الصخور الرسوبية

Sedimentary rocks

مقدمة Introduction

تتعرض القشرة الارضية للعديد من عوامل التجوية الكيميائية والميكانيكية والعضوية ، التي تعمل علي تفتيت وتكسير الصخور القديمة (نارية أو متحولة أو رسوبية) ، وما تلبث أن تنتقل هذه المواد المفتتة بواسطة عمليات التعرية (مياه أو رياح أو جليد) ، وفي النهاية يتم ترسيبها علي هيئة مواد مفتتة غير متماسكة تسمي رواسب Sediments ، وعندما تتجمع هذه الرواسب وتتصلب في هيئة طبقات صلبة تسمي بالصخور الرسوبية Sedimentary rocks.

ماهي الرواسب Sediments؟!

الرواسب هي مجموعة من المواد الصلبة ، سواء عضوية أو غير عضوية ، نشأت نتيجة تجوية وتفتيت الصخور القديمة ويتبع ذلك نقل نواتج التجوية بواسطة عوامل التعرية المختلفة مثل المياه أو الرياح أو الثلاجات ، وتشتمل نواتج التجوية علي بعض المواد المفتتة مثل الحصي والرمل والطين وكذلك علي بعض الأملاح الذائبة في الماء ، وعندما تهدأ عوامل التعرية فإن هذه المواد تبدأ في التجمع والترسيب ، وقد تتم عملية الترسيب بالقرب من الصخور الأصلية التي نشأت منها أو في مناطق بعيدة عنها. ثم تتعرض هذه الرواسب المفتتة إلي تغيرات كيميائية وميكانيكية تؤدي إلي تصخرها Lithification وتحولها إلي صخر رسوبي متماسك Sedimentary rock. أي أن الصخور الرواسب تتكون بفعل أربعة عمليات رئيسية هي التجوية ، التعرية مع النقل ، الترسيب ، ثم التصخر.

أهم خصائص الصخور الرسوبية:

- وجودها علي هيئة طبقات متتابعة يعلو بعضها بعضا.
- إحتوائها علي بقايا الكائنات الحية فيما يعرف بالحفريات Fossils.

- مصائد أو مكامن للبترول والغاز الطبيعي والمياه الجوفية ، كما أنها تحتوي علي العديد من الخامات الإقتصادية.

ما هي أكثر الرواسب انتشارا؟!

أكثر أنواع الصخور الرسوبية انتشارا في الطبيعة هي الصخور الطينية (48 - 56%) ، صخور الحجر الرملي (15-40%) ثم صخورالحجر الجيري (16-28%).

العمليات الرسوبية

Sedimentary processes

أولاً: التجوية Weathering

التجوية هي مجموعة من العمليات التي تؤثر علي الصخر الأصلي وتؤدي إلي تغير لونه ونسيجه وتكوينه وصلادته ، أو بمعني أخر تفتته وتحطيمه.

وتنقسم التجوية إلي:

1- **التجوية الفيزيائية** Physical weathering: ويطلق عليها أيضا التجوية الميكانيكية التي تحدث نتيجة بعض العوامل مثل التغيرات في درجات الحرارة والبرودة والجليد ، التي تؤدي إلي تهشم الصخر وتحطمه إلي أجزاء صغيرة بدون أي تغير في تركيبه الكيميائي.

2- **التجوية الكيميائية** Chemical weathering: وتحدث نتيجة تفاعل الغلاف الصخري مع كل من الغلافين الجوي والمائي ، مثل التميؤ والأكسدة والذوبان بالمحاليل والكربنة وغيرها، وهذه العمليات تؤدي إلي تغير كميائية الصخر مثل تغير معدن الأرثوكليز إلي معدن الكاولينيت.

3- **التجوية العضوية** Organic weathering: وهي عملية بيولوجية تساعد علي تفتيت الصخر الأصلي بفعل بعض الكائنات الحية مثل إختراق وتمدد الجذور النباتية وحركة الديدان والحشرات داخل صخور القشرة الأرضية.

نواتج التجوية Weathering products

هناك نوعين من المواد الناتجة عن عمليات التجوية:

1- **المواد الفتاتية غير الذائبة** Insoluble material مثل الحصي والرمل والطين.

2- **المواد الذائبة** Soluble material مثل املاح الكالسيوم والبوتاسيوم والصوديوم وغيرها ، وتنتج من التجوية الكيميائية للصخور المختلفة.

ثانياً: التعرية والنقل Erosion and transportation

تشتمل هذه العملية علي نقل نواتج التجوية بعيدا عن مصدرها الأصلي إلي أحواض الترسيب في صورة مواد فتاتية صلبة مختلفة الحجم أو في صورة أملاح ذائبة في الماء. وتقوم تيارات الهواء والمياه بنقل وحمل المواد الصلبة الفتاتية بطريقة الحمل الطبقي (بالدحرجة أو القفز) للرواسب الخشنة التحبب مثل الحصي والرمل الخشن أو بطريقة الحمل المعلق للرواسب دقيقة التحبب مثل الطمي والغرين والرمل الدقيق جدا.

ثالثا: الترسيب Deposition

تترسب المواد المنقولة (ذائبة أو صلبة) بإحدي العمليات الأتية:

1- **الترسيب الميكانيكي**: حيث يتم ترسيب المواد الصلبة نتيجة بعض التغيرات الميكانيكة في عامل النقل مثل انخفاض سرعته أو وجود عائق أو منعطفات أو تغير مجري الماء أو إزدياد حمولة النهر. وتسمي هذه الرواسب بالرواسب الفتاتية Clastics مثل الحصي والرمل والطمي والغرين.

2- **الترسيب الكيميائي** أو **الفيزيائي- كيمائي**: يتم هذا الترسيب في حالة المواد المنقولة في حالة ذائبة مثل ترسيب أملاح المتبخرات من مياه البحر مثل الملح الصخري والجبس ولأنهيدرايت وغيرها ، حيث يتم ترسيبها فيزيائيا نتيجة التبخير الشديد للمياه في البحيرات الضحلة والمستنقعات والسبخات والتي تؤدي إلي زيادة تركيز الأملاح الذائبة في المياه ومن ثم ترسيبها تبعا لدرجة ذوبان المعادن في كل نوع من هذه الأملاح. ويتم الترسيب الكيميائي أيضا نتيجة تفاعل متبادل بين المحاليل المنقولة مثل تفاعل كربونات الصوديوم مع كلوريد الكالسيوم وترسيب الكالسيت أو تفاعل بين المحاليل المنقولة والغازات من الأغلفة الجوية والمائية.

3- **الترسيب العضوي** Organic deposition: حيث تقوم بعض الكائنات الحية بدور هام في عملية الترسيب ، فالكائنات الحية تبني أجسامها وهياكلها من المواد الذائبة في المياه. وبعد موت هذه الكائنات تدفن هذه الهياكل وتتجمع علي هئية رواسب عضوية مثل الحجر الجيري الحفري والفوسفات والشيرت والطفلة الزيتية والفحم.

رابعا: التحجر أو التصخر Lithification

وهي العمليات التي تؤثر في الرواسب المفتتة وتحولها إلي صخور رسوبية صلبة ، مثل تغير الرمل إلي الحجر الرملي والطين إلي الحجر الطيني والطفلة. ويطلق علي هذه العمليات أيضا تغيرات مابعد الترسيب Diagenesis ، ومن أهم هذه العمليات التي تؤثر علي الراسب بعد تكوينه مايلي:

- التضاغط Compaction: بعد دفن الرواسب تبدأ عملية التضاغط حيث تتقارب الحبيبات جنبا إلي جنب مما يؤدي إلي انخفاض مسامية الصخر ونفاذيته وهلروب الماء الموجود بين

هذه المسامات ، كما يصاحب عملية التضاغط إنخفاض حجم الراسب مثل تغير الطمي إلي صخور الطفلة Shale.

- التلاحم أو اللصق Cementation: وهو ترسيب مادة لاصقة في الفرغات والمسامات بين الحبيبات المكونة للراسب ، فيتحول راسب الرمل مثلا إلي حجر رملي بواسطة إلتحام حبيباته ببعض المعادن مثل الكالسيت والدولوميت والسيليكا وأكاسيد الحديد ومعادن الطين. وتتم عملية التلاحم بعد ترسيب الراسب بفترة وجيزة.

تصنيف الصخور الرسوبية

Classification of sedimentary rocks

تصنف الصخور الرسوبية إعتمادا علي ظروف تكوينها ونشأتها إلي ثلاثة مجموعات رئيسية ، هي الصخور الرسوبية الفتاتية Clastic rocks ، والصخور الرسوبية الكيميائية Chemical rocks والصخور الرسوبية بيوكيمائية أوعضوية النشأة Organic rocks.

أولاً: الصخور الرسوبية الفتاتية Clastic rocks

هي الصخور التي تكونت من رواسب تم نقلها علي هيئة مواد صلبة فتاتية ، مثل فتات الحصي والرمل والغرين ، ثم ترسبت في أحواض ترسيب مناسبة.

وتصنف الصخور الرسوبية الفتاتية علي أساس حجم الحبيبات المكونة لها إلي ثلاثة أنواع رئيسية هي:

- **الصخور خشنة الحبيبات أو الصخور الحصوية** وتشتمل علي الصخور التي يزيد حجم حبيباتها عن 2 مم.

- **الصخور متوسطة الحبيبات أو الصخور الرملية** التي يتراوح حجم حبيباتها بين 2 – 0.063 مم.

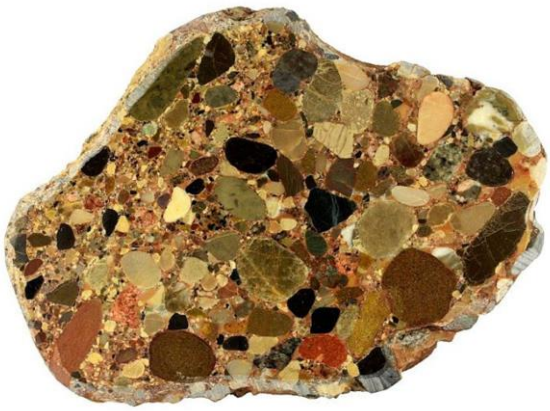
- **الصخور دقيقة الحبيبات أو الصخور الطينية** وهي الرواسب التي يقل حجم حبيباتها عن 0.063 مم.

Millimeters (mm)	Micrometers (μm)	Phi (ϕ)	Wentworth size class	
4096		-12.0	Boulder	
256		-8.0	Cobble	Gravel
64		-6.0	Pebble	
4		-2.0	Granule	
2.00		-1.0	Very coarse sand	
1.00		0.0	Coarse sand	
1/2 — 0.50	500	1.0	Medium sand	Sand
1/4 — 0.25	250	2.0	Fine sand	
1/8 — 0.125	125	3.0	Very fine sand	
1/16 — 0.0625	63	4.0	Coarse silt	
1/32 — 0.031	31	5.0	Medium silt	
1/64 — 0.0156	15.6	6.0	Fine silt	Silt
1/128 — 0.0078	7.8	7.0	Very fine silt	
1/256 — 0.0039	3.9	8.0	Clay	Mud
0.00006	0.06	14.0		

1- الصخور الحصوية

Rudaceous rocks

وهي مجموعة من الرواسب الفتاتية التي يزيد قطر حبيباتها عن 2 مم وتشتمل علي الجلاميد boulders (أكبر من 256 مم) والحصي الخشن cobbles (من 64 – 256 مم) والحصيات (حصي صغير) pebbles (من 2 – 64 مم). وعند تماسك وتلاحم هذا الحصي فإنه يتحول إلي صخور رسوبية متماسكة يطلق عليها اسم الكونجلوميرات conglomerates والبريشيا breccia. والفرق بين هذين الصخرين هي درجة استدارة الحبيبات المكونة لهما ، فالكونجلوميرات يتكون من قطع من الحصي جيدة الاستدارة ، أما البريشيا فإن حبيباتها تتميز بالحواف أو الزوايا الحادة. وهذا بالطبع يدل علي أن حبيبات الكونجلوميرات تم نقلها إلي مسافات بعيدة عن صخور المصدر مما ساعد علي استدارة الحبيبات وتأكل حوافها ، أما حبيبات البريشيا ذات الحواف الحادة فتشير إلي أنها لم تنقل لمسافة بعيدة عن المصدر.



كونجلوميرات

بريشيا

الكونجلوميرات Conglomerate

تتشكل صخور الكونجلوميرات من حبيبات تزيد قطر كل منها عن 2 مم ، وتتدرج هذه الحبيبات ما بين الجلاميد والحصي والحصيات ، وتتميز جميعها بأنها جيدة الإستدارة وذات أشكال متنوعة ، وكذلك تتميز بأنها رديئة الفرز حيث تمتلأ الفراغات والمسامات الموجودة بين الحصي بالرمال والطين وبعض المواد الكيميائية التي ترسبت لاحقا بعد تكوين الصخر. هناك أنواع مختلفة من الكونجلوميرات التي تشير إلي إختلاف نوعية صخر المصدر وبيئة الترسيب.

- **الكونجلوميرات شبه المتجانس:** ويتكون من حبيبات من الحصي جميعها من نوع صخري أو معدني واحد ، مثل كونجلوميرات الشيرت الذي تتكون جميع حبيباته من الشيرت ، وكونجلوميرات الحجر الجيري الذي تتكون جميع حبيباته من قطع الحجر الجيري الصخرية ، وكونجلوميرات الكوارتز وهكذا. ويوجد هذا النوع في أسطح عدم التوافق نتيجة تجوية طبقة معينة في التتابع الرسوبي ، كما تدل علي ثبات بيئة الترسيب وقلى النشاط التكتوني.

- **الكونجلوميرات المختلط:** ويحتوي علي حصيات من عدة صخور أو معادن مختلفة ، أي ذات تكوين معدني مختلط ، مثل الكونجلوميرات الذي يتكون من خليط من حبيبات الكوارتز والصوان والفلسبار وقطع الصخور. ويتكون هذا النوع من الكونجلوميرات في البيئات النشطة والغير ثابتة تكتونيا ، ومن أمثلة الكونجلوميرات المختلط كونجلوميرات المروحيات fan-conglomerates الذي يتكون أسفل المنحدرات الجبلية الذي ينتج من تجوية ونقل صخور المصدر إلي الوديان هلي هيئة مروحيات تتكون من خليط من كسرات الصخور المختلفة وتكون رديئة الفرز جدا. ومن أهم البيئات التي تترسب بها صخور الكونجلوميرات هي البيئات البحرية الشاطئية وبئيات المجاري النهرية وبيئات المراوح الوديانية.

البريشيا Breccia

تشبه صخور البريشيا صخور الكونجلوميرات في أنها تتكون من حبيبات يزيد قطر كل منها عن 2 مم ، ولكنها تختلف عنها في أن حبيباتها ذات حواف حادة ، وأنها رديئة الفرز عن الكونجلوميرات ، وهذه الخصائص تدل علي أنها ترسبت من مصدر صخري قريب.

أما عن أنواع البريشيا فهناك عدة أنواع منها أهمها:

- **بريشيا الإنهيارات**: وتتكون نتيجة الإنهيارات الصخرية المختلفة مثل ذوبان الصخور وانهيارها في الكهوف وعلي المنحدرات الجبلية ، وتتميز بأنها من النوع المتجانس في تركيبها الصخري.

- **البريشيا التكتونية**: وتوجد في مناطق مستويات الصدوع أو في قمم وقيعان الطيات حيث تؤدي العمليات التكتونية إلي تفتيت الصخور في هذه المناطق وعند تلاحم المواد المفتتة يتكون ما يسمي بريشيا الصدوع أو بريشيا الطيات تبعا لأماكن تكوينها.

- **بريشيا فتاتية بركانية**: وتتكون من تجمع وتلاحم المواد الناتجة من الأنشطة البركانية مثل القنابل البركانية والجمر والرماد البركاني.

- **بريشيا المثالج**: وتتكون من تجمع وتلاحم الفتات الصخري الذي ينقله الجليد المتحرك. وعند ذوبان هذه المثالج تترسب كميات كبيرة من الجلاميد والحصي علي هيئة رواسب تسمي بريشيا المثالج.

2- الصخور الرملية

Arenaceous rocks

يقصد بالرواسب الرملية تلك الرواسب الفتاتية غير المتماسكة التي يتراوح حجم حبيباتها بين 2 مم – 0.063 مم ، وتصنف عادة إلي رمل خشن ورمل متوسط ورمل ناعم. وعند تماسك هذه الرواسب الرملية وتصلبها فإنها تتحول إلي صخور رسوبية تسمي بالحجر الرملي sandstone. وعادة يتم تسمية الصخور الرملية حسب نوع المادة اللاحمة (حديدية أو سيليسية أو جيرية) لذا فقد نطلق عليها اسم الحجر الرملي الحديدي أو الحجر الرملي السيليسي أو الحجر الرملي الجيري.

التركيب المعدني للحجر الرملي

يعتبر معدن الكوارتز أكثر المعادن إنتشارا في صخور الحجر الرملي حيث يكون ما يقرب من 90% من الجزء الفتاتي في هذه الصخور. بالإضافة إلي الكوارتز توجد بعض المعادن الأخري في صخور الحجر الرملي مثل معادن الفلسبارات والميكا وقطع الصخور ومعدن الجلوكونيت وأكاسيد الحديد والمعادن الثقيلة.

تصنيف صخور الحجر الرملي

يعتبر تصنيف Pettijohn 1975 هو الأكثر إستخداما في تسمية صخور الحجر الرملي ، ويعتمد هذا التصنيف علي ما يلي:

- النسبة المئوية للمكونات المعدنية الفتاتية الأساسية في الحجر الرملي ، وهي معادن الكوارتز والفلسبارات وقطع الصخور.
- النسبة المئوية لراسب الأرضية وهو عبارة عن مواد طينية ناعمة توجد في الفراغات بين الحبيبات الرملية التي تكونت أثناء فترة الترسيب.

اعتمادا علي هذين العاملين ، قام العالم Pettijohn باستخدام طريقة المثلث متساوي الأضلاع في تصنيف الحجر الرملي ، وتشتمل رؤوس المثلث علي مكونات الحجر الرملي الأساسية ، وهي معادن الكوارتز والفلسبارات والقطع الصخرية. كما قام بتصنيف صخور الحجر الرملي بشكل عام إلي نوعين أساسيين هما صخور الأرينيت وصخور الواكي حيث تحتوي صخور الأرينيت علي أقل من 15% من راسب الأرضية ، بينما تحتوي صخور الواكي علي ما بين 15-75% من راسب الأرضية.

1- صخور الأرينيت Arenites

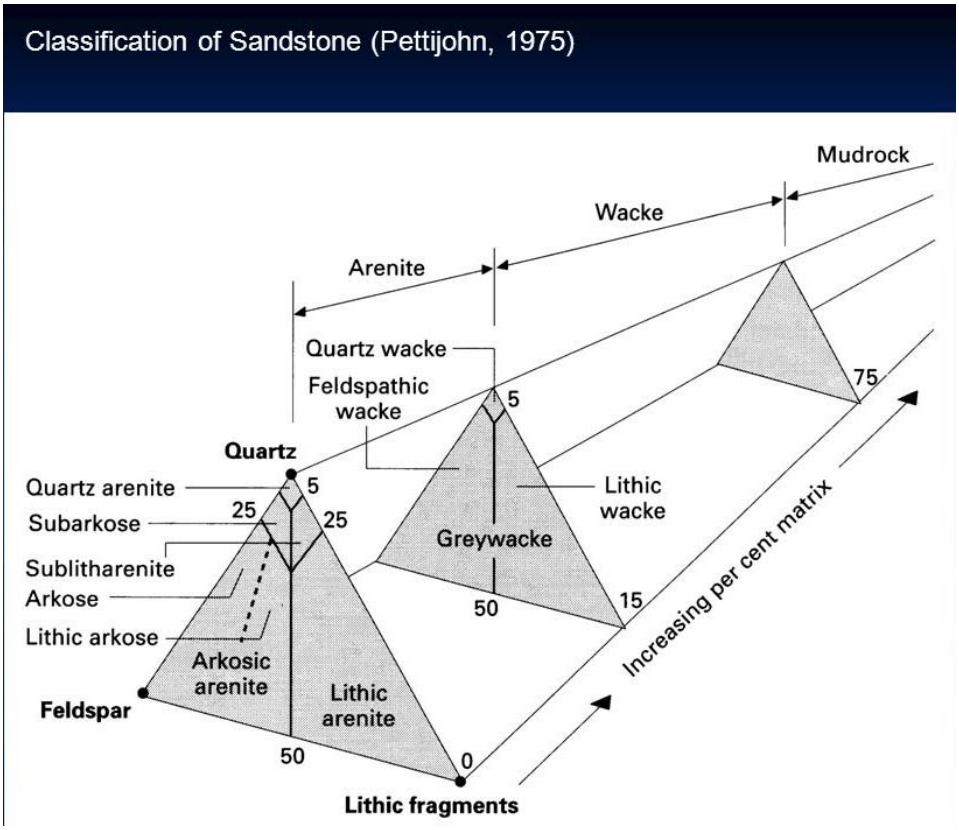
وهي صخور رملية تحتوي علي أقل من 15% من راسب الأرضية matrix ، ومن أنواع هذه الصخور مايلي:

- كوارتز أرينيت: يتكون أساسا من معدن الكوارتز الذي يمثل أكثر من 95% من المكونات الفتاتية للصخر.

- الأركوز أو الأرينيت الأركوزي: يحتوى علي أكثر من 25% من معادن الفلسبارات المختلفة مثل الأرثوكليز والبلاجيوكليز والميكروكلين.

- الحجر الرملي الصخري: يحتوي علي أكثر من 25% من قطع الصخور المختلفة (نارية أو متحولة أو رسوبية).

أما شبه الأركوز فتمثل تركيب معدني متوسط بين صخور الأركوز والكوارتز أرينيت ، كذلك فإن صخور شبه الحجر الرملي الصخري تمثل تركيب معدني متوسط بين صخور الحجر الرملي الصخري والكوارتز أرينيت.



2- صخور الواكي Wake

تحتوي هذه الصخور الرملية علي كميات كبيرة من راسب الأرضية matrix تزيد عن 15% من مكونات الصخر ، ومن أنواع هذه الصخور ما يلي:

- الجريواكي الصخري ويتميز بزيادة نسبة القطع الصخرية عن معادن الفلسبارات.
- الجريواكي الفلسباري ويتميز بإزدياد نسبة معادن الفلسبار عن القطع الصخرية.
- الكوارتز واكي ويتميز بازدياد نسبة معدن الكوارتز عن المكونات الأخري التي تشمل القطع الصخرية ومعادن الفلسبار.

درجة نضوج الصخور الرملية

الصخور الرملية تكون ناضجة في إتجاهين أساسيين معدني ونسيجي.

- **النضوج المعدني أو الكيميائي:**

كما هو معروف أن الرواسب تتشكل من تجوية صخور المصدر المعقدة في تركيبها المعدني ، وخلال عملية التجوية والنقل تتحلل المعادن غير الثابتة كيميائيا مثل معادن الفلسبار وتزداد نسبة المعادن الثابتة كيميائيا مثل معدن الكوارتز ، وبذلك تزداد نسبة النضوج الكيميائي للصخر ، أي أن معامل النضوج الكيميائي هو النسبة بين كمية معادن الكوارتز والفلسبار في الصخر.

- **النضوج النسيجي:**

يتمثل في زيادة درجة الفرز وانخفاض كمية راسب الأرضية ، كما تزداد درجة استدارة الحبيبات المكونة للصخر ، وبذلك تزداد درجة النضوج النسيجي.

أنواع أخرى من الصخور الرملية

هناك بعض التسميات الخاصة والشائعة لصخور الحجر الرملي التي تعتمد أساسا علي التركيب المعدني للحبيبات الرملية ، ومن هذه الأنواع ما يلي:

- ✓ الحجر الرملي الطفي: يتكون من حبيبات رملية تنشأ من تجوية المناطق البركانية.
- ✓ الرمل الأخضر أو الحجر الرملي الجلوكونيتي: يطلق علي الحجر الرملي الذي تتكون حبيباته من معدن الجلوكونيت الذي يكسب اللون الأخضر للصخر.
- ✓ الحجر الرملي الفوسفاتي: ويتكون من حبيبات فتاتية رملية تتكون من قطع صخرية فوسفاتية التركيب.
- ✓ الحجر الرملي الجيري: يتكون من حبيبات فتاتية رملية من قطع صخرية جيرية مختلطة بحبيبات الكوارتز.
- ✓ رمل المكيث: تطلق علي التجمعات الرملية الغنية بالمعادن الثقيلة مثل رواسب الرمال السوداء التي تنتشر علي شواطئ البحر المتوسط.

3- الصخور الطينية

Mudrocks

الصخور الطينية مجموعة من الرواسب الفتاتية دقيقة الحبيبات يقل متوسط حجم حبيباتها عن 0.063 مم ، وتنتشر إنتشارا واسعا حيث تشكل حوالي 48-56% من مكاشف صخور القشرة الأرضية ، وتترسب هذه الصخور في معظم البيئات القارية والإنتقالية والبحرية ، مثل الأنهار والبحار والبرك والدلتا وغيرها. وتستخدم هذه الصخور منذ القدم كمواد للبناء وصناعة الأسمنت والحراريات والسيراميك والعديد من الصناعات الأخري.

الطمي clay: يطلق علي الرواسب الفتاتية التي يقل متوسط حجم حبيباتها عن 0.003 مم ، كما تطلق علي المعادن التي تتكون كيميائيا من سيليكات الألومنيوم المائية.

حجر الطمي claystone: وهي رواسب من الطين المتصلب متجانس التركيب ولا يظهر بها أي تركيب صفائحي أو رقائقي.

الغرين silt: وهي رواسب فتاتية يتراوح متوسط حجم حبيباتها بين 0.003 إلي 0.063 مم.

حجر الغرين siltstone: تطلق علي رواسب الغرين المتماسكة الصلبة نتيجة تلاحم حبيباتها ببعض المواد اللاحمة.

الطين mud: وهو مصطلح عام يشمل خليط من الطمي والغرين في هيئة غير متماسكة.

الحجر الطيني mudrock: وهو رواسب الطين المتصلبة ولا يظهر بها أي تركيب صفائحي.

الطفل shale: ويطلق علي الصخور الطينية المتصلبة التي تتميز بالتركيب الصفائحي أو خاصية التورق fissility. وينتج التركيب الصفائحي في صخور الطفلة بسبب ترتيب معادن الطين والميكا في اتجاهات متوازية ، وقد تظهر صخور الطفلة علي هيئة راقات متبادلة بين الحبيبات الخشنة والناعمة ، أو بين راقات فاتحة اللون وأخري قاتمة.

التركيب المعدني للصخور الطينية

تتكون الصخور الطينية من مجموعة من المعادن الفتتايتة تتراوح حجم حبيباتها من 0.063 إلي أقل من 0.003 مم أي من الغرين والطمي ، لذلك من الصعوبة التعرف علي المعادن المكونة للصخور الطينية بواسطة الميكروسكوب ولكن يمكن التعرف عليها بسهولة باستخدام طرق حيود الأشعة السينية XRD أو الميكروسكوب الإلتكتروني الماسح Scanning Electrom Microscope.

وقد أثبتت نتائج التحاليل المعدنية لمعظم الصخور الطينية أنها تتكون من معادن الطين – 60% (الكاولينيت والإليت والكلوريت والاسمكتيت والمنتومورولنيت وغيرها) بالإضافة إلي نسبة من معادن الميكا والكوارتز والفلسبار والكربونات.

تصنيف صخور الطفل إعتمادا علي التركيب المعدني

- **الطفل السيليسي Siliceous shale**: يتكون من معدن الكوارتز الفتاتي وبعض السيليكا غير المتبلورة بصفة أساسية.
- **الطفل الأركوزي Arkosic shale**: يتميز باحتوائه علي معادن الفلسبار بكميات تزيد عن 10% .
- **الطفل الميكائي Micaceous shale**: يحتوي علي معادن الميكا الموازية لرقائقه وطبقاته.
- **الطفل الكلوريتي Chloritic shale**: يتميز باحتوائه علي معدن الكلوريت وبعض المعادن الغير ثابتة مثل الفلسبارات.

تصنيف صخور الطفل إعتمادا علي التركيب الكيميائي

- **الطفل الأحمر Red shale**: ويطلق عليه أيضا حجر الحديد الطيني clay ironstone نظرا لاحتوائه علي نسبة كبيرة من أكاسيد وكبريتيدات الحديد مختلطة بمعادن الطين ، ويترسب الطفل الأحمر في البيئات المؤكسدة.

- **الطفل الأسود Black shale**: ويطلق عليه أيضا الطفل الكربوني carbonaceous shale ويتميز باللون الأسود واحتوائه علي نسبة كبيرة من المواد العضوية الكربونية ، كما يحتوي علي معدن البيريت وبعض العناصر النادرة مثل الفانديوم واليورانيوم والنيكل والنحاس وغيرها، ويترسب الطفل الأسود في بيئة بحرية ضحلة تحت ظروف إختزالية مثل المستنقعات حيث تعمل هذه الظروف علي عدم تأكسد أو تعفن المواد العضوية بسرعة.

- **المارل Marl**: يطلق علي صخور الطفل التي تحتوي علي نسبة متساوية تقريبا من كربونات الكالسيوم الجيرية ومعادن الطين.

- **الطفل الزيتي Oil shale**: ويطلق أيضا اسم كيروجين kerogen وهو عبارة عن صخور الطفل المشبعة بالمركبات الهيدروكربونية العضوية ولذلك يأخذ اللون الأسود المميز للبترول.

- **الطفل عالي الألومينا High alumina shale**: تحتوي علي نسبة عالية 25% من أكسيد الألومنيوم التي تجعله مشابها لصخور البوكسيت (خام الألمونيوم) من حيث الأهمية الإقتصادية ، حيث يمكن استخلاص عنصر الألومنيوم منه.

ثانياً: الصخور الرسوبية غير الفتاتية (بيوكيميائية أو عضوية النشأة)

Biochemical and organic rocks

تقوم الأنهار أثناء عمليات التجوية الكيميائية بنقل المواد الذائبة إلي البحيرات والمحيطات ، بالإضافة إلي ذلك فإن مياه البحار والمحيطات تحتوي أيضا علي أملاح ذائبة منقولة من الغلافين الأرضي والجوي منذ الأمد البعيد ، وبواسطة تركيز هذه الأملاح عن طرق التبخير أو بواسطة بعض الطرق الكيميائية يتم ترسيبها علي هيئة أملاح يطلق عليها اسم الرواسب الكيميائية Chemical sediments أو رواسب المتبخرات Evaporites مثل الجبس والأنهيدرايت والملح الصخري ، وقد تلعب بعض الكائنات الحية دورا مهما في ترسيب هذه المواد الذائبة لتعطي رواسب يطلق عليها اسم الرواسب البيوكيميائية أو العضوية Biological-origin sediments مثل الحجر الجيري الحفري والفوسفات وبعض أنواع الشيرت والدولوميت والتوفا والفحم والطفلة الزيتية وغيرها.

1- الحجر الجيري

Limestone

يطلق اسم الحجر الجيري علي الصخور الرسوبية التي تحتوي علي أكثر من 50% كربونات الكالسيوم $CaCO_3$ ، ويتكون الحجر الجيري بصفة أساسية من معادن الكالسيت والأراجونيت والدولوميت ، بالإضافة إلي بعض المعادن الكربوناتية مثل المجنيزيت والسيدريت. يحتوي الحجر الجيري في بعض الأحيان علي بعض المعادن الإضافية مثل الكوارتز ومعادن الطين. كما يترسب به بعض المعادن ثانوية النشأة مثل الكالسيدوني والجبس والليمونيت والبيريت.

مكونات الحجر الجيري

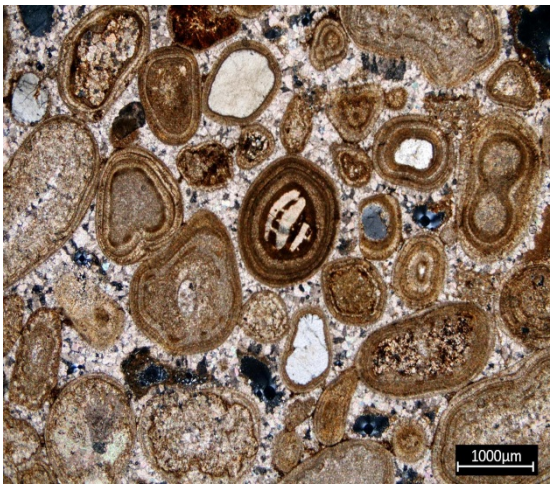
تتكون معظم صخور الحجر الجيري من ثلاث مكونات رئيسية هي **الحبيبات** grains **وراسب الأرضية** matrix **والمادة اللاحمة** cement material.

❖ **الحبيبات grains**

وهي عبارة عن جسيمات في حجم الرمل أو أكبر ، وهي متعددة الأنواع ومنها يتشكل الحجر الجيري ، وتتمثل في الأنواع الآتية:

- **الكسرات الصخرية** lithics : وهي عبارة فتات جيري تكون داخل حوض الترسيب ثم أعيد ترسيبها في نفس الحوض intraclasts ، وبعض قطع الصخور غير الجيرية التي تشكلت خارج حوض الترسيب ونقلت إليه علي هيئة حبيبات.
- **الفتات الهيكلي** skeletal particles : وتتكون من فتات الأصداف وهياكل بعض الرخويات والمرجان والفورامينفرا وغيرها ، وهي تتكون من معادن الأراجونيت والكالسيت بصفة أساسية.

- **السرئيات** (**البطروخيات**) ooides : وهي عبارة عن جسيمات كروية الشكل قد تحتوي علي نواة وتتراوح أقطارها بين 0.25 إلي 2 مم ولكل منها تركيب داخلي مركزي متشعع.



- **العقد الجيرية** pellets : وهي أجسام كروية الشكل تتون من معدن الكالسيت دقيق التبلور micrite وليس لها تركيب داخلي منتظم.

❖ **راسب الأرضية Matrix**

ويطلق عليه أيضا اسم الجير دقيق التبلور micrite ويتكون من معدن الكالسيت دقيق التبلور الذي يتراوح حجم حبيباته بين 1-4 ميكرون. وقد يتكون راسب الأرضية نتيجة تحول معدن الأراجونيت إلي معدن الكالسيت أو نتيجة الطحن الميكانيكي الدقيق لقطع الأصداف البحرية.

❖ **المادة اللاحمة Cement material**

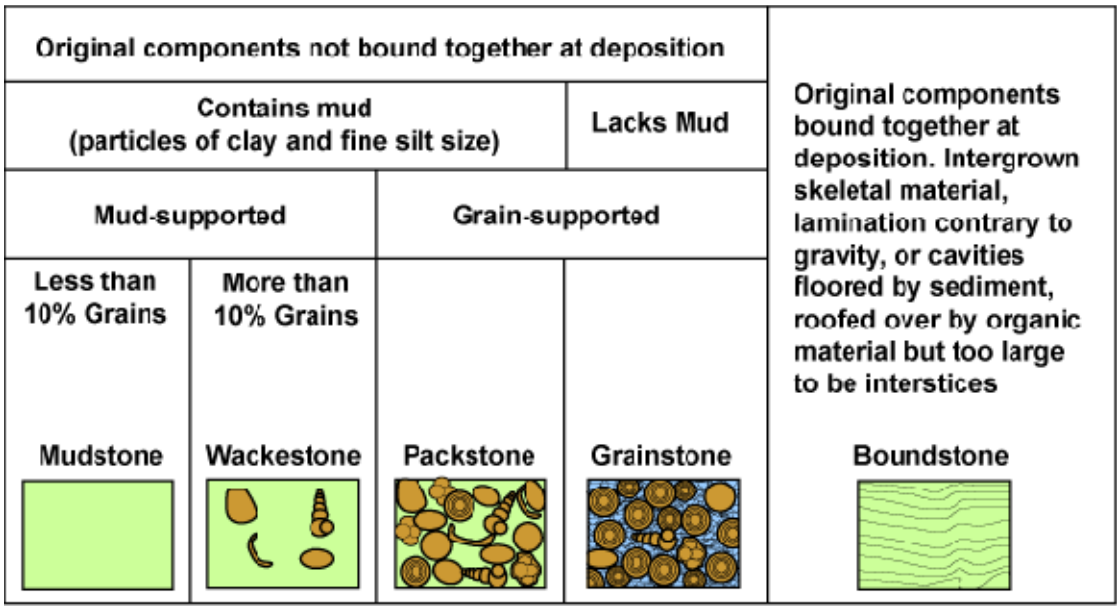
وهو عبارة عن المادة المتبلورة التي تنمو داخل مسامات الراسب ، وأهم أنواع المواد اللاحمة في الحجر الجيري معدن الكالسيت المتبلور الذي يسمي سبار sparry calcite . ويتكون السبار الكلسي نتيجة تبلور

كربونات الكالسيوم من محاليلها داخل مسامات الحجر الجيري ، أو نتيجة إعادة تبلور recrystalization لراسب الأرضية دقيق التبلور Micrite.

تصنيف صخور الحجر الجيري

وضع العالم دنهام تصنيفا Dunham classifcation لصخور الحجر الجيري علي أساس نسبة كل من راسب الأرضية micrite إلي الحبيبات الجيرية grainsبصرف النظر عن نوعيتها. أي قد تكون هذه الحبيبات فتات الصخور أو سرئيات أو عقد جيرية أو قطع هيكلية ن واعتمادا علي ذلك يصنف الحجر الجيري إلي الأنواع الآتية:

- حجر حبيبي grainstone ويشير إلي الحجر الجيري الذي يتكون من حبيبات جيرية وخالي تماما من راسب الأرضية.
- حجر معبأ packstone : ويشير إلي الحجر الجيري الذي يتكون من حبيبات جيرية شديدة التزاحم ويتخللها كميات قليلة من راسب الأرضية (أقل من 5%).
- الواكستون wackestone: ويشير إلي الحجر الجيري الذي يتكون من حوالي 15-10% من الحبيبات الجيرية التي تبدو طافية في راسب الأرضية.
- حجر الوحل الجيري lime-mudstone: ويشير إلي الحجر الجيري الذي يتكون أساسا من راسب الأرضية وكميات قليلة جدا من الحبيبات الجيرية (أقل من 10%).
- حجر مترابط bounstone: ويشير إلي الحجر الجيري الذي يتكون من تجمعات من هياكل الكائنات البحرية التي ترابطت أثناء عملية الترسيب مثل الشعاب المرجانية والحجر الجيري الطحالبي.



C. G. St. C. Kendall, 2005 (after Dunham, 1962, AAPG Memoir 1)

طرق ترسيب الحجر الجيري

يعتبر الحجر الجيري من الصخور واسعة التعقيد من نشأتها وأصلها ، فهناك أنواعا تكونت نتيجة تفتييت ونقل الصخور الجيرية القديمة ، ثم ترسيبها مرة أخرى علي هيئة حجر جيري فتاتي أو ميكانيكي clastic limestone أو مايسمي بالحجر الجيري جليب النشأة Allochthonous limestone.

وقد يتكون الحجر الجيري أيضا من تراكم بقايا الأصداف والهياكل للكائنات البحرية بكميات كبيرة مثل الطحالب والمرجان والفورامينفرا والرخويات وغيرها ن ويطلق علي هذا النوع اسم الحجر الجيري الحفري أو العضوي Organic limestone.

كما يتكون الحجر الجيري من عمليات الترسيب الكيميائية لكربونات الكالسيوم الذائبة في البحار والبحيرات ويسمي حينئذ بالحجر الجيري كميائي النشأة chemical limestone وتعتبر البيئات الدافئة غير العميقة هي أنسب البيئات لتؤسيب صخور الحجر الجيري.

وصف أنواع الحجر الجيري

- ✓ **الحجر الجيري الشعابي Reefal limestone :** وهو أهم أنواع الصخور الجيرية العضوية النشأة الذي يوجد علي هيئة تجمعات من الشعاب المرجانية أو أصداف الرخويات والطحالب والفورامينفرا الكبيرة وغيرها في البيئات البحرية الضحلة.

- ✓ **الحجر الجيري اللُجيّ Pelagic limestone:** ويتكون من تراكم أصداف الكائنات البحرية الدقيقة في البيئات البحرية العميقة مثل صخر الطباشير الذي يتكون من كميات كبيرة من أحياء الفورامينفرا الدقيقة الهائمة بعد تساقطها في أعماق البحار.

- ✓ **الحجر الجيري السرئي (البطروخي) Oolitic limestone:** ويطلق علي صخور الحجر الجيري الذي تتكون حبيباته من السرئيات ooides بنسبة كبيرة ، والسرئيات عبارة عن ترسيبات من كربونات الكالسيوم حول نواة دقيقة لإحدي حبيبات الرمل أو كسرات صخرية أو حفرية ، ويتكون الحجر الجيري السرئي في بيئات بحرية ضحلة.

- ✓ **التوفا والترافرتين Tufa and travertine:** وهي عبارة صخور كربوناتية تترسب من مياه الينابيع القديمة أو الأنهار أو بحيرات المياه العذبة. والتوفا تتميز بالنسيج المسامي وتحتوي علي قوالب من سيقان وفروع وأوراق النباتات والشجيرات التي تنمو حول الينابيع القديمة والبحرات العذبة مثل نبات البوص وغيرها. أما الترافرتين فيكون متبلور وأكثر صلابة وقليل المسامية ويوجد علي هيئة طباقية واضحة.

ترافيرتين

صخر التوفا

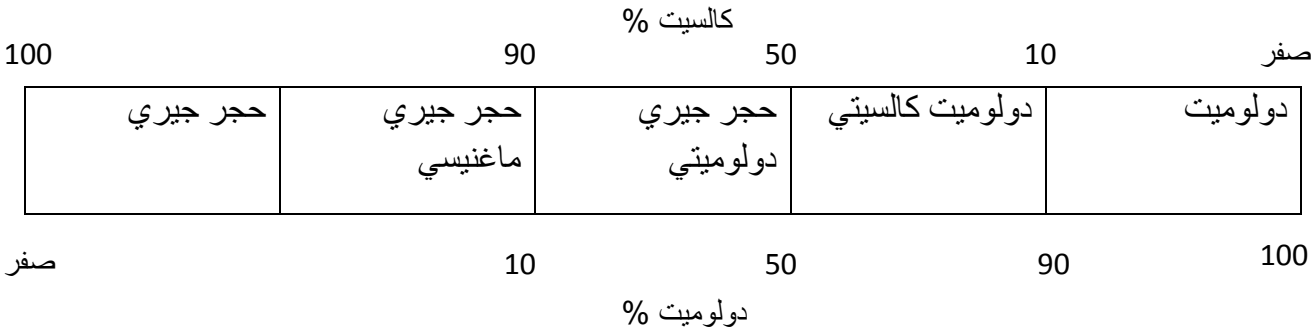
- ✓ **الكاليتش Calich:** هي عبارة عن رواسب جيرية تتكون علي السطح في المناطق الصحراوية الجافة بخاصية الأنابيب الشعرية ، وتسمي رواسب الكاليتش القديمة التي تعرضت للتصلب باسم كالكريت Calcrete.
- ✓ **المارل Marl**: ويطلق علي الرواسب الجيرية الطينية التي تحتوي علي كميات متساوية من كربونات الكالسيوم والمواد الطينية.

2- الدولوميت

Dolomite

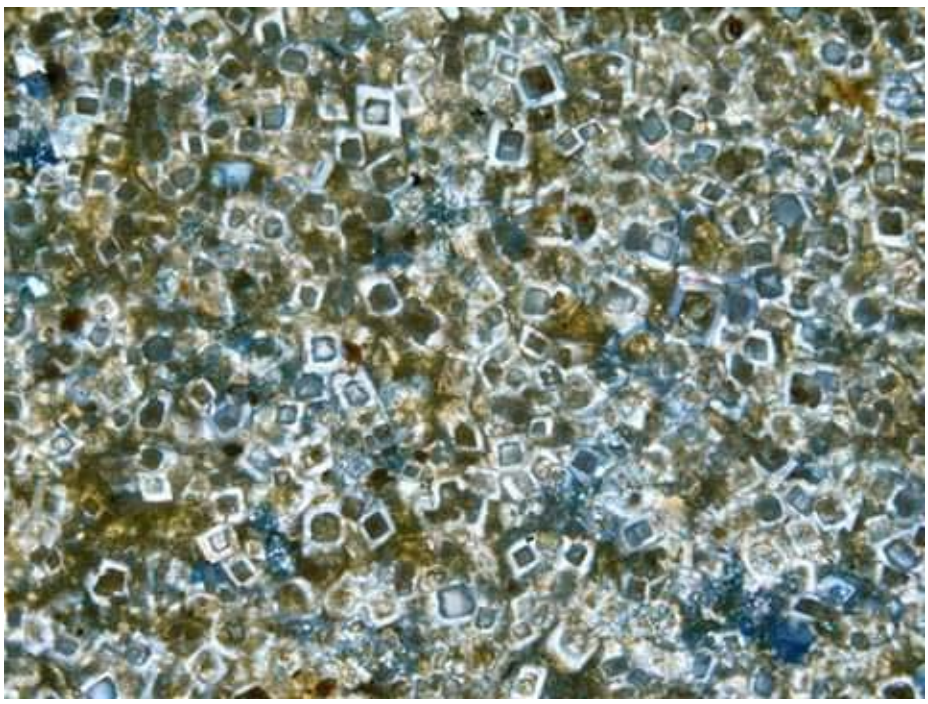
يعتبر الدولوميت أحد أنواع الحجر الجيري الذي يحتوي علي أكثر من 90% من معدن الدولوميت $CaMg(CO_3)_2$ ، ويشار إليه باسم حجر الدولوميت Dolostone ، وتتفاوت هذه الصخور في بين الحجر

الجيري والدولوميت ، مثل الحجر الجيري الدولوميتي Dolomitic limestone والدولوميت الكالسيتي Calcitic dolostone.



شكل (-): العلاقة بين نسبة الكالسيت والدولوميت

يتميز صخر الدولوميت بالنسيج المتوسط إلي خشن التبلور وتكون حبيباته معينية الشكل ، ويرجع ذلك إلي عملية الدلمتة dolomitization لصخور الحجر الجيري ، كما يتميز صخر الدولوميت بارتفاع نسبة المسامية والنفاذية ، ونادرا ما يحتوي علي حفريات.



نشأة وتكوين الدولوميت

1. **النشأة الأولية Primary dolomite**

حيث تترسب صخور الدولوميت مباشرة داخل حوض الترسيب إما بطريقة كيميائية-فيزيائية أو ميكانيكية أو بيولوجية.

2. **النشأة الثانوية Secondary dolomite**

قد تتعرض صخور الحجر الجيري لعملية التدلمت dolomitization نتيجة التفاعلات الكيميائية بين الحجر الجيري وبين المحاليل المحتوية علي أيونات الماغنيسيوم ، ويمكن أن تتم عملية الدلمتة إما في مراحل مبكرة early dolomitization لتكوين الحجر الجيري أو في مراحل متأخرة late dolomitization.

3- رواسب المتبخرات (الأملاح)

Evaporites

تشتمل رواسب المتبخرات علي مجموعة من المعادن التي تكونت نتيجة تبخر مياه البحيرات الشاطئية الضحلة والبرك الصغيرة والمستنقعات والملاحات (الماء الأُجاج brines)، مثل معادن الكبريتات (أنهيدريت ، جبس ، إبسوميت) ومعادن الكلوريدات (هاليت ، سيلفيت ، كارناليت) ومعادن الكربونات (كالسيت ، ماجنيزيت ، دولوميت). ويتم ترسيب معادن المتبخرات عكس درجة قابلية هذه المعادن للذوبان في الماء ، بمعني أن المعادن الأقل ذوبانا هي التي تترسب أولا ، يليها الأكثر فالأكثر ذوبانا ، كالتالي:

أخيرا: أملاح البوتاسيوم والماغنيسيوم (سيلفيت وكارناليت)

هاليت

جبس وأنهيدريت

أولا: كالسيت ودولوميت

وصف صخور المتبخرات

- **الجبس Gypsum ($CaSO_4.2H_2O$)**

يشكل الجبس معظم حالات ترسيبات كبريتات الكالسيوم الحديثة بتبخر المياه في المناطق قليلة العمق من مسطحات الامد والجذر وفي البحيرات السبخية sabkha ، وقد يكون منشأ الجبس ثانويا نتيجدة تميؤ معدن الأنهيدريت خلال عملية التجوية.

- **الأنهيدريت Anhydrite (CaSO4)**

يتواجد الأنهيدريت عامة في الصخور القديمة تحت السطحية عند أعماق تزيد عن 1500 م من سطح الأرض تحت ظروف معينة من الحرارة. وقد تكون نشأة الأنهيدريت ثانوية عندما يتم دفن صخور الجبس تحت سطح الأرض وتتهيأ الظروف المناسبة من الضغط ودرجة الحرارة الأرضية حيث يفقد معدن الجبس ماء التبلور تدريجيا ويتحول إلي معدن الأنهيدريت.