً، كما يمكن أن توجد فيه عروق سبارتية وبيزوليت وبيوض أو عقد.

الصخور الطينيـة

- أكثر الصخور انتشاراً في السجل الجيولوجي (50% من الرسوبات)، لكنها الأقل تكشفاً وظهوراً في الطبيعة لعدم تشكيلها لتضاريس صلبة أو بارزة، وهي تشكل وحدات ستراتيغرافية رئيسية.

- توجد على شكل طبقات بينية ضمن الطبقات الرسوبية في المقاطع الستراتيغرافية القارية، وتعتبر المكون الرئيسي لتوضعات البحيرات. ونؤكد على ظهورها في السجل الجيولوجي للرسوبات البحرية بشكل كبير.

فما هي الصخور الطينية ؟

رسوبات سيليسية حبات 50% منها بقطر < $\frac{1}{16}$ مم، و هي صعبة الدراسة.

مكوناتها: فلزات غضارية + حبيبات سلتية صغيرة + فلزات أخرى.

أما بنيتها: فهي متورقة وصفائحية وتخدم في دراستها التصنيفية.

الأنواع الرئيسية للصخور الطينية: حجر طيني، حجر سلتي، حجر غضاري، طين صحفي، وغضار صفحي. ويمكن تمييز الطين الصفحي والغضار الصفحي من خلال كونهما متورقان وصفائحيان. وتوجد في كل من البيئات القارية، والانتقالية، والبحرية.

سوف نتعرف على:

1- **بينتونيت**: حجر غضاري أو صفحي مؤلف من المونتموريللونيت (السمكتيت).
2- **اللوس**: صخر مسامي هش – حجر سلتي كلسي وشائع على شكل توضعات غطائية.

والفرق بينهما: أن البيتونيت ناتج عن فساد وتجوية الرماد البركاني، بينما اللوس ناتج عن توضعات ريحية حول الكتل الصخرية الكروية (أو جليدية)، أي الاختلاف في المنشأ.

التركيب الفلزي والكيميائي للصخور الطينية وألوانها:

فلزات غضارية + الميكا + الكلوريت + الكوارتز + الفلدسبار + الفلزات الكربوناتية وأكاسيد الحديد والألمنيوم وهيدروكسيلاتها + الزيوليت + الكبريتات + الكباريت + الأباتيت.

ومن الفلزات الثقيلة: هورنبلاند مع مواد لافلزية (غير مبلورة): زجاج بركاني ومواد عضوية.

تتغير كمية الكوارتز من 0 ← 80% من الغضار الصفحي ← الحجر السلتي ⇔ الغضار + الكوارتز + الكاولينيت + الفلدسبار: هي الفلزات المميزة للصخور الطينية القديمة (قبل النيوجين).

ويتضمن المونتموريللونيت ← البيدليت AL (أي سمكتيت ألومينى)

↵ نوترونيت Fe (أي سمكتيت حديدي)

↵ الباليغورسكيت (أي الغضار المغنيزي)

للدياجينيز تأثير واضح على الفلزات حيث كل منها يتشكل تحت شروط معينة: المونتموريللونيت ← إيلليت الذي يعطي المسكوفيت مع زيادة التصخر.

- الزجاج البركاني ينتشر بشكل كبير في الرسوبات الطينية ولكنه يكون قليل في الصخور الطينية لأنه يتحول إلى غضار وزيوليت وفلزات أخرى. ويوجد الزيوليت على شكل فيلليبسيت، كلينوبتيلوليت وأنالسيم.

- أكاسيد الحديد توجد بالصخور الطينية على شكل: أكاسيد وهيدروكسيلات الحديد والألمنيوم بما فيها الهيماتيت والغوتيت والليمونيت والجبسيت.

- السولفيدات: بيريت والماركازيت. - السولفات: الجص والأنهيدريت. - فلزات ثقيلة: أمفيبول، زيركون، وأباتيت.

<u>وللبيئة تأثير على نوعية الفلزات:</u> الماء المؤكسد ← أكاسيد حديد على شكل فلزات.

الماء المرجع ← سولفيدات على شكل فلزات.

البيئات المالحة ← فلزات زيوليتية.

والتركيب الفلزي للصخور الطينية يتغير مع مرور الزمن (أي مع تقدم عمليات الدياجنيز).

<u>التركيب الكيمائي للصخور الطينية: ونميز بين:</u>

تركيب كيميائي لا عضوي:

يسيطر عليها SiO_2 (80% -40) لكنه أقل مما هو عليه في الصخور الرملية و Al_2O_3 1-22%، والحديد الكلي 1-30%، و MnO و Na_2O > 1% وحتى 5%، و K_2O > 1% (إيلليت، ميكا، فلدسبار، بوتاس)، CaO و MgO حسب نسبة الكالسيت والدولوميت، و MgO يعتمد أيضاً على الكلوريت، كما يعتمد P_2O_5 على قواقع المستحاثات الحاوية عليه.

تركيب كيميائي عضوي:

يساعد بتحديد مصدر الرسوبات ويشير لتغيره ويتضمن: الكربوهيدرات، هيدروكربونات، فينول، اسفلت، والكيروجين (نفطي): $S \pm N + O + H + C$

والكربون العضوي مع الكبريت في الطين الصفحي بنسبة (2,1 – 35 %) وعادة يتحول الكربون العضوي إلى فحم (مواد نباتية) وبترول (مواد عضوية أمورفية).

ألوان الصخور الطينية:

اللون يعكس التركيب الفلزي ⟸ أبيض – رمادي إلى أسود وأحياناً بنفسجي – أزرق – أخضر – أصفر – أحمر وبني.

ويؤثر على اللون العوامل التالية:

1- لون المواد العضوية، فنسبتها العالية ⟸ ألوان قاتمة نسبياً.

2- يكون أثر عمليات توضع الرسوبات والدياجينيز اللاحقة أكبر من أثر المكونات.

3- عمليات الأكسدة والإرجاع ففي الإرجاع يتشكل البيريت والماركاسيت حديثي النشأة.

4-الألوان المميزة للفلزات الغضارية والميكا، مثلاً سيطرة الغلوكونيت يعطيها اللون الأخضر.

بنية ونسيج الصخور الطينية

من البنيات الأساسية في الصخور الطينية والمميزة لها:

- التطبق والتورق والذي يكون على شكل تطبق متوازي، متماوج، وعدسي.

1-التطبق **المتوازي:** ينتج من المطر الرسوبي للمعلقات في حالة التوضع الطبيعي والتوضع من العواصف والسيول وتيارات العكر وغيره.

2-التطبق **المتماوج:** وينتج من: 1-المواد المعلقة المترسبة ضمن تيارات السحب والجر والترسيب المطري. 2-تشوه الرسوبات الناعمة والهادئة. 3-نمو البلورات في مرحلة مابعد الترسيب.

3-**التورق العدسي:** يتشكل خلال توقف تيارات العكر وهنا تختفي علامات التموج ومسارات السحب والجر المتشكل عند الترسيب.

وهناك بنيات أخرى والتي تشمل البنيات الأولية المعروفة.

ومن البنيات الثانوية: البنيات الدياجينيزية والتشوهية **وتضم:**

البنيات التخثرية، التطبقات البلورية، تطبقات الحمل، الانطباعات المطرية، التشققات الناجمة من الجفاف، الحجور والأوكار، التطبقات المخربة بتيارات العكر، البنيات الانفلاتية، طيات وفوالق الرسوبات الناعمة، الدايكات الحطامية، الطيات والفوالق، والانزلاقات.

بينما يتميز الطين الصفحي بالتفلق والانقسام وهي ظاهرة مجهولة المنشأ (رص وانضغاط الرسوبات) تظهر على السطح وتغيب في الأعماق.

الأنسجة:

عادة ما تكون من النوع الإيبي كلاستي. وكون حبيباتها ناعمة وصغيرة فهي تبدي فرزاً جيداً. في حين الصخور السلتية والحاوية على مكونات رملية تكون متوسطة الفرز. أما الصخور الطينية الحصوية فتكون سيئة الفرز. **وكل ذلك ينعكس على النسيج العام للصخر**.

كما تنشأ الأنسجة البلورية عن عمليات إعادة التبلور المرافقة للدياجينيز وتتراوح ما بين مختلفة إلى متساوية الحبات.

*-أماكن توضع الصخور الطينية:

تتوضع الصخور الطينية في بيئات قارية وبحرية عميقة، ودراستها تساعد في بناء التاريخ الترسيبي للصخور الطينية.

*-الصخور الطينية القديمة:

دراسة الصخور الحديثة منها تعطينا معلومات هامة عن طبيعة تشكل القديم منها والتي تعرضت لعمليات الدياجينيز المختلفة معتمدة في ذلك معرفة تركيبها الفلزي وبنيتها وسحناتها الصخرية المرافقة لها.

الصخــور الرمليــة

تشبه الصخور الطينية من حيث التوزع والانتشار الكبير وتشكل تقريباً 10% من حجم الرسوبات الكلي أو 25 % تقريباً من مجمل السجل الستراتغرافي القاري.

- التجاوزات البحرية ← ترسيب الرمل بشكل واسع.

- المراوح تحت البحرية ← توضعات سميكة وواسعة من الرمل (أي متتاليات رملية طينية)

أهمية دراسة الصخور الرملية:

علمية ← تحديد بيئات الصخور الرملية القديمة

← وتحديد البيئات ما بين قارية وبحرية اعتماداً على المستحاثات.

اقتصادية: ← الرمال الكوارتزية للزجاج

← خازنة للنفط.

← خازنة للماء والغاز.

← على شكل رمال.

يقصد بالرمال: الرمال الحطامية سيليسية التركيب والصخور الرسوبية المرافقة لها، ونادراً تركيبها كربوناتي والحبات الرملية متنوعة بشكل عام. لكن يسيطر عليها الكوارتز والفلدسبار مع القطع الصخرية الأخرى.

التصنيف وطبيعة الأرضية:

استخدم كل من **تركيب الحبات والأرضية** في تصنيف الصخور الرملية **واستبعد الملاط لاحق التشكل** في التصنيف.

- دوت وبيتي جون استخدما الأرضية في التصنيف ⇐ صخر الأرينيت وفية الأرضية < 5%

وصخر الويك وفيه الأرضية > 5 %

ومن المصطلحات القديمة نذكر الغروك: الذي يعتمد في التصنيف على الأرضية والمؤلفة من 10 – 15 % من الميكا والكلوريت والغضار.

واستخدام الويك والغروك حتى الآن في التصنيف ما هو إلا إشارة تدل على أهمية استخدام الأرضية في العمليات التصنيفية للصخور الرملية.

وطبيعة الأرضية هامة جداً، لأنه يميز بين:

***-أرضية أولية:** تظهر على شكل رسوبا ت حتية أولية وتعطي بدراستها معلومات عن منطقة المصدر وعن عمليات النقل.

***-وأرضية ثانوية:** وتظهر مع الدياجينيز وتعطي معلومات عن شروط مرحلة ما بعد التوضع والترسيب، وعن طبيعة العمليات الدياجينيزية.

وترتبط مواد الأرضية بشكل عام بثلاث عمليات:

1) التجويه والتعرية: صخور المصدر بالحت والتعرية ⇐ الفيللوسيليكات (غضار – ميكا – وكلوريت) وتشكل المواد الأولية للأرضية مع اللابيل (قطع صخرية تعرضت للتغير بعمليات الدياجينيز وعوامل التحول منخفضة الحرارة).

2) عوامل فيزيا-كيمائية طبيعية تؤثر على طبيعة الأرضية وكميتها، مثلاً: سرعة تيارات النقل والكثافة المسيطرة على الحبات، والخ. إضافة إلى PH الحموضة، وEH الأكسدة والإرجاع، ما يؤثر على ثبات واستقرار الأطوار الفلزية.

3) عمليات الدياجينيز المختلفة ولها الدور المعروف، وهي آخر ما يؤثر على طبيعة الأرضية.

وأغلب الصخور الرملية تحوي 10 – 30 % من الأرضية الصخرية التي تنتج عن التوضع المباشر خلال عمليات الترسيب.

تتباين الأرضية الصخرية والملاط الصخري في الصخور الرملية في ستة أنواع، وهي:

1) أرضية أولية (طينية) غنية بالغضار.

2) أرضية معادة التبلور (أورتوماتريكس).

3) أرضية كاذبة ذات قطع صخرية معادة التبلور (بسيدو ماتريكس).

4) أرضية دياجينيزية متعددة الفلزات (من التبلور الحديث وفساد الحبيبات) وتسمى (إيبي ماتركس).

5) ملاط صخري متجانس من الفيللوسيلكات (سمكتيت – كلوريت – كاوليت – إيلليت – مسكوفيت – فيرميكوليت، والخ).

6) ملاط غير فيللوسيليكاتي (من الكالسيت، الكوارتز، الدولوميت، الهيمانيت، الفوسفات، أكاسيد المنغنيز، والزيوليت).

وكل ذلك للتميز بين النوع الناتج عن التجوية والتعرية وبين النوع اللاحتّي

(أي الأرضية الأولية والأرضية ثانوية)

بنيات ونسيج الصخور الرملية

- بنيات الصخور الرملية:

تختلف ما بين ماكرو وميزوسكوبية، ومن أهمها حسب المنشأ:

1) بنيات ترسيبية

2) بنيات التعرية.

3) بنيات التشوهات التكتونية.

3) والبنيات الناتجة عن الدياجنيز.

*-تتألف البنيات الأولية ذات المقياس الكبير من الطبقات الرملية ذات الأشكال:

1-المسطحة 2-العدسية 3-الأسفينية 4-والمقوسة.

*-أما الأجسام الكبيرة فتكوّن تشكيلات رملية كاملة أو أجزاء من تشكيلات.

*-ويظهر التطبق المتصالب، التورق، والتورق المتصالب، والتدرج الحجمي

وكل ذلك يميز البنيات الأولية.

- **ومن البنيات السطحية** آثار المستحاثات وعلامات التموج.

- ومن البينات اللاحقة لعملية التوضع والمتشكلة في الرسوبات الطرية:

1-مظاهر التطبق 2-تشققات الطين

3-الطي والالتواء للرسوبات 4-التخرب بفعل تيار العكر

5-بنيات كروية واهليلجية 6-فوالق وكسور ناعمة

7-دايكات رملية الجحور والأفكار.

أنسجة الصخور الرملية:

وهي عادة أنسجة إيبي كلاسيتية لكن توجد بعض الأنسجة البركانية الحطامية.

وتسود فيها الحبيبات: المدورة أو الزاوية من الكوارتز والفلدسبار والقطع الصخرية الملتحمة مع بعضها البعض من خلال إعادة التبلور أطراف حباتها أو بوساطة الأرضية أو الملاط أو نتيجة لكل ما ذكر معاً.

توصف الأنسجة بالنسبة للتدورة وفرز الحبات من حيث الحجم أو بالنسبة لدرجة النضج:

1- مدورة جيدة الفرز (الأرضية قليلة أو معدومة)

↳ ناضجة

↳ أو فوق ناضجة

2- صخور رملية ذات فرز متوسط أو سيء (أرضية أو معدومة)

↳ تحت ناضجة

3-ذات أرضية كبيرة

↳ متوسطة النضوج ⟺

حسب الحبات: مدورة أو زاوية أو الخ.

وحسب معامل النضج: ← ناضجة

↳ فوق ناضجة

↳ تحت ناضجة

↳ ومتوسطة النضج

وهناك بعض المصطلحات التي تصنف النسيج من خلال وصف الملاط والأرضية بأنها أرضية ضعيفة التورق أو ملاط بويكيليتيي.

والأسماء القديمة للصخور الرملية ← ويك

↳ أرينيت } تشير إلى نسبة وجود الأرضية > أو < 5%

تراكيب الصخور الرملية:

الكوارتز يوجد على شكل حبات مفردة،

الفلدسبار ويتضمن كل من الفلدسبار البوتاسي والبلاجيوكلاز،

وقطع صخرية أخرى: قطع متعددة البلورات، صوان، لابيل، غضار، وحطاميات نارية ومتحولة).

إضافة للفلزات الثقيلة: الأمفيبول، الميكا، الغرينا، الزيركون، التورمالين، السيليمانيت، المنغنتيت، والإيلمينيت،

مع وجود فلزات أخرى تتشكل خلال مراحل الدياجينيز.

الصخور الصوانية، المتبخرات، الصخور الحديدية والفوسفاتية

تعتبر هذه الصخور لا كربوناتية وتتشكل من ترسيب الفلزات من المحاليل المائية الملحية بعمليات عضوية ولا عضوية. وهذا يعطي فلزات أولية وأخرى ثانوية (دياجينزية).

وتتصف المحاليل بأنها: متوسطة درجة الأكسدة والارجاع (Eh) وكذلك متوسطة الحموضة Ph وهي محاليل بحرية ولا بحرية وتكون حفيفة أو شديدة التركيز.

*-الصوان: صخر رسوبي قاسي لونه من البني إلى الأحمر (متعدد اللون)، ويتألف من الفلزات السيليكاتية: أوبال – كالسيدوان – كوارتز، وفقط الأوبال يترسب بعمليات عضوية.

- تتشكل الصخور الصوانية من المحاليل التالية:

1- مياه بحرية مالحة. مياه عذبة.
2- مياه بحيرات نصف عذبة (مختلطة مع مياه البحر).
3- السوائل الدياجينيزية. المحاليل الهيدروترمالية.

تتشكل الصخور الصوانية في البيئات متوسطة العمق بشكل عام، وفي البحيرات (اللاغونات). أما صخور السيليسنتر فتتشكل من الينابيع الحارة.

الملحية: وهي فلزات تبخرية ← متبخرات
ـ ملحيات } وتتشكل في البيئات اللاغونية والبحار المغلقة وفي المناطق الحارة والأحواض الصحراوية (يرافقها **هنا صخور كربوناتية تعتبر صخوراً تبخرية حقيقية**).

تتشكل الأحجار الملحية من تبلور الفلزات الملحية من المحاليل الملحية والتي تتطور ضمن القارات والأحواض البحرية والمناطق القطبية ومن المياه الجوفية والبحيرات ومسامات الصخور والخ. كما تتشكل تحت السطح نتيجة لعمليات الدياجينيز.

<u>وهناك بحيرات الماء النيزكي والأحواض البحرية المعزولة عن مياه البحر، حيث يتوضع فيها:</u>

1- صخور المتبخرات. 2-الملحيات. 3-تورقات من صخور كربوناتية. 4-صخور صوانية.
2- صخور غضارية طينية.

مع الاشارة إلى أن بعض الصخور الكربوناتية والأحجار الملحية وكل الصخور الغضارية توجد مرافقة للصخور التبخرية ولا تعتبر صخور تبخرية.

<u>الحديدية</u>:

صخور غنية بالحديد جداً حيث تحتوي على 20% من ($Feo + Fe_2o_3$) أو أكثر. وعادة ما تكون الأحجار الحديدية غير صوانية، أما التشكيلات الحديدية فتعتبر صوانية.

(Iron – Formation, Ironstone)

غير صوانية صوانية

<u>تنتشر هذه الصخور ضمن السجل الجيولوجي بشكل واسع من حيث الزمان والمكان، أما منشأها فهو البيئات البحرية الضحلة وفي التوضعات البحرية والمستنقعات القارية.</u>

الفوسفاتية:

صخور رسوبية تحوي > % 19.5 P_2O_5 ما يعادل 50% من فلز الأباتيت في الصخور الفوسفاتية .

تتشكل في البيئات البحرية، وجزء منها في البيئات القارية. نذكر منها الغوانو وبعض الحصى الفوسفاتية.

أشكال وجود الصخور الصوانية:

1- توضعات كروية في الأنواع البحرية العميقة إلى الضحلة.
2- توضعات كروية في البيئات البحرية المختلفة.
3- عروق وبنيات كهفية من المحاليل الهيدرترمالية في الصخور القارية والبحرية (خاصة في الصخور البركانية).
4- توضعات دياجينيزية ناتجة عن الإحلال والاستبدال في الصخور الموجودة سابقاً كالحجر الكلسي.

وتتشكل الصخور الصوانية ← بشكل كيميائي مباشرة من المحاليل السيليسية

↳ حطامية كيميائية ← بيوكيميائياً في هياكل المتعضيات (أوبال)

↳ تراكم ونقل وترسيب على شكل صخور صوانية.

وحقيقة، تُرسّب العضويات السيليس غير المبلور (الأوبال) ثم تحدث إعادة تبلور للحطاميات الكيميائية والهياكل العضوية ⇐ منشأ الصوان هنا عضوي.

الصخور الصوانية الناتجة بفعل الإحلال والاستبدال تنتشر بشكل أقل نسبياً من الصخور الصوانية الأخرى / وقيعان البحار تتغطى بطبقة من السيليكا المترسبة عضوياً.

***- تراكيب وأنسجة وبنيات الصخور الصوانية:**

يتشكل الأوبال غير المبلور نتيجة عمليات الترسيب العضوي للسيليكا (OPAL-A). ويتألف من بقايا الراديولاريا والدياتومي والخلايا الاسفنجية.

1) يتحول OPAL-A إلى OPAL-CT تحت تأثير العمليات الدياجينيزية (وهو فلز مستقر مبلور على شكل تطبقات بينية من الكريستوباليت – تريديميت، أو يتحول مباشرة إلى كوارتز).

2) أما الصوان المعاد توضعه بفعل الإحلال والاستبدال فيمكن أن يتشكل نتيجة للترسيب المباشر للكوارتز (عملية ترسيب جزئية وإعادة تبلور: يترسب أولاً الأوبال ثم يتم إحلاله واستبداله بالكوارتز الكالسيدوني).

تترافق ضمن الصخور الصوانية بعدد من الفلزات الثانوية والتي عادة ما توجد ضمن الصخور المرافقة للصوان: مثل أكاسيد الحديد والفلزات الغضارية.

التركيب الفلزي للصخور الصوانية:

توجد على شكل عقد صوانية ضمن الصخور الكربوناتية إضافة إلى بعض الفلزات الإضافية التي توجد في الأنواع المختلفة من الصوان، **مثل:**

الغرافيت، البيريت، المغنتيت، أكاسيد المنغنيز، الصفاح القلوي، الفلزات الغضارية، الميكا، الكلوريت، السيربنتين، التالك، الزيوليت، وحطاميات الفلزات السيليكاتية، وأنواع من الكربونات والكبريتات وكذلك الأباتيت.

التركيب الكيمائي للصخور الصوانية:

نسبة عالية من SiO_2، نسبة لا بأس بها من الحديد والألمنيوم، الكالسيوم وعناصر أخرى.

بنية ونسيج الصخور الصوانية:

تبدي تنوعاً كبيراً حيث يسيطر الأوبال غير المبلور. أما الكالسيدوان الصواني فله أنسجة كروية ليفية أو مشطية، وغالبية الأنسجة هي: الإيكوغرانيولار. أما الانسجة الحبيبية الموزاييكية فهي في الصوان المعاد تبلوره مع انتشار للأنسجة البريشية. في حين الصوان الكيمائي يكون نسيجه حطامي.

<u>أسماء بعض الصخور الصوانية:</u>

- **الراديولايت** صوان غني بمستحاثات الراديولاريا.

-**الريبون** صوان متطبق.

-**اليشب** (جاسبر). - **الليديت** (الصوان الأسود).

- **دياسبور** (الصوان الأحمر).

-**الفلينت** (صوان متجانس ذو لون أسود أو رمادي مسود).

-**البورسيلانيت** (صوان قاسي) -غضاري ويحوي كالسيت حديث التشكل).

-**الدياتوميت** فاتح اللون خفيف الوزن طري يمثل بقايا طحلبية سيليسية تصبح قاسية بعمليات الدياجينيز.

<u>أما البنية:</u> فهي: متورق عادة، متطبق، عقد، وعروق.

أماكن انتشار الصخور الصوانية المتورقة:

-ضمن التعاقبات الصوانية الغضارية.

-تطبقات ضمن الأحجار الملحية وصخور المتبخرات.

-صخور التشكيلات الكربوناتية على شكل تطبقات بينية.

-كمكوّن أساسي ضمن التشكيلات الحديدية -ضمن تطبقات الصخور الفوسفاتية.

وعادة تتباين السماكة من تورقات مجهرية إلى تطبقات كتلية لعدة أمتار.

أنواع التطبقات في الصخور الصوانية:

أ-تطبقات أحادية الطبقة

ب-تطبقات ثلاثية الطبقات } مع غضار وأرجيليت.

جـ-تطبقات متورقة بشكل متوازي.

ء-تطبقات مخططة أو مقلمة (ميلمترية) مع غنى لبعضها بالغضار.

هـ-تطبقات صوانية متدرجة الحجوم.

إضافة إلى:

و-التطبقات البريشية. ز-التطبقات الصوانية العقدية.

<u>أصل الصخور الصوانية:</u> (عمليات تشكل الصوان):

تتشكل الصخور الصوانية من خلال عملية أو أكثر من العمليات التالية:

1) عملية ترسيب عضوي – كيميائي للسيليس (أي بيوكيميائي).

2) ترسيب هيدروجيني من المحاليل المائية وبحرارت منخفضة (Eh, Ph والبخر الشديد) وعند فوق الاشباع بالسيليس.

3) ترسيب هيدروترمالي. 4) بفعل عملية الإحلال والاستبدال.

5) بفعل عمليات الحت والتعرية والنقل والتوضع والتي تقود بمجملها إلى تشكل الفلزات السيليسية. 6) عمليات الدياجينيز المتنوعة.

من 1 ← 4 ترسيب السيليكا من المحاليل

5 ترسيب المواد الكيمائية المجلوبة (ألوخيم -allokhems).

6 إعادة تحديث ومعالجة وتطوير التوضعات السيليكاتية.

تركيز السيليكا في مياه البحر (1-2) ppm

تركيز السيليكا في المحاليل (10-60) ppm

تغنى المحاليل بالسيليكا نتيجة انحلالها تحت درجات الحرارة المرتفعة ⇐ زيادة في تركيزها بالماء ⇔ بانخفاض درجة الحرارة ترسيب لها من جديد (حول فوهات الينابيع الحارة ونوافير المياه الساخنة).

وفي قيعان المحيطات تترسب السيليكا من المياه الهيدرترمالية والناتجة عن وجود البراكين النشطة تحت سطح البحر.

<u>أي أنه وبشكل عام،</u> فإن ماء البحر والصخور البركانية الحارة يعتبران مصدر السيليكا التي تتشكل منها الصخور السيليسية ويدعم ذلك تحاليل العناصر الرئيسية والنادرة المجراة على بعض أنواع هذه الصخور.

الإحلال والاستبدال ⇐ إحلال للفلزات واستبدالها كما في الحجر الكلسي (تحل السيليكا محل الكالسيت) والدليل على ذلك هو تحول المستحاثات ذات الهياكل والقواقع الكلسية أصلاً إلى مستحاثات ذات هياكل سيليسية حيث تتركز في العقد والتطبقات الصوانية.

على الشاطئ يستبدل الكالسيت بالصوان نتيجة لغنى الماء في هذا المكان بالسيليكا وفقرها بالكالسيوم (اختلاط مياه البحر مع المياه الجوفية القادمة من جهة الشاطئ).

المتبخرات والصخور المرتبطة بها

تركيبها الفلزي:

تحوي فلزات عديدة لكن غالبيتها نادرة وغير معروفة، وتضم كل من:

- الكربونات والبيكربونات: كالسيت، أراغوانيت، دولوميت، ماغنيزيت، وأنكيريت.

- الكلوريدات: هاليت سيلفيت.

- السولفات: الجص والأنهيدريت.

- البورات: بوراكس.

- وفلزات أخرى: بيريت، ريالغار والخ.

- **فلزات سيليكاتية مرافقة:** فلزات غضارية، زيوليتية، مع الكوارتز.

- **الفلزات الأكثر انتشاراً:** الكربونات، الكلوريدات، والكبريتات.

يعتمد في تصنيفها على اسم الفلز المكون للصخر ولا يستخدم مصطلح النسيج في التصنيف.
مثلاً: الصخور الغنية بالهاليت تسمى ملحية، وبقية الصخور التبخرية حسب اسم الفلز المسيطر: جص، أنهيدريت، الخ.

*-بنيتها: متورقة متطبقة، متورقة، متصالبة، عقد جصية، تطبقات أنهيدريت، جحور، أوكار، كونغلوميرا، بريش، والخ.

*-نسيجها: كروي، شريطي، مشطي، هرمي، والخ.

*** أصلها:** تقسم المتبخرات والصخور المرافقة لها إلى مجموعتين:

أ-غنية بكبريتات المنغيزيوم	**ب-فقيرة بكبريتات المنغيزيوم**
↓	↓
جص وأنهيدريت	هاليت، سيلفيت، وكارناليت
↓	↓
من المياه البحرية المالحة	من المياه القارية

***-شروط تشكل المتبخرات:**

1) حدوث خلل في التوازن المائي.

2) زيادة تركيز الأملاح مع نقصان كمية الماء بالبخر.

3) هناك أحجار ملحية غير تبخرية تتبلور من المياه المالحة (أحواض قارية، مناطق قطبية، البحيرات المالحة، وفوق مستوى المد).

الصخور الحديدية والتشكيلات الحديدية:

تنتشر أكاسيد الحديد في معظم صخور الأرض، وفي الشروط الخاصة تتشكل الصخور الرسوبية الغنية بالحديد نتيجة لترسب: **أكاسيد الحديد، كبريتات الحديد، وسيليكات الحديد.**

بتروغرافية هذه الصخور:

فلزاتها الشائعة: مغنيتيت – هيماتيت، وتحوي على أكاسيد الحديد التالية: غوتيت – ليمونيت – وكذلك كربونات الحديد: سيديريت وأنكيريت – وكبريت الحديد: بيريت وماركازيت – مع سينيات الحديد: شاموزيت – غلوكونيت – وكلوريت غني بالحديد وميكا وسيربنتن.

أما الفلزات المرافقة، فهي:

فلدسبار، كالسيت -دولوميت -غضاريات -ميكا بيضاء -كلوريت -تالك -غرافيت -أباتيت – مع الفلزات الفاسدة والتحولية، فياليت، أورتو وكلينوبيروكسين، هورنبلاند، أكتينوليت، بيوتيت، وغرينا.

البينات: السائدة منها تكون متورقة إلى ناعمة التطبيق وتسمى أيضاً مخططة ويرمز لها بـ BIF أي Banded Iron Formation أما الصخور الغلوكونية والرملية والسلتية منها فتبدي تورق وتطبق متصالب مع علامات تموج ومستحاثات.

أما النسيج: فهو متنوع. ويحوي على: عناصر حطامية – أرضية + ملاط، وكذلك المواد الكيميائية المجلوبة: بيزوليت – أوليت – بيليت – وحبات الانتراكلاست والمستحاثات والكوارتز والفلدسبار وغيره. ⇐ نسيج شعاعي، مشطي، وبويكيليتي.

مكونات الملاط: كوارتز مجهري عادة، كالسيدوان، كالسيت، وسيليكات.

والأرضية: هيماتيت بشكل أساسي، وأحياناً غضار وكوارتز وكالسيت.

وعندما عندما تكون الأرضية والملاط من فلزات حديدية بمقاييس صغيرة مثل الحبات الطينية تسمى فميكريت **Femicrite** أي ميكريت حديدي.

وعندما يكون الملاط سيليسي والأرضية صوانية ⇐ أرضية صوانية **matrix chert**.

يعتبر النسيج الإيبي كلاستي أكثر أنواع الأنسجة انتشاراً ومميزاً للصخور الحديدية (ضمن التشكيلات الحديدية)، **ويتألف من**: أوليت ضمن أرضية صخرية أو ملاط صخري. مع العلم أن الملاط الكوارتزي ينتشر بكثرة في التشكيلات الحديدية.

*** أصل الحديد والتشكيلات الحديدية أي: ما هو مصدر الحديد؟** البركنة والينابيع الحارة والهيدروترمالية، أو ينابيع قيعان البحار (لكن هناك عدم توافق بين البركنة أحياناً وبين الرسوبات الحديدية). وكذلك تجوية وتعرية صخور المصدر الحاوية على الحديد ومن ثم نقله وتوضعه.

وما هي الشروط السائدة أثناء توضع الرسوبات الحديدية: يرتبط ذلك بكل من: الأكسدة والارجاع Eh والحموضة Ph.

*** الصخور الفوسفاتية:**

تتألف بشكل أساسي من الفوسفور المرتبط بفلز الأباتيت الموجود في الصخور النارية والمتحولة، وكذلك الموجود في هياكل وعظام المتعضيات والفوسفات غير المبلور ومع الأباتيت الموجود في الصخور الرسوبية والرسوبات الأقدم.

P205 ≅ 1% في مختلف الصخور، إلا أنه في الصخور الرسوبية الحاوية على فوسفات يصل إلى 20 % أو يزيد أحياناً.

بتروغرافيا الصخور الفوسفاتية:

تتضمن أنواع الفوسفات الرسوبية على فلزات: الكالسيت والكالسيدون والكوارتز (على شكل ملاط) الجص، الأنهيدريت، البيريت، الفلدسبار، الميكا، والغضاريات على شكل مكونات حطامية.

← **أشهر فلزاته**: الأباتيت (غلوكوفان) مستتر التبلور، وغيره الداهليت والفرانكوليت.

* **البنيات**: متطبق، متورق، عقدي، متداخل مع الغضار الصفحي الأسود، والبنيات العقدية في الصوان أو الصخور الكربوناتية. وتكون البنيات صغيرة الحجم حتى 10سم مع ملاحظة وجود أسنان أسماك وعظام وأشواك وبقايا من المستحاثات.

* **النسيج**: إيبي كلاستي بشكل عام مستتر التبلور إلى مجهري. وهناك بعض الأنسجة الإيبي كلاستية، الكونغلوميراتية، الأوليتية، البليتية، البريشية، الخ (وتختلف فقط بأبعاد المكونات وحجومها وأشكالها).

*** أصل الصخور الفوسفاتية (أهم الفرضيات):**

1-من إعادة تبلور العظام والأسنان والأشواك والهياكل وقواقع المستحاثات.

2-عقد وتطبقات مارنية تم استبدالها بالمواد الفوسفاتية الموجودة في المحاليل والمشتقة من بقايا المواد العضوية.

3-الفوسفات هو القشرة المتبقية عن انحلال وفساد المارن الغني بالفوسفور أو الرسوبات الأخرى الحاوية عليه.

وهناك فرضية الترسيب الميكانيكي للفوسفات الأولي في قاع المحيطات والتي تثبت المنشأ غير العضوي للفوسفات (من الصخور النارية).

* يوجد الفوسفات في البيئات الشاطئية، اللاغونية، والرف القاري. ويكون فيها من منشأ عضوي ولاعضوي.

والله وليّ التوفيق والنجاح

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.

الجلسة الرابعة

الصخور الرسوبية الحطامية

صخور تشكلت نتيجة تفكك الصخور القديمة وتحللها بفعل النشاط الميكانيكي أو الكيميائي، وتقسم عادة لثلاثة أنواع رئيسية، تبعاً لعوامل التعرية التي كوّنتها:

1- **رواسب حطامية (ميكانية):** تراكم مواد صخرية مفتتة ثم نقلها وترسبها بأحد عوامل النقل المختلفة (وأحياناً بأكثر من نوع).

2- **رواسب كيميائية:** تتشكل بفعل توضع المواد الفلزية بعد تبخر المحاليل الحاوية عليها.

3- **رواسب عضوية:** تتشكل نتيجة تراكم هياكل وقواقع وعظام الحيوانات وبقايات النباتات.

وتكون الصخور الرسوبية الحطامية: صخور تجمعية كونغلوميراتية (< 50 سم للتجمعية و2-50سم للكونغلوميرا)، **وأحجار رملية** (0.2-2مم)، **وصخور بيليتية** (< 0.2مم).

وهكذا يعتمد التمييز هنا على أساس اختلاف أبعاد الحبات.

بريشيا	بوديغ	أحجار رملية	بيليت
ملاط رملي أو كلسي أو سيليسي	**ملاط رملي**	**حبيبات مدورة تتألف من الكوارتز أو الصفاح أو الهورنبلاند والأليفين والبيروكسين** **الملاط سيليسي أو كلسي أو حديدي أو بيليتي أو فوسفاتي أو دلوميتي "** **لون الصخر من لون الحبات المسيطرة في الصخر"**	**مواد ناعمة الحبات مع مواد شبه غروية وأحياناً الكالسيت** **البيليت: وحل طيني قديم تحول إلى صخر بفعل عمليات الدياجتبز** **أنواعه:** **رملي** **ميكأوي غضاري** **وكلسي.**

نموذج دراسة عينة صخرية:

اسم العينة

– رقم العينة

– الزمرة الصخرية

– البنية الصخرية

– النسيج الصخري.

التركيب الفلزي:

رئيسي – درجة 2 – درجة 3

المادة اللاحمة:

-الأرضيةالصخرية

-الملاط الصخري ونوعه

لون العينة:

والملاحظات المساعدة في التعرف على الصخر

الجلسة الخامسة

الصخور الرسوبية كيمائية المنشأ

صخور تتشكل بفعل التفاعلات الكيميائية المختلفة أو نتيجة الترسيب المباشر من المحاليل الملحية بفعل تبخرها أو عند وصولها لدرجة الإشباع وما فوق وذلك في البحار المغلفة والبحيرات المالحة.

أهم زمرتين يمكن تميزهم من هذه الصخور:

أ- الغضاريات المتبقية واللاتيريت

ب- الصخور الكلسية والدولوميتية

أ- الغضاريات المتبقية واللاتيريت:

- تتشكل الغضاريات من تحول الصفاح إلى غضار (سيليكات ألومينوم مائية)
- ويتشكل اللاتيريت من فساد السيليكات وتحولها لماءات الألمينوم والحديد

- ويمكن التميز بين:

لاتيريت حديدي	لاتيريت ألوميني
لاتيريت	بوكسيت
فساد أولي	فساد متقدم الدرجة مع غسل

أنواع صخرية:

كاولينيت: رسوبي كيمائي المنشأ-سيليكات ألمنيوم مائية نقية -فساد الصفاح (الأورتوكلاز) ويكون بلون أبيض

المارن: رسوبي المنشأ-ترسيب كربونات الكالسيوم والغضار بنسبة متغيرة (35-65%)

ب- الصخور الكلسية:

رسوبية كيمائية المنشأ-كالسيت (ترسيب كربونات الكالسيوم من المحاليل الحارة). ومنها نميز:

- صخور كلسية متماسكة
- صخور كلسية بيو ضية
- صخور كلسية مستحاثية، أي تحوي مستحاثات أو بقايا متسحاثة، ومنها:

- حجر كلسي ذو عضديات الأرجل * حجر كلسي ذو منخريات * حجر كلسي ذو طحالب * حجر كلسي ذو أشنيات * حجر كلسي ذو صفيحات غلاصم

<u>ونذكر منها بعض الأمثلة:</u>

1- الصخور الدلوميتية:

رسوبية كيمائية المنشأ-دولوميت (ترسيب كربونات الكالسيوم والمغنيزيوم) وهي أقسى من الصخور الكلسية ولا تتفاعل بشدة مع حمض كلور الماء.

2- الطف الكلسي:

رسوبية كيمائية المنشأ-كربونات الكالسيوم وبقايا نباتية محفوظة -توضعات شبه منضدة فراغية وتتشكل حول اللينابيع.

3- **الصواعد والنوازل:**

صخور كلسية تتألف من كالسيت مبلور تتشكل داخل الكهوف والمغاور -تتخثر ببطء وتشكل أعمدة إسطوانية:

- من الأسفل إلى الأعلى (صواعد)
- من الأعلى إلى الأسفل (نوازل)
-

4- **الأراغونيت:** له نفس تركيب الكالسيت $CaCO_3$، لكن يتميز بالشكل الإبري والموشوري وله تركيب كيمائي يجعل منه سريع الانحلال.

<u>يمكن أن يحوي الأراغونيت على بقايا قليلة جداً من المواد المشعة.</u>

الجلسة السادسة

إجراء مقابلـــــــــــــة شفهية

بالإضافة

للمذاكـــــــــــرة

(أسئلة + عينات صخرية)

الجلسة السابعة

الصخور الرسوبية العضوية

-تتألف من قواقع وعظام وبقايا النباتات، وتتشكل من ترسيب وتثبيت CaO في هياكل وقواقع وأنسجة الكائنات الحية.

ومنها:

1- **الحوار**: نتيجة تجمع هياكل المنخربات والمؤلفة من Ca CO3 بلون أبيض وقابل للتفتت.

2- **الكلس العضوي**: يحوي بقايا كائنات حية. ونميز فيه:

كلس ذوغلوبيجيرينا، كلس ذو فلسيات والخ، ذلك حسب نوع المستحاثات الموجودة فيه.

3- **صخور الراديولاريت والدياتوميت:**

صخور الراديولاريت (الشعاعيات)	صخور الدياتوميت (المشطورات)
أوحال سيليسية من هياكل الراديولاريا المكونة من سيليس وهي دائرية الشكل، ومنها: - **اليشب: أحمر اللون وقاتم مع بريق شمعي** - **الليديان: لونه أسود.** - **الفتانيت: بلون أخضر باهت**	**سيليكات مائية (أوبال) مع قليل من الغضار والرمل وبلون أبيض مصفر إلى رمادي**

4- **الصخور الفوسفاتية**: مؤلفة من الغلوكوني (أباتيت خفي التبلور)، وتتشكل من تراكم هياكل العضويات (عظام وأسنان وقواقع).

5- **الفحوم الهيدورجينة**: مؤلفة من بقايا النباتات المتفحمة، ومنها:

- الليغنيت وفيه 75.6 كربون
- فحم حجري 82% كربون طري ولونه أسود
- **انتراسيت وفيه 95% كربون وهو أجود أنواع الفحوم، بلون أسود ومكسر محاري وكثافة عالية.**

الجلسة الثامنة

الصخور الحديدية، الملحية والصوانية

A- الصخور الحديدية: صخور رسوبية تحوي من الحديد نسبة تزيد عن 10% (أو تحوي من أكاسيد الحديد Fe_20_3 ما يزيد عن 15%).

- **<u>يوجد الحديد في الصخور الرسوبية على شكل:</u>**

أكاسيد الحديد	← (هيماتيت ومغنيتيت)
ماءات الحديد	← (غونيت وليمونيت)
كربونات الحديد	← (سيديريت)
كبريتات الحديد	← (بيريت)
وسيليكات الحديد	← (كلوريت وغلوكونيت)

<u>ومنها أنواع:</u>

أ- <u>صخور حديدية بيوضية</u>: بيوض حديدية متلاصقة مع بعضها البعض ولها بنية متمركزة (شاموزيت أو كلوريت الحديد أو الغوتيت) والملاط الذي يجمع البيوض كالسيتي التركيب، غضاري أو كوارتزي، أو أنه من فلزات حديدية متنوعة.

ب- <u>صخور غلوكونية</u>:

1-إيلليت غني بالحديد: أخضر اللون وعلى شكل صفائح أو بلوري خفي التبلور

2-حبات رملية غلوكونية: تشبه الأحجار الرملية ولونها أهضر غامق.

B- الصخور الملحية (المتبخرات):

صخور تتشكل نتيجة لتبخر المحاليل الملحية الحاوية عليها من البحيرات الشاطئية، ومنها: ملح الطعام -الجص-الأنهيدريت-الصخور البوتاسية.

C- الصخور الصوانية:

أ- صخور رسوبية سيليسية عضوية المنشأ.

ب- صخور رسوبية سيليسية كيميائية المنشأ.

أً-راديولايت ودياتوميت (وقد درست مع الصخور عضوية المنشأ).

بً-تخثرات وعقد صوانية ضمن الصخور الكلسية (صخور الشال على شكل كلاوي).

وهناك أحجار الطواحين: وهي كتل سيليسية بيضوية الشكل توضعت ضمن الصخور الكلسية (وهي عادة فراغية وتتشكل نتيجة إحلال السيليس محل الكلس).

الجلسة التاسعة

مراجعة للعينات الصخرية

(التي تمّ التعرّف عليها خلال الجلسات العملية)

مع الحوار والتساؤل والاستفسار

وتوضيح الإجابات بهدف تحقيق النجاح

في الامتحانات العملية والنظرية

الجلسة العاشرة

الامتحان العملي

والله وليّ التوفيق والنجاح