الباب الأول

التراكيب الأولية فى الصخور

تمهيد :

توجد بالصخور على أختلاف أنواعها تراكيب أولية تنشأ بها أثناء تبلور الصخور النارية من الصهارة أو أثناء ترسيب الصخور الرسوبية من المواد الفتاتية أو المحاليل . كذلك تتكون بالصخور المتحولة تراكيب مميزة نتيجة لفعل الحرارة والضغوط التى تتعرض لها الصخور المختلفة أثناء التحول . كما تؤثر الحركات الأرضية العنيفة على صخور القشرة الأرضية فينشأ بها تراكيب ثانوية مثل الطيات والفوالق والفواصل .

وتهدف الجيولوجية التركيبية إلى جمع الحقائق والمعلومات عن التراكيب المختلفة فى الصخور وذلك لتحقيق ثلاث أهداف رئيسية هى :

١ — تحديد نوع التركيب الجيولوجى سواء كان طبقة أفقية أو رأسية أو مائلة ، كما قد تكون طية أو فالق أو تشققات بسيطة أو تركيبين أو أكثر من هذه التراكيب ، ويدخل فى نطاق ذلك أيضاً تحديد أشكال الصخور النارية مثل المتداخلات الكبيرة التى تسمى باثوليث أو الكتل النارية المتوسطة مثل اللاكوليث وغيرها . ويمكن تحديد نوع التركيب الجولوجى بتوقيع مكاشف الطبقات والحدود الفاصلة بين الأنواع المختلفة من الصخور وعمل الخرائط الجيولوجية باستخدام أجهزة مساحية خاصة. وقد أسهمت الصور الجوية لدرجة كبيرة فى رسم كثير من الخرائط الكنتورية والجيولوجية وجدير بالذكر أن الخبرة الطويلة والمران ودقة التحكيم والتفسير المنطقى السليم من الأمور الضرورية عند تقيم كثير من الحقائق التى يحصل عليها نتيجة توقيع مكاشف الطبقات .

وبالرغم من المعلومات الجيولوجية الهائلة التى أمكن الحصول عليها من المشاهدات المباشرة فى الدراسات الجيولوجية بالحقل ، إلا أن معلومات مستفيضة عن طبيعة الصخور ونوع التراكيب تحت سطح الأرض أمكن تحديدها وتسجيلها بوسائل غير مباشرة وخاصة بالطرق الجيوفيزيقية التى تشمل طرق المغناطيسية والجاذبية والكهربائية والزلزالية الانعكاسية والانكسارية وللتراكيب الجيولوجية أهمية كبيرة فى تحديد مواقع كثير من حقول البترول والغاز الطبيعى وخزانات المياه الأرضية وكثير من الرواسب المعدنية الاقتصادية كما أنها تساعد فى حل كثير من المشاكل التى تصادف المهندسين عند تنفيذ بعض المنشآت مثل السدود والخزانات والطرق والأنفاق .

٢ — العمر أو الزمن الجيولوجى الذى نشأ فيه التركيب الجيولوجى ، ويمكن تحديده عن طريق معرفة التتابع الزمنى للأحداث الجيولوجية وعلاقتها بعضها ببعض فى منطقة معينة ، وخاصة فيما يتعلق بتاريخ الحركات الأرضية بالمنطقة، وليس ذلك فحسب وإنما يجب ربط هذه التراكيب بالتاريخ الجيولوجى للأرض، إذ قد يكون هذا الارتباط له أهمية كبيرة من ناحية الجيولوجيا التركيبية . فعلى سبيل المثال تعزى التراكيب القبوية الكبيرة والطيات العظيمة والفوالق التى تعتبر مصائد هامة للبترول والغاز الطبيعى فى منطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا (مثل إيران والعراق والكويت والسعودية ومصر وليبيا والجزائر) إلى الحركات الأرضية العنيفة التى كونت جبال الألب والمعروفة باسم الحركة الألبية والتى حدثت خلال العصر الثلاثى .

٣ — الظروف الطبيعية والميكانيكية التى تعرضت لها الصخور وكان من نتيجتها نشأة التراكيب الجيولوجية المختلفة . وتشمل هذه الظروف تأثير عوامل التجوية والتعرية وتوزيع المياه تحت الأرضية ودرجات الحرارة وتأثير تداخل كتل نارية فى الصخور الرسوبية إلى غير ذلك من العوامل التى تؤثر على توزيع الإجهادات فى الصخور .

والتراكيب الجيولوجية التى توجد فى الصخور سواء كانت على نطاق إقليمى أو محلى تنقسم بصفة عامة كما سبق الذكر إلى نوعين هما :

أولاً : التراكيب الأولية وهى التى يكتسبها الصخر أثناء نشأته وتعرف أيضاً بالتراكيب المتزامنة أو الأصيلة .

ثانياً : التراكيب الثانوية وهى التى تنشأ فى الصخور نتيجة تعرضها للحركات الأرضية العنيفة وأهمها الطيات والفوالق والفواصل وتعرف أيضاً بالتراكيب اللاحقة أو الدخيلة ويوضح جدول (١١) الأنواع المختلفة للتراكيب الأولية والثانوية فى الصخور .

جدول رقم (١) التراكيب الجيولوجية فى الصخور

تراكيب أولية أو متزامنة أو أصيلة				تراكيب ثانوية أو لاحقة أو دخيلة	
طيات	فوالق	فواصل	تشقق وتخطط		

(أولا) فى الصخور الرسوبية

١ — التطابق	٢ — التطابق المتقاطع
٣ — علامات النيم	٤ — عدم التوافق
٥ — علامات الموج	٦ — علامات الغدير
٧ — التشققات الطينية	٨ — التشوه المتزامن للرواسب
٩ — الدرنات الصخرية	١٠ — الدرنات الشعاعية
١١ — الجيود	١٢ — البنية المخروطية المتداخلة
١٣ — الزوائد الصخرية	١٤ — إنطباعات المطر والبرد
١٥ — إنطباعات الفقاعات	١٦ — آثار الحيوانات

(ثانيا) فى الصخور النارية

١ — التركيب الفجوى اللوزى	٢ — حمم كتلية رجلية
٣ — تركيب الحمم الوسادية	٤ — التركيب الإنسيابى
٥ — الفواصل والأدواح والشرائح	٦ — تركيب عمدانى ومنشورى
٧ — التركيب الكالدرى	٨ — القصبات البركانية

ا — الصخور البركانية

ب — الصخور المتداخلة

متداخلات متوافقة : ١ — جلد ٢ — لاكوليث
٣ — لوبوليث ٤ — فاكوليت

متداخلات غير متوافقة : ١ — قواطع ٢ — ألواح مخروطية
٣ — أنابيب بركانية ٤ — قواطع حلقية
٥ — باثوليت ٦ — ستوك وبوص

الفصل الأول

التراكيب الأولية فى الصخور الرسوبية

الصخور الرسوبية :

تعزى نشأة الصخور الرسوبية إلى ثلاث عمليات رئيسية هى :

١ — التجوية . ٢ — النقل . ٣ — الترسيب .

ولعوامل التجوية أثر كبير فى تفتيت الصخور إلى حبيباتها المعدنية المكونة لها ، وتعرف هذه العملية بالتفتت Disentegration وقد تتحلل بعض المعادن غير الثابتة كيميائياً خلال عملية التفتت وينتج عنها معادن أخرى ، وتعرف هذه العملية بالتحلل الكيميائى فمثلا يتحلل معدن الفلسبار الارثوسى طبقاً للمعادلة الآتية :

$$\text{٢ برلوس}_{٢}\text{ا}_{٨} + \text{٢ يد}_{٢}\text{ا} + \text{كا}_{٢} =$$

$$\text{(أرثوكليز فلسبار) (ا يد)}_{٤}\ \text{لو}_{٢}\ \text{س}_{٢}\text{ا}_{٥} + \text{بو}_{٢}\text{كا}_{٣} + \text{٤ س ا}_{٢}$$

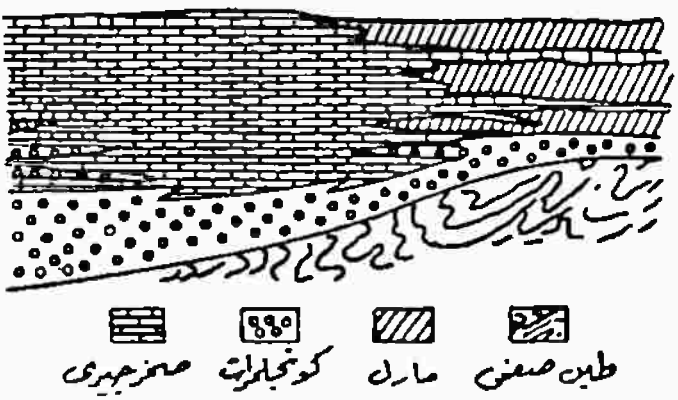
(كاولين)

وبذلك تكون نواتج عمليات التجوية أما مواد ذائبة فى الماء تنقل على هيئة محاليل أو مواد عالقة غير ذائبة تنقل على هيئة فتات صخرى له أحجام مختلفة بواسطة المياه الجارية أو الرياح أو الثلاجات إلى الأحواض الترسيبية فى بيئة قارية أو بحرية أو متوسطة مثل الدلتا ومصبات الأنهار . أما المواد الذائبة فتنقلها المياه إلى البحيرات والبحار والمحيطات حيث تترسب بفعل العوامل الكيميائية أو نشاط الكائنات الحية وبذلك تتكون الرواسب الملحية والرواسب العضوية ، أما الفتات الصخرى فإنه يتماسك مكوناً بعض الصخور الرسوبية مثل الكونجلمرات والبريشيا والصخور الرملية والطين الصفحى والصلصال .

ومن المشاهد عادة فى الصخور الرسوبية وجود تتابع معين فى ترسيب الصخور ، فعلى سبيل المثال قـــد يتكون جزء من قطاع معين ذى سمك كبير من الصلصال بالإضافة إلى بعض الرواسب الأخرى كالصخور الرملية والجيرية على شكل متداخلات رقيقة نادرة . ومن الناحية الأخرى فإن جزءاً آخر من نفس القطاع قد يتكون أساساً من الصخور الجيرية أو من تبادل منتظم من الصخور الجيرية والصلصالية ، ومثل هذا التتابع فى الصخور ينشأ عنه ما يعرف بتكاوين الصخور الرسوبية ، أى أن التكوين الصخرى عبارة عن تتابع معين من صخور مختلفة تتواجد مختلطة فيما بينها بنسب معينة تكاد تكون منتظمة ، وهذا المفهوم للتكوين الصخرى يعتمد أساساً على الشكل الخارجى لسطح الأرض ، أما من الناحية التكتونية فإن مفهوم التكوين الصخرى يعتمد على الظروف التركيبية التى تكونت فيها الرواسب . ومميزات التكاوين المختلفة تعكس لدرجة كبيرة نوع الصخور الأساسية المكونة لها ومن أمثلة ذلك تكاوين جيرية أو تكاوين من الطين الصفحى .

وأثناء عملية ترسيب المواد المفككة التى تنقلها المياه الجارية إلى البحيرات والبحار والمحيطات تترسب المواد الخشنة قريباً من الشاطئ وينتج عن هذه المواد بعد تماسكها بالمواد اللاحمة صخور الكونجلومرات والبريشيا . وبعيداً عن الشاطئ تتكون الصخور الرملية وعلى مسافات أكثر بعداً من الشاطئ يترسب الغرين والصلصال مكوناً بعد تماسكه الصخور الطينية والصلصالية . وهذا التدرج فى حجم حبيبات الصخور الرسوبية لا يعنى وجود حدود فاصلة بينها ، بل هناك انتقال تدريجى بين تكوين هذه الصخور وإذا كانت الظروف الطبيعية والكيمائية للترسيب منتظمة لفترة طويلة ، فإن طبيعة الصخر الرسوبى لا تتغير فى الاتجاه الرأسى ، ولكنها تختلف فقط فى الاتجاه الأفقى ، وهذا نادراً ما يحدث إذ أن عمليات الترسيب غالباً ما تعتريها تغيرات عديدة مثل إرتفاع وهبوط قاع الحوض الترسيبى أو غزو البحر وتقهقره أو تغيير فى اتجاهات التيارات النهرية والأمواج البحرية أو عدم انتظام مصدر الفتات الصخرى .

وينتج عن ذلك اختلاف الصخور الرسوبية فى نوعها فى كل من الاتجاهين الرأسى والأفقى . فى منطقة معينة إذا انتقلنا من نقطة إلى أخرى فإننا نلاحظ أن مجموعة من الصخور التى ترجع إلى عصر جيولوجى واحد تختلف فى التركيب والسمك، وكذلك أيضاً نجد أنه فى المناطق المختلفة التى لها نفس العمر الجيولوجى تباين صخورها فى النوع والسمك . ويعتمد اختلاف الصخور فى الاتجاه الأفقى تبعاً للظروف الطبيعية والكيميائية والتكتونية التى كانت سائدة وقت الترسيب . فى بعض المناطق تظهر التغيرات بصورة تدريجية ويمكن ملاحظتها فقط على مساحات شاسعة قد تمتد لمئات الكيلو مترات ، بينما فى حالات أخرى تكون التغيرات فجائية وتظهر على مدى مسافات قصيرة . ويوضح الشكل (١) مثالا للتغيرات الأفقية فى السحنة الصخرية وفى سمك الرواسب . وفى



(شكل ١)

رسم توضيحى يبين إختلاف سمك الطبقات والسحنة الصخرية
فى رواسب من العصر الجوراسى الأعلى فى شبه جزيرة القرم
بالاتحاد السوفيتى

المرحلة الانتقالية للسحنة الصخرية يمكن مشاهدة اختفاء بعض الطبقات التى لها تركيب معين وظهور طبقات أخرى ذات تركيب مختلف ، ونتيجة لذلك فإن طبقات معينة تتداخل على شكل الأصابع فى طبقات أخرى . وأثناء تكون الصخور الرسوبية ، سواء من مواد مفتتة عالقة أو من المحاليل ، وتماسكها

وتلاحمها وتعرضها للتغيرات المختلفة بعد ترسيبها فينشأ بها تراكيب أولية عديدة نذكر منها ما يأتى :

١ — التطابق . . . . . (Stratification)

٢ — التطابق المتقاطع . . . . . (Cross-bedding)

٣ — عدم التوافق . . . . . (Unconformity)

٤ — علامات النيم . . . . . (Ripple Marks)

٥ — علامات الموج . . . . . (Wave Marks)

٦ — علامات الغدير . . . . . (Rill Marks)

٧ — التشققات الطينية . . . . . (Mud Cracks)

٨ — التشوه المعاصر أو المتزامن للصخور. . . . (Contemproaneous deformation of sediments). . . . . .

٩ — الدرنات الصخرية . . . . . (Concretions)

١٠ — الدرنات الشعاعية . . . . . (Septaria)

١١ — الجيرد . . . . . (Geodes)

١٢ — الزوائد الصخرية . . . . . (Stylolites)

١٣ — تركيب البنية المخروطية المتداخلة (Cone-in-cone Structure)

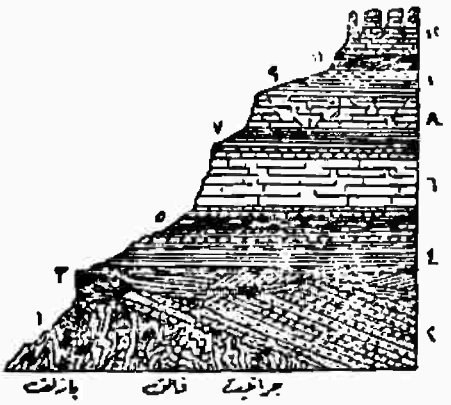
١٤ — انطباعات المطر وانطباعات البرد . . . . . (Rain and hail impressions). . . . . .

١٥ — انطباعات الفقاعات . . . . . (Bubble impressions)

١٦ — آثار الحيوانات . . . . . (Animal tracks)

١ ـ التطابق

التطابق أو ترتيب الصخور فى طبقات كما فى شكل (٢) من أهم الصفات المميزة للصخور الرسوبية وينشأ التطابق نتيجة الاختلافات فى اللون والنسيج أو البنية وحجم الحبيبات المكونة للصخر الرسوبى وكذلك فى تركيبه المعدنى والكيميائى . وقد يعزى التطابق أيضاً إلى التوقف المؤقت لعملية الترسيب ، حيث تتعرض الرواسب التى تكونت لتغيرات معينة مثل إختلاف درجة التماسك والتلاحم ، وإعادة التبلور والإحلال المتبادل أو الترسيب من محاليل جارية خلال الصخور ، وكل هذه العمليات قد تحدث قبل إعادة الترسيب مرة ثانية . والطبقة عبارة عن وحدة صخرية رسوبية تكونت أساساً تحت ظروف طبيعية واحدة ، كما



(شكل ٢)

قطاع رأسى فى الوادى العظيم بكلورادو فى الولايات المتحدة يوضح التطابق

١ – صخور من الجنيس بها عروق من الجرانيت والبازلت .

٢ – صخور من عصر ما قبل الكمبرى متوافقة مع الجنيس .

٣ ، ٤ – صخور من عصر الكمبرى .

٥ – صخور جيرية من العصر الديفونى .

٦ – صخور جيرية من العصر الكربونى الأسفل .

٧ – ١٢ – صخور من العصر الكربونى الأعلى .

أنه يمكن تمييزها بسهولة عن الوحدات الرسوبية التى فوقها والتى تحتها . وجميع الطبقات بصفة عامة عبارة عن أجسام عدسية الشكل تغطى عادة مساحات شاسعة ، ولكن الطبقات يقل سمكها تدريجياً على الجانبين حتى تختفى تماماً ، أو قد تتدرج جانبياً إلى نوع آخر من الصخور الرسوبية . وقد تنقسم الطبقة بدورها إلى طبقات أصغر منها بواسطة مستويات أو سطوح للتطابق ، وإذا كانت المسافة بين مستويات التطابق ستيمتراً واحداً فأقل فإن الصخر الرسوبى يقال أن له تركيب رقائقى (Lamination) وتسمى كل وحدة بالرقيقة ، وقد تكون الرقائق موازية لمستويات التطابق أو مائلة عليها ، وفى الحالة الأخيرة تسمى بالرقائق المتقاطعة . والسمك الحقيقى للطبقة هو المسافة العمودية بين سطحيها العلوى والسفلى ويعتمد سمك الطبقة على زمن الترسيب وكمية المواد التى ترسبت .

وهناك نوعان من التطابق هما :

(ا) التطابق المباشر أو الأولى وهو الذى ينشأ مباشرة عند ترسيب الطبقات منذ بداية تكونها ، ويحتمل تواجده بالرواسب التى تتكون فى بيئة عميقة أو ضحلة ذات مياه هادئة أو راكده

(ب) التطابق غير المباشر أو الثانوى وهو الذى ينشأ إذا تفتت الرواسب ، تحت ظروف جيولوجية معينة ، إلى مواد عالقة فى المـاء ثم ترسب مرة ثانية ، ويوجد هذا النوع من التطابق بالرواسب التى تتكون فى بيئة شاطئية ذات مياه مضطربة تحت تأثير التيارات والأمواج وعوامل المد والجزر ، ومعظم الطبقات لايوجد بها تطابق غير مباشر أو ثانوى ، ويعزى ذلك إلى استمرار ترسيب نوع واحد من المواد الرسوبية لفترة طويلة جداً ، ولكنه قد يرجع أيضاً إلى تفتت الرواسب بفعل الكائنات الحية ثم إعادة الترسيب مرة أخرى وقد قسم العالم بانيه التطابق ، طبقاً لسمك الرقائق المكونة للطبقات ، إلى أربعة أنواع هى كالآتى :

١ — تطابق تفسخى (Fissile) ويتكون من رقائق أقل من ٢ مم فى السمك .

٢ – تطابق صفحى (Shaly) ويتكون من رقائق يتفاوت سمكها من ٢ مم من إلى ١٠ مم .

٣ – تطابق لوحى (Flaggy) ويتراوح سمك الرقيقة المكونة للطبقة من ١٠ مم إلى ١٠٠ مم .

٤ – تطابق كتلى (Massive) وهو النوع الشائع فى الصخور الرسوبية وفيه يزيد سمك الرقائق للطبقات عن ١٠٠ مم .

درجة ميل التطابق وإبعاد الوحدات الرسوبية :

يكون مستوى التطابق عادة موازيًا لسطح الترسيب ، ولكن فى حالة التتابع الطويل للترسيب يحتمل وجود انحراف كبير عن السطوح الموازية لمستويات التطابق عند كل من القاع والقمة . وليس من الضرورى أن تكون السطوح الأولية للترسيب أفقية ، ولكنها قد تكون متعرجة وتشتمل على نتوءات ذات أبعاد مختلفة . كذلك ليس من الضرورى أيضًا أن تكون السطوح الناتجة بعد الترسيب موازية للسطوح التى توجد تحتها مباشرة ، إذ أن الأجزاء المنخفضة لسطوح الترسيب تستقبل رواسب أكبر سمكًا من الأجزاء المرتفعة ، وينشأ عن ذلك أن مستويات التطابق المتتابعة للطبقات اللاحقة تكون أقل ميلا من الطبقات السابقة ، ولكن هناك كثيراً من ظروف الترسيب التى قد تؤدى إلى نشأة سطوح أكثر تعرجًا من السطوح السابقة ، وقد تكون هذه السطوح فى بعض المناطق شديدة الانحدار ، فمثلا قد تؤدى عوامل التعرية إلى عدم انتظام الترسيب وبذلك قد تنشأ سطوح غير منتظمة لدرجة كبيرة .

ولقد أجريت بعض الدراسات لمعرفة الحد الأقصى لانحدار مستويات الترسيب ، وذكر العالم ثوليت أن أكبر انحدار يسمح بالترسيب هو ٤١° ، ولكن الدراسات الحديثة أثبتت أن الرواسب خشنة الحبيبات وكذلك تلك التى تتكون من حبيبات غير منتظمة تترسب تحت سطح الماء على سطوح

أشد انحداراً من تلك التى تترسب عليها الرواسب دقيقة الحبيبات أو تلك التى تتكون من حبيبات مستديرة . وقد وجد أن ٤٣° هو الحد الأقصى للانحدار تحت سطح الماء الذى يسمح بترسيب الرمال الخشنة ذات الشكل غير المنتظم ، بينما فى حالة الرمال الناعمة جداً فإن أقصى انحدار لترسيبها هو ٣٣° ، أما فى حالة الرمال متوسطة الحجم فإن أقصى انحدار لترسيبها هو ٣٨° إذا كانت غير منتظمه ، ٣٥° إذا كانت مستديره . ولا يتجمع الصلصال على منحدرات ذات ميل أكبر من ٣٠° إلا إذا كان مترسباً على سطح صلب يساعد على التصاق الصلصال . وبصفة عامة فإن الطبقات الصلصالية تكون ذات سمك أكبر إذا ترسبت على سطوح ذات انحدار صغير ، بينما يكون سمكها أقل إذا ترسبت على سطوح ذات انحدار كبير نسبياً .

وكثير من مواضع الترسيب ذات إنحدار كبير ، فعلى سبيل المثال يكون قاع الشعب المرجانية فى اتجاه البحر ذات انحدار شديد ، كما أن بعض تكاوين الشعب المرجانية القديمة لها انحدار يزيد عن ٤٠° . وكثير من الفوالق والمنحدرات البركانية تحت سطح البحار ذات انحدار أكبر من ٤٠° أما المنحدرات ذات الميل المتوسط (حوالى ٢٠°) فهى واسعة الانتشار وقد ينشأ عن الترسيب سطوح شديدة الانحدار ، وخاصة بالقرب من مصبات الأنهار التى تصب فى بحار أو بحيرات هادئة ذات مياه راكدة نسبياً ، وهناك أمثلة عديدة لتلك المنحدرات التى تنشأ بهذه الطريقة .

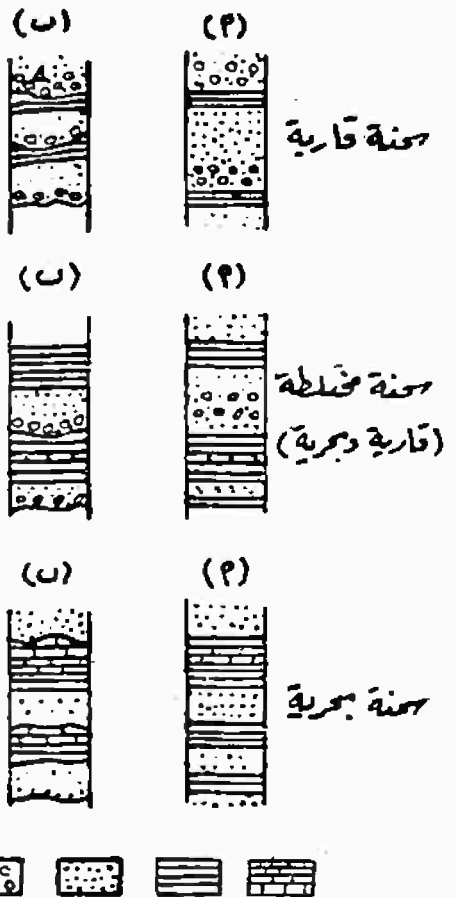
وسطوح الترسيب لمصبات كثير من الأنهار التى تصب فى البحار تكون عادة ذات انحدار بسيط ويتفاوت الانحدار من درجة واحدة ، مثل نهر المسيسبى بأمريكا ، إلى نصف درجة مثل نهر الراين فى أوربا ، ويعزى ذلك إلى تأثير الأمواج والتيارات المائية التى تساعد على توزيع وإنتشار الرواسب . وفى حالة الرواسب النهرية فإن ميل مستويات التطابق قد يكون كبيراً وغير منتظم لدرجة عالية نتيجة لعوامل النحر والترسيب السائدة بمجرى النهر . وكثير

من الرواسب ذات ميل أولى كبير ، أما الطبقات التى يتراوح ميلها من ٥° إلى ١٠° فهى واسعة الانتشار ويوجد أكبر ميل أولى للترسيب فى حالة الرواسب الجيرية المسماه بالترافرتين حيث يصل ميل منحدرات الترسيب لأكثر من ٩٠° ، ولكن هذا النوع من الرواسب يكون متماسكًا منذ نشأته وهناك اعتقاد بأن غالبية الرواسب التى لها ميل أصلى أكبر من ٤٠° قد ترسبت فى حالة صلبة وتماسكت مع سطح الترسيب .

وهناك نوع من الطبقات المركبة التى ينشأ عنها ما يسمى بالتتابع التكرارى (Rhythmic sequence) ويتميز بتكرار مجموعة معينة من الصخور على فترات منتظمة ويتراوح سمك كل تتابع من مترين إلى ثلاثة أمتار . وقد يتكون مثل هذا التتابع ، من أسفل إلى أعلى ، من صخور رملية خشنة ثم صخور جيرية صلصالية يليها صخور جيرية نقية ، ويشاهد التبادل المنتظم فى الطبقات التى تحتوى على الفحم حيث تتكون الرواسب القارية من أسفل إلى أعلى بالترتيب الآتى : صخور رملية — مواد صلصالية — فحم — رواسب بحرية — (تتكون من الصلصال والصخور الجيرية والرمال) وتكون الحدود الفاصلة بين هذه الصخور عادة واضحة ، كما أن الانتقال من صخر إلى آخر يكون تدريجيًا . والتبادلات المنتظمة بين الصخور قد تساعد أيضًا تحديد سطوحها العلوية والسفلية ، والتى لها أهمية خاصة فى حالة تغير الوضع الأصلى للطبقات . ففى معظم الأحوال توجد الرواسب الخشنة فى قاع التتابع بينما يتميز السطح العلوى للتتابع بالرواسب دقيقة الحبيبات . وبالإضافة إلى ذلك فإن نوع الصخور الداخلة فى تتابع معين يلقى بعض الضوء على ظروف أو بيئة الترسيب ويتضح ذلك من الشكل (٣) ، والتغيير فى نوع الصخر الرسوبى يشار إليه عادة بالتغير فى سحنة الصخر (Changes of lithofacies)

ويتراوح سمك الوحدات الرسوبية من ملليمتر واحد إلى عدة أمتار وبصفة عامة فإنه يتفاوت من ٥ سم إلى ٥٠ سم . ولا توجد علاقة بين سمك الراسب وسرعة الترسيب أو الزمن ، فإن طبقة رقيقة من أى نوع من الرواسب قد تترسب فى زمن يعادل ترسيب طبقة سمكها عدة أمتار من نفس النوع

أو نوع آخر من الرواسب فى زمن أو مكان آخر . وبالإضافة إلى العوامل التى تؤدى إلى زيادة أو نقص كمية الرواسب ، فإن أبعاد الرسوبية تتغير باختلاف بيئة الترسيب ونوع ومقدار المواد الرسوبية . وحالة الرواسب الخشنة توجد اختلافات كبيرة فى سمكها وامتدادها وتوزيعها ،



(شكل ٣)

أمثلة لرواسب متبادلة منتظمة من بيئات مختلفة

(أ) ترسيب مستمر (ب) ترسيب متقطع

ويعتمد ذلك على عدة عوامل أهمها مقدار الحمل والظروف التى قد ينتج عنها هبوط كبير فى مقدار الرواسب ، أما فى حالة الرواسب الدقيقة فيكون توزيعها عادة على مساحات شاسعة نسبيًا كما أن سمكها يكاد يكون منتظما لدرجة كبيرة .

وتختلف رواسب المراوح الطمية (Alluvial fans) والتى توجد على شكل مخروط ورواسب سهول الفيضانات ودالات الأنهار فى سمكها وتوزيعها ومساحاتها إختلافًا كبيراً على مدى مسافات صغيرة جدًا ، وتزداد هذه الاختلافات عندما تتغير بيئة الترسيب من ظروف الدلتا إلى سهول فيضانية أو إلى مجارى الأنهار أو مراوح طمية ، ويظهر هذا التغير بوضوح فى تكاوين المياه العذبة مثل منطقة فورت يونيون بولاية مونتانا فى أمريكا الشمالية وهى عبارة عن مجموعة عدسية الشكل من الصلصال والطمى والرمل والحصى والفحم ، وتصل مساحة بعض الوحدات الرسوبية إلى عدة أمتار مربعة بينما قد تغطى بعض الوحدات الرسوبية الأخرى عدة أميال مربعة . والوحدات الرسوبية التى تتكون فى بيئة بحرية ضحلة تختلف اختلافًا كبيراً فى أبعادها ، فمثلا قد تمتد وحدة رسوبية لعدة كيلومترات على امتداد الساحل ، بينما تمتد على نفس الساحل وحدة رسوبية أخرى لعدة أمتار فقط ومثل هذه الاختلافات توجد أيضًا فى تكاوين الشعب المرجانية إلا إذا كانت جميع الرواسب جيرية . وتختلف أبعاد الوحدات الرسوبية باختلاف المسافة من الشاطئ ، وعمق المياه فى المنطقة الضحلة وبصفة عامة فإن المساحة التى تغطيها هذه الأنواع من الرواسب تكون عادة أكبر من الرواسب التى تتكون تحت ظروف الترسيب فى القارات فيما عدا الرواسب البحرية العميقة التى يتراوح عمقها من ٢٠٠ إلى ٢٠٠٠ متر . ولقد بحث الجيولوجيون حتى نهاية القرن الماضى تكاوين المياه الضحلة للبحار القريبة من القارات ، وأثبتت الدراسة وجود اختلافات كبيرة فى إبعاد الوحدات الرسوبية . فعلى سبيل المثال يوجد فى جزيرة الترينيداد تكاوين « وياياميز فيل »

الصلصالية التى يتغير سمكها من ١٢ إلى ٦٠ متراً وتمتد ثمانية كيلومترات تقريباً ، بينما تختلف تكاوين المارل فى السمك من ١٥ إلى ٤٥٠ متراً على مدى حوالى أربعة كيلومترات ، أما تكاوين الصلصال الخضراء فيتغاير سمكها من ١٥ إلى ١٩٥ متراً . وبنفس الطريقة فإن صخور العصر الثلاثى على ساحل الباسفيكى توجد به وحدات رسوبية ذات اختلافات عظيمة فى السمك . وهناك اعتقاد بصفة عامة بأن الرواسب القارية والرواسب البحرية التى تتكون فى بيئة ضحلة تختلف اختلافاً واضحاً فى صفاتها وسمكها ، كما أن معظم الوحدات الرسوبية عبارة عن عدسات ذات أبعاد مختلفة .

أصل التطابق :

يكون أصل التطابق أحياناً واضحاً ، بينما فى حالات أخرى يكون أصلة غامضاً أو غير مفهوم ومن المدهش حقاً أننا لا نعرف إلا القليل عن أهم ظاهرة تميز الصخور الرسوبية . ومما لا شك فيه أن عوامل النقل بواسطة الجر تؤدى إلى التطابق ، ويعزى ذلك لمقدرة المياه على حمل الأحجام المختلفة من الفتات الصخرى ثم تصنيف هذه المواد لدرجة ما تبعاً لاختلاف سرعات ترسيبها ومن الأسباب الهامة التى قد تؤدى إلى التطابق اختلاف الظروف المناخية والأحوال الجوية والتباين فى مقدرة التيارات المائية على حمل فتات الصخور تحت الظروف الجوية العادية وتغير منسوب سطح البحر ، ونمو الكائنات الحية ، وترسيب المواد العالقة فى الماء . ويعزى التطابق فى أى منطقة إلى واحد أو أكثر من العوامل سالفة الذكر . وفيما يلى سنذكر بعض الأسباب التى ينشأ عنها التطابق فى الرواسب .

١ – التغيرات الجوية والمرسمية :

تتسبب التغيرات الجوية والمرسمية فى ظهور بعض أنواع التطابق فتقوم الأمطار الغزيرة المصحوبة بفيضانات عالية بنقل كميات هائلة من المواد المفتتة التى ترسب فيما بعد على مساحات شاسعة كمواد مفككة ذات سمك كبير ، أما فى الأوقات بين مواسم الفيضانات فتتكون رواسب أقل حجماً وسمكاً ، وربما ذات تركيب معدنى مختلف . ويكون التطابق الناتج عن التغيرات الجوية واضحاً فى حالة الرواسب القارية ، ولكنه قد يوجد أيضاً فى بعض الرواسب البحرية حيث تجرف وتنقل الرياح والأمواج الشديدة بعض الرواسب من المنطقة الشاطئية أو المياه الضحلة إلى بيئة المياه العميقة ، وبذلك ترسب فى المياه العميقة مواد خشنة لا تتكون تحت الظروف العادية فى تلك البيئة وترجع معظم التغيرات الجوية إلى اختلاف الفصول على مدار السنة . ففى بعض المناطق تتميز بعض فصول السنة بجو غزير الأمطار وعواصف شديدة ، بينما تتميز الفصول الأخرى بأمطار قليلة ورياح خفيفة مما يؤثر على كمية ونوع الفتات الصخرى المنقول إلى مواضع الترسيب .

ويعزى التطابق فى الحجر الجيرى عادة إلى وجود بعض رقائق رفيعة من الصلصال بين الطبقات ، ويظهر ذلك بوضوح فى الأحجار الجيرية فى كثير من المناطق فعلى سبيل المثال الأحجار الجيرية التابعة لعصر الميوسين فى مصر وكذلك الأحجار الجيرية التابعة للعصرين السيلورى والأردوفيسى فى وادى المسيسيبى الأعلى والتى تكاد تكون شرائط الصلصال فيها ذات سمك صغير جداً أو على نطاق ميكروسكوبى ويعتقد أن الشرائط الرقيقة جدا من الصلصال التى تظهر فى الصخور الجيرية بكثير من المناطق قد تكونت إما بفعل العواصف الشديدة التى أثرت على رواسب القاع فأصبحت المواد الصلصالية عالقة فى الماء أو نتيجة للأمطار الغزيرة على الأرض والتى نشأ عنها فيضانات كبيرة جرفت ونقلت معها كميات عظيمة من المواد الطمية بعيداً عن الشاطئ ثم ترسبت تلك المواد على هيئة رقائق رفيعة تفصل بين طبقات الصخور الجيرية .

ومن أفضل الأمثلة للترسيب الموسمى تلك التى توجد بالبحيرات التى تصب فيها مياه الثلاجات بعد انصهار الجليد . فى فصل الصيف يؤدى الانصهار السريع للجليد أن تحمل المياه كميات كبيرة من الرواسب المفككة ذات الأحجام المختلفة ، وبذلك ترسب فى قاع البحيرات مواد ذات حجم وسمك معين أما فى الفصول الباردة فإن المواد المنقولة يكون حجمها أقل ، وبالتالى تتكون رواسب ذات حبيبات دقيقة وسمك أقل ، وبهذه الطريقة تتدرج الرواسب الصيفية خشنة الحبيبات إلى رواسب شتوية ذات حبيبات دقيقة . ونتيجة لتعرض الرواسب الشتوية للتأكسد نظراً لبقائها لفترة طويلة عالقة فى الماء فإن تلك الرواسب تكون عادة ذات لون قاتم ، وذلك بعكس الرواسب الصيفية التى تكون عادة فاتحة اللون . وعندما يبدأ الجليد فى الذوبان فى فصل الربيع تتكون مرة أخرى الرواسب الصيفية خشنة الحبيبات وبذلك ينشأ حد فاصل بين الرواسب الخشنة والرواسب الدقيقة . ورغم أن التركيب المعدنى للرواسب الصيفية والشتوية يكاد يكون متشابها إلى حد كبير ، غير أن الرواسب الشتوية تتميز عادة بأنها تحتوى على أكسيد الحديديك (Fe_2O_3) ومواد صلصالية . وتسمى الرواسب التى تكونت فى عام واحد خلال فصلى الصيف والشتاء بالرواسب الحولية (Varve) ، ويتفاوت سمكها من عدة ملليمترات إلى أكثر من ٣٠ سنتيمتراً . وقد تكون الرواسب الحولية ذات تركيب صفائحى ويعزى ذلك لعدة أسباب أهمها كالآتى :

(ا) اختلاف قدرة المياه على حمل الرواسب .

(ب) اختلاف معدل انصهار الجليد تبعاً للتباين فى درجة الحرارة بين الليل والنهار .

(حـ) اختلاف الصفات المميزة للرواسب وكذلك مقدارها .

(د) اختلاف درجات الحرارة عند انصهار الجليد فى مياه البحيرات ومن المعروف أن المياه الناتجة عن ذوبان الثلاجات يجب أن تصب فى

بحيرات المياه العذبة لكى تتكون الرواسب الحولية والبقايا العضوية المختلطة مع الطين تكون رواسب سوداء تسمى سابروبل (Sapropel) وهى تترسب خلال أحد فصول السنة ، بينما تترسب المواد الأخرى أثناء بقية الفصول ، وبذلك تتكون رواسب حولية تحتوى على السابروبل ، ومن أمثلة هذه الرواسب تلك التى توجد فى بحيرات ماكاى بالقرب من أوتاوه فى كندا ، وتتكون من رقائق متبادلة ، يصل سمكها حوالى نصف ملليمتر ، من حجر جيرى فاتح اللون ، وطبقات رفيعة من مواد عضوية ذات لون أحمر قاتم وخالية تماماً من كربونات الكالسيوم (الحجر الجيرى) .

٢ – التغيرات المناخية :

من الواضح أن التغيرات المناخية تؤدى إلى نشأة بعض أنواع التطابق غير أن هذه التغيرات تحدث تدريجياً وتمتد على فترة طويلة من الزمن .

٣ – التغيرات فى شدة التيارات :

ترجع معظم الاختلافات فى شدة التيارات إلى العوامل الجوية ، مثل تأثير الرياح وعوامل المد والجذر ، مما يؤدى إلى نشأة بعض أنواع التطابق ، ويظهر ذلك بوضوح فى بعض الرواسب التى تتكون على بعض شواطئ البحار المعرضة لتأثير التيارات والمد والجذر .

٤ – الارتفاع النسبى لمستوى البحر :

يعتقد أن معظم أنواع التطابق تعزى إلى الارتفاع النسبى لمستوى سطح البحر . وتتكون قيعان البحار عند مستوى الترسيب ، وهو السطح الذى لا تترسب فوقه مواد أخرى إلا عندما تتوفر ظروف مواتيه لنشأة مستوى أعلى للترسيب ، ويحدث ذلك نتيجة للإرتفاع النسبى لمستوى سطح البحر أو هبوط مستوى قاع الترسيب . وبهذه الطريقة تتكون طبقة جديدة أو مجموعة من

الطبقات التى تنفصل عن الوحدات الرسوبية القديمة عند السطح السابق للترسيب والذى تكونت فوقه الرواسب الجديدة . ويمثل سطح الانفصال فترة عدم الترسيب التى قد تكون قصيرة جداً ، وفى هذه الحالة تسمى عدم التوافق المحلى أو داياستم (Diastem) أو قد تكون طويلة جداً وحينئذ تسمى عدم التوافق المنتظم أو المتوازى (Disconformity) وتتميز تكاوين الحجر الجيرى المرجانى بتطابق غير منتظم ويرجع ذلك جزئياً لارتفاع مستوى سطح البحر . ويتوقف البناء الرأسى للشعب المرجانية عند مستوى سطح البحر ، فإذا ارتفع مستوى البحر تدريجياً ، ولكن ليس بسرعة كبيرة تمنع الكائنات من الاستمرار فى نموها ، فقد تنمو الشعب رأسياً مرة ثانية .

٥ — نشاط الكائنات العضوية :

إن قيعان المنخفضات المملوءة بالمياه تكون عادة مرتعاً خصباً لنشاط الكائنات الحية وبالتالى لتراكم الرواسب العضوية وهناك عدة عوامل يتوقف عليها ازدهار بعض الكائنات الحية واضمحلال أنواع أخرى ، ومن ضمن هذه العوامل نذكر على سبيل المثال :

(ا) التغيرات فى درجات الحرارة .

(ب) كمية المواد العالقة فى الماء والتى يتوقف عليها درجة تعكير الماء .

(حـ) العمق .

(د) طبيعة القاع .

(هـ) دورات سريان المياه .

(و) درجة الملوحة ومعامل تركيز أيون الإيدروجين .

(ز) الضوء .

وينشأ التطابق نتيجة الاختلاف فى نوعية المواد العضوية التى تترسب تحت ظروف الترسيب المختلفة ، ومن أمثلة ذلك وجود بعض الطبقات

التى توجد بها بقايا نوع معين من الحيوانات بكميات كبيرة بينما يتواجد فى الطبقة التى تعلوها بقايا نوع آخر من الحيوانات .

٦ – ترسيب المواد العالقة :

تترسب المواد العالقة طبقًا لحجم وشكل حبيباتها وثقلها النوعى ، فالحبيبات الأكبر حجمًا وأكثر استدارة وأعلى كثافة ترسب أولا ، بينما الحبيبات الأصغر حجمًا وأقل استدارة وكثافة فإنها ترسب فيما بعد فإذا تمت عملية الترسيب وفقًا للظروف سالفة الذكر ينشأ التطابق فى الرواسب .

ويتميز التطابق فى هذه الحالة بالتدرج الذى يسمى بالتطابق المتدرج فيترسب فى قاع الطبقة حبيبات خشنة كبيرة الحجم ، بينما يتكون السطح العلوى من حبيبات ناعمة دقيقة جدًا وقد يكون ذلك مصحوبًا بتغيير فى لون الطبقات . وقد وجد أن المواد الغروية العالقة فى ماء مقطر ترتب نفسها على شكل رقائق رفيعة وهى فى الحالة العالقة ، وبذلك ينشأ التطابق نتيجة للترسيب على هذه الصورة . ولكن من المستبعد حدوث مثل هذا النوع من التطابق فى المياه الطبيعية ، ولا يعزى لهذا السبب على الإطلاق أى نوع من التطابق فى الصخور بالعمود الجيولوجى المرضح بالجدول (٢) .

جدول رقم ٢

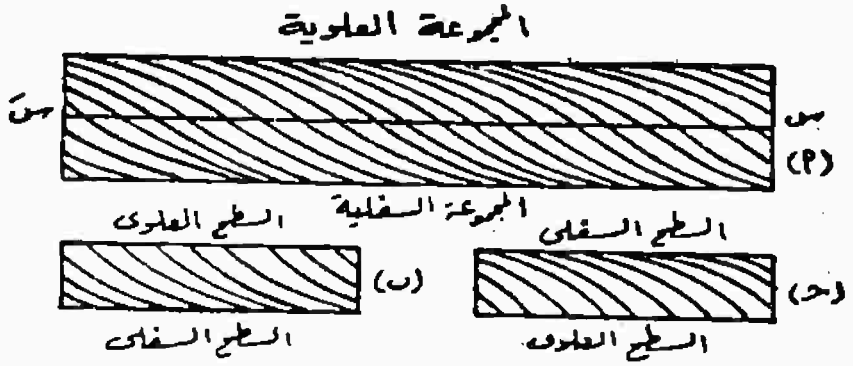
العمود الجيولوجى والمقياس الزمنى للصخور

أحقاب	عصور		العمر التقريبى منذ بداية العصر مقدراً بملايين السنين
حقب الحياة الحديثة	الرباعى	حديث	
		بلايستوسين	
	الثلاثى	بليوسين	
		ميوسين	٧٠
		أوليجوسين	
		أيوسين	
حقب الحياة المتوسطة		كريتامى	١٢٠
		جوراسى	١٥٠
		ترياسى	١٩٠
حقب الحياة القديمة		برمى	٢٢٠
		كربونى	٢٨٠
		ديفونى	٣٢٠
		سيلورى	٣٥٠
		أوردوفيسى	٤٠٠
		كمبرى	٥٠٠
حقب ما قبل الكمبرى	أقدم العصور التابعة لهذا العصر تعرف باسم الأركى	على الأقل	٧٥٠
أصل الأرض		أكثر من	٤٠٠٠

وبإضافة الأملاح الألكتروليتية إلى المواد الغروية العالقة فإنها ترسب على هيئة طبقات دقيقة جداً وينتج عن ذلك ما يعرف بالرقائق . وفى تجربة حلقات « ليزيجانج » يغطى لوح زجاجى بطبقة من الجلاتين مذاب فيها بيكربونات البوتاسيوم ، فإذا أضفنا نقطة من محلول نترات الفضة على اللوح نلاحظ تكون حلقات مركزية حول النقطة ، وتكون الحلقات متقاربة من بعضها بالقرب من المركز ، لكنها متباعدة بعيداً عن المركز وبإضافة محلول من كربونات الأمونيوم تدريجياً إلى مادة صلصالية معلقة فى ماء يحتوى على كمية متوسطة من سيليكات الصوديوم ، فإن كربونات الأمونيوم تنتشر فى المحلول إلى أسفل وينشأ عن ذلك ترسيب حامض السيليسيك الشفاف ، ويحتمل أن بعض التراكيب الرقائقية التى توجد فى المواد الطينية دقيقة الحبيبات يرجع أصلها إلى مثل هذه الخاصية .

٢ ـ التطابق المتقاطع

التطابق المتقاطع أو التطابق الكاذب تركيب مميز للرواسب الرملية ، وينشأ عن ترتيب الرقائق فى مستويات متقاطعة مع سطوح التطابق ، وفى المرحلة الأولية للتطابق المتقاطع تكون الأجزاء العلوية من الرقائق موازية لمستويات التطابق العلوية ، ولكن أثناء النمو المستمر للرقائق الجديدة فإن الجزء العلوى يتلاشى . وفى حالة الرمال الخشنة جداً يحتمل أن تكون الرقائق ذات ميل كبير على السطحين العلوى والسفلى لمستويات التطابق . ويسمى الجزء السفلى المماس لمستوى التطابق بالمجموعة السفلية (Bottom set) ، أما الجزء المائل فيعرف بالمجموعة الأمامية (Fore set) بينما يسمى الجزء العلوى فى حالة وجوده بالمجموعة العلوية (Top set) كما فى شكل (٤) وتتراوح زوايا ميل الرقائق من الحد الأقصى وهو ٤٣° إلى زوايا صغيرة جداً ، وغالباً تكون أقل من ٣٠° . وتختلف زوايا ميل الرقائق باختلاف



(شكل ٤)

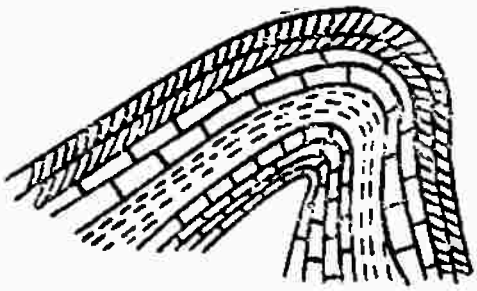
قطاع يوضح التطابق المتقاطع واستخدامه فى التعرف
على التتابع الأصلى للطبقات

(أ) التركيب الأصلى الكامل التطابق المتقاطع .
(ب) تآكل الجزء العلوى إلى السطح س — س' ويظهر التطابق المتقاطع فى الوضع الأصلى للطبقة .
(جـ) شكل التطابق المتقاطع فى الطبقة المقلوبة .

كمية وحجم حبيبات الرمال وسرعة الترسيب ، فتزيد فى حالة ترسيب كميات كبيرة من الرمال الخشنة ، وقد تقل درجة الميل بعد الترسيب نتيجة لعملية التماسك . ويتناسب طول المجموعة العلوية تناسبًا عكسيًّا مع كمية الرمال ، وتتناسب طرديًّا مع شدة التيارات ، وقد يصل طول المجموعة العلوية إلى ٣٠ متراً أو أكثر ، ولكنها تبلغ فى المتوسط ثلاثة أمتار كحد أقصى . ويوجد التطابق المتقاطع بشكل واضح فى تكاوين الحجر الرملى النوبى الذى يغطى مساحات شاسعة من الصحارى الشرقية والغربية بالقطر المصرى ، ويتفاوت عمر هذه التكاوين من العصر الكربونى إلى العصر الكريتاسى (الطباشيرى) .

والتطابق المتقاطع له أهمية كبيرة من الناحية التركيبية ، حيث تكون الرقائق منحنيات مقعرة إلى أعلى ، ونادر جدًّا ما تتواجد المجموعة العلوية وبذلك تصبح الرقائق ذات ميل كبير على السطح العلوى للطبقة . وفيما عدا الرمال الخشنة

جداً فإن المجموعة السفلية تكون مماسة لقاع مستوى التطابق للطبقة ، ونتيجة لذلك فإنه من السهل التعرف على الطبقات التى لا زالت فى وضعها الصحيح وتلك التى تجمدت أو انقلبت كما فى شكلى (٤، ٥). ويوجد التطابق المتقاطع فى جميع البيئات التى تترسب فيها الرمال، ويتوقف وجود هذه التراكيب الأولية المميزة للرواسب الرملية على كمية الرمال المترسبة وعلى شدة التيارات .



(شكل ٥)
العلاقة بين التطابق المتقاطع وطية محدبة (أنتكلين)

وفى حالة الرواسب النهرية يكون للتطابق المتقاطع مركبة مائلة فى اتجاه المصب ، فيما عدا حالة الأنهار التى تتعرض لعوامل المد والجذر والتى قد يوجد بها تطابق متقاطع فى اتجاه المنبع وقد تؤدى الدوامات إلى نشأة تطابق متقاطع على نطاق محلى فى اتجاه المنبع أيضاً . ويتعرض كثير من مجارى الأنهار إلى الالتواء، مما يؤدى إلى نشأة تطابق متقاطع على نطاق كبير فى اتجاه المنبع . والتطابق المتقاطع الذى يتواجد بالمراوح الطمية والمخروطية والدلتا تكون ميولها متشعبة أو متفرعة من مجارى الأنهار. أما فى حالة رواسب البحيرات والبحار فإن التطابق المتقاطع الذى يوجد فى مجموعة متتابعة من الطبقات يكون مائلا فى اتجاهات متعددة ، ويعزى ذلك لاختلاف اتجاه حركة التيارات . وفى حالة الكثبان الرملية فإن التطابق المتقاطع يتبع النظام العام للكثيب، أى تترسب الرمال على أبعاد مختلفة فى المنخفضات والمرتفعات ولكنها تكون فى وضع مائل فى نفس الاتجاه العام كما تكون الرقائق موازية

للاتجاه المقابل للرياح فى الكثبان الرملية .

وينشأ التطابق المتقاطع بفعل المياه والرياح ويتميز كل نوع بالخصائص سالفة الذكر ، غير أنه توجد صفات مشتركة أهمها ما يأتى :

١ ــ تكون الرقائق مماسة لسطوح الترسيب عند القاع وتكون مائلة عند القمة .

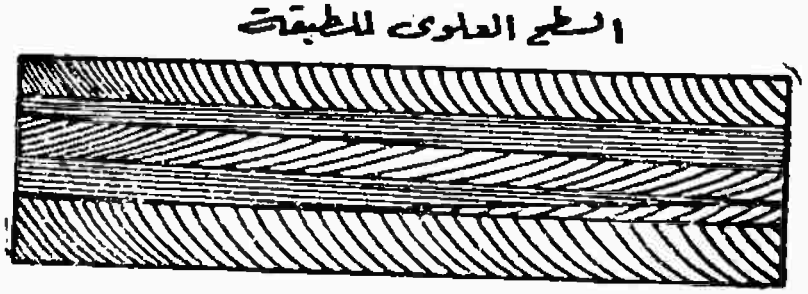
٢ ــ تكون الرقائق متقعرة نحو السطح العلوى .

٣ ــ تكون ميول المجموعات الأمامية متشابهة إلى حد كبير ، وقد تكون هذه المجموعات طويلة .

وهناك اختلافات فى شكل الوحدات التى يوجد بها تطابق متقاطع بفعل المياه أوالرياح . فى حالة التطابق المتقاطع بفعل المياه تكون المستويات التى تحيط بالرقائق متوازية تقريباً كما فى شكل(٦) أما فى حالة التطابق المتقاطع بفعل الرياح ، فإن المستويات المائلة تكون ذات ميل كبير على مستويات الترسيب . وتكون الرقائق على شكل خابور ، إذا نظرنا إليها فى اتجاهين كما فى شكل (٧) . وهناك ثلاثة أنواع من التطابق المتقاطع هى :

١ ــ التطابق المتقاطع فى الحواجز الرملية :

تتحرك الحواجز الرملية على القاع بكميات عظيمة على شكل تلال أو هضاب ، وتكون جوانبها فى المقدمة ذات انحدار شديد، وقد يبلغ ارتفاعها فوق القاع ما بين ثلاثة سنتيميرات وثلاثة أمتار أو أكثر . وأحياناً يصل طول المجموعة الأمامية لأكثر من ثلاثين متراً . وميول المجموعة الأمامية ذات اتجاهات مختلفة ، ولكن يوجد عادة اتجاه عام ناحية الاتجاه السفلى للتيارات . والسطح العلوى يكاد يكون أفقياً ، أما القاعدة فيكون سطحها عادة غير منتظم . ويتكون كل حاجز رملى من طبقة تكون فيها ميول المجموعات الأمامية فى نفس الاتجاه العام للميل، أما الطبقات التالية فإن ميول مجموعاتها الأمامية إما أن تكون فى نفس الاتجاه أو فى اتجاهات خرى



(شكل ٦)

التطابق المتقاطع الناشئ بفعل التيارات المائية

(شكل ٧)

التطابق المتقاطع الناشئ بفعل الهواء

كما فى شكل (٦) ويعتمد ذلك على ظروف الترسيب التى قد تكون فى مياه راكدة أو مياه متحركة فى مجرى النهر .

٢ – التطابق المتقاطع بفعل علامات النيم :

تنشأ علامات النيم من الأمواج والتيارات المائية ، وقد يصحبها أنواع مختلفة من التطابق المتقاطع . وعاملات النيم الناتجة عن التيارات يكون التطابق فيها فى اتجاه مضاد لحركة التيارات ، وقد يصل أقصى طول للموجه وعات الأمامية إلى حوالى ١٥ سنتيمتراً وفى حالة الرواسب النهرية يكون الميل للتطابق المتقاطع فى اتجاه المصب ، بينما فى حالة رواسب المياه الراكدة فإن الميول تكون

متعددة الاتجاهات . والتطابق المتقاطع الناشىء بفعل الأمواج لا يشاهد عادة فى الرواسب غير المتصلدة ، وهى توجد عادة على الأجزاء الخارجية للشعب الرملية .

٣ ـ التطابق المتقاطع فى الكثبان الرملية :

يكون التطابق المتقاطع للكثبان الرملية ماثلا فى اتجاهات تقدم الكثيب الرملى . ويتوقف ميل الرقائق على طبيعة وكمية الرمال وحجم حبيباتها وسرعة الترسيب ، وقد ينشأ عن المدى الشاسع لاتجاه الرياح فى نطاق ضيق اختلاف كبير فى اتجاه ميل المجموعات الأمامية للتطابق المتقاطع ، حيث أن الجوانب التى فى عكس اتجاه الكثيب الرملى تكون عادة مقعرة أو هلالية الشكل فى اتجاه تقدم الكثيب . ولقد أشار العلماء بيدنيل وشوتون وريشى بأن الاتجاه العام للميل فى التطابق المتقاطع يجب أن يكون هو الاتجاه السائد للرياح . والمجموعة المتقدمة تكون عادة طويلة ، وكما سبق الذكر فإن الوحدات ذات التطابق المتقاطع يكون شكلها كالخابور عند رؤيتها فى اتجاهين وبصفة عامة فإن التطابق المتقاطع الناشىء بالرياح يتميز بعدم انتظامه الشديد كما فى شكل (٧) ويعزى ذلك لاختلاف اتجاه الرياح وتعدد عمليات التآكل والترسيب .

٣ ـ عدم التوافق

عدم التوافق أحد الظواهر التركيبية التى يرجع أصلها لعوامل التعرية والترسيب ، بالإضافة إلى العمليات التكتونية ، وقد يتشابه عدم التوافق فى مظهره العام مع بعض أنواع الفوالق ، وتشترك جميع أنواع الصخور من رسوبية وجوفية وبركانية ومتحولة فى ظاهرة عدم التوافق . ومن أهم فوائد عدم التوافق استخدامه فى تحديد تاريخ الحركات البنائية للجبال والحركات

البنائية للمرتفعات والمنخفضات . ويعتبر عدم التوافق ذو أهمية خاصة من الناحية العلمية فى علوم الأرض وخاصة فى الجيولوجيا التاريخية والإستراتجرافى والترسيب ، أما من الناحية الاقتصادية فإن سطوح عدم التوافق تكون تراكيب مناسبة للتجمعات البترولية والغاز الطبيعى وتركيز بعض الرواسب المعدنية الهامة .

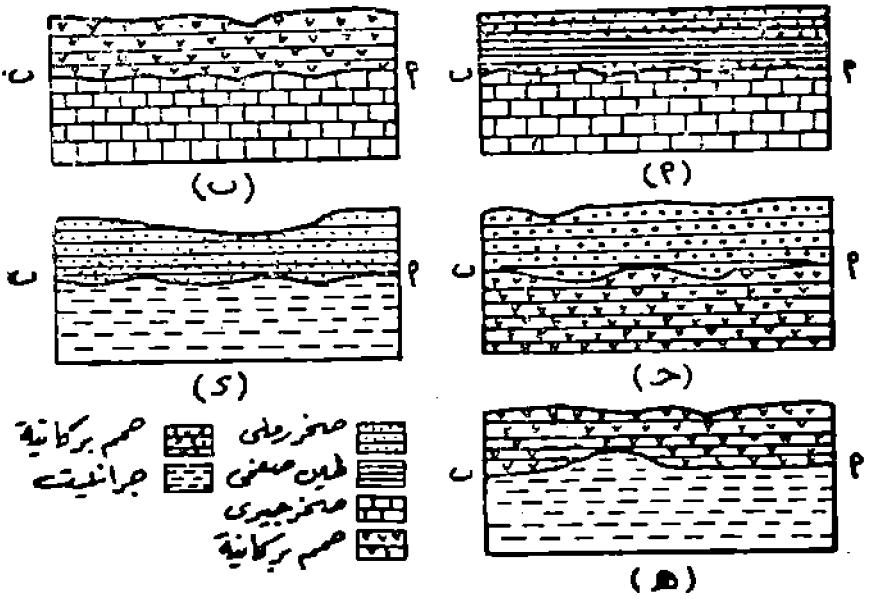
وينشأ سطح عدم التوافق فى معظم الأحيان نتيجة لوجود سطح للتآكل ، أو نتيجة توقف مؤقت لعمليات الترسيب ، ويفصل هذا السطح بين الطبقات القديمة والأحدث عمراً . ولكى ينشأ عدم التوافق يجب أن تتم ثلاث مراحل هى كالآتى :

(ا) تكون الصخور القديمة تحت ظروف وبيئة ترسيبية مناسبة .

(ب) ارتفاع التكاوين القديمة عن مستوى قاع الترسيب مما يسبب توقفاً مؤقتاً للترسيب وتآكلها بعوامل التعرية .

(حـ) ترسيب الطبقات الأحدث عمراً على السطح المتآكل للطبقات القديمة .

وفى شكل (٨) يحدد عدم التوافق بالسطح (ا ب) ، فمثلا فى حالة الشكل (٨ — ا) تكون الصخور التى فوق وتحت سطح عدم التوافق صخور رسوبية إذ بعد ترسيب الحجر الجيرى السفلى ارتفعت المنطقة وتعرضت لعوامل التعرية ثم ترسب بعد ذلك الحجر الرملى العلوى والطين الصفحى أما فى شكل (٨ — ب) فإن الصخور التى تحت سطح عدم التوافق هى صخور جيرية ، بينما الصخور التى فوق سطح عدم التوافق هى صخور بركانية وفى هذه الحالة ترسب الحجر الجيرى أولا ثم ارتفعت المنطقة وتعرضت لعوامل التعرية ثم غطيت بالطفوح البركانية الناتجة من ثوران البراكين وفى شكل (٨ — حـ) يتضح أنه بعد تدفق الصخور البركانية السفلية حدث تآكل ، سواء ارتفعت المنطقة أو لم ترتفع ، ثم تدفقت ثانياً الصخور البركانية العلوية ، أما الشكل (٨ — د) والشكل (٨ — هـ) فهى توضح



(شكل ٨)

سطوح عدم التوافق (أ ب)

(أ) صخور رسوبية (ب) صخور بركانية ورسوبية

(جـ) صخور بركانية (د) صخور رسوبية وجوفية

(هـ) صخور بركانية وجوفية

عدم التوافق فى حالة صخور جوفية تداخلت بالصخور المحيطة ثم تآكلت بعوامل التعرية ، وبعد ذلك تكونت على السطح المتآكل صخور رسوبية أو بركانية .

وتختلف تضاريس سطح عدم التوافق اختلافاً كبيراً ، وفى بعض المناطق تكون الصخور القديمة قد تآكلت لدرجة كبيرة وتكاد تكون مستوية ، بينما فى مناطق أخرى قد يمثل سطح عدم التوافق مرحلة ناضجة فى دورة التآكل قبل ترسيب الصخور العلوية ويتراوح إرتفاع سطح عدم التوافق من مئات إلى آلاف الأمتار .

وهناك نوعان متميزان من عد التوافق ، أولهما عدم التوافق الإقليمى والذى يغطى مساحات شاسعة ، وثانيهما عدم التوافق المحلى ويتميز بأنه على نطاق محدود . وفى عدم التوافق الإقليمى تتداخل الطبقات بطريقة مباشرة أو غير مباشرة على السطح الحالى للأرض ، فإذا حددنا أو رسمنا جميع سطوح عدم التوافق بالعمود الجيولوجى لوجدنا أن سطح الأرض يمتد جانبيًا على أقدم الصخور المعروفة كما أنه يتفرع بصفة تكاد تكون دائمة ، وهناك صعوبات جمة لتقدير المدى الزمنى لعدم التوافق وخاصة فى حالة عدم التوافق المحلى ، وذلك بالاعتماد فقط على المظهر العام لسطح عدم التوافق .

أنواع عدم التوافق

هناك أنواع عديدة من عدم التوافق ويمكن التميز بينهما بالاعتماد على نوع الصخور وتاريخ الحركات الأرضية وأهم أنواع عدم التوافق هى :

(ا) عدم التوافق الزاوى أو غير المنتظم (Angular unconformity)

(ب) عدم التوافق المتوازى أو المنتظم (Disconformity)

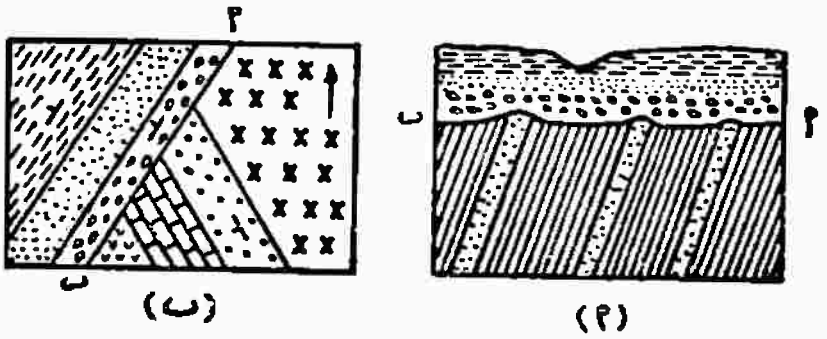
(حـ) عدم التوافق المحلى (دياستم) (Diastem)

(د) اللاتوافق (Non-conformity)

(ا) عدم التوافق الزاوى :

يوضح شكل (٩ — ا) هـذا النوع الشائع من عدم التوافق ، وفيه تكون الطبقات التى فوق وتحت سطح عدم التوافق غير متوازية . ويوضح شكل (٩ — ب) كيفية ظهور هذا النوع من عدم التوافق فى الخريطة الجيولوجية . ويمكن تفسير أسباب وجود عدم التوافق الموضح فى شكل (٩ — ا) إلى المراحل أو الخطوات الآتية :

١ — ترسيب الحجر الرملى والطين الصفحى فى وضع أفقى تقريباً .



(شكل ٩)

عدم توافق زاوى

(أ) قطاع رأسى . (ب) خريطة جيولوجية

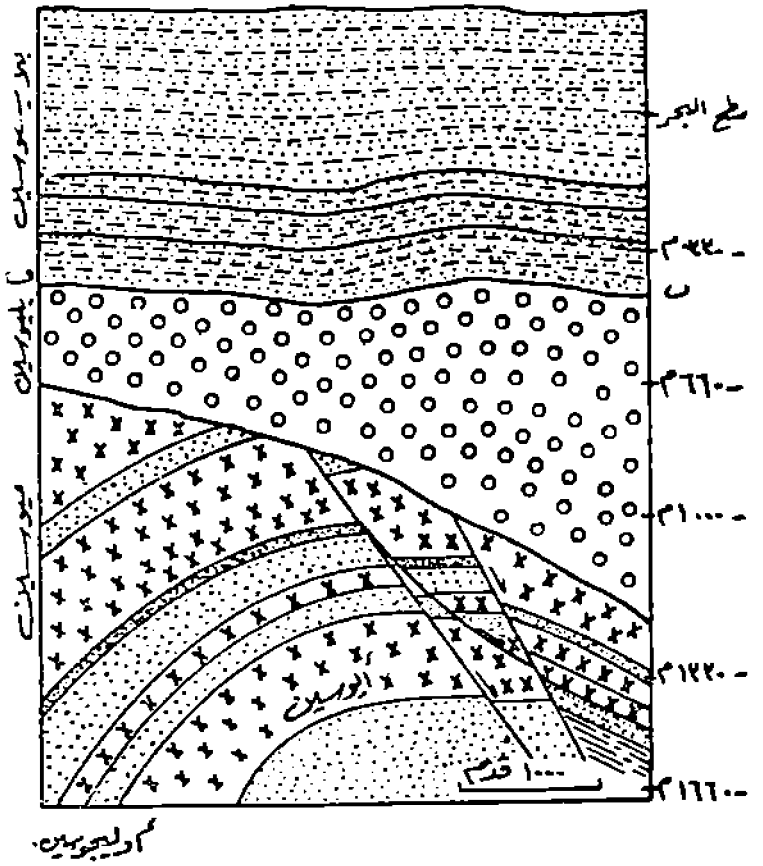
٢ — تأثر المنطقة بالحركة التكتونية مما أدى إلى ميل الطبقات ميلا كبيراً يصل مقداره لحوالى ٧٠° .

٣ — كان من نتيجة الحركات الأرضية العنيفة ارتفاع المنطقة وتعرضها لعوامل التعرية بواسطة مياه الأنهار أو البحار ثم أصبح سطح الصخور مثلا كما فى الشكل بالسطح (أ — ب) .

٤ — تقدم البحر وغطى المنطقة التى تآكلت ثم ترسبت الطبقات الجديدة التى تتكون من الكونجلمرات والحجر الرملى والطين الصفحى . وبالرغم من أن الصخور التى توجد فوق وتحت سطح عدم التوافق هى صخور رسوبية ، إلا أن إحداها أو كليهما قد تكون من صخور بركانية .

وتعتمد الدقة التى يمكن بواسطتها تحديد الزمن الذى تمت فيه الحركات الأرضية على عمر الصخور التى تتواجد على جانبى سطح عدم التوافق . فإذا كانت الصخور تحت السطح (أ — ب) تنتمى إلى العصر البرمى الأعلى ، وكانت الصخور فوق السطح (أ — ب) تنتمى إلى العصر الترياسى الأسفل ، فإن تشوه الصخور يرجع إلى أى زمن فى الفترة المحصورة بين العصر البرمى المتأخر والعصر الترياسى المبكر . ومن الأمثلة الواضحة لعدم التوافق الزاوى

التى تعتمد على نتائج حفـــر الآبار تلك الممثلة فى القطاع المستعرض لحقل بترول كيمريك بكاليفرونيا . ويتضح من شـــكل (١٠) أن سطح عدم التوافق (ا — ا) يفصل بين صخور عصرى الميوسين والبليوسين . وقد تعرضت الصخور الميوسينية لعمليتى الطى والتصدع قبل تعرضها لعوامل التآكل والتعرية الذى نتج عنـــه سطح عدم التـــوافق (ا — ا) ؛ ثم ترسبت بعد



(شكل ١٠)
عدم التوافق على أساس نتائج الحفر
فى حقل بترول كيمريك بكاليفرونيا

ذلك الصخور البليوسينية . أما سطح عدم التوافق (ب ــ ب) فهو يفصل بين صخور البليوسين والبلايستوسين .

(ب) عدم التوافق المتوازى :

فى هـــذا النوع من عدم التوافق تكون التكاوين ، التى تغطى عادة مساحات شاسعة ، على جانبى سطح عـــدم التوافق متوازية كما أنها تمثل فترة زمنية كبيرة ، وتمثل الأشكال (٨ ــ ا ، ب ، حـ) هذا النوع من عدم التوافق المتوازى .

(حـ) عدم التوافق المحلى (دایاستم) :

وهى تشبه لدرجة كبيرة عـــدم التوافق المتوازى ، غير أنها على نطاق محلى أو محدود ، كما أنهـــا تمثل فترة زمنية قصيرة . فى حالة ترسيب الرواسب القارية مثل الحصى والرمال والصلصال ، فإن الأنهار قد تغير مجراها إلى الأمام أو إلى الخلف عبر حوض الترسيب ، فعلى سبيل المثال أثناء الفيضانات ينحر النهر مجراه عشرات الأقدام فى العرض وعدة أقدام فى العمق ، ولكن عندما تقل شدة الفيضانات بعد أيام أو شهور أو سنوات فإن المجرى يمتلىء بالرواسب مرة ثانية ، وبذلك ينشأ سطح لعدم التوافق المحلى الذى يمثل فترة زمنية قصيرة وعلى نطاق محلى أو محدود جداً ويسمى هذا النوع من عدم التوافق (دایاستم) .

(د) اللاتوافق :

أو التباين وهو نوع من عدم التوافق الذى تكون فيه الصخور القديمة ذات أصل نارى أو متحول بينما الطبقات الأحدث عمراً ذات أصل رسوبى .

٤ ـ علامات النيم

تنشأ علامات النيم على سطوح المواد قليلة التماسك بفعل التيارات المائية أو الهوائية . وتتكون علامات النيم المائية بواسطة الأمواج والتيارات فى الرواسب الحبيبية أثناء ترسيبها ، ولا توجد هذه العلامات مطلقاً فى الطين . أما التيارات الهوائية فيتسبب عنها علامات للنيم فى الرمال أو الغبار . وطبقاً للعالم « كندل » تتميز علامة النيم بثلاث ثوابت هى :

طول الموجة (wave length) وهى المسافة الأفقية بين قمتين متجاورتين أو قاعين متجاورين .

السعة (Amp itude) وهى المسافة الرأسية بين قمة وقاع علامة النيم .

معامل علامة النيم (Ripple index) وهو النسبة بين طول الموجة والسعة أى أن :

$$\text{معامل علامة النيم} = \frac{\text{طول الموجة}}{\text{السعة}}$$

أ ـ علامات النيم الناشئة بفعل الأمواج :

تتميز علامات النيم الناشئة بفعل الأمواج والتى تسمى بعلامات النيم الاهتزازية أو علامات النيم المتماثلة بأن لها منحدرات متماثلة وقمم حادة وقاع مستدير كما فى شكل (١١) وقد شرح العالم « جلبرت » ميكانيكية نشأة علامات النيم الإهتزازية . فى أثناء حركة الأمواج تتحرك جزيئات الماء فى مدارات تكاد تكون دائرية على سطح الماء ثم تنتقل هذه الحركة إلى أسفل ، ولكن المدارات الدائرية سرعان ما تتغير إلى مدارات بيضاوية يكون محورها الطويل فى وضع أفقى وبالقرب من القاع فإن الأشكال البيضاوية تكاد تكون

(شكل ١١)

علامات النيم الموجية وعلاقتها بالطابق المتقاطع

(أ) طول الموجة (ب) سمة الموجة

مسطحة وتصبح الحركة متأرجحة إلى الأمام والخلف . وأى بروزات أو نتوءات تتواجد على القاع تحدد السرعات بالتبادل على الجانبين ، وفى النهاية تنشأ مرتفعات ذات منحدرات متماثلة وقمم حادة ، وترتب هذه المرتفعات نفسها بمجرد نشأتها. ويعتمد طول علامة النيم وسعتها على طول الموجة ، وعلى تأثيرها، وعمق المياه . وبمجرد تكون علامات النيم الموجية فإنها تظل تقريباً فى مكانها الأصلى ولا تتقدم للأمام أو الوراء ، كما تظل القمة والقاع ثابته فى موضعها وذلك بشرط عدم زيادة شـــدة الأمواج ، أما إذا قلت شدة الأمواج فإنها لا تؤثر عليها. وتتكون علامات النيم الموجية فى الرمال التى ترسب على قاع الأحواض الترسيبية والتى تؤثر الأمواج على مياهها ، وبالتالى فإن حركة الأمواج تحرك رمال القاع . وتوجد علامات النيم عادة فى رواسب القيعان الضحلة لمعظم البرك والبحيرات أو البحار التى تتعرض مياهها لتيارات شديدة .

أما عمليات دفن وحفظ علامات النيم الموجية فإنها تكون سهلة إذا كانت رواسب الغطاء ترسب من مواد عالقة ، ولكن هذا الحفظ يكون صعباً إذا كانت تيارات القاع تحرك الرواسب وبذلك تدمر تلك التيارات علامات النيم فى زمن قصير وتطمسها رغم تماسكها ، وبذلك يتضح أن سرعة دفن تلك التراكيب من الأمور الضرورية لحفظها . والأمواج الضعيفة لا تدمر علامات النيم الموجية ، ولكن قد ينشأ عنها علامات أخرى للنيم قاطعة للعلامات الأصلية وذلك إذا كانت الأمواج الضعيفة قادرة على تحريك المياه . ومن المعروف أن طول الموجة يزداد من السطح إلى أسفل لأعماق محدودة ثم تقل بعد ذلك إلى أن تختفى . وحيث أن الأمواج الكبيرة لا تتكون فى المياه الضحلة جداً ، فمن

الواضح أن علامات النيم الموجية التى تتكون تحت هذه الظروف تكون طول موجاتها وسعتها صغيرة وطبقاً لمشاهدات العالم « كنديل » فإن المياه التى عمقها أقل من ١٥ سم تتكون فيها علامات نيم تبلغ سعتها ٥ مم أو أقل ، ولكن علامات النيم التى لها هذه الأبعاد قد تتكون أيضاً فى المياه على جميع الأعماق . وتبعاً لذلك فإن علامات النيم الموجية ليست مقياساً حقيقياً للعمق الذى تكونت فيه ، غير أن علامات النيم التى طول موجاتها وسعتها كبيرة تدل على أنها تكونت فى المياه ذات أعماق متوسطة ويتفاوت طول موجة علامات النيم الموجية من ٥ر ٠ سم إلى ٥٠ سم ، ويتراوح غالبيتها بين ٣ سم ، ١٢ سم ، أما سعة الموجة فيتراوح من ١ر ٠ سم إلى ٤ سم ويتفاوت معظمها بين ٥ر٠ سم ، ١ ١/٢ سم ، أما معامل علامة النيم فيختلف من حوالى ٤ إلى ١٠ .

وعلامات النيم الموجية ذات أهمية كبيرة لتحديد اتجاه ووضع الطبقات حيث أن القمة الحادة تتجه إلى الطبقات العلوية ، أما القيعان المستديرة فإنها تتجه إلى الطبقات السفلية ، وبذلك يصبح من السهولة تحديد الطبقات العلوية والسفلية فى التكاوين الصخرية مما يساعد على حل بعض التراكيب المعقدة .

علامات النيم الناشئة بفعل التيارات المائية :

تختلف علامات النيم التيارية عن علامات النيم الموجية بأنها غير متماثلة، وقممها مستديرة كما فى شكل (١٢) وتحت سرعة معينة ، تختلف تبعاً للعمق وصفات الرمال ، فإن التيار ليس فى قدرته تحريك الرمال التى ينساب فوقها ، غير أنه بازدياد سرعة التيار تبدأ بعض الحبيبات فى الحركة . وتختلف شدة التيار اللازمة لتحريك الرمال باختلاف عمق المياه والصفات الطبيعية للرمال . فعلى سبيل المثال تبدأ الرمال الناعمة التى متوسط قطرها ٠٤ر٠ مم وتوجد على عمق ٣ر٠ متر ، الحركة عندما تصل سرعة التيار ٢٦ر٠ متر ، ثانية بينما تبدأ حركة الحصى ، الذى متوسط قطره ٧ مم ويوجد على عمق ٦٦ر٠ متر ، عندما تصل سرعة التيار إلى ٨٦ر٠ متر / ثانية . وعندما تصل شدة التيار

(شكل ١٢)
علامات النيم التيارية المائية والتطابق المتقاطع
(أ) طول الموجة (ب) سمة الموجة

إلى النقطة الحرجة الأولى ، فإنه يبدأ تكون علامات النيم على هيئة مرتفعات ذات انحدار صغير فى اتجاه التيار بينما يكون الانحدار شديداً فى اتجاه عكس التيار ، وتتحرك الحبيبات إلى أعلى فى اتجاه التيار ثم تتحرك ثانياً إلى أسفل فى اتجاه عكس التيار . وقد توجد دوامات فى اتجاه عكس التيار وينشأ عنها أن الحبيبات الدقيقة تتحرك لمسافات قصيرة على المرتفعات فى اتجاه عكس التيار .

وتهاجر علامات النيم التيارية فى اتجاه التيار ، رغم تماسكها فى جميع الأوقات ، وتتحرك نقط الحبيبات العلوية التى توجد فى اتجاه التيار . ويكون الانحدار الشديد لعلامات النيم التيارية فى الاتجاه السفلى للتيار . ويؤدى الاختلاف الكبير فى اتجاه التيارات بالمياه الراكدة إلى نشأة علامات النيم تكون فيها المنحدرات فى اتجاه عكس التيار مائلة فى اتجاهات متعددة والتطابق الرقائقى فى علامات النيم التيارية يكون موازياً للمنحدرات التى فى إتجاه عكس التيارات ، كما تتحدد ميولها تبعاً لسرعة التيارات وكمية الرمال ولكنها لا تزيد عن ٤٣ درجة ويكون مقدارها عادة أقل من ٣٠° . وفى حالة علامات النيم التيارية تتجمع الرمال الخشنة فى القاع ، أما الرمال الناعمة فإنها تتجمع فى القمة وإذا كانت رواسب الرمال كثيرة ، فإن علامات النيم تدفن بعد تكونها وبالتالى تكون علامات جديدة فوق التراكيب السابقة . ويوجد تركيب رقائقى على الجانبين اللذين فى اتجاه التيار وفى عكس هذا الاتجاه ، وتشبه الطبقات كما لو كانت مجمدة تجميداً غير متماثل .

وعلامات النيم التيارية وأشكالها المقلوبة تكون متشابهة ، ومن المستحيل التمييز بينهما من شكلها العام ، غير أنه بفضل الرقائق ذات التطابق المتقاطع والتى تصاحب علامات النيم التيارية وتتواجد على السطح العارى للطبقة فإنه يمكن تحديد الاتجاه الحقيقى للطبقات . وتتكون علامات النيم التيارية فى جميع الأعماق التى تتعرض لتأثير التيارات ، فعلى سبيل المثال تتكون علامات النيم التيارية على أعماق تصل ٢٥٠ متراً ، وعلى ساحل نيو إنجلند على عمق حوالى ٣٠٠ متراً ، — وبالقرب من جزر أزوروس على عمق ٨٠٠ متراً ، وفى بعض القنوات بالقرب من جزر كنارى توجد على عمق ٢٠٠٠ متر ويتضح من ذلك أن علامات النيم التيارية لا تدل على العمق الذى تتكون فيه ، غير أن علامات النيم التيارية الكبيرة لا تتكون فى المياه الضحلة جداً . ويتراوح طول موجة علامات النيم التيارية البسيطة من حوالى واحد سنتيمتر إلى ٢٥ سنتيمتر ، بينما تتفاوت السعة من ٠,٥ سم إلى ٥ سم ، ومعظمها يتفاوت من ٠,٣ سم إلى واحد سنتيمتر ، أما معامل الموجة فيختلف من ٤ إلى ٢٠ ويتراوح فى معظم الأحيان من ٤ إلى ١٠ ، أما طول الموجة فإنها تزداد كلما زادت سرعة التيار .

ونادراً ما تكون التيارات بسيطة ، إذ أن كثيراً من علامات النيم التيارية تكون محصلة تيارات مركبة نتيجة اتحاد تيارين أو أكثر ، وبذلك قد تتكون أنواع معقدة مثل علامات النيم اللسانية (Linguoid) وعلامات النيم معينة الشكل (Rhomboid) وعلامات النيم الاهتزازية المتقاطعة .

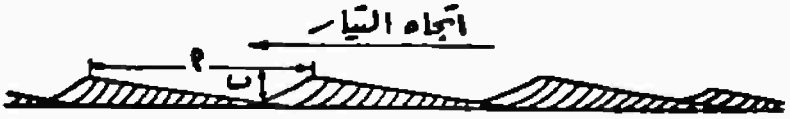
علامات النيم المائية وتركيب الرواسب :

تتكون علامات النيم المائية فى حالة الرواسب المفككة التى توجد على شكل حبيبات دون اعتبار لتركيبها المعدنى . وحيث أن معظم الرمال تتكون من الكوارتز ، لذلك فإن غالبية علامات النيم تتواجد بالرمال وتكون محفوظة فى الصخور الرملية (الكوارتيزية) ولكن كثيراً من الشواطىء وقيعان البحار قد

تكون مغطاة برواسب حبيبية من الكلسيت والأراجونيت أو الدولوميت ومثل هذه الرواسب تحتوى على علامات النيم والتى تشبه تلك التى توجد بالصخور الرملية الكوارتيزية تحت نفس الظروف . وكثير من الصخور الجيرية بالعمود الجيولوجى يوجد بها علامات النيم الكبيرة والتى يتراوح طول موجاتها من ٠,٣٣ متر إلى ٢ متر ، وتختلف فى درجات تماثلها ، كما أن قممها تكون مستديرة . ويتضح من ذلك أن علامات النيم التى تتكون تحت هذه الظروف تكون مركبة وقد أسهمت فى نشأتها الأمواج والتيارات المائية .

علامات النيم الهوائية :

تتكون علامات النيم الهوائية دائماً من النوع المبنى بالتيارات وغير متماثلة ، ويكون ميلها أقل فى اتجاه الريح وذات انحدار كبير فى عكس اتجاه الريح كما فى شكل (١٣) . وتنشأ علامات النيم الهوائية فى أى مادة مفككة مثل

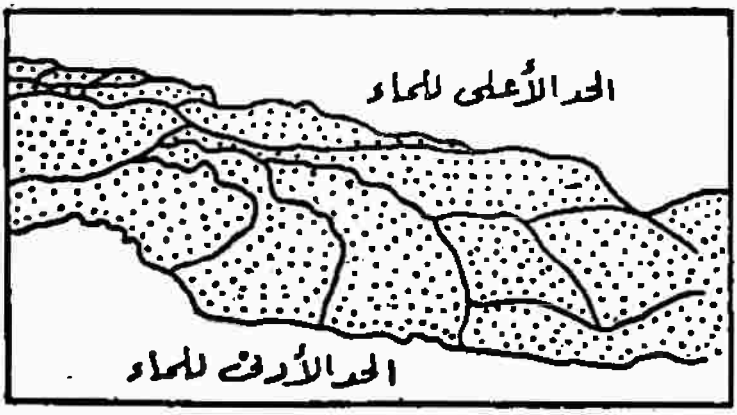


(شكل ١٣)
علامات النيم التيارية الهوائية والمطابق المتقاطع
(أ) طول الموجة (ب) سمة الموجة

الغبار والرماد والرمال والثلج ، ولكن غالبيتها ذات صلة وثيقة بالكثبان الرملية . وتختلف طول الموجة وسعتها باختلاف سرعة الرياح وحجم حبيبات الرمال ، فيزيد طول الموجة من ٥ سم إلى ١٠ سم . أما معامل موجات النيم الهوائية فيتفاوت من ٢٠ إلى ٥٠ . وفى حالة بعض الرمال الخشنة توجد موجات يصل طولها حوالى ٢٥ سم أو أكثر . ونادراً ما تلاحظ علامات النيم الهوائية بالعمود الجيولوجى ولكن العالم « ما كاى » فى عام ١٩٣٤ ذكر وجود علامات النيم الهوائية فى بعض الصخور الرملية التابعة للعصر البرمى فى أريزونا بأمريكا .

٥ ـ علامات الموج

علامات الموج عبارة عن نتوءات منخفضة جداً وضعيفة ، وتوجد على طول الشواطىء الرملية ، ويصل ارتفاعها عادة لحوالى ١½ سم أما عرضها فيبلغ ٣ سم أو أكثر . وتتكون هذه العلامات على الحدود العليا للأمواج عند تلاطمها على الشاطىء . وعندما تتراجع مياه الأمواج عن الشاطىء فإن كل موجة تدمر كل علامات الموج السابقة وتبنى علامة خاصة بها . ونتيجة لهذه العملية فإننا نلاحظ أن علامات الموج تقطع ما يتلوها من علامات أعلى على الشاطىء كما فى شكل (١٤) وهذه العلامة قد تساعد فى التعرف على اتجاه وجود الرواسب بالنسبة للرواسب التى تماسك وقت ترسيبها .



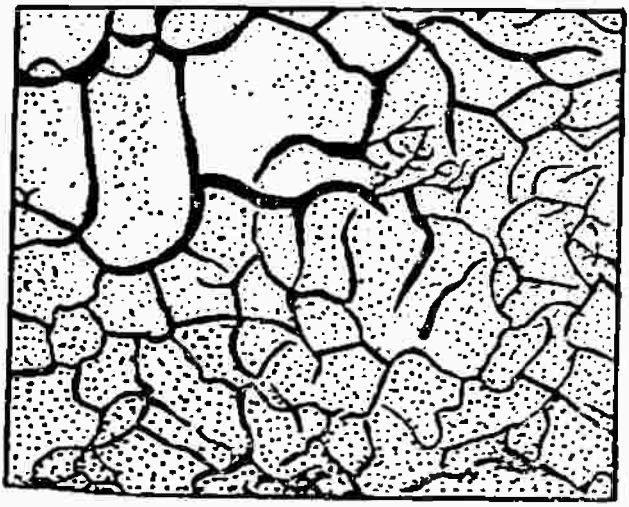
شكل (١٤)
علامات الموج

٦ ـ علامات الغدير

توجد هذه التراكيب على الشواطىء وهى تنشأ نتيجة تفرعات صغيرة مثل فروع الشجر عندما تتراجع الأمواج العالية أو تنحسر مياه المد والجزر عن الشاطىء . والمواد الرملية والطينية التى توجد على الشاطىء عندما تغطيها المياه تصبح مشبعة بالماء ، ولكن عند انخفاض منسوب الماء ينساب من على سطح الرواسب إلى مستويات منخفضة ، وينشأ عن ذلك قنوات صغيرة تكون عادة على شكل فروع الأشجار . ويتفاوت عرض علامات الغدير من ٢ مم إلى ١٠ مم ، أما طولها فقد يصل لأكثر من نصف متر ، ويصل عمق القنوات لحوالى ملليمتر واحد . وهذا النوع من العلامات الشجرية قد يوجد فى بعض رواسب العمود الجيولوجى ، بالرغم من ضآلة الظروف الملائمة لحفظ هذه التراكيب .

٧ ـ التشققات الطينية

تنشأ التشققات الطينية ، شكل (١٥) ، التى تعرف أيضاً بالتشققات الشمسية أو التشققات الانكماشية : عندما تفقد الرواسب ما تحتويه من ماء . وتحاط التشققات بأشكال متعددة الأضلاع تختلف فى عدد أضلاعها وفى الزوايا بين هذه الأضلاع . وتعتمد الاتجاهات والمسافات بين الأضلاع على صفات وسمك الرواسب ؛ وسرعة الجفاف ، وتوزيع الشوائب فى الطين ، ودرجة التطابق ، وملوحة المياه التى تكونت فيها الرواسب ، وصفات وكمية المياه بالرواسب السفلية . ونادراً ما تكون التشققات مستقيمة وقد تحاط بعدد من الأضلاع يتراوح من ٣ إلى ٨ ولكنه غالباً يتفاوت من ٣ إلى ٥ .



(شكل ١٥)
التشققات الطينية

وتتكون التشققات الطينية فى جميع الرواسب المتماسكة لدرجة كافية والتى تتعرض لعوامل الجفاف . ويدل وجود التشققات الطينية فى الغالب على وجود ظروف مناسبة للجفاف أثناء تكون الراسب، غير أن بعض الرواسب الطينية قد تتشقق تحت ظروف معينة وهى مغطاة بالماء . وقد يتكون طابع للتشققات الطينية على السطح السفلى للرواسب التى تتكون فوقها مباشرة ، وهذه الطوابع قد تنشأ فى رواسب لا تتكون بها تشققات طينية ، كما أنها تختلف عن التراكيب الأصلية بأنها على هيئة نتوءات بارزة بدلا من المنخفضات التى تميز التشققات الطينية الأصلية .

ويتحدد موضع التشققات الطينية بأشياء أو مواد أو ظروف توجد بالطين وتقلل من تماسكه مثل وجود قطع صغيرة من الخشب أو القش أو الشعر أو مواد نباتية . ويحتمل أن يؤدى وجود ثقوب بالطين إلى نشأة تشققات متعددة ومتشعبة للخارج ، كما تمتد الشقوق فى الاتجاهات الأقل تماسكا . والتشققات

التى تتكون ميكراً تكون عادة أكثر طولا وعرضاً وعمقاً عن التشققات التى تتكون متأخرة . وإذا كان الطين متجانساً وله سمك منتظم وخال من المواد الغريبة والشوائب فإن التشققات التى تنشأ به تكون عادة على هيئة أشكال سداسية منتظمة .

ويتوقف عرض التشققات الطينية على صفات وسمك الطين ، ووفرة الشوائب والمواد الغريبة فى الطين ، ونظام تكوينها . وتكون التشققات أكبر عرضاً فى الطبقات الطينية السميكة ، أما الرواسب الطينية الرقيقة فتكون تشققاتها متقاربة . والرواسب الطينية التى تحتوى على مواد جيرية أو رملية تكون بها تشققات طينية متقاربة . وهناك اعتقاد بأن الجفاف البطىء يؤدى إلى تقارب فى التشققات الطينية ، أما الجفاف السريع فيؤدى إلى عكس ذلك .

وتوجد التشققات الطينية بدرجة أكبر فى الرواسب القارية وبدرجة أقل فى الرواسب البحرية ، كما قد تنشأ فى سهول بعض الصحارى . وتتوفر أفضل الظروف لنشأة التشققات الطينية فى السهول الفيضانية والدلتا بالمناطق شبه القارية وغير المغطاة بالأشجار والنباتات فى أثناء مواسم انفيضان تنغلى السهول الفيضانية والدلتا بالماء وترسب طبقات من الطين ، وعندما تنحسر المياه تجف الرواسب وتتكون تشققات من أنواع مختلفة تتفاوت من الأنواع الكبيرة المتباعدة فى طبقات الطين السمكية إلى التشققات الصغيرة المتقاربة ذات المنحنيات فى طبقات الطين الرقيقة .

والتشققات الطينية لها أهمية كبيرة من الناحية الجيولوجية بالإضافة إلى أنها تساعد فى التعرف على بيئة الترسيب ، وقد يؤدى تكرار تشقق الرواسب إلى تدمير التطابق وتحول الرواسب الطينية إلى كتلة متجانسة غير متطابقة أو إلى بريشيا نتيجة للجفاف . وقد تساعد التشققات الطينية على حل بعض التراكيب المعقدة ، إذ أن التشققات تمتلىء بالرواسب التى تغطيها والتى تختلف عادة فى الصفات عن الرواسب الأصلية مكونة نتوءات تدل على إتجاه قاع الطبقات التى تتواجد بها التشققات ، وبذلك يمكن بسهولة تحديد الوضع الحقيقى للطبقات .

٨ – التشوه المعاصر (المتزامن) للرواسب

هناك اهتمام متزايد بدراسة تشوه الصخور غير ناضجة التكوين ، نتيجة للقوى التى ليست لها علاقة بالحركات الأرضية . وهناك عدة عوامل تؤدى إلى تشوه الصخور اللينة بعد ترسيبها ومن أهم هذه الأسباب ما يأتى :

(ا) الانزلاق .

(ب) التماسك .

(حـ) إنسياب الرواسب للضغوط الرأسية من الصخور العلوية .

(د) الاندفاع بالعوامل السطحية.

(هـ) إعادة التبلور .

(ا) التشوه الناشىء بالانزلاق :

يحدث الانزلاق بالرواسب التى ليس لها أساس كاف . وقد يعزى ذلك إلى الترسيب على سطوح شديدة الانحدار ؛ أو زيادة كبيرة فى مقدار الرواسب على نطاق ضيق مما يؤدى إلى نشأة سطح شديد الانحدار ، أو إزالة صخور الغطاء نتيجة لعوامل التعرية . أو هبوط مستوى الماء الأرضى . أو ذوبان الجليد . ويتزايد احتمال الانزلاق كلما زادت كمية المياه فى الرواسب نتيجة لزيادة احتمالات الحركة وقد يحدث الانزلاق فوق سطح الأرض أو تحت سطح الماء .

وقد تترسب الرمال غير المستديرة على منحدرات تصل زاوية ميلها إلى ٤٣° ، بينما تترسب الرمال المستديرة على مستويات أقل انحداراً تصل ٣٨° ، ولكنها لا تبقى فى موضعها إلا إذا كان تماسك الرواسب منتظماً على جميع أجزاء المنحدر ، إذ أن أى هزات خفيفة يتسبب عنها بدء الحركة والانزلاق . أما المواد الصلصالية فهى لا تترسب مطلقاً على المنحدرات التى تزيد عن

٣٠° ، لأن أى حركة بسيطة جداً تسبب انزلاقها . وكثير من حالات انزلاق الرواسب التى تحتوى على الصلصال معروف فى رواسب ذات إنحدار يتراوح من ١٠ إلى ١٥° ، ومن الأمثلة على ذلك أن انزلاقاً كبيراً قد حدث فى بحيرة تزوجر بسويسرا فى رواسب صلصالية يتراوح سمكها بين متر إلى ١٢ متراً وعرضها ٢٥ متراً وامتدادها يصل إلى عمق ٤٥ متر من الشاطئ ومترسبة على إنحدار قدرة ٢½° . وترسيب الرواسب تحت سطح الماء يحدث على سطوح يتفاوت ميلها من صفر إلى حوالى ٩٠° ، وقد تعزى الانحدارات الشديدة نتيجة للترسيب أو النشاط البركانى تحت سطح الماء أو الحركات التكتونية . وهناك مساحات شاسعة من قيعان البحار بالقرب من جزر الهند الغربية والشرقية واليابان وجزر الفلبين ومناطق أخرى توجد بها سطوح ترسيب انحداراتها شديدة نتيجة النشاط البركانى والحركات التكتونية .

والترسيب السريع على النطاق المحلى يوجد على الأجزاء الأمامية للدلتا ، وخاصة تلك التى تترسب فى مياه هادئة غير معرضة لعوامل المد والجذر وبها أمواج وتيارات ضعيفة ، وبذلك يزداد ثقل الرواسب مما يؤدى إلى إنزلاقها . ويحدث الانزلاق أيضاً على نطاق كبير حول الشعب المرجانية ، حيث تبنى الصخور العضوية عادة على منحدرات شديدة مما يساعد على الانزلاق . وفى حالة الأنهار فإن شق المجرى وملئه بالرواسب يساعد على تكون منحدرات على جوانب الأجزاء العميقة مما يساعد على انزلاق الرواسب . وينشأ عن انزلاق الرواسب البحرية الظواهر الآتية :

١ — تصبح الرواسب ، التى كانت فى الأصل على أعماق قليلة ، بعد إنزلاقها على أعماق أكبر .

٢ — زيادة سمك الرواسب وعدد الطبقات بعد الانزلاق .

٣ — قلة سمك الرواسب وعدد الطبقات فى المواضع التى يبدأ عندها الانزلاق .

٤ – تغيير ترتيب الطبقات إذ تصبح صخوراً قديمة واقعة فوق صخور أحدث عمراً .

٥ – نشأة عدم توافق محلى .

٦ – تتواجد الرواسب والحفريات المميزة لأعماق ضحلة على أعماق أكبر .

ويؤدى الانزلاق إلى نشأة طيات مقفولة غير متماثلة ومتعاوبة فى الرواسب التى توجد أسفل الانزلاق ، بينما تتكون طيات مفتوحة غير متماثلة فى الرواسب التى توجد على السطح العلوى للانزلاق ، كما أن مستويات محاور الطيات تكون فى اتجاه الانحدار . وفى نفس الوقت يحدث شد على محاور الطيات مما يؤدى إلى نشأة بعض الفواصل . والصور النهائية للتشوه نتيجة للانزلاق تعتمد على عدة عوامل أهمها ما يأتى :

(ا) سمك الطبقات المشتركة فى عملية الانزلاق .

(ب) نوع وصفات الرواسب .

(حـ) نوع الطبقات التى تقع تحت وعلى جوانب الرواسب المنزلقة .

(د) درجة ميل سطح الترسيب .

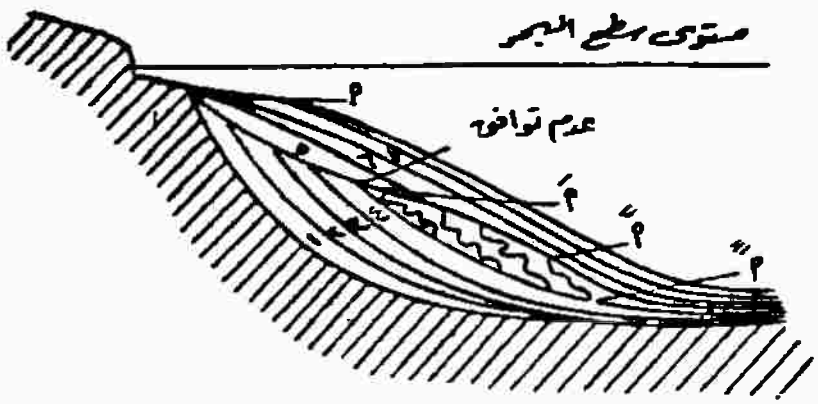
وإذا كانت الرواسب المنزلقة متماسكة لدرجة ما ، فإنه يحتمل أن تتهشم مكونة بريشيا انزلاقية وإذا تواجدت حبيبات كبيرة مفككة بالرواسب فإن الانزلاق يتسبب فى تركيز هذه المواد فى مكان يختلف عن الصخور الرسوبية المحيطة بها وبذلك تتكون صخور كونجلمرات قاطعة لمستويات التطابق الأصلية . وبعد عملية الانزلاق فإن عوامل التآكل تحت سطح الماء قد تؤدى إلى تسوية سطح الصخور المنزلقة ، والتى تترسب عليها صخور أخرى فى عدم توافق كما يتضح فى شكل (١٦) .

(ب) التشوه الناشئ بالتماسك :

يحدث التشوه بالتماسك نتيجة لترسيب الرواسب على أجسام صلدة كما هو الحال فى التلال المدفونة أو الشعب المرجانية أو علصات من الحصى

والرمال كما فى شكل (١٧) ويعزى التماسك أساساً إلى طرد الماء ، ومحاولة الوصول لدرجة أعلى من تقارب الحبيبات واندماجات جديدة للرواسب . وقد يحدث التشوه نتيجة للتماسك فى جميع أنواع الرواسب ولكنه يتواجد بدرجة ضيئلة فى الرواسب التى تتكون من أصداف الحيوانات والرمال والمواد المفككة الخشنة ، بينما يكون التشوه الناشىء عن التماسك ذا أهمية كبيرة فى الرواسب دقيقة الحبيبات مثل الصلصال والطمى والطين الجيرى .

والتلال أو الشعب المرجانية المدفونة وكذلك عدسات الرمال والمواد المفككة الخشنة لا تتعرض للتماسك ، أما الرواسب دقيقة الحبيبات التى تترسب فوق أو حول تلك التلال فإنها تتماسك لدرجة كبيرة . وينتج عن ذلك أن الصخور سهلة التماسك التى تغطى صخوراً عديمة التماسك تصبح بعد تماسكها مقوسة على شكل طيات محدبة ، أو قباب تتوقف صورتها النهائية على شكل التلال المدفونة وتسمى مثل هذه الطيات بأنها طيات التماسك وقد تغطى مساحات



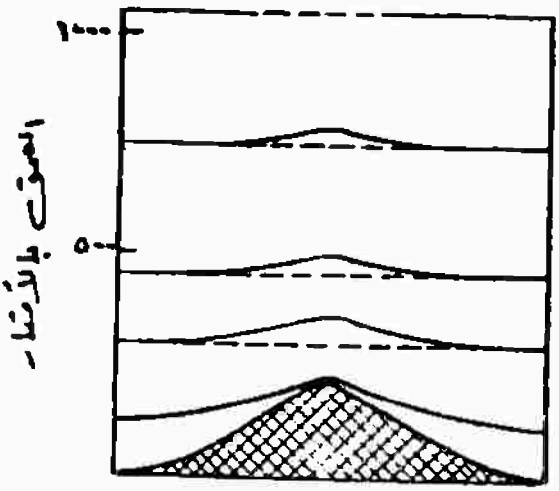
(شكل ١٦)

رسم تخطيطى يوضح تأثير الانزلاق على الرواسب

أ – أ' = سطح بداية الانزلاق .

أ' – أ'' = الانزلاق بعد التآكل .

أ'' – أ''' = السطح الذى تم عليه الانزلاق .



(شكل ١٧)

تماسك غير منتظم لطبقات من الصلصال يوجد تحتها
هضبة من صخور متماسكة مما أدى إلى نشأة طية محدبة

كبيرة للطبقات العلوية التى تغطى التلال المدفونة الصلدة . وبما أن طيات التماسك تعزى إلى التضاريس القديمة أو طبوغرافية قيعان البحار والمحيطات أو التلال والشعب المدفونة أو لوجود وحدات رسوبية عديمة التماسك ؛ فإنه ينتج من ذلك أن تلك الطيات ليس لها نظام معين وذلك على عكس الطيات الناشئة لتعرض الصخور للحركات الأرضية .

(ح) التشوه الناشئ بانسياب الصخور :

إن تراكم الرواسب ينشأ عنه حمل على الصخور السفلية ، فإذا ازداد مقدار الحمل تفاضليًا فى مكان معين (أى يختلف من موضع لآخر) ، فإن الرواسب دقيقة الحبيبات تتحرك إلى الخارج تحت الأجزاء التى يكون فيها الحمل أكبر ما يمكن إلى المناطق ذات الحمل الأقل ، وينتج عن ذلك تجعدها وطيها . وتبقى الشعب المرجانية على رواسب لينة تتعرض لضغوط

رأسية من أعلى إلى أسفل مما يؤدى إلى انسياب الرواسب الليّنة . وتنشأ القباب الملحية من الرواسب التبخيرية نتيجة انسيابها اللدن تحت تأثير الضغوط الرأسية للرواسب العلوية وقد يصاحب نشأة هذه القباب تراكيب معقدة ناتجة عن الانسياب اللدن للصخور .

(د) التشوه الناشىء عن الاندفاع بالعوامل السطحية :

من المعروف أن تشوه الرواسب على نطاق كبير قد يحدث نتيجة إندفاع الصخور بواسطة الثلاجات والجبال الثلجية والكتل المنزلقة على الأرض والصخور وينشأ عن التشوه صخور من البريشيا وطيات مقلوبة وفوالق ، بالإضافة إلى طيات بسيطة قد تتكون فى المناطق البعيدة ، وقد يكون التشوه شديد التعقيد كما فى شكل (١٨) . والاندفاع الناشىء عن بحر الجليد العالم فى وقتنا الحالى

شكل (١٨)

تشوه الرواسب نتيجة اندفاع الثلاجات

قد يؤدى إلى تشوه الرواسب السفلية التى تقع مباشرة تحت الجليد . ومن البديهى أن التشوه ينشأ فى طبقات معينة ، قد تكون طبقة واحدة أو أكثر ، فى صورة أنواع مختلفة من الطيات والفوالق . والصلصال الثلجى لبحيرات عصر البلايستوسين يوجد به تشوه واضح بفعل الجليد العالم . وقد ينشأ تشوه محدود نتيجة لاندفاع جليد البحيرات على الشواطىء ورواسب القيعان الضحلة ، ويأخذ التشوه عادة صورة الطيات والفوالق .

(هـ) التشوه الناشيء من إعادة التبلور والعوامل الأخرى :

يعزى التشوه لإعادة التبلور إذا كانت المعادن الجديدة أكبر حجماً من المعادن القديمة مثل تحول الأراجونيت إلى كلسيت ويكون ذلك مصحوباً بزيادة فى الحجم قدرها ٨,٣٥ فى المائة . وكذلك أيضاً تحول الأنهيدرايت إلى جبس ويكون مصحوباً بزيادة فى الحجم قدرها ٦٣ فى المائة . ويوجد هذا النوع من التشوه بدرجة واضحة فى الرواسب الملحية فى ستاسفورد بألمانيا ، وكذلك فى رواسب الجبس والأنهيدرايت فى نيوبرونزويك بكندا . وفى هذه الحالات يأخذ التشوه صوره مصغرة لطيات محدبة ومقعرة تتراوح فى أبعادها من ١٢ سم إلى ٢٠ سم والرواسب التبخيرية التى تنتمى إلى العصر البرمى يوجد بها أيضاً تراكيب مشابهة ولكن بدرجة أكبر . وجدير بالذكر أن التشوهات الناتجة من تحول الأراجونيت إلى كلسيت غير معروفة .

وهناك عوامل أخرى للتشوه مثل استخراج الخامات المعدنية والفحم والمواد الأخرى من المناجم والمحاجر ، واستنفاذ حقول البترول وموارد المياه الأرضية والتى قد تؤدى إلى انهيار الصخور وتشوه الطبقات العلوية والمجاورة . وتحدث نفس الظاهرة فى الكهوف الناتجة بفعل المحاليل التى تذيب الصخور سهلة الذوبان مثل الملح الصخرى ، مما يؤدى إلى حالة عدم توازن ميكانيكى بين الصخور التى تتعرض للتشوه . وعلى سبيل المثال نذكر أن بعض الطبقات التى تحتوى على رواسب تبخيرية قد تتشوه لدرجة كبيرة مكونة طيات محدبة ومقعرة يصل عرضها حوالى ٥٠ متراً وارتفاعها ٦ أمتار أو أكثر . وتعزى هذه التشوهات أساساً إلى فعل المحاليل .

بعض صفات التشوه المعاصر للرواسب :

١ — لا توجد علاقة بين الترتيب المتوازى للمعادن « التورق » والتشوه المعاصر للرواسب .

٢ – يكون التشوه محصوراً فى المنطقة غير المتزنة ميكانيكيًّا أما الصخور التى توجد أعلى وأسفل هذه المنطقة فلا تتأثر بالتشوه .

٣ – قد تكون التشوهات المعاصرة مشطوفة (Bevelled) إما من أعلى أو من أسفل ، كما قد توجد ظاهرة عدم التوافق .

٤ – تكون التراكيب بسيطة أو معقدة ، كما توجد تراكيب معكوسة فى نفس الطبقات على مدى مسافات قصيرة .

٥ – تمتلىء الفجوات الناتجة عن التشوه برواسب الصخور التى تحركت وليس بالمواد الناتجة بالترسيب من المحاليل .

٦ – وجود حدود فاصلة غير محددة بين الكتل المتحركة على سطوح الفوالق وقد يظهر بالطبقات ظاهرة السحب .

٧ – عدم تشوه بعض الأجسام الصلبة مثل المحارات أو حبيبات كبيرة مفككة .

٩ – الدرنات الصخرية

الدرنات الصخرية عبارة عن تجمعات من مواد رسوبية غير عضوية فى رواسب أخرى ، وكثير منها يحتوى على نواة ، أما تركيبها الداخلى فيكون عادة مركزيًّا . وتكون الدرنات عادة ذات تركيب بطروخى وباذلائى ؛ (أو حمصى) . وتوجد الدرنات فى جميع تكاوين الصخور الرسوبية غير المتحولة من أقدمها إلى أحدثها . وتنشأ الدرنات بطرق متعددة ونتيجة لذلك فإن لها أهمية خاصة من الناحية الترسيبية . وتختلف الدرنات الصخرية اختلافاً كبيراً فى تركيبها ونادراً ما تتكون من مادة واحدة . وتتكون معظم الدرنات من الكلسيت والسيليكا والهماتيت والليمونيت والسيديريت والبيريت والماركازيت والجبس والباريت والأراجونيت وأكاسيد المنجنيز وفوسفات الكلسيوم والفلوريت والبوكسيت وغيرها .

والدرنات السيليسية تكون غالباً على هيئة صوان وتشيرت وقليل منها من الكالسيدونى وكثيراً منها من الطمى السيليسى والرمال التى تماسك عادة بمواد

لاحمة من السيليكا أو الكربونات . وتوجد درنات الصوان والتشيرت عادة فى الصخور الكربوناتية مثل الصخور الجيرية ، أما درنات الطمى السيليسى والرمال فتوجد عادة بالطمى والصخور الرملية . وقد وصف العالم برونل درنات من الكوارتز فى رواسب من الجبس والأنهدرايت .

ودرنات أكاسيد الحديد شائعة الوجود فى كثير من الصخور الرملية وتتكون من رمال كوارتيزية تتماسك بمواد لاحمة من الهماتيت والليمونيت . وتتكون درنات أكاسيد الحديد أيضاً فى رواسب بعض البحيرات وفى التربة وخاصة تلك التى تتكون من اللاتيرايت وقد توجد أيضاً فى بعض الصخور الجيرية . أما درنات السيدريت فتوجد عادة بالصلصال الذى يحتوى على نسبة عالية من المواد العضوية، وتكاد تكون غير نقية على الإطلاق ، ويكون الحديد فى الأجزاء الخارجية على هيئة أكاسيد . ودرنات البيريت والماركازيت تتكون أساساً من تجمعات بلورية ذات تركيب شعاعى وشكل كروى ، ويوجد هذا النوع من الدرنات بالرواسب التى تحتوى على نسبة عالية من المواد العضوية كما توجد بوفرة فى بعض أنواع الفحم والطين الصفحى البحرى ذات اللون الأسود.

وتوجد درنات الجبس فى الطين الصفحى والصخور الرملية على هيئة كرات إسفنجية ذات أحجام صغيرة ، ولا يزيد قطرها عن ٥ سم . وتتكون درنات الباريت والتى تسمى « الورد المتحجر » من تجمعات بلورية من الباريت الذى يكون مادة لاحمة للرواسب التى تتواجد فيها درنات الباريت .

وأكاسيد المنجنيز على هيئة بسيلوميلين (psilomelane) أو الواض (Wad) تكون درنات برواسب المنجنيز الثانوية . كذلك توجد عقد من أكاسيد المنجنيز فى قيعان البحار الحالية وكثير منها يتكون من رواسب أخرى بها مواد لاحمة من أكاسيد المنجنيز وبعضها يحتوى على نواة من صخور أخرى أو مواد عضوية .

وتتراوح أبعاد الدرنات من أقل من واحد ملليمتر فى القطر من البطروخيات إلى كتل كبيرة كروية الشكل يصل قطرها لأكثر من أربعة أمتار وأشكال تشبه كتل الخشب ويصل طولها أكثر من ثلاثين متراً . ويعتقد أن الدرنات الكبيرة تتكون بصفة خاصة فى الصخور الرملية وكذلك فى الطين الصفحى أما

الدرنات التي تنشأ بالصخور الجيرية والتي تتكون عادة من الصوان والتشيرت فيصل قطرها إلى مترين أو أكثر .

ويختلف شكل الدرنات الصخرية اختلافاً كبيراً ، فبعضها يشبه الحيوانات والنباتات وبعض الأشياء التي يصنعها الإنسان مثل الحلقات والقنابل وغيرها . ومعظم الدرنات ذات أشكال بيضاوية أو كروية أو قرصية وأحياناً إسطوانية أو شجرية كما قد تكون ذات أشكال غريبة غير منتظمة . ويختلف سطح الدرنات أيضاً بدرجة كبيرة ، فبعضها ذات سطوح مستوية ملساء ومميزة عن الصخور المحيطة بها ، بينما نجد الأخرى لها سطوح خشنة وغير منتظمة وتتدرج بالصخور المحيطة كما أن السطوح العلوية لبعض الدرنات قد تحتوى على خدوش .

أما التركيب الداخلي للدرنات الصخرية فقد يكون مركزيًّا أو رقائقيًّا أو إشعاعيًّا أو غير متبلور . وبعض الدرنات تتميز بتركيب داخلي رقائقي مركزي ، وتكون بعض الرقائق ذات تركيب شعاعي ودرنات البيريت والماركازيت والكالسيت تكون عادة ذات تركيب شعاعي . وتتميز بعض الدرنات أحياناً بتركيب رقائقي أفقي والتي يعتقد أنها تمثل مستويات الترسيب ، ويوجد هذا النوع من الدرنات عادة بالصخور الرملية وأحياناً بالطين الصفحي والصخور الجيرية . وفي بعض الأحوال تتميز بعض الدرنات الصخرية بتركيب البنية المخرطية المتداخلة ، وقد تحتوى كثير من الدرنات على نواة تتكون من معادن مختلفة أو قطع من هياكل الحيوانات أو القشريات أو مواد عضوية .

١٠ ـ الدرنات الشعاعية

كثير من الدرنات التي تتكون عادة من الكلسيت تحتوى على شقوق أو عروق تمتد من السطح الخارجي إلى الداخل وتكون هذه الشقوق مملوءة تماماً أو جزئيًّا بمعادن مختلفة منها الكالسيت والباريت والجبس والماركازيت والبيريت

والميليريت والجالينا والسفاليريت والكالكوبيريت وغيرها . وإذا كانت الشقوق غير مملوءة فإن المعادن عادة تكون على هيئة بلورات . ويقل سمك الشقوق فى إتجاه المركز وأقصى اتساع لها على السطح الخارجى يكون عادة أقل من خمسة سنتيمترات وكثير من الدرنات الشعاعية تحتوى على سطوح ذات خدوش واضحة كما قد يشتمل بعضها على تركيب البنية المخروطية المتداخلة وتشبه الدرنات الشعاعية بدرجة غير عادية الحفريات الناتجة من السلاحف وخاصة إذا كانت الشقوق ذات ترتيب متماثل . وعندما تتعرض الدرنات الشعاعية لتأثير المحاليل ، التى تذيب المعادن المترسبة بالشقوق ، فإن الدرنات تتفكك وتفقد شكلها الأصلى . وإذا أذابت المحاليل المادة التى بين الشقوق شبكية الشكل والتى تشغلها المادة المعدنية ، فإنه ينشأ تركيب هيكلى يحتوى على العروق ومثل هذه البقايا الصخرية تسمى بالهيكل الصخرى وجدير بالذكر أن الدرنات تتواجد عادة فى الطين الصفحى الذى توجد فيه أحياناً هذه الأشكال بكميات كبيرة .

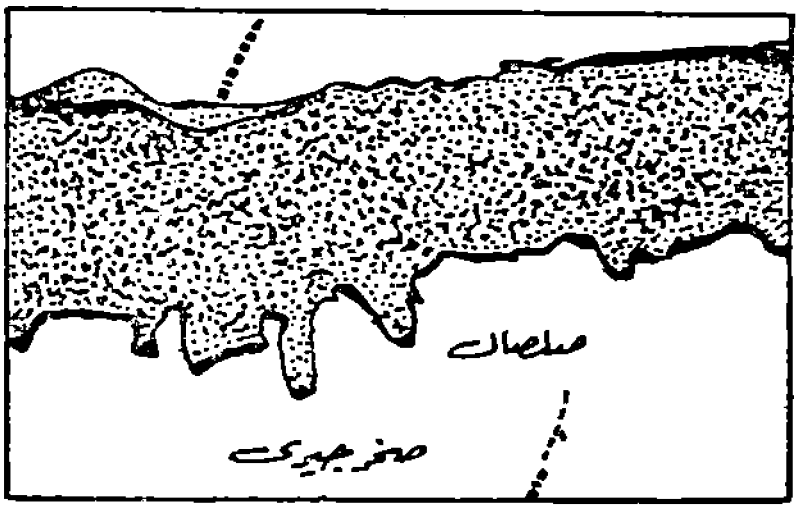
١١ ــ الجيود

الجيود عبارة عن أجسام مجوفة عقدية الشكل ، توجد عادة فى الصخور الرسوبية ويشبه شكلها الخارجى لدرجة كبيرة الدرنات الصخرية . والسطوح الخارجية للجيود تكون عادة خشنة ، أما الفراغ الداخلى فإنه يكون مبطناً بمعادن على هيئة بلورات كاملة النمو أو مواد متبلورة وقد تتكون الجيود فى أى صخر رسوبى نتيجة لترسيب المواد من محاليل جارية على جدران الفراغات الكروية أو البيضاوية الشكل . ومن الطرق الشائعة لنشأة التجاويف فى بعض التكاوين الصخرية ترسيب المواد من المحاليل وأهمها السيليكا وكربونات الكالسيوم على سطوح وشقوق الأصداف البحرية . ويؤدى هذا الترسيب إلى

زيادة اتساع الفجوات التى قد تبطن جدرانها فيما بعد ببلورات المعادن المختلفة والجيود التى من هذا الأصل توجد عادة فى الطين الصفحى الجيرى أو فى الصخور الجيرية التى تحتوى على نسبة عالية من المواد الصلصالية ، ويمكن مشاهدة جميع مراحل نشأة الجيود بالصخور من الزنبقيات والمسرجيات وأصداف الحيوانات الأخرى . والمعادن الشائعة الوجود فى الجيود هى الكوارتز والكالسيدونى والكالسيت أما المعادن الأقل وجوداً فتشمل الدولومايت والباريت والساستيت والسفاليريت والجالينا والكبريت وغيرها .

١٢ – الزوائد الصخرية

الزوائد الصخرية عبارة عن أعمدة ذات خطوط رأسية وأشكال هرمية ومخروطية الشكل والارتفاع والعرض توجد عادة بالصخور الرسوبية على مستويات التطابق والزوائد الصخرية التى توجد على السطح العلوى لأى طبقة تتداخل فى السطح السفلى للطبقة التى تعلوها كما فى شكل (١٩) .



(شكل ١٩)

ستيلوليت (زوائد صخرية) من الصلصال فى صخور جيرية

وتوجد الزوائد الصخرية بشكل واضح فى الصخور الجيرية والدولوميتية ونادراً ما توجد بالصخور الرملية والكوارتزيت والجبس والطين الصفحى والتشيرت ، ويتفاوت ارتفاع الزوائد الصخرية من أقل من ملليمتر واحد إلى أكثر من ثلاثين سنتيمتراً ولكن معظمها يتراوح من ٣ مم إلى ٢٠ مم ومعظمها تكون مستقيمة والقليل منها على شكل منحنيات .

١٣ ـ تركيب البنية المخروطية المتداخلة

يوجد هذا التركيب عادة فى الصخور الجيرية الصلصالية ويتكون من أجسام مخروطية الشكل متداخلة ومتوازية ، وأحيانا يتكون التركيب من مخروط واحد فقط . وتتفاوت الأجسام المخروطية فى طولها من أجسام صغيرة جداً إلى حوالى ٢٠ سم ، ولكن معظمها يتراوح من سنتيمتر واحد إلى عشرة سنتيمترات . ويتوقف قطر القاعدة على ارتفاع المخروط ومقدار زوايا القمة وأحياناً يكون طول المخروط وقطر قاعدته متساويين تقريباً ، ولكن طول معظمها أكبر بكثير من أقطار القاعدة ، وتتفاوت زوايا القمة من ١٥° إلى ١٠٠° وعادة تختلف من ٣٠° إلى ٦٠° وجوانب الأجسام المخروطية تكون عادة مستقيمة ، وقد تزداد أنصاف أقطار بعض الأجسام المخروطية بسرعة نحو القاعدة مما يؤدى إلى أن تكون الجوانب مقعرة للخارج وتتكون معظم الأجسام المخروطية من خيوط من الكلسيت لها مقطع عرضى مستدير تقريباً . والخيوط توازى عادة محور المخروط ، ولكن بعضها قد يكون مائلا . ويوجد تركيب البنية المخروطية المتداخلة فى الصخور الطينية متلازماً مع الدرنات الصخرية . ومعظم الطبقات التى تحتوى على تركيب البنية المخروطية المتداخلة تكون عدسية الشكل . وهذه التراكيب شائعة الوجود فى جميع الصخور الرسوبية الممثلة لجميع العصور الجيولوجية من العصر الكمبرى الأوسط إلى العصر الثلاثى .

١٤ ـ انطباعات المطر وانطباعات البرد

ينشأ عن قطرات المطر انطباعات دائرية أو بيضاوية على المواد الرملية والطينية غير المتماسكة . ويحيط بالانطباعات حواجز مرتفعة نتيجة لاصطدام قطرات الماء بالرواسب ويعتمد عمق الانطباعات على سرعة قطرات الماء وطبيعة الرواسب الرملية أو الطينية . ويكون عمق الانطباعات فى حالة الرواسب الرملية أكبر من الرواسب الطينية ، ويصل أقصى عمق للانطباعات إلى حوالى ٣ مم ، أما عرضها فيتفاوت من ٢ إلى ١٢ مم . وتشبه انطباعات البرد (الجليد) إلى حد كبير انطباعات المطر ، وعند ما تكون دقيقة الحجم فإنه لا يمكن تمييزهما عن بعض . وقد يسبب البرد انطباعات أكبر وأكثر عمقاً من انطباعات المطر وأحياناً يبلغ قطر انطباعات البرد أكثر من ٢ ملليمتر .

١٥ ـ انطباعات الفقاعات

قد تتصاعد الفقاعات الغازية أو الهوائية التى تتكون فى الماء إلى قيعان المواد الطينية المترسبة حيث تبقى فى مكانها بينما يترسب الطين حولها . وتتجمع الغازات فى الرواسب إما من الهواء المحبوس بها أو نتيجة لعوامل التحلل العضوى أو التخمر . وانطباعات الفقاعات تكون عادة منخفضات دائرية الشكل ذات حجم صغير وتتميز عن انطباعات المطر بسطوحها الناعمة وعدم وجود حواجز مرتفعة حولها ، كما أنه قد يوجد تحتها أنابيب رقيقة ، وتشبه تلك الأنابيب إلى حد كبير الحفر التى تنشأ عن الديدان . وانطباعات الفقاعات غير معروفة بصخور العمود الجيولوجى ، ولكن من المحتمل أنها تكون موجودة ولكن لم يمكن التعرف عليها للشبه الكبير بينها وبين انطباعات المطر .

١٦ ـ آثار الحيوانات

تترك بعض الحيوانات البحرية أحياناً آثار انطباعات أقدامها فى المواد الرسوبية دقيقة الحبيبات ، وخاصة فى حالة المواد الطينية التى تترسب فى السهول الفيضانية للأنهار وتوجد هذه الآثار فى جميع صخور العمود الجيولوجى منذ العصر الكمبرى . والآثار الناتجة عن الديدان والحيوانات الأخرى توجد بوفرة كبيرة فى معظم الصخور ، وهناك صلة وثيقة بين آثار الحيوانات والحفر الناشئة عن الديدان والحيوانات الأخرى .