

التركيب الجيولوجية

تنشأ التركيب الجيولوجية في الصخور الرسوبية إما أثناء الترسيب أو بوقت قصير بعد الترسيب دون أدنى تدخل للحركات الأرضية ، وتُحفظ ضمن الصخور خاصة الرسوبية وتعرف بالتركيب الجيولوجية الأولية . وتعتبر التركيب الجيولوجية أدلة مهمة للتعرف على البيئات الترسيبية القديمة ، ومهمة أيضا من الوجهة الاستراتيجية والتركيبية ، فمن خلالها نستطيع تحديد أسقف الطبقات وانقلاب الطبقات بواسطة الحركات الأرضية. وتُصنّف التركيب الجيولوجية إلى تركيب أولية (Primary structure) تنشأ أثناء تكوّن الصخور ، و تركيب ثانوية (Secondary structure) وهي تتكون بعد تكوّن الصخور .

أولا : التركيب الجيولوجية الأولية (Primary Geologic Structure)

تتكون هذه التركيب بفعل عوامل طبيعية ، مثل الرياح والمياه الجارية والثلجات ، وتنتج عن العمليات التي تتحكم في ظروف بيئة الترسيب مثل طبيعة وسط الترسيب و العمق و سرعة و شدة التيار وكذلك التيارات القديمة واتجاهها و شدتها .
تنقسم التركيب الأولية :

- أ . تركيب فيزيائية أو طبيعية Physical structures
- ب. تركيب كيميائية Chemical structures
- ج. تركيب عضوية Organic structures

أ . تركيب فيزيائية أو طبيعية Physical structures

من أمثلة التركيب الأولية الفيزيائية :

١ التطبّق (Stratification or bedding)

إن طبقة الترسيب تنشأ نتيجة لاختلاف في التركيب الصخري أو في حجم الأبيات أو في نسيج الصخر أو في طبيعة المادة اللاحمة أو في الشوائب أو في الأحافير الموجودة في الصخور منفردة أو مجمعة . شكل (١)

و يحد الطبقة من الأعلى سطح علوى ومن الأسفل سطح سفلى ، وسُمك الطبقة عبارة عن المسافة العمودية بين السطحين العلوى والسفلى .

وتتميز الطبقة بأن سمكها يزيد عن ١ سم ويصل إلى مئات الأمتار أما كان السمك لا يتعدى ١ سم تعرف حينئذ بالصفحة أو الرقيقة (**Lamina**) . وتتميز بعض الطبقات بوجود نظام الترقق (**Lamination**) أى أن الطبقة الواحدة تتكون

من عدة صفائح رقيقة متوازية ومتعامدة على اتجاه الضغط وغالبا ماتعبّر عن اتجاه الترسيب ومن أمثلة الصخور التى تشتهر بهذه التراكيب الطفل **Shale** . شكل (٢)

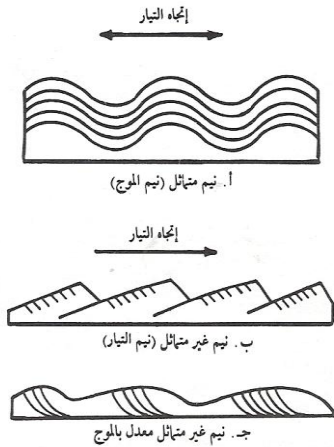
ومن أنواع التطبق ما يلى :

2- التطبق المتدرج (**Graded bedding**)

يمثل نوعا من التطبق وفيه يتغير حجم الحبيبات في الطبقة الواحدة تدريجيا من حبيبات خشنة ((عند السطح السفلي للطبقة)) إلى حبيبات دقيقة ((عند السطح العلوي للطبقة)) وهي خاصية تمثل الترسيب السريع من ماء يحتوي على قطع فتاتية من الصخور مختلفة الحجم بفعل التيارات المائية . فعندما تفقد هذه التيارات طاقة فإنها فجأة ترسب الحبيبات الكبيرة أولا ثم يتبعها الحبيبات الأقل حجما وهكذا. شكل (٣)

٣- التطبق الكاذب أو المتقاطع (**Cross –bedding**)

وفيه تحتوي الطبقات على صفائح أو رقائق مائلة على المستوى العام للتطبق و يدل على اتجاه و شدة التيار المكون لهذا التركيب وتوجد ٣ أشكال مختلفة للتطبق هي :



- التطبق المستوي وفيه تكون الرقائق محصورة بين مستويين

متوازيين

- التطبق الكاذب الوتدي أو السفيني وفيه تكون الرقائق محصورة بين

مستويين غير متوازيين

ج- التطبق الحوضي وفيه تكون الرقائق ما يشبه الحوض وترتج عن تيارين مختلفين في الاتجاه شكل (٤ ، ٥)

٤- علامات النيم أو التموجات الرملية (Ripple marks)

هي تموجات رملية صغيرة تتشكل بصفة عامة إما على أسطح الكثبان الرملية أو على امتداد الشواطئ الرملية أسطح و قيعان الأنهار وتتميز إلى نوعان

أ- نيم التردد أو النيم المتمائل (Oscillation ripples)

ويتميز بتمائل انحدار الجانبين وتكون القمم مستديرة نوعا ما ورأسية الاتجاه بسبب تميز حركة تقدم و تراجع التيار كما في الأمواج

ب- النيم غير المتمائل أو نيم التيار (Current ripple)

ويتميز بعدم تماثل انحدار الجانبين وتتحدر القمم انحدار قليل في الجانب المواجه للتيار وتدل على أن التيار في اتجاه واحد كما وأنها قد تحتوي على ترققات مائلة

٥- التشققات الطينية (Mud cracks)

تتشكل التشققات الطينية على أسطح طبقات الطين عندما يجف سطح الطبقة المشبعة بالماء وغالبا ما تملأ الشقوق برواسب خشنة كالرمل . ويستفاد من التشققات الطينية في التعرف على الظروف البيئية السائدة أثناء الترسيب
مثل حرارة المناخ العالية كما تدل على انقطاع الترسيب لفترة قصيرة ويمكن بواسطتها التعرف على الوضع الأصلي للطبقات وما إذا كانت هذه الطبقات قد قلبت أو لا . شكل (٦)

٦- التغير الجانبي للطبقات (Lateral variation)

قد نجد في الطبيعة طبقة يغلب عليها التركيب الرمل في أحد أجزائها، وإذا تتبعنا هذه الطبقة مع امتدادها الأفقي نلاحظ أنها تتغير في تركيبها المعدني والكيميائي لتصبح طينية أو جيرية مثلا، أو قد تحافظ على تركيبها المعدني والكيميائي ولكن تتغير في حجم الحبيبات والمسامية والنفذية . شكل (٧)

٧- التخطي أو التراكب (Overlap)

يحدث أحيانا أنا يغطي البحر على اليابسة نتيجة لهبوطها مما يؤدي إلى تكون رواسب رملية في منطقة متقدمة عن الرواسب الرملية السابقة، حيث أن المياه قد غمرت جزءا جديدا من اليابسة. أما الرواسب الطينية والجيرية فإنها تتقدم نحو الشاطئ لتغطي الرواسب الرملية التي ترسبت قبل هبوط اليابسة وتسمى هذه الظاهرة التخطي Overlap.

هذا وهناك نوعان من التخطي :

- (أ) - تقدمي ويحدث نتيجة هبوط حوض الترسيب وتقدم الماء على اليابسة .
(ب) - تراجع ويحدث عند ارتفاع اليابسة و تراجع البحر . كما يمثلها القطاعان (أ) و (ب) على الترتيب :

٨- الطبقات العدسية - تلاشي الطبقات - (Sand - lenses)

قد تمتلئ القنوات المائية وأودية الأنهار أو البحيرات برواسب رملية كما قد تدفن الكتبان الرملية الطويلة برواسب أخرى بحيث تبدو الرواسب الرملية في القطاع الرأسي . حيث يتضائل سمك طبقة الرمل تدريجيا في اتجاه معين حتى تتلاشى تماما في هذا الاتجاه . وفي كثير من الحالات يقل سمك هذه الطبقة تدريجيا من جميع الاتجاهات مما يجعل الطبقة عدسية الشكل وتتلاقى الطبقتان الواقعتان فوق وتحت الطبقة المتلاشية. وتعتبر الطبقات العدسية المحصورة بين طبقات غير منفذة من الطين من المصادد أو المحابس البترولية ذات القيمة الاقتصادية .شكلى (٩)

Chemical structures

ب. تراكيب كيميائية

هي بنيات تتكون وتشكل بعد الترسيب نتيجة إحلال مادة السيليكات محل أي من مكونات الرواسب الأصلية أو ترسيب السليكا وتشكلها داخل الرسوبيات الأصلية ومن أمثلتها

أ- العقيدات (Nodules)

تتكون العقيدة من مادة دقيقة أو عديمة التبلور و تختلف في تركيبها المعدني عن الطبقة الأصلية التي تحتويها وتأخذ العقيدة وضع يوازي مستوى التطبيق للصخر المضيف لها ، وقد تشكل طبقات داخل الطبقة الأصلية كما في صخر الشيرت أو عقيدات الصوان (الفلنت) شكل (١٠ ، ١١)

٢- الجيود (Geode)

بنية كروية الشكل تمثل فجوات صخرية مبطنة بالبلورات نتيجة مرور مياه جوفية مشبعة خلال هذه الفجوات و بالتالي ترسيب المعادن على الجدار الداخلي للفجوات على هيئة بلورات تنمو داخل هذه الفجوات ويعتبر الكوارتز و الأميشت أهم المعادن التي تشكل الجيود . شكل (١٢)

Organic structures

ج. تراكييب عضوية

وهي بنيات تتشكل بفعل الكائنات الحية وتأثيرها على الصخور مثل حفر الحشرات أو أنفاق الديدان و التي قد تدمر وتغير من شكل مستويات التطبيق الأصلية شكل (١٣ ، ١٤)

١-الشعاب المرجانية

المرجانيات كائنات تعيش في البيئة البحرية الضحلة ذات المياه الصافية الدافئة في المناطق الاستوائية وشبه الاستوائية بوجه عام وعند موت هذه الكائنات تشكل هياكلها حواجز و طبقات جيوية شعابية وتشكل هذه الحواجز المرجانية عند دفنها بالرواسب محابس جيدة للنفط كما في البحر الأحمر شكل (١٥)

ثانيا : التراكيب الجيولوجية الثانوية (Secondary Geologic Structure)

أولاً : الثنيات الصخرية (الالتواءات - الطيات) Folds

تتعرض صخور القشرة الأرضية للعديد من القوى مختلفة النوعية و التي تحدث تأثيرات مختلفة ، ويتوقف التأثير الناتج على الكثير من العوامل الطبيعية منها على سبيل المثال طبيعة ونوع الصخر ، ومدة تأثير القوة على الصخر ، وموقع الصخر المتأثر من سطح الأرض وعوامل أخرى كثيرة.

فعند تعرض الصخور النارية للقوى والحركات التكتونية فإن الكتل النارية الصخرية تندفع الى أعلى وتظهر فوق سطح الأرض مشكلة العديد من الأشكال المتعارف عايتها . وكذلك الصخور المتحولة قديمة العمر الجيولوجي (اى منذ العصر الكربوني) فمن النادر ان تتأثر بالقوى التكتونية العادية ، ولكنها قد تتأثر بالقوى العنيفة

واكثر أنواع الصخور تأثيراً بهذه القوى التكتونية هي الصخور الرسوبية ، فإذا تعرضت القشرة الأرضية لحركات رفع تكتونية بطيئة خلال فترات الزمن الجيولوجي الطويل فإن انصب الصخور استجابة لحركات الثني والتصدع هي الصخور الرسوبية الحديثة .

وتتكون الطيات نتيجة تعرض الصخور الرسوبية الأكثر ح دابة والتي تكاد تكون لينة للقوى التكتونية الأرضية مكونة مجموعات ثنيات محدبة (**Anticlines**) يفصل بينها ثنيات مقعرة (**synclines**) (Sy)

أجزاء الطية شكل (١)

١- قمة الطية (**Crest**)

اعلى نقطة فى الطية (الثنية) المحدبة.

٢- قاع الطية (**Trough**):

ادنى نقطة فى الطية (الثنية) المقعرة.

٣-جناح الطية (Fold Limb)

الجانبان الذان تميل فيهما الطبقات الصخرية في اتجاهين متقابلين.

٤-محور الالتواء : (Axis Fold)

المحور الذى تنتشى حوله الطبقات الصخرية ، وقد يكون أفقياً أو مائلاً أو عمودياً.

٥-زاوية مستوى المحور :

الزاوية التى يصنعها خط قمة الثنية مع المستوى الأفقى وتحدد قيمة هذه الزاوية

مقدار غطس الطية

٦-طول الثنية :

المسافة التى تمتد فيها الثنية مع مضرب الطبقات .

٧-عرض الثنية :

المسافة التى تشكلها الثنية فى اتجاه ميل الطبقات.

٨-المستوى المحورى : (Axial Plane)

هو المستوى الذى ينصف الزاوية بين جناحي الطية.

تصنيف الطيات

(أ) - على أساس مقدار ميل الجناحين :

• طية متماثلة Symmetrical Fold :

تنشأ عندما يميل جناحا الطية (المحدبة والمقعرة) بزاوية ميل متساوية في الاتجاهين ويكون المستوى المحوري لكل منهما رأسياً وتتكون عادة مثل هذه الطيات عندما تتعرض الطبقات لضغط متساو من الجانبين. شكل (٢)

• طية غير متماثلة Asymmetrical fold :

تنشأ عندما يميل كل جناح من جناحي الطية (المحدبة والمقعرة) بزاوية ميل تختلف عن الأخرى، وبذلك يصبح المستوى المحوري للطية مائلا عن المستوى الرأسي. وتتكون هذه الطية عندما يكون الضغط من أحد الجانبين أكثر من الآخر فيكون ميل أحد الجناحين أكبر من ميل الآخر. شكل (٣)

• طية مضطجة (نائمة) **Recumbent Fold**:

تنشأ عندما يصبح جناح الطية في وضع أفقي تقريبا نتيجة الضغط المتزايد ويكون المستوى المحوري لهذه الطية أفقيا حيث تصبح الطبقات القديمة فوق الطبقات الأحدث منها.

• طية مقلوبة **Overtured Fold**:

هي تلك التي يزيد فيها مقدار عدم التماثل حتى يزيد الميل في أحد جناحيها على 90° ، وفي هذه الحالة يكون المستوى المحوري مائلا عن المستوى الرأسي بدرجة كبيرة وتكون الطبقات المكونة لأحد الجناحين مقلوبة. شكل (٤)

• قبة **Dome**:

• هذا التركيب تميل فيه الطبقات من جميع الاتجاهات بعيدا عن نقطة متوسطة تسمى مركز القبة.

• الحوض **Basin**:

• هي الطية التي تميل فيها الطبقات إلى الداخل في جميع الاتجاهات نحو نقطة متوسطة تسمى مركز الحوض، وهي عكس القبة. شكل (٥)

على أساس اتجاه الجناحين:

• طية محدبة **Anticline**:

حيث يتقارب جناحا الطية نحو الأعلى، أي أن الجناحين يميلان بعيدا عن المستوى المحوري للطية، وينتج بتأثير قوى الشد.

• طية مقعرة Syncline:

حيث يتقارب جناحا الطية نحو الأسفل أي أن الجناحين

يميلان نحو المستوى المحوري للطية، وتنتج بتأثير قوى الضغط شكل (٦)

أهمية الطيات

- يمكن تحديد عمر الطبقات النسبي من الطيات وذلك لقراءة تاريخ الأرض (لمعرفة الطبقات الأقدم والأحدث).
- تعتبر الطيات المحدية من أهم التراكيب الجيولوجية المناسبة لتجمع النفط حيث يتجمع عادة في قمة الطية.
- للطيات المقعرة أهمية كبيرة في حركة وتجمع المياه الأرضية.
- تعد الطيات المقعرة أماكن تجمع هامة لبعض الرواسب المعدنية مثل رواسب الفوسفات.

ثانياً: القباب الملحية

هي عبارة عن مظاهر تركيبية اختراقية (**pirecement**) في الطبقات الجيولوجية العميقة تأخذ شكلاً قبابياً، تشبه فطر عيش الغراب . وتتكون نتيجة اختراق صخور المتبخرات ، وبصورة خاصة ترسبات أملاح الهاليت للصخور الرسوبية التي تعلوها والتي يمكن ان تستمر في حركتها لتخترق سطح الأرض أو تبقى تحتها . شكل (٧)

وفي الحالة الأخيرة يستدل عليها بالاستعانة بالطرائق الجيوفيزيائية تحت السطحية.

تتكون القباب الملحية من الهاليت (الملح الصخري) بصورة رئيسة، وبصورة أقل شيوعاً تتكون من الجبس أو الأنهيدرايت. وقد درست هذه التراكيب بصورة مستفيضة في العديد من بقاع الأرض، وذلك لأهميتها الاقتصادية الكبيرة كمناطق لتشكيل مصائد ملائمة لتراكم الهيدروكربونات أو كمصادر مهمة لصخور المتبخرات والكبريت المستخدمة في العديد من الصناعات.

لا تعطى المكاشف السطحية إلا القليل من المعلومات عن هذه الـ تراكيب، في حين تقدم عمليات الحفر الاستكشافي معلومات أكثر أهمية في هذا المجال. ويمكن دراسة البنية الداخلية لهذه التراكيب عندما تكون قريبة من السطح وذلك باستخدام الطرق الجيوفيزيائية وخاصة الجاذبية والزلزالية والمغناطيسية.

طريقة التكوين

ينبغي التمييز عند دراسة هذه التراكيب بين لب الصخور المخترقة والرسوبيات المندفعة معها . فاللب عادة ما يكون دائرياً أو مستطيل الشكل على السطح، فيما يكون بهيئة أسطوانة ملحية شبه دائرية تخترق عمود الترسبات بصورة عمودية أو مائلة أحياناً.

وهي تنتج عن اختراق ملح الهاليت اللدن في الطبقات الرسوبية التي تعلوه. وتتضغط طبقة الملح هذه من بعض أجزائه السفلى التي يبلغ سمكها عادة أكثر من ١٠٠٠ متر. وتأتي القوة الدافعة المؤثرة على الأملاح من فرق الكثافة بين الملح والرواسب التي تغطيه . فالملح الصخري ذو كثافة تبلغ ٢.٢ جرام/ سنتيمتر مكعب، وتقل كثافته مع ازدياد العمق والذي غالباً ما يصاحبه زيادة مستمرة في درجة الحرارة بسبب عمقها . في حين تزداد كثافة الصخور المحيطة به مع ازدياد العمق، مما يخلق حالة من فرق الكثافة والتي بدورها تدفع الملح للتحرك نحو الأعلى، وذلك طبقاً للمبدأ الفيزيائي المعروف والذي يرتفع بموجبه المائع الأخف خلال المائع الثقيل الواقع فوقه. فإذا توفرت ثنية محدبة صغيرة فوق قمة طبقة أصلية معرضة إلى ظروف حرارية لا تقل عن ٣٠٠ درجة مئوية، فإن الأملاح في مثل هذه الحالة تسلك سلوك الموائع فتبدأ بالتحرك مناسبة نحو الثنية المحدبة الضعيفة، نازحة من المناطق المحيطة بها.

وأخيراً فإن طبقة الأملاح المحيطة قد تصبح ضيقة لدرجة يستحيل معها إضافة أي مقدار آخر من الملح إلى القبة المتكونة على شكل عيش الغراب. وقد ينكشف الملح الصخري ويظهر على سطح الأرض، كما هو الحال في بعض القباب الإيرانية مثلاً أو في القباب الموجودة شمال ألمانيا. إذ ينساب في بعض البقاع على

المنحدرات السطحية مشكلاً ما يشبه الثلجات الجليدية، لذلك فأن ها تُعرف بالثلجات الملحية (Salt glaciers).

وتكون معظم القباب الملحية في العالم دائرية الشكل على سطح الأرض. ويتفاوت قطرها بصورة رئيسة من كيلومتر واحد إلى ٥٣ كيلومتر. إلا أن بعض القباب وصل قطرها إلى ٨ كيلومترات. وقد يكون السطح العلوي للقبة منبسطة أو قبابياً. وبعض القباب تكون متناظرة وتميل جدرانها بنفس الزاوية من جميع الجوانب. في حين تكون بعضها غير متناظرة وتكون جدرانها مائلة من جانب واحد أو أكثر نحو الداخل. وتمتد العديد من القباب الملحية إلى أعماق تبلغ عدة كيلومترات.

ميكانيكية تكون التراكيب الملحية:

يعد (Nettleton, 1934) أول من حاول تفسير ميكانيكية نشأة التراكيب الملحية إذ أشار إلى أن التراكيب الملحية تنشأ نتيجة صعود الملح إلى الأعلى وذلك بسبب اختلاف الكثافة بين الملح والصخور المحيطة به. وطبقاً لهذه الدراسة فأن أهم العوامل التي يجب توفرها لنشأة القباب الملحية هو وجود طبقة من الرواسب الملحية تدعى طبقة الصخور المصدرية (Source Rocks) تمتاز بسمك كبير ومغطاة برواسب سميكة. إن الانسياب اللدن للملح (Plastic Movement) هو المسئول عن تكون القباب الملحية (Billings, 1972) إذ يمتاز الملح بكثافة أقل من كثافة الصخور الرسوبية الأخرى المحيطة به لذلك فهو يميل إلى الحركة باتجاه الأعلى بحيث أن المادة الأقل كثافة ترتفع خلال المادة الأكثر كثافة الموجودة في الأعلى (Nettleton, 1934). وذلك لكون الملح يختلف عن بقية الصخور الرسوبية بأنه أكثر ضعفاً ومن ثم فهو قادر على الجريان مثل الجريان اللزج (Viscous Flow) تحت الظروف التي تسلك فيها بقية الصخور الرسوبية سلك (Brittle Fashion) كالمواد الهشة (Van der Pluijm and Marshak, 1997). وإذا وجدت طية بسيطة على قمة طبقة الملح المصدرية فإن الملح سوف يتحرك باتجاه الأعلى مكوناً سدادة ملحية (Salt Plug). وتتقوس صخور الغطاء التي قد تتعرض لقوى الشد مما يؤدي إلى نشأة فوالق بها.

تلا دراسة (Nettleton, 1934) العديد من الدراسات التي حاولت تفسير ميكانيكية نشأة التراكيب الملحية والتي أسفرت عن عدة ميكانيكيات أساسية اعتبرت مسئولة عن نشأة التراكيب الملحية، لخصها (Van der Pluijm and Marshak, 1997) في ثلاثة ميكانيكيات هي : انعكاس الكثافة (Density)

(inversion) والحمل التفاضلي (Differential loading) والانتشار الجذبي (Gravity Spreading). قد تتكون التراكيب الملحية نتيجة لتأثير ميكانيكية واحدة أو اشتراك عدد من الميكانيكيات السابقة.

صخور الغطاء:

تحيط عادة بالتراكيب الملحية عند جزئها العلوي طبقات من الصخور تعرف بصخور الغطاء (Cap Rocks) تتكون من الحجر الجيري (Limestone) في الأعلى والانهيدرايت (Anhydrite) في الأسفل، يفصلهما نطاق انتقالي (Transition Zone) يتكون من الجبس (Gypsum) (Murray, 1966).

وهناك نظريتان أساسيتان في تفسير تكون صخور الغطاء. النظرية الأولى تفترض أن صخور الغطاء تتكون نتيجة ذوبان الملح في الأجزاء العليا من سطح القبة أو السدادة الملحية وتجمع البقايا غير القابلة للذوبان وبالتالي تكون صخور الغطاء. النظرية الثانية تفترض أن صخور الغطاء تمثل الصخور الرسوبية المتجمعة فوق طبقة الملح مباشرة والتي ترتفع وتتقوس نتيجة اندفاع الملح نحو الأعلى (Gussow, 1968; Murray, 1966; Halbouty, 1979).

اهمية القباب الملحية

١ - استخدام القباب للنفايات الذرية

تتبع ألمانيا سياسة دفن النفايات الذرية الناتجة عن استخدام الطاقة النووية لإنتاج الكهرباء في الطبقات الجيولوجية العميقة تحت الأرض (عمق من ٨٠٠ متر إلى ١١٠٠ متر. فهي تفضل القباب الملحية لاحتواء النفايات الشديدة الإشعاع للأسباب الآتية:

- ١- مرونة الملح لاحتواء النفايات المشعة الساخنة (المغلقة) بإحكام وإبعاد المياه الجوفية عنها.
- ٢- التوصيل الحراري الجيد للملح، فتتوزع الحرارة المتولدة
- ٣- الاستقرار الجيولوجي لتلك المناطق.

٢ - مصادد النفط

تكمن أهمية القباب الملحية في منطقة الخليج العربي أن مخزونات الهائلة من إحتياطي النفط والغاز توجد في تراكيب تحت سطحية سببها صعود الملح الصخري الموجود على أعماق تتراوح بين ٨-١٠ كيلومترات تحت سطح الأرض مخترقا طبقات الصخور الموجودة أعلاه .

ولقد أدى هذا الإختراق طبقات الى نشوء قباب ملحية ظهرت على سطح الأرض وكونت الجزر الملحية العشرة في جنوب الخليج مثل جزيرة صير بني ياس ودلما وزركوه وأرزنه وقرنين ودينا وصيربوالنعير .شكل (٨)

ثالثاً :الصدوع (الانكسارات)

يقصد بتعبير الصدوع حدوث كسر في الطبقات الصخرية بحيث تصحبه زحزحه بعض أجزاء الطبقات رأسياً أو أفقياً وتتأثر هذه الحركات الصدعية التكتونية بفعل قوى الشد والضغط المختلفة التي تتعرض لها صخور قشرة الأرض.

أجزاء الصدع وعناصره: شكل (١)

إذا تعرضت طبقة ما من الصخور لحركات التصدع ، وتزحزحت بعض أجزائها رأسياً على طول سطح الصدع لأمكن أن نميز العناصر الآتية:

أ- سطح الصدع: وهو عبارة عن السطح الذي ترحزحت عليه الطبقات ، ويسميه أيضاً بمستوى الصدع إلا أن سطح الصدع نادراً ما يكون مستوياً لمسافة كبيرة في الطبيعة وإذا تأثرت الطبقة الصخرية بعدة أسطح متجاورة جداً فيتكون في هذه الحالة النطاق الصدعي.

ب- ميل الصدع : عبارة عن مقدار الزاوية المحصورة بين ميل سطح الصدع ومستواه الأفقي ، ويطلق على الزاوية المتممة لزاوية ميل الصدع اسم زاوية حيود الصدع أما أي خط عمودي على ميل الصدع فيعرف باسم مضرب الصدع.

ج- الجانب المرفوع : ويطلق على الجانب الذي ارتفع إلى أعلى على طول سطح الصدع ، أما الجانب الآخر من الطبقة الصخرية والذي هبط إلى أسفل على طول سطح الصدع فيعرف باسم الجانب الهابط.

ويطلق على كتلة الصخور التي تعلو سطح الصدع مباشرة اسم الحائط المعلق ، أما كتلة الصخور التي تتمثل أسفل سطح الصدع مباشرة فتعرف هي الأخرى باسم الحائط الأسفل .

د- مرمي الصدع : ويقصد بذلك مقدار الانتقال الرأسي لأي طبقة صدعية على جانبي الصدع ، وينبغي أن يكون مقياس مرمي الصدع عموديا على اتجاه الطبقات.

ث- الزحزحة الجانبية ، ويقصد بذلك تحديد مقدار الزحزحة الأفقية على طول مضرب الطبقات وينبغي أن يكون مقياس الزحزحة الجانبية عموديا على مضرب الصدع.

هـ- الزحزحة الكلية : ويشير هذا التعبير إلى المسافة الكلية التي تتحركها أي طبقة على سطح الصدع.

أنواع الصدوع: شكل (٢)

حيث إن أهم ما يميز الحركات الصدعية هو كيفية زحزحة أجزاء الطبقات افقيا أو رأسيا على طول الصدوع ، فقد اعتبر الجيولوجيون اختلاف نوع الحركات المؤدية إلى تكوين الصدوع وطبيعة اتجاه الطبقات الصخرية وزحزحتها على

طول أسطح الصدوع عاملين رئيسيين عند تصنيف الصدوع إلى أشكال مختلفة ، ووفقا لذلك يمكن أن نميز الصدوع الآتية:-

أ- الصدع العادي البسيط: شكل (٣)

ينتج أساسا عن عمليات شد الطبقات الصخرية أكثر من تكوين الصدع بفعل

الضغط ومن ثم قد يعرف باسم صدع الشد ، ويتميز الصدع العادي بأن اتجاه ميل الصدع يتفق مع اتجاه الرمية ، وتتراوح زاوية سطح الصدع في هذه الحالة من 45° إلى 90° ونتيجة لرمي الطبقات إلى أسفل فإن الحائط المعلق ينخفض منسوبه عن الحائط الأساسي أو الأسفل.

ب- الصدع العكسي:

ينتج هذا النوع من الصدوع نتيجة لعمليات الضغط أكثر من عمليات الشد ، ويتميز هذا الصدع بأن زاوية سطح الصدع حادة جداً ، وتتراوح من المستوى الأفقي حتى زاوية قدرها 45° أو أقل ، ومن ثم يصاحب هذا النوع من الصدوع مراحل تكوين التثنيات المحدبة النائمة أو المضطجعة ، ومن خصائص الصدع العكسي أن ميل الصدع يكون عكس اتجاه الطبقات التي رميت إلى أسفل.

ج- الصدع الأفقي أو الجانبي:

يتكون نتيجة لحركات شد الطبقات على طول اتجاه خط الظهور أو مضرب الطبقات ، ومن ثم يطلق على هذا النوع من الصدوع وتصاحب الصدوع الأفقية التثنيات النائمة المضطجعة والمعروفة باسم النابية وفي هذه الحالة لا ترمي الطبقات إلى أعلى أو إلى أسفل ولكن تتزحزح على طول مضرب الطبقات .

د- الصدوع الدورانية: شكل (٤)

يحدث هذا النوع من الصدوع عن تأثر بعض الطبقات بالصدوع بحيث تتعرض أجزاء من الطبقة للرمي إلى أعلى وتهبط أجزاء أخرى منها إلى أسفل.

ونتيجة لحدوث الصدوع وتزحزح الطبقات قد يؤدي ذلك إلى تكرار ظهور أو حدوث الطبقة الواحدة أو اختفاء جزء منها . فإذا كان الصدع قد حدث على طول مضرب الطبقات فقد يؤدي ذلك إلى تكرار حدوث الطبقة الواحدة بالقرب من منطقة سطح الصدع ، وفي بعض الأحيان الأخرى فقد تختفي أجزاء من الطبقة الواحدة إذا رميت الطبقات إلى أسفل في حالة الصدوع العكسية وكثيراً ما تتكرر الطبقات كذلك على طول أسطح الصدوع الدورانية وفي حالة إذا قطع سطح الصدع الطبقات الصخرية في اتجاه مائل على ميل الطبقات.

وعلى أساس اختلاف أشكال مجموعات معينة متجاورة من الصدوع وتجاور عدة أسطح صدوع مع بعضها البعض ، أو أنها تكون جميعاً ظاهرة بارزة على سطح الأرض ،

يتميز الجيولوجيون مجموعات **الصدوع المركبة الآتية:**

أ- الصدوع السلمية:

إذا كانت أسطح الصدوع العادية المتجاورة متوازية ورمياتها في اتجاه واحد ، فيؤدي ذلك إلى رمي الطبقات إلى أسفل على شكل مصاطب أو مدرجات سلمية ، ويطلق على مثل هذا النوع من الصدوع اسم الصدوع السلمية.

ب- الصدوع المكونة للضهور الصدعية:

وهي عبارة عن صدوع مركبة تحدث في كتلة ضخمة من الطبقات الصخرية ، وتؤدي إلى رفع القسم الأوسط منها ، وبروزه بمنسوب مرتفع فوق أجزاء سطح الأرض المجاورة ، ويطلق على تلك الكتل الصخرية الصدعية البارزة اسم الضهور وتتميز الجوانب الحائطية للضهور الصدعي بشدة انحدارها وانصقال جوانبها .

ج- الصدوع المكونة للأغوار الصدعية:

وهي أيضا من مجموعة الصدوع المركبة التي تنشأ في طبقات صخرية عالية السمك ونتيجة لحركات شد وضغط عنيفين وهي تشبه الصدوع المكونة للضهور الصدعية لكن بدلا من أن يرتفع القسم الأوسط إلى أعلى نجده في هذه الحالة يهبط إلى أسفل مكونا منطقة حوضية صدعية وترتفع الطبقات الصخرية الأخرى إلى أعلى على جانبي الحوض الصدعي.

ومن بين أظهر أمثلة الصدوع المركبة المكونة للضهور والأغوار الصدعية تلك التي تؤثر في تشكيل المظهر التضاريسي للكتل القارية الصلبة القديمة ، وخاصة في أفريقيا وجنوب غربي آسيا ، فقد نجحت مثل هذه الصدوع المركبة في تكوين الظاهرة الكبرى المعروفة باسم الأخدود الأفريقي العظيم وأول من ميز هذا الأخدود الصدعي هو الباحث جريجوري ويمتد هذا الأخدود الصدعي على شكل حوائط ومرتفعات صدعية تحصر بينها أحواض صدعية هابطة لمسافة تزيد عن ٣٠٠٠ ميل وهو يبدأ جنوبا من بحيرة نياسا وعند القسم الشمالي من البحيرة بالقرب من جبل رونجوي يتفرع الأخدود الصدعي إلى فرعين هما:

أ- الفرع الغربي وتقع في حوضه الصدعي الهابط مجموعة من البحيرات تشمل من الجنوب إلى الشمال بحيرات تتجانيقا وكيفو وادوارد والبرت.

ب- الفرع الشرقي ويقع في أحواضه وأغواره الصدعية عديد من الظواهر والبحيرات تشمل من الجنوب إلى الشمال بحيرات أياسي وناترون وماجاوي ونيفاشا وبارينجو على الجانب الشرقي لهضبة البحيرات ، ثم تشغل أغوار هذا الأخدود العظيم

بحيرات رودلف وستيفاني وبعض البحيرات الصغيرة جنوب أديس أبابا بالحبشة وبعدها يقع كل البحر الأحمر في الحوض الصدعي العظيم لهذا الأخدود ، كما تمتد أبعاد الأخدود شمالا لتضم غور نهر الأردن والحوض الصدعي لسهل البقاع.

ومن ثم يمكن القول أن أظهر الأمثلة الأغوار الصدعية الك برى في العالم أغوار الأخدود الفريقي العظيم في شرق أفريقيا

وحوض نهر الأردن وامتداده في سهل البقاع هذا إلى جانب أغوار حوض وادي ديث في أمريكا الشمالية وغور الرير الصدعي ومن بين نماذج أمثلة الضهور الهضبية الصدعية تلك التي تتمثل في ضهور مرتفعات الفوج إلى الغرب من غور الرين الصدعي والغابة السوداء إلى الشرق منه ، وكذلك هضبة فلسطين وهضبة الأردن الصدعيتين. وتحسن الإشارة إلى ملحوظة مهمة وهي أن كلا من الأغوار والضهور الصدعية أن كانت قديمة العمر الجيولوجي وتعرضت لفترة طويلة لفعل عوامل التعرية فقد يؤدي ذلك إلى تغيير أشكال السطح بل وانقلاب مظهره العام ، وهكذا تصبح الأغوار الصدعية عبارة عن مناطق هضبية مرتفعة في حين تتآكل الطبقات الصخرية المكونة للضهور الصدعية وتصبح الأخيرة في النهاية على شكل مناطق حوضية منخفضة ويطلق على هذه الظاهرة كذلك تعبير انقلاب السطح.

ومن بين أجمل أمثلة تغيير مظهر سطح الأرض وانقلابه تبعا لتعرية كل من الضهور والأغوار الصدعية الكبرى ما يتمثل

في المرتفعات الصدعية بأواسط ولاية تكساس وفي الحوض العظيم بالولايات المتحدة الأمريكية. شكل (٥ ، ٦)

الأهمية الاقتصادية للصدوع :

١- تكون الفوالق أحيانا محابس أو مصائد نفطية. وذلك حينما تقابل الطبقات المسامية الحاوية للنفط طبقة أخرى غير منفذة نتيجة لحدوث الفالق.

٢- للفوالق أهمية كبيرة في تكوين بعض الخزانات الصخرية للمياه الأرضية.

٣- تعمل الفوالق كمجرى للمحالييل المعدنية لتصل إلى الأماكن التي تترسب فيها ، وقد تترسب بعض المعادن الاقتصادية في الشق الرئيسي للفالق.

رابعاً: الفواصل

تنتشر الفواصل في كل المنكشفات تقريبا ،والتي تتكون نتيجة تأثير القوبالتكتونية ، وتتكسر الصخور بسهولة أكثر عندما تتعرض للشد أو الضغط ، شكل (١)

مثل أية مادة قصفة أخرى، عند نقاط الضعف ، وقد تكون نقاط الضعف عبارة عن شروخ دقيقة أو كسرات من مواد أخرى أو حتى أحافير ، وتؤثر القوى الإقليمية التي تضم قوى التضاعف والشد والقص على الصخور ، وعندما تتلاشى تلك القوى بعد ذلك فإنها تترك أثرها في الصخور في صورة مجموعة من الفواصل ، وقد تتكون الفواصل أيضا بسبب غير تكتوني، نتيجة تمدد وانكماش الصخور عندما تزيل التعرية طبقات من فوق السطح ، وتسبب إزالة هذه الطبقات تقليل الضغط الحابس على الصخور تحتها ، مما يسمح للصخور لأن تتمدد وأن تتجزأ عند نقاط الضعف.

وقد تتكون الفواصل في اللابة نتيجة انكماشها أثناء تبردها وانخفاض درجة حرارتها ، ومن أمثلة ذلك الفواصل العمدانية والتي توجد في البازلت ، وتؤدي إلى تقسيم الصخر إلى أعمدة أو منشورات طولية ، وليس من الضروري تكوين فواصل عمدانية في البازلت ، فهناك طفوح بازلتية تقطعها فواصل عادية. شكل (٢)

ومعظم الفواصل تكون لها أسطح مستوية تقريبا ولا بد من تحديد اتجاه المضرب ومقدار الميل واتجاهه عند وصف الفاصل ، ولا توجد الفواصل وحيدة أبداً ، بل توجد في مجموعات تتكون من أعداد كبيرة، وتعرف مجموعة الفواصل التي تكون أسطحها متوازية تقريبا بمجموعة فواصل ، أما نظام الفواصل فيشمل مجموعتين أو أكثر من مجموعات الفواصل المتقاطعة والتي قد تكون من العمر نفسه أو ذات أعمار مختلفة .

وتكون هذه الفواصل عادة بداية لمجموعة من التغيرات التي تؤثر بدرجة ملحوظة في الصخور فالفواصل مثلا تعمل كقنوات يصل من خلالها الماء والهواء إلى عمق الصخور ، مما يؤدي إلى زيادة سرعة التجوية وضعف التركيب الداخلي ، وإذا تقاطعت مجموعتان أو أكثر من الفواصل ، فقد تسبب التجوية تكسر الصخور إلى كتل أو أعمدة كبيرة.

وترجع أهمية تحديد نظم الفواصل إلى أن الجيولوجيين قد يجدون أحيانا رواسب خامات ذات قيمة اقتصادية عند فحص أنظمة الفواصل ، فقد تهاجر محاليل مائية ساخنة حاملة للذهب إلى أعلى خلال نظام من الفواصل ، حيث يترسب معدنا الكوارتز والذهب في الشقوق ، كما قد تكون المعلومات الدقيقة عن الفواصل مهمة أيضا عند تخطيط وإنشاء المشروعات الهندسية الكبيرة ، خاصة السدود والخزانات فقد يكون صخر الأساس عند الموقع

المقترح به عديد من الفواصل ، مما يؤدي إلى انهيار الخزان أو تسرب الماء منه ويكون إنشاء الخزان من الخطورة في هذا المكان.

وعادة ما تتشكل الفواصل على شكل مجموعات أو نظم غالبا ما تكون متوازية و تأخذ أشكال عمدانية أو صفائحية .

أسباب الفواصل :

- ١- تمدد الصخور رأسيا بسبب تناقص وزن الرواسب فوقها نتيجة تأثير عمليات التعرية.
- ٢- الإجهاد في الصخور نتيجة الضغوط أو قوى الشد المسببة لانشوه الصخور .
- ٣- تقلص و انكماش المواد المصهورة عند عملية التبريد.

عدم التوافق " Unconformity "

عندما يرتفع حوض الترسيب بواسطة الحركات الأرضية فوق سطح البحر ينقطع الترسيب ونتيجة للحركات الأرضية قد تميل الطبقات أو تتشقق أو تتصدع وبعد ذلك تتعرض هذه الطبقات المرفوعة إلى عوامل التعرية وتزال أجزاء من الطبقات العليا منها ، وبعد فترة من الزمن قد تتعرض المنطقة لحركات أرضية هابطة مكونه حوض ترسيبي جديد تترسب مجموعة من الطبقات الرسوبية الحديثة فوق سطح التعرية .

في هذه الحالة ستتكون مجموعتان صخرية مجموعة من الطبقات القديمة متأثرة بالحركات الأرضية وتعلوها مجموعة من الطبقات الحديثة الأفقية .

ويسمى السطح الذي يفصل بين هاتين المجموعتين الصخرية بسطح عدم التوافق وذلك لعدم توافق ميل المجموعتين من الطبقات .شكل

عدم التوافق يكون بين:

- 1-صخور رسوبية ورسوبية 2- .رسوبية وبركانية 3-بركانية و بركانية

عدم التوافق الإقليمي: سطح عدم التوافق بين مناطق شاسعة تعرضت فيها الصخور القديمة لعوامل التعرية ولفترة زمنية طويلة.

عدم توافق محلي : اقتصر عدم التوافق له امتداد جغرافي محدود بفترة عدم ترسيب صغيره ويكون محصور حول حوض عدم ترسيب

أشكال عدم التوافق في الطبيعة :

١ - عدم التوافق الزاوي . Angular Unconformity

هو السطح الفاصل بين طبقات قديمة مائلة وبين طبقات أفقية حديثة ، ويستدل على ذلك من وجود اختلاف في ميل مجموعتين من الطبقات الصخرية . شكل (١)

٢ - عدم التوافق التخالفي (اللاتوافق) Nonconformity

هو سطح التعرية الذي يفصل بين طبقات من الصخور النارية أو المتحولة القديمة وبين طبقات رسوبية أفقية حديثة شكل (٢)

٣ - عدم التوافق الإنقطاعي (المتوازي) Disconformity

ان هذا النوع من عدم التوافق يوضح سطح متعرج يدل على فتره من التعرية التي تفصل بين مجموعتين من الطبقات المتتالية الأفقية والمتوازية تفصلهما فترة عدم الترسيب

شبه التوافق Paraconformity

ويستدل عليه من وجود طبقة من صخور الكونجلوميرات أو اختفاء أنواع معينه من الأحافير المرشده في السجل الأحفوري للمنطقة أو وجود طبقة من الصخور القارية تتخلل تتابعات بحرية . شكل (٣)

كيف نتعرف على عدم التوافق في الطبيعة:

- 1- اختلاف في اتجاه ومقدار ميل الطبقات (انتشاءات) بين القديمة وأخري حديثة.
- 2- وجود طبقة كونجلوميرات .
- 3- وجود سطح غير مستو بين مجموعتين من الطبقات.
- 4- وجود صدع أو عدد صدوع في مجموعة من الطبقات وعدم وجودها في مجموعة أخرى تعلوها
- 5- وجود قواطع من الصخور النارية في مجموعة من الطبقات وعدم وجودها في مجموعة أخرى تعلوها
- 6- عدم وجود مجموعة معينة من الأحافير .

أهمية سطح عدم التوافق:

- 1- تجمع معادن ذات قيمة اقتصادية مثل خامات المنجنيز البوكسيت.
- 2- تكون محابس أو مصائد جيدة للنفط.

أهمية الجيولوجيا التركيبية

تعد الجيولوجيا التركيبية مهمة في العديد من العلوم الجيولوجية والتي من أبرزها:

١- الجيولوجيا الهندسية : لدى إقامة المنشآت الهندسية تأخذ دراسة بنية صخر الأساس أهمية بالغة وبخاصة عند تشييد السدود والأنفاق، حيث يجب أخذ الكسور واتجاهاتها بالحسبان.

(٢) جيولوجيا النفط: العديد من المصائد النفطية تمثل مظاهر تركيبية (طيات أو فوالق).

(٣) جيولوجيا المناجم: إن تقويم الأهمية المنجمية لخام أو لجسم صخري كالفحم أو الحجر الكلسي يتم من خلال تحديد أبعاده ووضعه البنيوي.

(٤) الجيولوجيا المائية: ترتبط الخزانات المائية بوجود التراكيب الجيولوجية كالتكسرات والطيات.

أهم العلوم الجيولوجية التي تستند إليها الجيولوجيا التركيبية:

يمكن القول أن جميع العلوم الجيولوجية مترابطة ومتداخلة مع بعضها، ويحتاج كل منها إلى الآخر، وفيما يتعلق بالجيولوجيا التركيبية، خصوصاً في فرع التحليل التركيبي، فإنها تعتمد على عدد من العلوم التي يعد بعضها مساعداً وبعضها الآخر أساسياً، من أبرز هذه العلوم ما يلي:

(١) **الجيوفيزياء (Geophysics)**: وهو من العلوم المهمة جداً في دراسة التراكيب الثانوية تحت سطحية، إذ أن هذا النوع من التراكيب لا يمكن دراسته بالملاحظة العينية، لذلك يدرس باستخدام الطرق الجيوفيزيائية فضلاً عن البيانات المستحصلة من حفر الآبار.

(٢) **الجيومورفولوجي (Geomorphology)**: ترتبط الكثير من مظاهر شكل الأرض بالتراكيب الجيولوجية، لذلك فإن معرفة طبيعة العلاقة بين نوع التركيب والشكل الجيومورفولوجي الناتج عنه تعد وسيلة من وسائل دراسة التراكيب الأرضية الثانوية.

(٣) **علم الصخور (petrology)**: إن تحديد نوع الصخور المتعرضة للتشويه يساعد كثيراً في معرفة نوع التركيب وأسباب تكونه، فالصخور النارية لابد أن تشكل التراكيب النارية، والصخور الملحية تشكل تراكيباً ملحية، ولكل منهما أسباب وميكانيكات خاصة به. فضلاً عن ذلك فإن استجابة الصخور للتشويه تعتمد على نوع الصخور، فالصخور الفتاتية ذات استجابة مختلفة عن استجابة الصخور الكيميائية.

(٤) **ميكانيك الصخور (Rock Mechanics)**: تعد تجارب ميكانيك الصخور المصدر الرئيس لمعرفة كيفية استجابة الصخور للتشوهات، وطبيعة العلاقة بين نوع التركيب الناتج ونوعية الصخور، وكذلك علاقة اتجاهات القوى أو الإجهاد المسلط ونوعية أو شكل التركيب الناتج واتجاهه.