الباب الثالث

التراكيب الثانوية فى الصخور

الفصل الخامس

الطيات والفوالق والفواصل

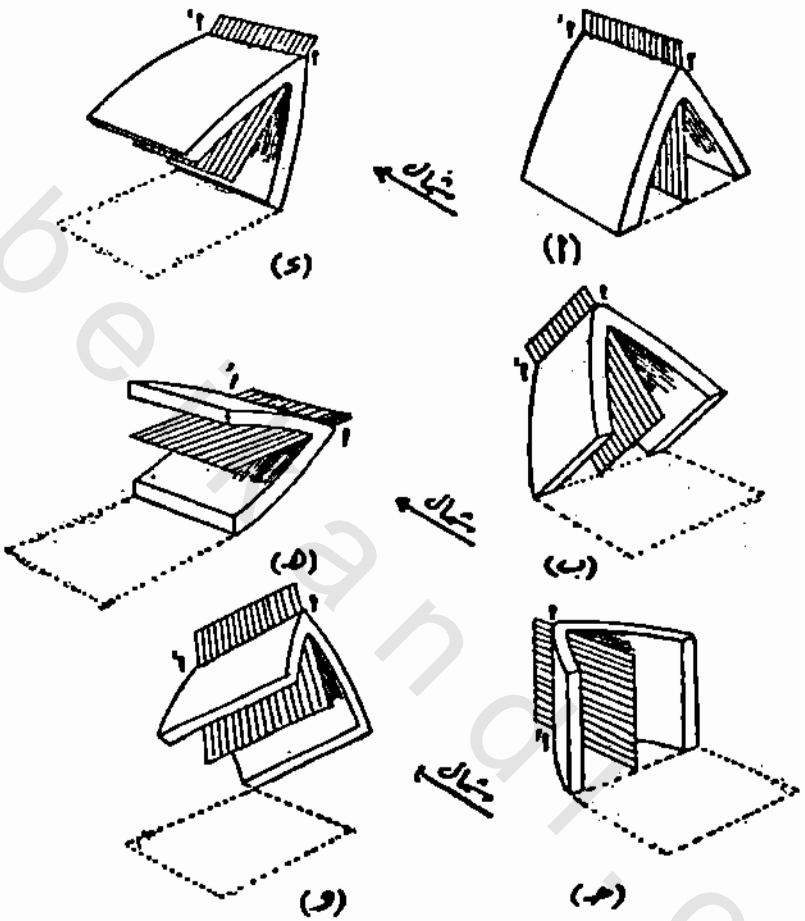
يمكن تقسيم التراكيب الثانوية الهامة فى الصخور إلى ثلاثة أنواع رئيسية هى : أولاً – الطيات (Folds) ثانياً – الفوالق (Faults) ثالثاً – الفواصل (Joints)

أولاً – الطيات

الطيات هى ثنيات وتموجات فى صخور القشرة الأرضية ، وتوجد هذه التراكيب بصفة خاصة فى التكاوين الطبقية مثل الصخور الرسوبية والبركانية والصخور المتحولة الناتجة عنها . كذلك قد توجد الطيات فى بعض الصخور النارية التى على شكل جدد أو ألواح .

أجزاء الطية

١ – **مستوى محور الطية** (Axial Plane) أو سطح محور الطية : هو ذلك المستوى أو السطح الذى يقسم الطية إلى قسمين متماثلين تقريباً . وفى بعض الطيات يكون مستوى المحور رأسياً كما فى الشكل (٨٨ – ا ، ب ، حـ) وفى غيرها يكون مائلا كما فى شكل (٨٨ – د ، و) ، بينما فى البعض الآخر



(شكل ٨٨)

بعض المتجهات المختلفة لمحاور ومستويات محاور الطيات

ا – ا' = المحور . الأجزاء المخططة تدل على مستويات المحور

يكون مستوى محور الطية أفقياً كما فى شكل (٨٨ – هـ) وبالرغم من أن مستوى المحور فى كثير من الطيات يكون عادة تام الاستواء ، إلا أنه فى بعض الأحيان يكون سطحاً محدباً أو مقعراً . ويتحدد اتجاه مستوى محور الطية بخطوط المضرب (التى هى عبارة عن خطوط تصورية ناتجة عن تقاطع مستوى

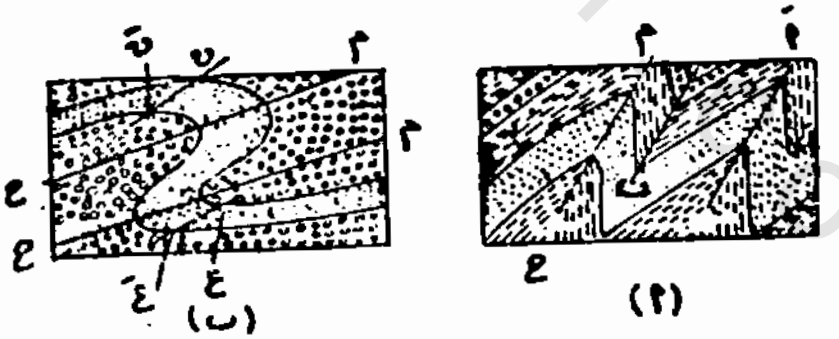
المحور مع المستوى الأفقى) ومقدار واتجاه الميل ، وفى شكل (٨٨) يشير اتجاه الشمال ناحية الركن العلوى من اليد اليسرى أما فى الشكل (٨٨ــا، ب، حـ) فإن مستوى محور الطية تتجه خطوط مضربة إلى الشمال بينما ميله فى وضع رأسى . وفى الشكل (٨٨ ــ د) فإن مستوى المحور تتجه خطوط مضربه إلى الشمال ، بينما تميل بمقدار ٤٥ درجة ناحية الغرب . ويتضح من الشكل (٨٨ ــ و) أن مستوى المحور تتجه خطوط مضربه إلى الشمال ، بينما تميل بمقدار ٦٠ درجة ناحية الغرب ، ويظهر من الشكل (٨٨ ــ هـ) أن مستوى محور الطية فى وضع أفقى . وإذا كان مستوى المحور سطحاً محدباً أو مقعراً فإن الميل أو خطوط المضرب أو كليهما قد يختلف وضعهما من مكان لآخر .

٢ ــ **محور الطية :** (Axis) هو تقاطع مستوى المحور مع أى طبقة من الطبقات المكونة للطية ، وهذا التقاطع عبارة عن خط ، وفى الشكل (٨٨) يمثل الخط ا ــ آ محور الطية ومن البديهى وجود محور لكل طبقة ، كما أنه يوجد لكل طية عدد لا حصر له من المحاور . وحيث إن هذه المحاور تكون عادة متوازية ، لذلك يكون محور واحد كافياً لتحديد اتجاه الطية . وفى بعض الطيات، مثل الطيات البسيطة ، تكون المحاور أفقية كما فى شكل (٨٨ــا، د، هـ) بينما فى بعض الطيات الأخرى ، مثل الطيات الغاطسة ، تكون المحاور مائلة كما فى شكل (٨٨ ــ ب ، و) ، وأخيراً تكون محاور بعض الطيات رأسية كما فى شكل (٨٨ ــ حـ)

٣ ــ **جناحا الطية** (Limbs) : يعرف جانبا الطية بالجناحين ، ويمتد جناح الطية من مستوى المحور لطية معينة إلى مستوى محور الطية التالية . فعلى سبيل المثال فى الشكل (٨٩ ــ ا) يمثل الخط (اب) جناح الطية ، ويمكن اعتباره إما الجناح الغربى للطية المحدبة ، أو الجناح الشرقى للطية المقعرة المجاورة ، أى أن كل جناح يكون مشتركاً بين طيتين متجاورتين .

٤ ـ **قمة الطية** (Crest) وخط القمة ومستوى القمة : بالرغم من أنه فى أغلب الأحيان يقع محور الطية فى أعلى نقطة لها كما فى شكل (٨٩ ـ ا) ، إلا أن ذلك ليس ضرورياً ، فمثلا فى الشكل (٨٩ ـ ب) يلاحظ أن الخط م ـ ح يمثل مستوى المحور ، بينما الخط ق ـ قَ يمثل أعلى نقطتين على الطية المحدبة وتسمى هاتان النقطتان بالقمة أو الهامة . ويسمى الخط الواصل بين أعلى نقط على سطح الطية المحدبة لطبقة ما فى عدد لا حصر له من القطاعات الرأسية بخط القمة (Crest line) ، ومن الواضح أنه يوجد خط قمة لكل طبقة على حدة ويسمى المستوى أو السطح الذى يحتوى على جميع خطوط القمة للطبقات المكونة للطية بمستوى القمة (Crest plane) والذى يمثله الخط ق ـ قَ فى الشكل (٨٩ ـ ب) .

ومعظم الدراسات الجيولوجية لا تهتم كثيراً بالتمييز بين القمة والمحور أو بين مستوى القمة ومستوى المحور لأن هذا التمييز ليس له أهمية إلا من الناحية الأكاديمية . ولكن فى حالة دراسة تجمعات البترول والغاز الطبيعى فى تراكيب الطيات المحدبة يصبح التمييز بين مستوى القمة ومستوى المحور أمراً بالغ الأهمية ، وذلك لأن تجمعات البترول والغاز الطبيعى فى بعض الطيات المحدبة



(شكل ٨٩)
أجزاء الطية
م ح = مستوى المحور . ا ب = جناح الطية
ق ـ قَ = مستوى القمة ع ـ عَ = مستوى القاع

يتحدد موضعها فى مستوى القمة دون التقيد بالمحور ومستوى المحور ، و معظم حقول البترول ينطبق عادة مستوى المحور على مستوى القمة للطيات المحدبة.

٥ – قاع الطية (Trough) وخط القاع ومستوى القاع : قاع الطية هو النقطة التى تمر بأدنى منسوب للطية المقعرة ، ويوجد قاع لكل طبقة من الطبقات المكونة للطية المقعرة كما فى شكل (٨٨ – ب) ، والخط الواصل بين نقط القاع فى عدد لاحصر له من القطاعات الرأسية للطبقة يسمى بخط القاع (Trough line) ، أما المستوى الذى تقع عليه خطوط قيعان الطبقات المكونة للطية فيسمى مستوى القاع (Trough plane)

٦ – طول الطية (Length) : هو مقدار امتدادها على طول خطوط مضرب طبقات الطية ويختلف الطول اختلافاً كبيراً وقد يصل إلى عشرات أومئات من الكيلومترات .

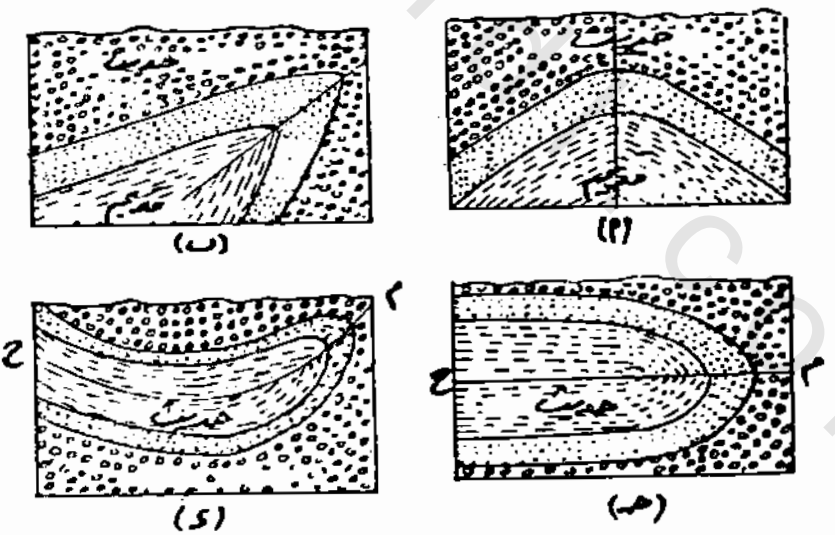
٧ – عرض الطية (Width) : تسمى المسافة بين قمتين متتاليتين بعرض الطية المقعرة ، بينما تعرف المسافة بين قاعين متتاليين بعرض الطية المحدبة ، أما عرض الطية فهو يعادل مرة ونصفا عرض الطية المحدبة أو المقعرة ، ويتفاوت عرض بعض الطيات من عدة كيلومترات إلى بضعة سنتيمترات ، وأحياناً تغطى الطيات مساحات شاسعة وفى هذه الحالة يصل عرضها لعشرات الكيلومترات .

تصنيف الطيات

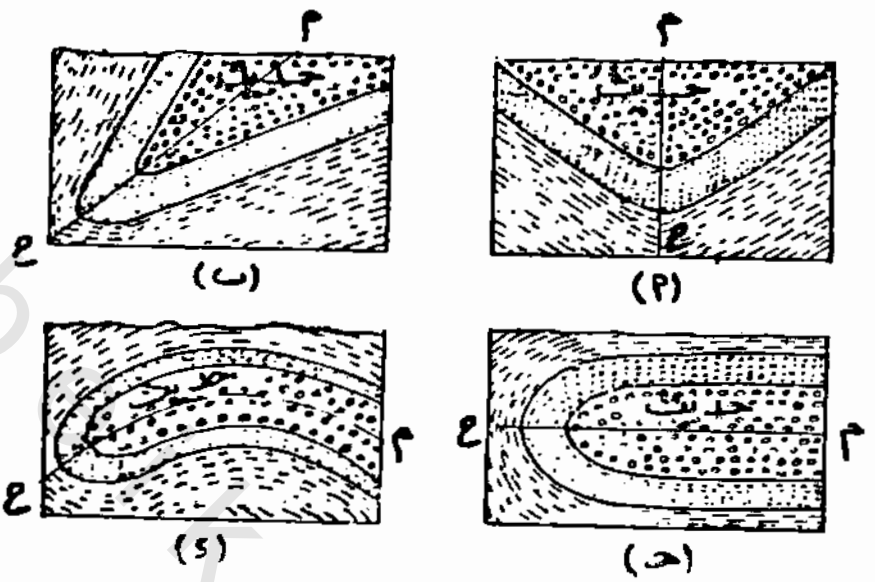
يعتمد تصنيف الطيات أساساً على مظهرها أو شكلها فى القطاعات الرأسية المتعامدة على خطوط مضرب الطية . وتصنيف الطيات طبقاً لشكلها فى القطاعات الرأسية يعتمد على اتجاهات مستوى محور الطية ، واتجاهات أجنحتها وفيما يلى وصف موجز للأنواع المختلفة الهامة من الطيات .

١ – طية محدبة . . . . . (Anticline)

هى طية يميل جناحاها عادة إلى الخارج بعيداً عن مستوى محور الطية كما فى شكل (٩٠ – ا) ، وفى بعض الطيات المحدبة يميل الجناحان فى وضع أفقى كما فى شكل (٩٠ – حـ) وفى هذه الحالة يكون مستوى المحور أفقيًّا وتسمى بالطية المحدبة المضطجعة (Recumbent Anticline) وهناك بعض الطيات المحدبة المعقدة التركيب كما فى شكل (٩٠ – د) وعندما يتآكل السطح العلوى لطية محدبة تشتمل على مجموعة من الطبقات ، فإنه يظهر عادة فى مركز الطية الطبقات الأقدام عمراً ، بينما يظهر على الجانبين الطبقات الأحداث عمراً . والطيات المحدبة ذات أهمية كبيرة كخزانات طبيعية للبترول والغاز الطبيعى ، وخاصة إذا كانت هذه التراكيب مقفلة وتشتمل على صخور ذات مسامية عالية مثل الصخور الرملية ، أو تحتوى على فجوات كبيرة مثل الصخور الجيرية والدولوميتية . وإذا كانت هذه التراكيب كبيرة وظاهرة



(شكل ٩٠)
بعض أنواع الطيات المحدبة (انتكلين)
(م ح = مستوى المحور)



(شكل ٩١)
بعض أنواع الطيات المقعرة (سينكلين)
م ح = مستوى المحور

على سطح الأرض فإنه يمكن تحديدها بالمساحة الجيولوجية الدقيقة أو من الصور الجوية ، أما إذا كانت التراكيب مدفونة تحت صخور أخرى فإنه يمكن عادة الكشف عنها بالطرق الجيوفيزيقية .

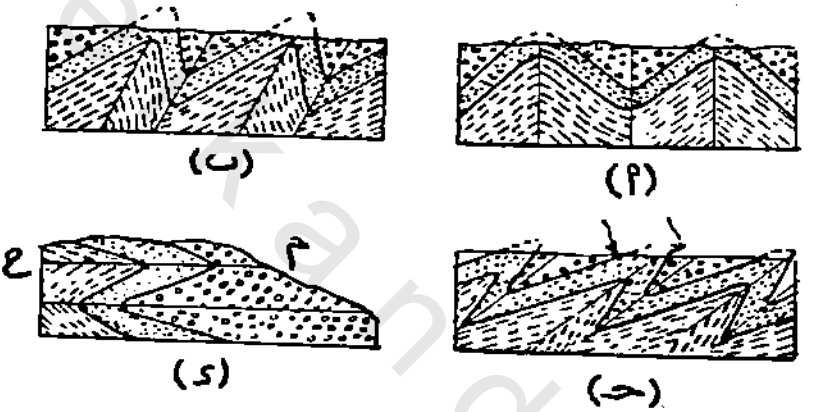
٢ – طية مقعرة ..... (Syncline)

هى طية يميل جناحاها عادة إلى الداخل فى اتجاه مستوى محور الطية كما فى شكل (٩١ – أ) ، وفى بعض الطيات المقعرة يميل الجناحان فى اتجاه واحد كما فى شكل (٩١ – ب) وأحياناً يكون الجناحان فى وضع أفقى كما فى شكل (٩١ – حـ) وفى هذه الحالة يكون مستوى المحور أفقياً وتسمى بالطية المقعرة المضطجعة وعندما تتعرض الطية المقعرة لعوامل التجوية فإنه يظهر عادة فى مركزها الطبقات الأحدث عمراً ، بينما يظهر على جانبيها الطبقات الأقدم عمراً .

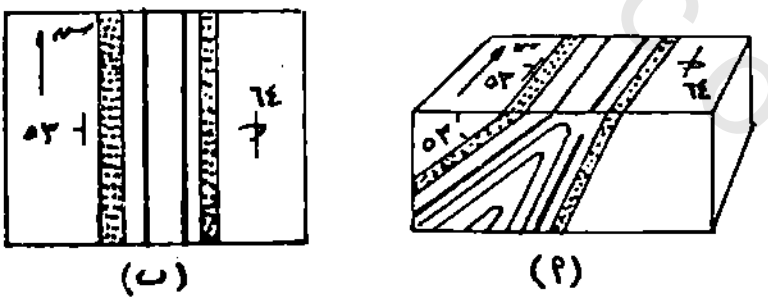
٣ ـ طية متماثلة وطية غير متماثلة : (Symmetrical and asymmetrical fold)

الطية المتماثلة هى تلك التى يكون مستوى محورها رأسيًا ويمثل جناحاها فى اتجاهين متضادين بزوايا متماثلة ، ويكون الجناحان متساويان فى الطول كما فى شكل (٩٢ ـ ا) .

أما الطية غير المتماثلة فيكون مستوى محورها مائلا ويميل جناحاها فى اتجاهين متضادين بزوايا متماثلة كما أن الجناحين قد يختلفان فى الطول كما فى شكل (٩٢ ب) .



(شكل ٩٢)
بعض أنواع الطيات
(ا) طية متماثلة . (ب) طية غير متماثلة
(حـ) طية متكئة . (د) طية مضطجعة



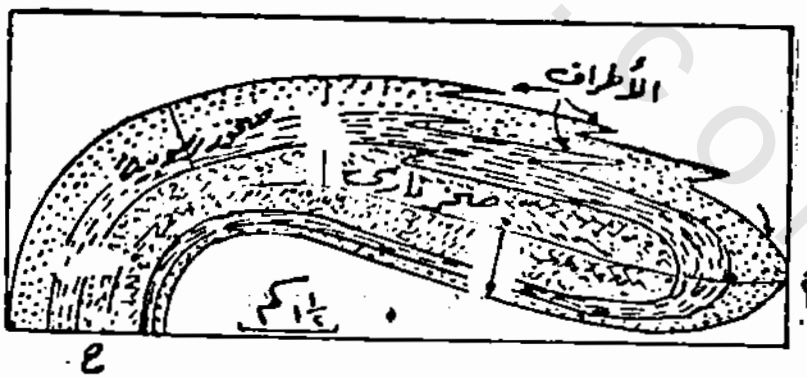
(شكل ٩٣)
علامات الميل والمضرب فى حالة طية متكئة
(ا) شكل مجسم . (ب) الخريطة

٤ – طية متكئة . . . . . (Overturned fold)

هى طية يكون مستوى محورها مائلا و يميل جناحاها فى نفس الاتجاه بزوايا تكون عادة غير متساوية كما فى شكل (٩٢ – حـ) .وجناح الطية المعكوس هو ذلك الذراع الذى تعرض لدوران أكبر من ٩٠ درجة حتى يصبح فى وضعه الحالى . وفى الخرائط الجيولوجية الحديثة تستخدم إشارات خاصة تدل على خطوط مضرب واتجاهات ومقدار ميل الطبقات لتوضيح الطيات المتكئة فى شكل (٩٣) .

٥ – طية مضطجعة . . . . . (Recumbent Fold)

هى طية يكاد يكون مستوى محورها أفقياً كما فى شكل (٩٢ – د) ويوجد هذا النوع من الطيات على نطاق كبير فى جبال الألب . وتسمى أجزاء الطية المضطجعة بمصطلحات معينة كما فى شكل (٩٤) ، وتكون الطبقات فى الجناح المقلوب عادة أقل سمكاً من الطبقات المماثلة فى الجناح العادى ، والقوس المنحنى هو ذلك الجزء المنحنى من الطية المحصور بين الذراع المقلوب والذراع العادى . وكثير من الطيات المضجعة فى جبال الألب تحتوى على صخور متبلورة من حقب الحياة القديمة فى مركزها ، وتغلفها

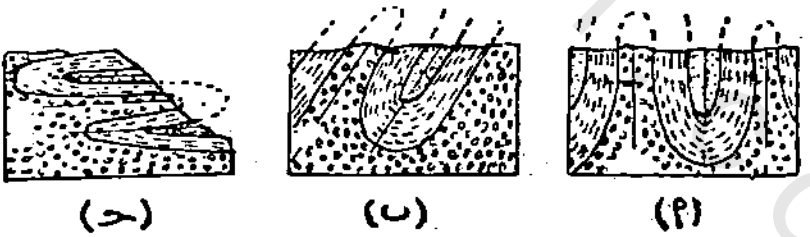


(شكل ٩٤)
طية مضطجعة محدبة

صخور من حقب الحياة المتوسطة ، وبذلك يوجد مركز ظاهر من الصخور المتبلورة بداخل قشرة من الصخور الرسوبية . وفى حالة الطية المضطجعة التى تتكون من نوع واحد من الصخور ، فإنه يستخدم أيضاً التعبيران المركز والقشرة للدلالة على الأجزاء الداخلية والخارجية من الطية على الترتيب . وكثير من الطيات المضطجعة ترتبط بها طيات محدبة مضطجعة إضافية على شكل نتوءات صغيرة تسمى بالأطراف . (Digitations)

٦ – طية متساوية الميل . . . . . (Isoclinal fold)

هى طية يماثل جناحاها فى اتجاه ومقدار زاوية الميل ، وتسمى طية رأسية متساوية الميل إذا كان مستوى المحور رأسياً. وعندما يتعرض هذا النوع من الطيات لعوامل التعرية ، وتتآكل الأجزاء العلوية للطية ، تظهر أجنحتها على شكل طبقات متكررة ذات ميل كبير وقد تكون رأسية كما فى شكل (٩٥ – ا) . والطية المتكئة متساوية الميل هى طية يكون مستوى محورها مائلا كما فى شكل (٩٥ – ب) أما الطية المضطجعة متساوية الميل فإن مستوى محورها يكاد يكون أفقياً كما فى الشكل (٩٥ حـ) .



(شكل ٩٥)
طية متساوية الميل
(ا) طية متماثلة . (ب) طية غير متماثلة

٧ – طية مسننة . . . . . (Chevron fold)

بالرغم من أن معظم الطيات تتقوس قليلا إلى أعلى فى حالة الطيات

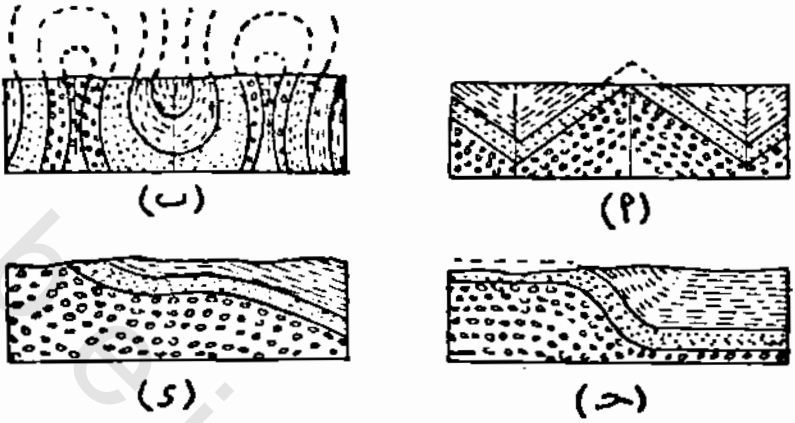
المحدبة ، وإلى أسفل فى الطيات المقعرة ، إلا أنه قد تتقابل فيها أجنحتها بزوايا حادة عند القمة والقاع وبذلك يتخذ قطاعها الرأسى شكل الخط المتعرج بزوايا حادة ويسمى هذا النوع بالطيات المسننة كما فى شكل (٩٦ — ا) وتنشأ هذه الطيات من إجهادات القص فى طبقات متجانسة أو نتيجة تعرض صخور ذات لدونة عالية لضغوط شديدة .

٨ — طية مروحية الشكل ..... (Fan fold)

هى طيـــة تشبه فى قطاعها الرأسى شكل المروحة ، وفى حالة الطية المحدبة مروحية الشكل يميل الجناحان فى اتجاهين متضادين إلى الداخل ناحية مستوى المحور كما فى شكل (٩٥ — ب) وذلك على عكس اتجاهات ميل الجناحين للطية المحدبة العادية . ومن الناحية الأخرى ، فإن الطية المقعرة مروحية الشكل يميل جناحاها فى اتجاهين متضادين إلى الخارج بعيداً عن مستوى المحور وذلك على عكس الطية المقعرة العادية . وهذا النوع من الطيات ليس شائع الوجود .

٩ — طية وحيدة الميل ..... (Monocline)

فى المناطق التى تنتشر بها الهضاب (مرتفعات سطحها العلوى منبسط) حيث تكون الطبقات أفقية أو مائلة بزوايا صغيرة جداً ، قد تنثنى الطبقات على نطاق محلى ويصبح ميلها كبيراً مكونة طية وحيدة الميل كما فى شكل (٩٦ — حـ) . وفى هذا النوع من الطيات قد تميل الطبقات بزوايا تتفاوت من درجات قليلة إلى ٩٠ درجة ، كما قد يختلف ارتفاع نفس الطبقة على جانبى الطية من مئات إلى آلاف الأمتار . وفى نفس الوقت قد يختلف معدل ميل الطبقة من مكان لآخر كما قد تتكرر الطية لمسافات قصيرة ثم تختفى ثانية .



(شكل ٩٦)

(أ) طية مستنة (ب) طية مروحية
(جـ) طية وحيدة الميل (د) طية مصطبية

١٠ – طية مصطبية . . . . . (Structural terrace)

تنشأ هذه الطية عندما يتشوه قطاع محدود من طبقات مائلة بزاوية كبيرة ليصبح فى وضع يكاد يكون أفقياً كما فى شكل (٩٦ – د) ويوجد هذا النوع من التراكيب عادة بالمناطق التى تعرضت لإجهادات قص ذات شدة متوسطة ، وهذه الطيات ذات أهمية خاصة لأنها تراكيب مناسبة للتجمعات الاقتصادية للبترول والغاز الطبيعى .

١١ – الميل الإقليمى . . . . . (Regional dip)

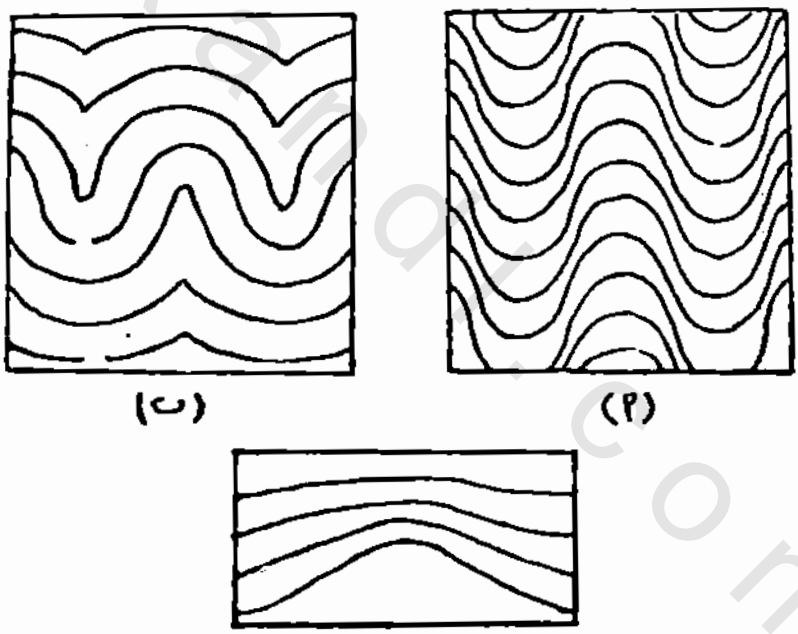
يوجد الميل الإقليمى بالمناطق التى تغطى برواسب ذات امتداد شاسع وميل متوسط فى اتجاه واحد على نطاق إقليمى كبير ، وهذه الرواسب قد يوجد عليها كثير من الطيات التى كانت موجودة قبل ميل الطبقات على النطاق الإقليمى ، أو التى تكونت بفعل الضغوط التى أدت إلى نشأة الميل الإقليمى . وهذه التراكيب ذات انتشار واسع ولها أهمية كبيرة كمصائد للبترول والغاز الطبيعى فى مناطق كثيرة بأنحاء العالم .

١٢ ــ طية مطبقة . . . . . (Closed or tight folds)

هى طيـــة تقارب جناحاها وقد يصل هذا التقارب إلى حد التوازى ، وهذا النوع من الطيات يكون التشوه فيها شديداً لدرجة تؤدى إلى انسياب بعض الطبقات الضعيفة ، وينشأ عن ذلك زيادة فى سمك الطبقات عند القمة أو عند القاع كما فى شكل (٩٧) وهناك نوعان من الطيات المطبقة هما :

ا ــ الطيات المطبقة التى تكون قممها أكثر سمكاً من كل من القاع والجناحين ويعرف هذا النوع بالطيات المتشابهة (Similar folds) كما فى شكل (٩٧ ــ ا)

ب ــ الطيات المطبقة التى يكون قاعها أكثر سمكاً من كل القمة والجناحين ويسمى هذا النوع بالطيات المترققة (Supratenuous folds) كما فى



(شكل ٩٧)

(ا) طية متشابهة (ب) طية متوازية

(حـ) طية مترققة

شكل (٩٧ – حـ) وجدير بالذكر أنه إذا كانت الصخور المكونة لمجموعة من الطيات متشابهة فى سلوكها الميكانيكى ، فإنها عندما تتعرض للضغوط الشديدة فإنها تتجعد دون أن يصحب ذلك انسياب لبعض الطبقات ، وينتج عن ذلك أن يكون سمك الطبقات متساوياً فى جميع أجزاء الطية التى تسمى فى هذه الحالة بالطيات المفتوحة أو المتوازية (Open or parallel folds) كما فى شكل (٩٧ – ب) .

١٣ – طية انزلاقية ..... (Drag folds)

إذا تواجدت طبقة ضعيفة (Incompetent) مثل الصلصال أو الطين الصفحى محصورة بين طبقتين من الصخور القوية (Competent) مثل الصخور الرملية ثم تعرضت هذه المجموعة من الصخور لإجهادات قص فإن الصخور الضعيفة تنشأ بها طيات عديدة صغيرة الحجم ومعقدة الشكل وتسمى بالطيات الانزلاقية كما فى شكل (٩٨) وتميل المستويات المحورية لهذه الطيات بزاوية حادة على مستوى التطابق للصخور القوية . وهذه الطيات أكثر وضوحاً على أجنحة الطيات الكبيرة نتيجة لانزلاق الطبقات الواحدة وراء الأخرى ، وكذلك تنشأ الطيات الانزلاقية فى أسفل الكتل الصخرية المندفعة فوق سطح الفوالق المعكوسة . ويتضح من شكل (٩٨) أنه إذا تصورنا

(شكل ٩٨)

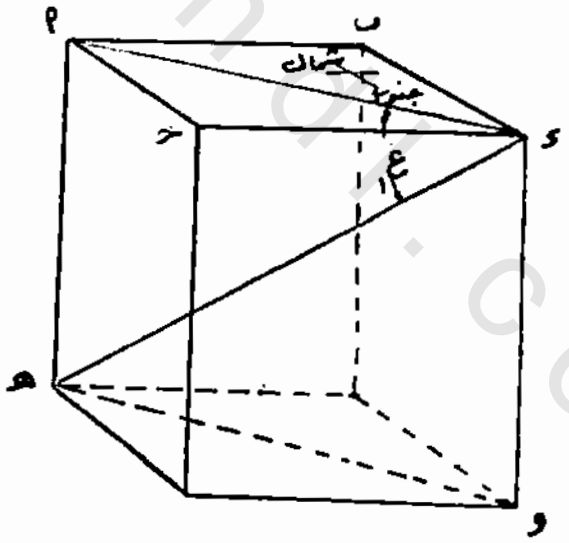
طيات انزلاقية ناشئة بعوامل القص وانزلاق الطبقات الواحدة وراء الأخرى

دائرة فى الصخور الضعيفة تشوهت إلى شكل بيضاوى فإننا نجد أن آثار مستويات محور الطيات الانزلاقية تكون موازية للمحور الطويل للشكل البيضاوى كما أن الزوايا الحادة المحصورة بين مستويات المحور للطيات الانزلاقية ومستويات التطابق الرئيسية تشير إلى اتجاه الحركات التفاضلية .

١٤ – طية غاطسة أو منحدرة . . . . . (Plunging fold)

هى طية يميل فيها محور الطى عن المستوى الأفقى . وفى بعض الطيات يكون محور الطى أفقياً كما فى شكل (٨٨ – ا ، د ، ه) بينما فى أنواع أخرى يكون المحور مائلا كما فى شكل (٨٨ – ب ، حـ – و) ويتحدد اتجاه محور الطية بمقياسين هما أثر المستوى الرأسى المار بالمحور على المستوى الأفقى والزاوية المحصورة بين المحور وأثر هذا المستوى كما فى شكل (٩٩) .

ويتضح من شكل (٩٩) أن الخط (ا د) يتجه ناحية شمال غرب ، وبالتالى فإن نفس اتجاه المسقط الأفقى للخط (د ه) . وزاوية انحدار



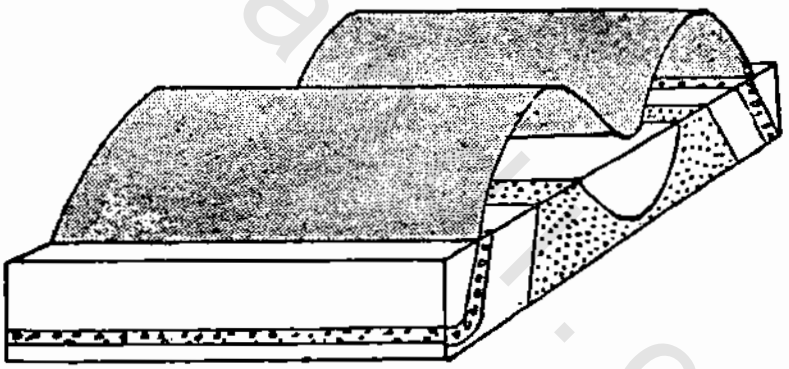
(شكل ٩٩)

محور الطية

د ه = المحور . ا د = مضرب المسقط الأفقى للمحور

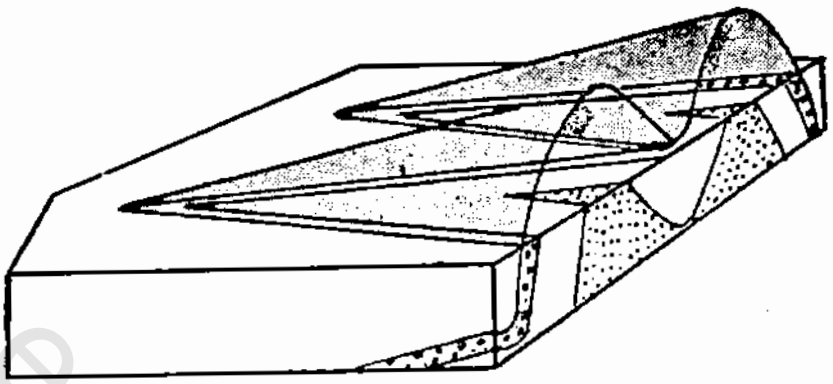
ع – زاوية الغطس

أو غطس الخط (د هـ) وتعادل الزاوية (ع) وهى تلك الزاوية المحصورة بين (اد ، د هـ) المقاسة على المستوى الرأسى (ا د وهـ) . وبالرغم من أن الطيات الغاطسة الكبيرة لا يمكن مشاهدتها مباشرة ، ولكن يمكن بسهولة التعرف عليها من أشكال مواضع ظهورها فى الخرائط الجيولوجية . ويمثل الشكل (١٠٠) شكل مجسم لطية غير غاطسة ، وتظهر فيها خطوط مضرب الأجنحة المقابلة لبعضها البعض متوازية ويبين شكل (١٠١) رسم مجسم لطيات غاطسة ، حيث تتقابل خطوط مضرب الأجنحة فى اتجاه غطس الطية المحدبة بينما تتباعد فى اتجاه غطس الطية المقعرة ويسمى الجزء من الطية الذى تظهر فيه الطبقات المكونة للطية أكبر مقدار من الانحناء « أنف الطية » (Nose of the fold) والنقط الواصلة بين أنف جميع الطبقات تمثل محور الطية .



(شكل ١٠٠)
طية غير غاطسة

وفى حالات كثيرة تتغير زاوية غطس الطية على امتداد خطوط المضرب ، وأحياناً ينعكس اتجاه غطس الطية . والطية الغاطسة المزدوجة هى التى ينعكس اتجاه غطسها فى حدود المنطقة التى توجد بها ، وكثير من الطيات الغاطسة إذا تتبعناها لمسافات كبيرة تصبح طيات غاطسة مزدوجة . ويوضح شكل (١٠٢ــ ا) خريطة جيولوجية لطية محدبة غاطسة مزدوجة محورها فى اتجاه شمال

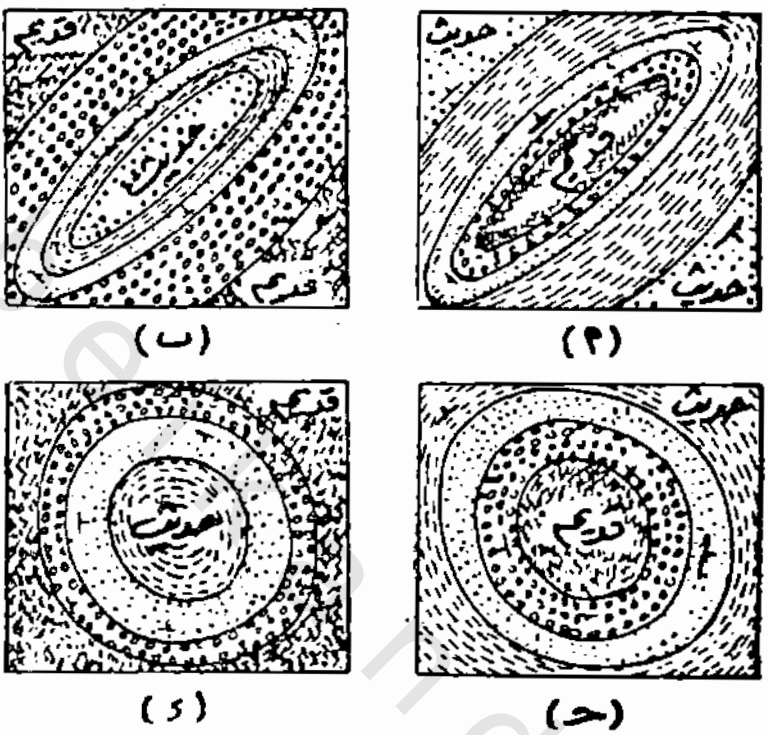


(شكل ١٠١)
رسم مجسم لطيات غاطسة

شرق . وفى الركن الشمالى الشرقى للخريطة تغطس الطية بمقدار ١٠ درجات فى اتجاه الشمال الشرقى حيث تتقابل الطبقات فى نفس الاتجاه . أما فى الاتجاه الجنوب الغربى فتقل زاوية غطس الطية حتى تصل إلى صفر فى وسط الخريطة ، ثم تزداد زاوية الغطس إلى أن تصل لحوالى (١٥) درجة فى الركن الجنوبى الغربى للخريطة حيث تتقابل الطبقات أيضاً فى نفس الاتجاه ويوضح الشكل (١٠٢ — ب) طية مقعرة مزدوجة الغطس .

١٥ — القبة . . . . . (Dome)

هى طية محدبة تميل طبقاتها فى جميع الاتجاهات من نقطة فى وسط قمتها كما فى شكل (١٠٢ — حـ) ونادراً ما تكون القبة دائرية المقطع ، إذ تكون عادة بيضاوية ، ومعظم الطيات المحدبة الكبيرة قد تكون أجزاء منها لها تركيب قبوى . وتنشأ القباب بالمناطق التى تعرضت لإجهادات وضغوط هيدروستاتيكية ذات شدة متوسطة . وهناك تركيب يشبه القبة ولكنه يكون مفتوحاً من أحد جوانبه و يسمى بالأنف (Nose) . أما الحوض (Basin) فهو عبارة عن طية مقعرة ليس لها اتجاهات محددة كما فى شكل (١٠٢ — د)



(شكل ١٠٢)

خرائط الطيات الغاطسة

(أ) طية محدبة مزدوجة الغطس .
(ب) طية مقعرة مزدوجة الغطس .
(حـ) قبة .
(د) حوض .

١٦ – طية اختراقية ..... (Diapir or piercing fold)

إذا وقع ضغط رأسى من أعلى إلى أسفل على طبقة انسيابية مثل الملح الصخرى فإنها تنساب إلى أعلى فى المواضع التى يكون فيها الضغط أقل ما يمكن مما يودى إلى ارتفاع الملح إلى أعلى على شكل أنابيب ، كما تتقوس الصخور العلوية مكونة طية محدبة تسمى بالطية الاختراقية وقد تصاحب الضغوط الرأسية إجهادات جانبية تساعد على نشأة هذه التراكيب التى توجد فى كثير من البلاد .

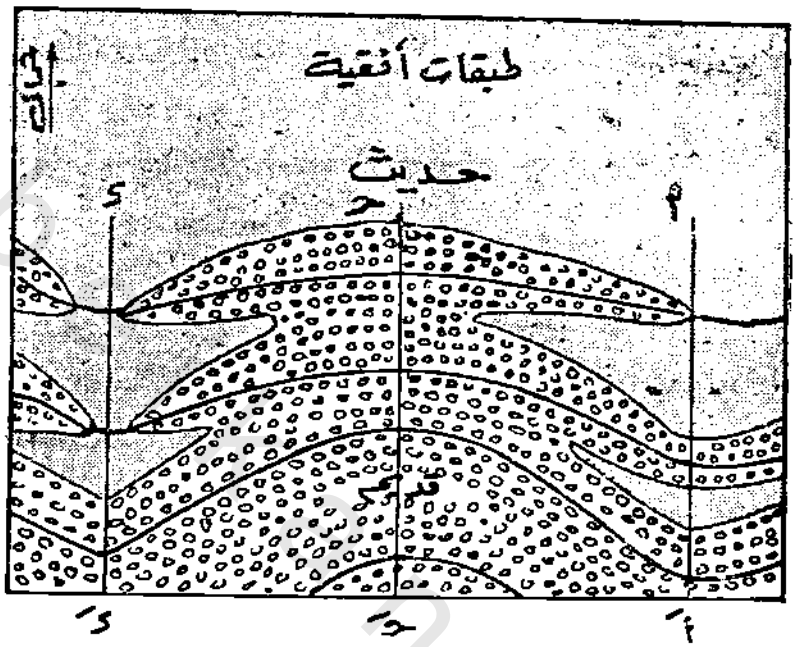
فصائل الطيات

نادراً ما توجد الطيات فى وحدات مستقلة منفردة بل توجد عادة ضمن فصائل أو مجموعات تتكون من عدد كبير منها . وتكون محاور الطيات إما متوازية ومستقيمة أو متوازية ومنحنية ، ولكنها تكون عادة غير متوازية وغير مستقيمة . ويوضح شكل (١٠٣) خريطة جيولوجية لمنطقة بها طيات أثر محاورها منحنيـة ، وعلى امتداد الخط حـ ـ حـ تظهر منحنية إلى أعلى فى اتجاة الشمال ، بينما تتباعد ناحية الشرق والغرب . وهناك أربعة أنواع من فصائل الطيات هى :

١ ـ فصيلة الطيات المجاوزة : (En-echelon system) وهى توجد بمناطق كثيرة حيث لا تمتد الطيات لمسافات بعيدة ولكنها تكون متداخلة بعضها مع بعض كما فى شكل (١٠٤) .

٢ ـ فصيلة الطيات المتقهقرة والطيات المتقدمة :

(Recses and salient system) إذا كان أثر محور الطية فى الحدود الخارجية للمنطقة منحنيًا إلى أعلى فإن الطيات تسمى بالفصيلة المتقدمة مثل الخط (حـ ـ حـ) فى شكل (١٠٥) ، أما إذ كان أثر المحور فى الحدود الخارجية للمنطقة منحنياً إلى أسفل مثل الخطوط (د ـ د) ، (هـ ـ هـ) فى شكل (١٠٥) فإن الطيات تسمى بالمجموعة المتقهقرة . ويتضح من الشكل (١٠٥) أن الطيات بين الخطين (حـ ـ حـ) ، (هـ ـ هـ) تغطس ناحية الشرق بينما الطيات الواقعة شرق الخط (هـ ـ هـ) فإنها تغطس ناحية الغرب ، ويمثل الخط (حـ ـ حـ) منطقة مرتفعة أما الخطين (د ـ د) ، (هـ ـ هـ) فيمثلان منطقة منخفضة وتتجه المرتفعات والمنخفضات بزاوية قائمة بالنسبة لاتجاه

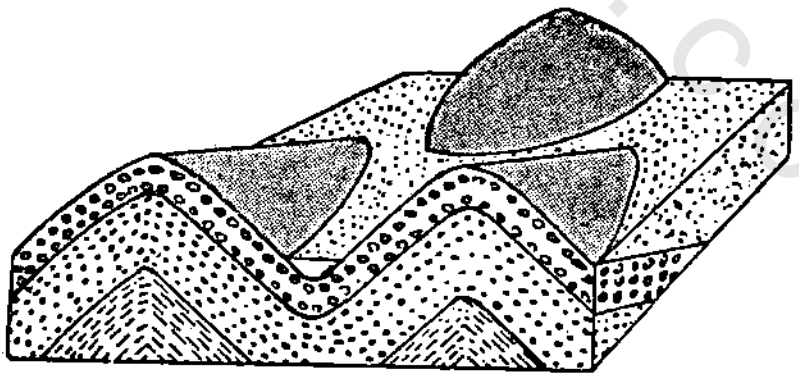


شكل (١٠٣)

تقارب وتباعد آثار محاور الطيات

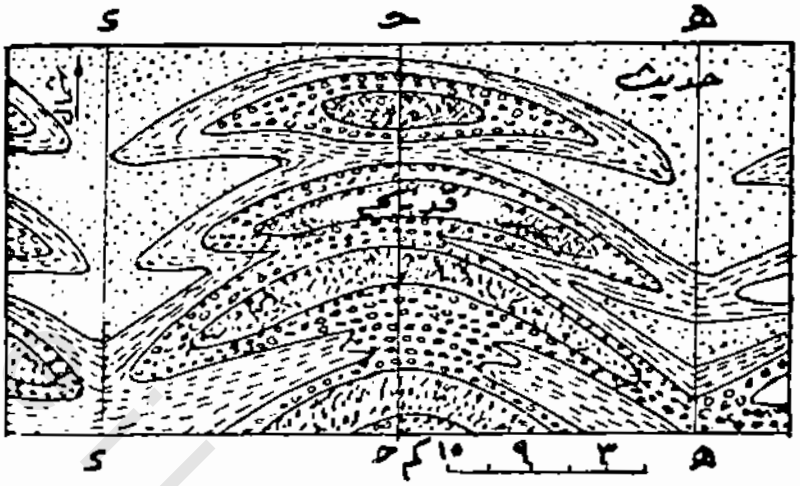
(الخطوط الثقيلة السوداء) . تتباعد الخطوط بعيد عن الخط ح — ح

بينما تتقارب فى اتجاه ح — ح



(شكل ١٠٤)

فصيلة الطيات المجلوزة



(شكل ١٠٥)

المرتفعات والمنخفضات . يمثل الخط حـ — حـ

منطقة مرتفعة وتغطس الطيات بعيداً عن هذا الخط ، بينما يمثل الخطان د — د ، هـ — هـ منخفضات وتغطس الطيات فى اتجاه هذان الخطان

الطيات ، ويلاحظ أن الطيات تغطس بعيداً عن المرتفعات ولكنها تغطس فى اتجاه المنخفضات .

٣ — **فصيلة الطيات المركبة** : ونجد فيها أن بعض الطيات الكبيرة يوجد على أجنحتها طيات إضافية صغيرة تصل المسافة بين محاورها لآلاف الأمتار . وقد توجد على الطيات الإضافية طيات أصغر منها تبلغ المسافة بين محاورها مئات الأمتار ، بينما قد توجد على الطيات الأصغر طيات أخرى تتباعد محاورها عدة أمتار . ولقد أثبتت الدراسة الميكروسكوبية لبعض الصخور التى توجد بها طيات كبيرة أنه توجد بهذه الصخور تموجات صغيرة جداً لا ترى بالعين المجردة .

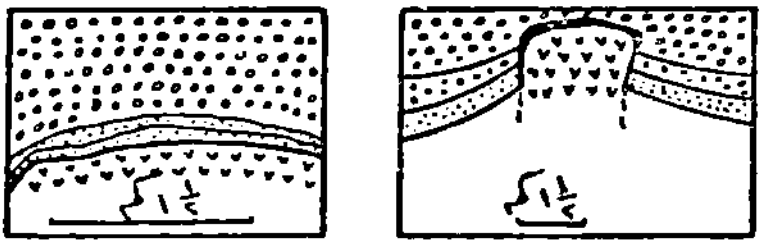
٤ — **فصيلة الطيات المحدبة العملاقة** (Antic'inorium) والطيات المقعرة العملاقة (Synclinorium) هى طيات تمتد لمسافات كبيرة جداً وتغطى مساحات

شاسعة ، وقد يصل عرضها إلى عدة كيلومترات وتكون أحياناً جبالا كبيرة أو سلسلة من الجبال التى تمتد لمئات الكيلومترات . وقد يوجد على هذه الطيات طيات مركبة أصغر منها .

القباب الملحية

القباب الملحية كتل كبيرة تكونت نتيجة اختراق طبقات من الملح أو الجبس أو الانهيدريت للصخور التى فوقها بفعل الانسياب اللدن ، وتوجد عادة تحت سطح الأرض ويحدد مواضعها بواسطة آبار الحفر أو بالاستكشاف الجيوفيزيقى . والقبة الملحية عبارة عن أنبوبة ذات أشكال مختلفة كما فى شكل (١٠٦) وتتكون أساساً من معدن الهاليت . وتوجد هذه التراكيب فى كثير من أنحاء العالم وخاصة فى الجلف كوست بالولايات المتحدة وألمانيا وفرنسا وإيران وشبة الجزيرة العربية . ويصل سمك أنبوبة الملح عدة آلاف من الأمتار ، ولم يكتشف للآن العمق الذى تمتد إليه القباب الملحية فى جميع الآبار التى حفرت بها وتوجد الأنابيب الملحية على أعماق تتفاوت من عدة أمتار إلى آلاف الأمتار من سطح الأرض . والصخور التى على جانبى القبة الملحية تكون عادة مقوسة على هيئة طيات محدبة ، وشكل القبة الملحية فى المستوى الأفقى يكون عادة مستديراً ، ويتراوح قطرها من واحد إلى سبعة

(شكل ١٠٦)
بعض أشكال القباب الملحية
الأجزاء السوداء تمثل صخور الغطاء



(شكل ١٠٧)

(أ) قبة ملحية اختراقية .

(ب) قبة ملحية غير اختراقية .

أميال ، وقد يكون القطاع الأفقى بيضاوى الشكل وفى هذه الحالة نجد أن القطر الأكبر للقبة الملحية يوازى محاور الطيات المجاورة وتتكون صخور غطاء القبة الملحية من الحجر الجيرى والجبس والانهيدريت وأحياناً الكبريت . وهناك نوعان من القباب الملحية أولهما قباب اختراقية (Piercement domes) وثانيهما قباب غير اختراقية (Non-piercement domes) كما فى شكل (١٠٧) وقد توجد قطع مفتتة من الصخور ذات أحجام مختلفة على جانبى القبة الملحية .

نشأة القباب الملحية : تنشأ القباب الملحية نتيجة الانسياب اللدن للملح الصخرى فى الصخور المحيطة . وقد توجد جميع المراحل الانتقالية من الطبقات الملحية ذات ميل صغير إلى قباب على شكل طيات محدبة بسيطة إلى أنابيب ملحية حقيقية . وتنشأ بعض القباب نتيجة صعود الملح إلى أعلى نظراً لاختلاف الكثافة بين الملح والصخور المحيطة به . وطبقاً للدراسات التى قام بها العالم نيتلتون فإنه إذا وجد فوق الطبقة الأصلية للملح تركيب على شكل طية محدبة صغيرة فحينئذ يبدأ الملح فى الصعود إلى أعلى وينساب من الجانبين مكوناً الأنبوبة الملحية كما فى شكل (١٠٨ ــ ا ، ب) ، وإذا نضب معين

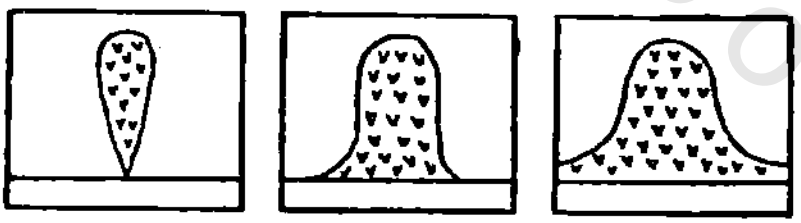
الملح من المصدر الأصلى فإنها قد تتخذ شكلا بيضاوياً سطحة العلوى مستدير بينما سطحة السفلى يكون مدبباً كما فى شكل (١٠٨ — حـ) .

ويعتقد العالم بارتون أنه بالرغم من صعود الملح إلى أعلى بالنسبة للصخور المجاورة ، ولكنه قد يظل فى مكانه الأصلى بالنسبة لمستوى سطح البحر ، بينما تنخفض الرواسب المحيطة بالملح إلى أسفل ، وينشأ عن ذلك هبوط الرواسب المحيطة بالملح (Downsinking) بدلا من صعود الملح إلى أعلى (Upthrusting)

وبعض القباب الملحية مثل تلك التى توجد فى رومانيا تعزى نشأتها إلى ضغوط أفقية تتعرض لها الصخور أثناء العمليات البنائية للجبال ، وفى هذه الحالة تخترق الأنابيب الملحية الصخور المجاورة مكونة ما يسمى بالطيات الاختراقية .

أما صخور الغطاء فهناك نظريات كثيرة متعارضة عن نشأتها . وطبقاً لإحدى النظريات فإن صخور الغطاء تتكون من مواد متخلفة من الملح بعد ذوبانه على سطح القبة الملحية . وهناك نظرية أخرى تفترض أن صخور الغطاء هى مواد رسوبية ترسبت على السطح الأصلى لطبقات الملح .

وتنحصر القيمة الاقتصادية للقباب الملحية فى أنها مصائد هامة للتجمعات البترولية والغاز الطبيعى والتى قد توجد بكميات هائلة على جانبى الأنبوبة الملحية أو بالغطاء الصخرى كما أنها مصدر هام لرواسب الكبريت بالإضافة إلى استغلال ما يوجد بهذه القباب من ملح الطعام وأملاح البوتاسيوم .



(شكل ١٠٨)
الأشكال التصورية للقباب الملحية

ثانياً ـ الفوالق

تعريفات ومصطلحات

١ ـ **الفوالق والفواصل :** الفالق هو كسر فى صخور القشرة الأرضية تحركت الكتل الصخرية على جانبيه بالنسبة لبعضها البعض حركة نسبية إلى أعلى أو إلى أسفل بموازاة سطح الكسر . أما الفواصل فهى كسور فى القشرة الأرضية لا يصحبها تحرك الكتل الصخرية على جانبى سطح الكسر .

٢ ـ **مستوى الفالق :** هو المستوى الذى يحدث عنده الكسر فى الكتل الصخرية ويسبب نشأة الفالق .

٣ ـ **امتداد الفالق :** يقاس امتداد الفالق فى اتجاه خطوط مضرب مستوى الفالق . وتمتد بعض الفوالق مئات الكيلومترات ، بينما لا يزيد امتداد البعض الآخر عن بضعة سنتيمترات .

٤ ـ **الإزاحة الأفقية :** وتقاس فى الاتجاه المتعامد مع خطوط المضرب لسطح الفالق فى المستوى الأفقى ، وتتراوح الإزاحة الأفقية لبعض الفوالق أحياناً بين بضعة كيلومترات إلى عشرات الكيلومترات ، وهناك حالات أخرى لا يزيد فيها مقدار الإزاحة الأفقية عن بضعة سنتيمترات .

٥ ـ **خطوط مضرب الفالق :** هى الخطوط الأفقية التى يمكن رسمها على مستوى الفالق . والتى تتعامد مع الميل الحقيقى لمستوى الفالق .

٦ ـ **ميل وحيود الفالق :** ميل الفالق هو الزاوية المحصورة بين مستوى أفقى وسطح الفالق فى قطاع رأسى متعامداً على خطوط مضرب الفالق ، أى فى اتجاه الميل الحقيقى للفالق .

أما حيود الفالق فهو الزاوية المتممة لزاوية ميل الفالق ، أى أن :

زاوية حيود الفالق = ٩٠ – زاوية ميل الفالق .

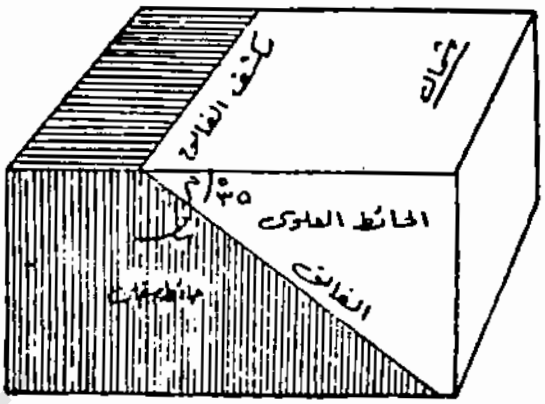
ويعرف الحيود أحياناً بأنه الزاوية المحصورة بين مستوى الفالق ومستوى رأسى يوازى أثره الأفقى خطوط مضرب الفالق . ويتضح من الشكل (١٠٩) أن مستوى الفالق عبارة عن مستوى مائل تتجه خطوط مضربة فى اتجاه شمال – جنوب ، بينما يميل ناحية الشرق بزاوية قدرها ٣٥ درجة ، أما زاوية حيود الفالق فتساوى ٥٥ درجة .

٧ – **الحائط العلوى والحائط السفلى :** تسمى الكتلة الصخرية التى تقع فوق مستوى الفالق بالحائط العلوى كما فى شكل (١٠٩) ، بينما تسمى الكتلة الصخرية الواقعة تحت مستوى الفالق بالحائط السفلى وفى حالة الفوالق الرأسية فإنه لا يوجد لها حائط علوى أو حائط سفلى .

٨ – **منطقة الفالق :** لا يتحدد فى كثير من الأحيـــان سطح الفالق بمستوى كسر واحد فقط ، ولكنه يشتمل على منطقة متعددة الكسور تسمى منطقة الفالق ، ويتفاوت عرضها من عشرات إلى مئات الأمتار . وقد تتكون منطقة الفالق من عدد كبير من الفوالق الصغيرة المتشابكة وقد تكون عبارة عن منطقة غير واضحة المعالم تتكون من صخور مهشمة أو مفتتة إلى قطع صغيرة .

٩ – **الفوالق المتعددة :** توجـــد هذه الفوالق بالمنـــاطق التى تحدث بها حركات تفاضلية نتيجة انزلاقات صغيرة منتظمة على طول عدد كبير من الكسور المتقاربة بعضها من بعض .

١٠ – **خط الفالق أو مكشفه :** يسمى تقاطع الفالق مع سطح الأرض بخط الفالق أو مكشفه كما فى شكل (١٠٩) وفى معظم الأحيان يظهر خط الفالق فى الخريطة الجيولوجية على شكل خط مستقيم (إذ كان مستوى الفالق رأسياً) أو منحنى بدرجات متفاوتة (إذ كان مستوى الفالق مائلا) . وإذا



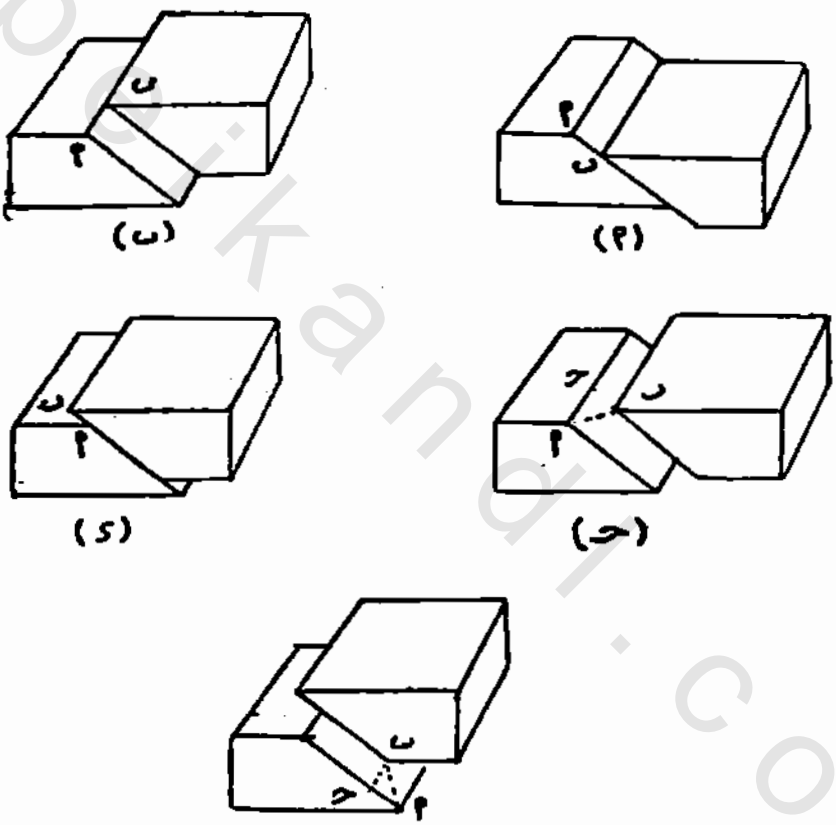
(شكل ١٠٩)
أجزاء الفالق
م = ميل الفالق ح = حيود الفالق

كان ميل الفالق صغيراً وطبوغرافية المنطقة شديدة الانحدار فإن خط الفالق يكون غير منتظم لدرجة كبيرة .

١١ــ الانزلاق الكلى للفالق : هو الإزاحة النسبية التى تحدث لنقطتين كانتا متجاورتين ، ولكن بعد نشأة الفالق تنزلق النقطتان على جانبيه ويقاس الانزلاق عادة على سطح الفالق وفى شكل (١١٠) يعادل الانزلاق الكلى المسافة (ا ب) وهى المسافة التى على سطح الفالق بين نقطتين واقعتين على الحائطين المتقابلين للفالق وكانتا متجاورتين قبل نشأة الفالق . ويعبر عن انزلاق الفالق بالمسافة وبالزاوية المحصورة بين الخط (ا ب) وخط المضرب . أو اتجاه ميل سطح الفالق كما فى شكل (١١٠ ــ حـ ، هـ) . ويتضح من شكل (١١٠ ــ) أن الانزلاق الكلى للفالق يساوى (ا ب) ، أما الزاوية المحصورة بين (ا ــ ب) وخط مضرب الفالق فهى تعادل ٣٥° ، ولتحديد الانزلاق تحديداً كاملا يجب أن نذكر الحركة النسبية لكل من الحائطين العلوى والسفلى .

١٢ – الانزلاق المضربي : وهو عبارة عن مركبة الانزلاق الكلى بموازاة مضرب الفالق ويساوى (ا حـ) فى شكل (١١٠ – حـ) .

١٣ – الانزلاق الميلى : هو مركبة الانزلاق الكلى بموازاة اتجاه ميل الفالق ويساوى (ب حـ) فى شكل (١١٠ حـ) . أما فى شكل (١١٠ – ا ، د)



(شكل ١١٠)

الانزلاق الكلى للفالق

ا ب = الانزلاق الكلى .

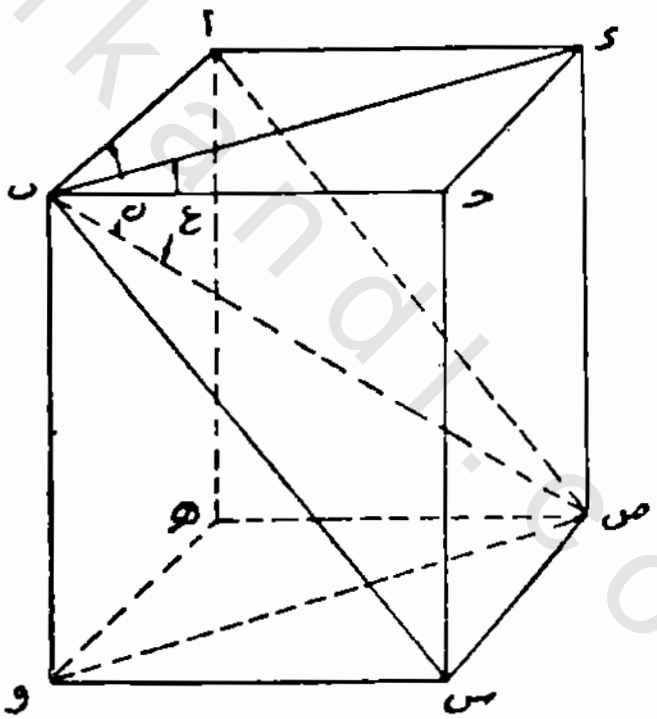
ب حـ = الانزلاق الميلى .

ا حـ = الانزلاق المضربى .

فإن الانزلاق الميلى يساوى الانزلاق الكلى أما الانزلاق المضربى فيساوى صفر . وفى شكل (١١٠ – ب) نلاحظ أن الانزلاق المضربى يساوى الانزلاق الكلى (ا ب) ، بينما الانزلاق الميلى يساوى صفر . وفى شكل (١١٠ – هـ) يوجد انزلاق ميلى يعادل (ا حـ) ، وانزلاق مضربى يساوى (ب حـ) وانزلاق كلى يعادل (ا ب) .

١٤ – انحراف الفالق وزاوية غطس الفالق :

انحراف الفالق هو الزاوية المحصورة بين أى خط على مستوى الفالق وأحد خطوط مضاربه . فعلى سبيل المثال يتضح من الشكل (١١١) أن

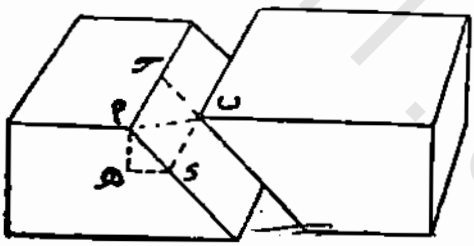


(شكل ١١١)
زاوية انحراف وغطس الفالق
الزاوية ا ب ص (ن) = انحراف الفالق
الزاوية د ب ص (ع) = غطس الفالق

المستوى (ا ب س ص) يميل ناحية اليمين ويحتوى على الخط (ب ص) ، ويمثل انحراف الفالق عن الخط (ب ص) بالزاوية (ا ب ص) وتساوى حوالى ٥٧ درجة . أما زاوية غطس الفالق فهى الزاوية المحصورة بين خط تقاطع مستوى الفالق مع أى مستوى رأسى وأثره الأفقى وتعادل الزاوية (د ب ص) التى تساوى حوالى ٤٥ درجة . وفى شكل (١١٠ — حـ) نلاحظ أن انحراف الانزلاق الكلى للفالق يساوى الزاوية (ب ا حـ) ، بينما فى شكل (١١٠ — هـ) نجد أن انحراف الأنزلاق الكلى للفالق يساوى الزاوية (حـ ب ا) .

١٥ — الرمية الرأسية للفالق : نلاحظ أن المستوى الرأسى المتعامد على مضرب الفالق يحتوى على الانزلاق الميلى الذى يمثل فى الشكل (١١٢) بالخط (ا د) .

والانزلاق الرأسى (ا هـ) تعرف بالرمية الرأسية للفالق (Downthrow) وتمثله المركبة الرأسية لكل من الانزلاق الكل أو الانزلاق الميلى ، أما الإزاحة الأفقية أو بعد الفالق (Heave) فهو المركبة الأفقية لكل من الانزلاق الكلى أو الانزلاق الميلى للفالق ويساوى (د هـ) .



(شكل ١١٢)

الانزلاق الرأسى والانزلاق الميلى

(ا ب) = الانزلاق الكل .

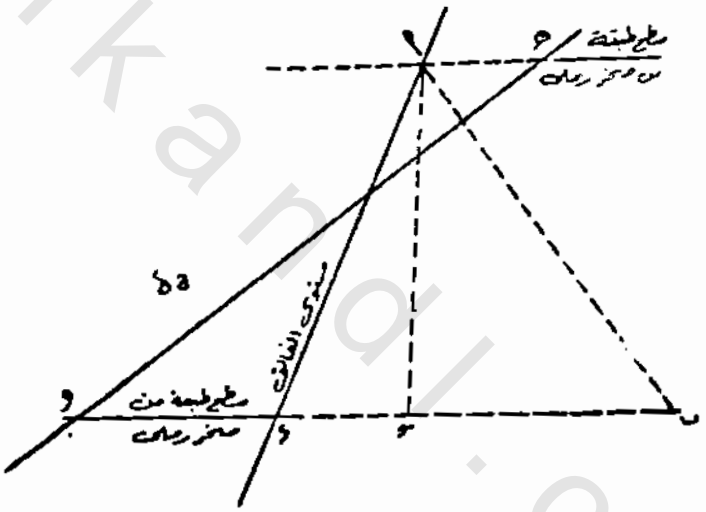
(ا حـ) = الانزلاق المضربى .

(ب حـ) = ا د = الانزلاق الميلى .

(ا هـ) = رمية الفالق .

(د هـ) = بعد الفالق .

١٦ ــ الفاصل الاستراتجرافى والفاصل الرأسى والفاصل الأفقى: الفاصل الاستراتجرافى للفالق هى المسافة العمودية بين سطح واحد للطبقة على جانبى سطح الفالق . أما الفاصل الرأسى فهو طول المسافة الرأسية المحصورة بين سطح واحد للطبقة على جانبى مستوى الفالق ، أو هو المسافة المقطوعة بواسطة بئر رأسى من سطح واحد للطبقة أو امتداده على جانبى مستوى الفالق . والفاصل الأفقى هو طول المسافة الأفقية المحصورة بين سطح واحد للطبقة على جانبى مستوى الفالق ، أو هو المسافة المقطوعة بواسطة نفق أفقى من سطح واحد للطبقة أو امتداده على جانبى مستوى الفالق كما يتضح من (شكل ١١٣) .



(شكل ١١٣)

(ا ، ب) = حركات انتقالية .

(جـ ، د) = حركات دورانية .

نوع الحركة على سطح الفالق

١ ــ الحركات الانتقالية والدورانية :

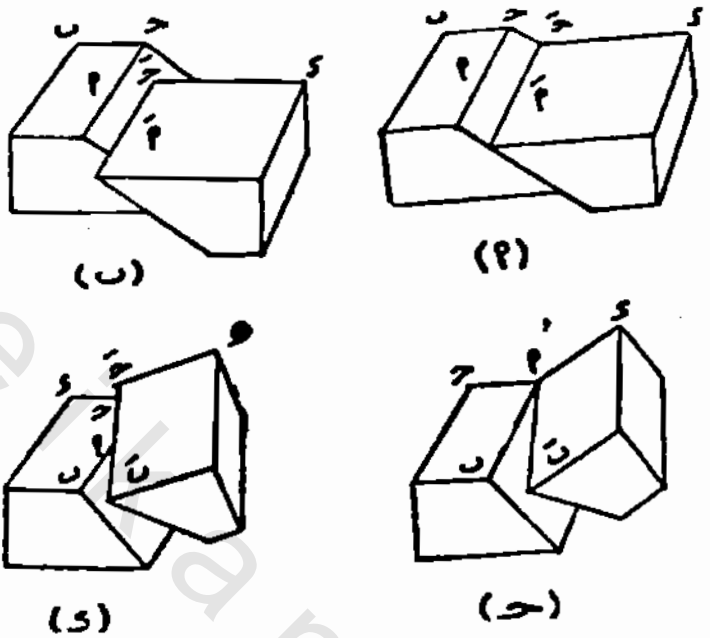
تنقسم الحركات التى تحدث على جانبى سطح الفالق إلى نوعين رئيسيين هما :

(ا) حركات انتقالية كما فى شكل (١١٤ ــ ا ، ب) .

(ب) حركات دورانية كما فى شكل (١١٤ ــ حـ ، د) .

وفى حالة الحركة الانتقالية لا يحدث دوران للكتل الصخرية بالنسبة لبعضها البعض وتبقى جميع الخطوط المتوازية قبل وبعد الفالق على حالها دون تغيير فى اتجاهها. وفى شكل (١١٤ ــ ا) تصبح النقطتان (ا ، ا ،) المنطبقتان قبل حدوث الفالق متباعدتين بعد نشأة الفالق . والكتلة على الجانب الأيمن تحركت مباشرة إلى أسفل فى اتجاه ميل الفالق بالنسبة إلى الكتلة الصخرية التى على الجانب الأيسر . ويلاحظ أن الخطين (ب حـ) ، (حـ د) المتوازيين قبل حدوث الفالق يبقيان أيضاً متوازيين بعد نشأة الفالق وفى شكل (١١٤ ــ ب)، نلاحظ أن الكتلة الصخرية على الجانب الأيمن تحركت إلى الأمام و إلى أسفل ناحية ميل الفالق ، ويلاحظ أيضاً أن الخطين (ب حـ) ، (حـ ــ د) يكونان متوازين قبل وبعد الفالق ، كما نجد أن رمية الفالق فى حالة الفوالق الانتقالية تكون ثابته مقداراً واتجاهاً مثل الفوالق العادية والمعكوسة .

والحركات الدورانيـــة هى تلك التى تصبح فيهـــا الخطوط المتوازية والمستقيمة على جانبى الفالق وخارج حدود منطقة الزحزحة غير متوازية بعد نشأة الفالق . وفى شكل (١١٤ ــ حـ) يتضح أن الكتلة الصخرية على الجانب الأيمن قد تحركت إلى أسفل بالنسبة إلى الكتلة الصخرية على الجانب الأيسر ، ولكن يلاحظ ازدياد مقدار الإزاحة بين الكتلتين إلى الأمام . وعند النقطة (ا)



(شكل ١١٤)
الحركات الانتقالية والدورانية
(أ ، ب) = حركات انتقالية .
(حـ ، د) = حركات دورانية .

لا توجد إزاحة على الإطلاق ، ولكن النقطتان (ب ، ب) كانتا منطبقتين قبل نشأة الفالق . كذلك نلاحظ أن الخطين (أ حـ) ، (أ د) المتوازيان قبل نشأة الفالق يصبحان غير متوازيين بعد نشأة الفالق . وفى الشكل (١١٤ — د) يصبح الجزء الخلفى للكتلة الصخرية التى على الجانب الأيمن مرتفعاً بالنسبة للكتلة التى على الجانب الأيسر بينما الجزء الأمامى للكتلة التى على الجانب الأيمن يكون منخفضاً بالنسب للكتلة التى على الجانب الأيسر ، وبذلك يتضح أن الخطين (حـ د) ، (حـ هـ) المتوازيين قبل الفالق يصبحان غير متوازيين بعد نشأة الفالق ، كما يلاحظ أن رمية الفالق تكون متغيرة فى المقدار والاتجاه من نقطة لأخرى على مستوى الفالق كما هو الحال فى الفوالق المحورية والمفصلية

والانزلاقية . وبصفة عامة ، فإن جميع الفوالق تتعرض لحركات دورانية ، وقد تزداد أو تقل الإزاحة على طول خطوط مضرب جميع الفوالق ، كما أن الكتل الصخرية تتأثر بحركة دورانية بالنسبة لبعضها البعض ، ولكن إذا كانت الحركة الدورانية صغيرة فإن الحركة فى منطقة محدودة للفالق يمكن اعتبارها حركة انتقالية .

٢ — الحركات النسبية للفوالق :

استعملت بعض المصطلحات لوصف الحركة التى تحدث على طول الفالق ، وأثر هذه الحركة على الطبقات بعد نشأة الفالق ، ولقد استخدمت هذه المصطلحات أساساً لوصف الحركات الانتقالية ، ولكنها تصلح أيضاً بعد إدخال تعديلات لوصف الحركات الدورانية أيضاً .

ولا توجد بالفوالق شواهد تدل على اتجاه حركة كتلتى الصخر على جانبى سطح الفالق . فعلى سبيل المثال ، فى الشكل (١١٤ — ا) قد تتحرك كتلة الحائط العلوى إلى أسفل بينما تبقى كتلة الحائط السفلى فى مكانها ، أو قد تتحرك كتلة الحائط السفلى إلى أعلى وفى نفس الوقت تتحرك كتلة الحائط العلوى إلى أسفل . وقد يتحرك الحائطان معاً إلى أعلى أو إلى أسفل ولكن يتحرك أحدهما بدرجة أكبر من الآخر . ونظراً لعدم وجود قرائن كافية تدل على الحركة المطلقة لأحد كتلتى الصخر على جانبى سطح الفالق ، لذلك فإن المصطلحات المستخدمة تعتمد أساساً على الحركة النسبية أو الظاهرية على جانبى الفالق .

ويوضح شكل (١١٠) بعض الأنواع المختلفة للحركات النسبية التى قد تحدث على طول سطوح فوالق انتقالية . وفى شكل (١١٠ — ا) تحرك الحائط العلوى مباشرة إلى أسفل فى اتجاه ميل مستوى الفالق بالنسبة إلى الحائط العلوى ، ويسمى التركيب فى هذه الحالة بالفالق العادى ، وفى الشكل (١١٠ — ب) تحرك الحائط العلوى بموازاة خط مضرب الفالق ، بينما فى الشكل (١١٠ — حـ)

تحرك الحائط العلوى إلى أسفل ومائلا على اتجاهى مضرب وميل سطح الفالق ، وفى الشكل (١١٠ — د) تحرك الحائط العلوى مباشرة إلى أعلى فى اتجاه ميل مستوى الفالق ، بينما فى الشكل (١١٠ — هـ) تحرك الحائط العلوى إلى أعلى ومائلا على اتجاهى مضرب وميل سطح الفالق .

أثر الفوالق على الطبقات

أن الحركة الظاهرية للطبقة التى تأثرت بالفالق قد تختلف اختلافاً كبيراً عن الانزلاق الكلى ، وتعتمد الحركة الظاهرية على عدة عوامل أهمها :

١ — الانزلاق الكلى للفالق .

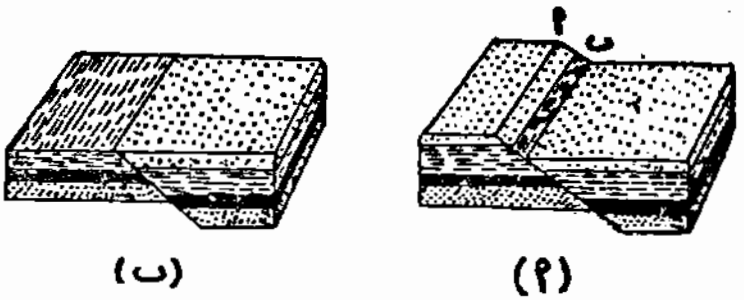
٢ — خطوط مضرب وميل الفالق .

٣ — خطوط مضرب وميل الطبقة .

٤ — شكل مكاشف الطبقة واعتماده على طبوغرافية سطح الأرض .

ويحتمل أن تكون الحركة الظاهرية للفالق تساوى صفراً ، بينما يكون الانزلاق الكلى للفالق مقداراً كبيراً .

وتوضح الأشكال (من ١١٥ إلى ١٢٤) العلاقة بين الانزلاق الكلى للفالق وحركته الظاهرية تحت الظروف المختلفة . وفى شكل (١١٥) تظهر الطبقات أفقية بينما الانزلاق الكلى يتجه إلى أسفل مباشرة فى اتجاه ميل الفالق ، ويمثل شكل (١١٥ — ا) وضع الطبقات قبل التآكل بينما يمثل الشكل (١١٥ ب) العلاقة بعد تآكل الحائط السفلى للفالق إلى مستوى حائطه العلوى . ويتضح من الواجهة الأمامية للطبقات بعد نشأة الفالق أن الحركة الظاهرية تعادل الانزلاق الكلى وتساوى (ا ب) . وعلى الخريطة الجيولوجية يظهر السطح العلوى أو المسقط الأفقى للشكل (١١٥ — ب) على صورة طبقات متباينة فى صفاتها على الجانبين المقابلين للفالق .



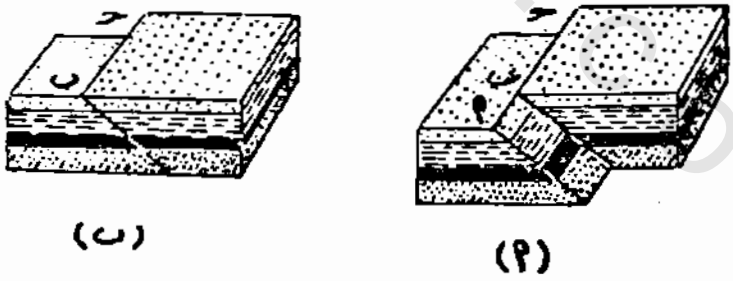
(شكل ١١٥)

الحركة الظاهرية فى قطاع رأسى تساوى الانزلاق الكلى

(ا) قبل التآكل بعوامل التعرية اب – الانزلاق الكلى = الانزلاق الميل .

(ب) بعد التآكل بعوامل التعرية .

وفى شكل (١١٦) يتضح أن الانزلاق الكلى (ا ، ب) يوازى خطوط مضرب الفالق . وفى الشكل (١١٦ – ب) فإن الجزء الأمامى من كتلة الصخر التى على الجانب الأيسر قد تآكلت حتى أصبحت فى مستوى كتلة الصخر التى على الجانب الأيمن . وتساوى الحركة الظاهرية فى هذ الحالة صفراً ، وذلك بالرغم من أن الانزلاق الكلى (ا ب) قد يكون كبيراً . وإذا كان الانزلاق الكلى مائلا على مستوى الفالق فإن القطاع الرأسى المتعامد على



(شكل ١١٦)

الحركة الظاهرية فى قطاع رأسى تساوى صفر

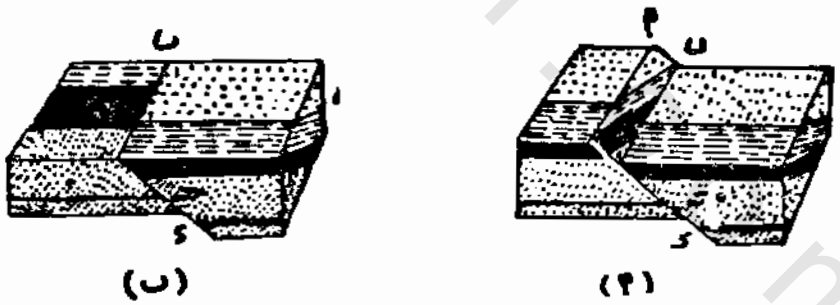
(ا) اب = الانزلاق الكلى = الانزلاق المضرب .

(ب) بعد تآكل الجزء الأمامى من الحائط السفلى .

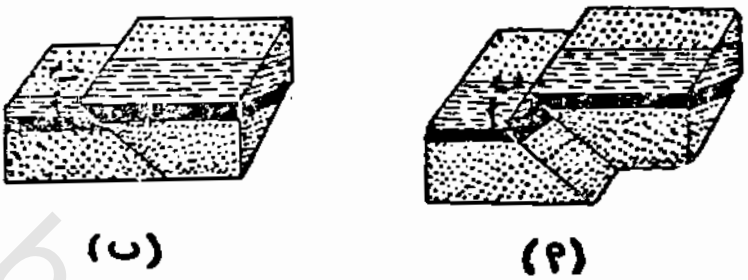
خطوط مضرب الفالق قد يظهر حركة ظاهرية يكون مقدارها أقل من الانزلاق الكلى .

وتوضح الأشكال (١١٧ — ١٢٠) فوالق خطوط مضاربها متعامدة على خطوط مضرب الطبقات (أى أن خطوط مضرب الفالق توازى اتجاه ميل الطبقات) . وفى شكل (١١٧) فإن الانزلاق الكلى (ا ب) يتجه مباشرة ناحية ميل الفالق ، وعلى الخريطة الجيولوجية يظهر السطح العلوى للشكل (١١٧ — ب) كما لو تحركت الكتلة الصخرية التى على الجانب الأيسر إلى الخلف مسافة كبيرة بموازاة خطوط مضرب الفالق . وإذا كان ميل الطبقات صغيراً ، فإن مقداراً صغيراً من الانزلاق الكلى فى اتجاه ميل الفالق قد يؤدى إلى إزاحة ظاهرية كبيرة للطبقات على الخريطة الجيولوجية . والحركة الظاهرية على واجهة الحائطين العلوى والسفلى للفالق فى شكل (١١٧) تساوى الانزلاق الكلى .

ويتضح من شكل (١١٨) أن الانزلاق الكلى (ا ب) يوازى خطوط مضرب الفالق ، وعلى الخريطة الجيولوجية فإن الحركة الظاهرية تساوى الانزلاق الكلى . ويظهر من الشكل (١١٨ ب) أن الحركة الظاهرية على واجهة



(شكل ١١٧)
الحركة الظاهرية فى قطاع رأسى تساوى الانزلاق الكل
(ا) قبل التآكل بعوامل التعرية
ا ب = ء د = الانزلاق الكل = الانزلاق المائل
(ب) بعد تآكل الجزء العلوى من الحائط السفل



(شكل ١١٨)

الحركة الظاهرية فى قطاع رأسى تعطى صورة كاذبة بأن الحائط العلوى تحرك إلى أعلى

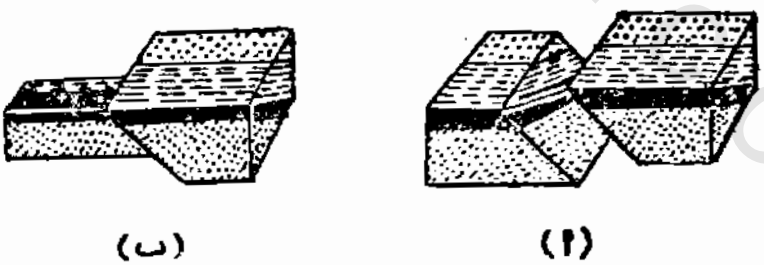
(أ) قبل التآكل بعوامل التعرية .

اب = الانزلاق الكلى = الانزلاق المضربي .

(ب) بعد التآكل الجزء الأمامى من الحائط السفلى .

الكتلتين تعطى صورة كاذبة بأن الحائط العلوى قد تحرك إلى أعلى بالنسبة للحائط السفلى للفالق .

ويظهر من شكل (١١٩) أن الانزلاق الكلى مائل إلى أسفل ناحية ميل الفالق ، وعلى الخريطة الجيولوجية تكون الحركة الظاهرية للكتلة الصخرية التى على اليسار إلى الخلف بينما فى القطاع الرأسى فإن الحركة الظاهرية للكتلة الصخرية التى على اليمين تكون إلى أسفل .



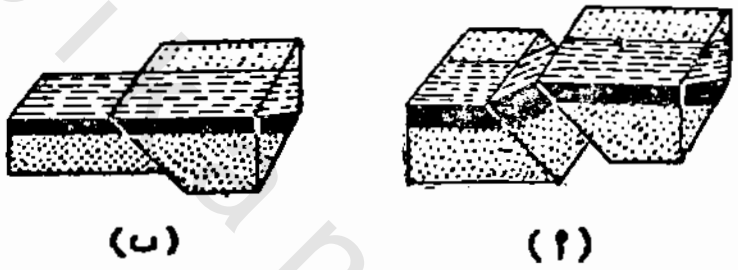
(شكل ١١٩)

الحركة الظاهرية فى القطاع الرأسى أقل من الانزلاق الكلى

(أ) قبل التآكل بعوامل التعرية .

(ب) بعد تآكل الجزء العلوى والأمامى من الحائط السفلى .

ويوضح شكل (١٢٠) حالة خاصة يكون فيها الانزلاق الكلى موازياً لآثار التطابق على مستوى الفالق ، ويبين شكل (١٢٠ — ب) العلاقة بين الطبقات والفالق بعد التآكل ومنه يتضح أن الحركة الظاهرية للطبقات تساوى صفراً وذلك بالرغم من أن الانزلاق الكلى قد يكون كبيراً ، وتشبه هذه الحالة تلك التى سبق ذكرها فى شكل (١١٦) . وبصفة عامة فإنه إذا كان الانزلاق الكلى موازياً لآثار التطابق على مستوى الفالق فإنه لا تظهر حركة ظاهرية للطبقات سواء على الخريطة أو فى القطاع الرأسى .



(شكل ١٢٠)

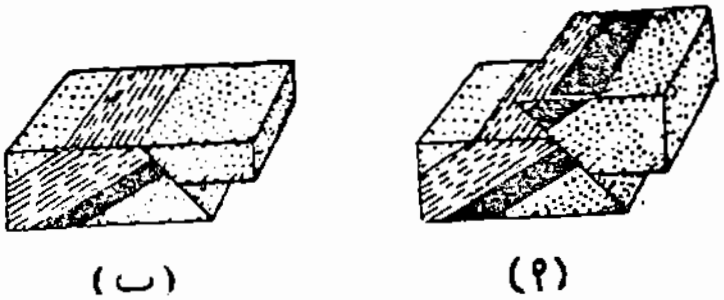
الانزلاق الكلى يوازى أثر التطابق على الفالق . الحركة الظاهرية فى القطاع الرأسى تساوى صفراً

(ا) قبل التآكل بعوامل التعرية .

(ب) بعد التآكل بعوامل التعرية .

ويمثل شكل (١٢١) فالق تكون فيه خطوط مضربة موازية لخطوط مضرب الطبقات وكانت حركة الحائط العلوى إلى أسفل بالنسبة للحائط السفلى . وعلى الخريطة الجيولوجية لشكل (١٢١ — ب) فإن بعض الطبقات يتكرر ظهورها نتيجة للفالق .

ويوضح شكل (١٢٢) فالق تكون فيه خطوط مضربة موازية لخطوط مضرب الطبقات ، ولكن الحائط العلوى تحرك إلى أعلى بالنسبة للحائط السفلى ، وعلى الخريطة الجيولوجية شكل (١٢٢ — ب) تختفى بعض الطبقات نتيجة لوجود الفالق .



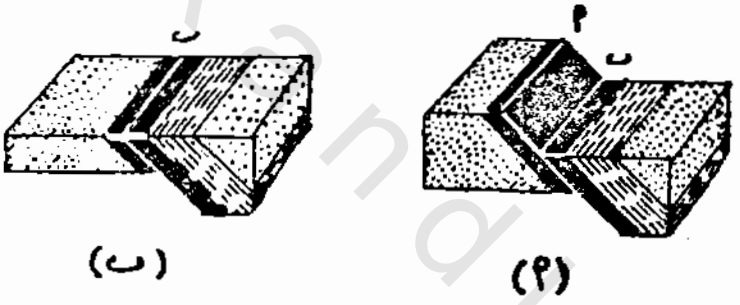
(شكل ١٢١)

الحركة الظاهرية فى القطاع الرأسى تساوى الانزلاق الكلى

(أ) قبل التآكل .

ا ب = الانزلاق الكلى = الانزلاق الميل

(ب) بعد تآكل الجزء العلوى من الحائط السفلى



(شكل ١٢٢)

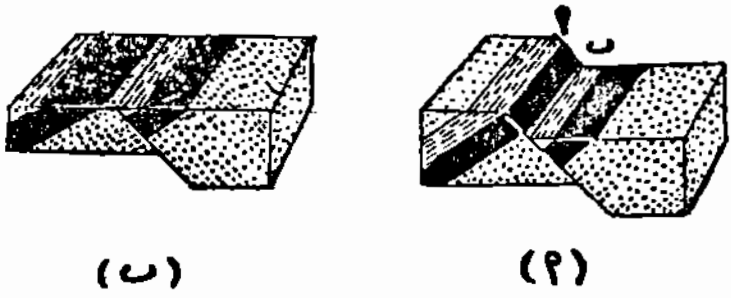
الحركة الظاهرية فى القطاع الرأسى تساوى الانزلاق الكلى ويلاحظ اختفاء بعض الطبقات

(أ) قبل التآكل

(ب) بعد التآكل

ويوضح شكل (١٢٣) حالة خاصة تكون فيه الطبقات والفالق لهما نفس خطوط المضرب ونفس مقدار واتجاه الميل ، وفى هذه الحالة فإن الحركة الظاهرية للطبقات على الخريطة الجيولوجية وكذلك فى القطاع الرأسى تكون صفراً دون اعتبار لقيمة الانزلاق الكلى للفالق .

ويظهر من شكل (١٢٤) أن خطوط مضرب الفالق ماثلة على خطوط مضرب الطبقات وأن الحائط العلوى قد تحرك إلى أسفل ناحية ميل الفالق ،



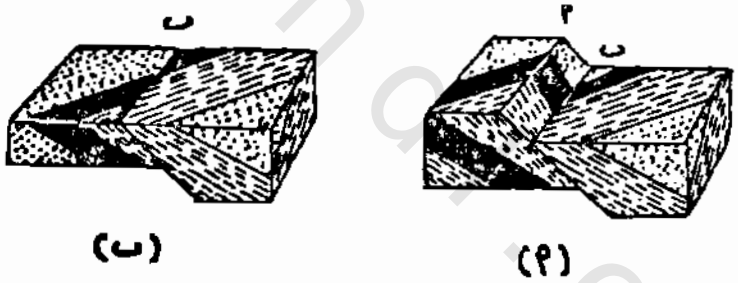
(شكل ١٢٣)

الفالق يوزاى مستويات التطابق ولهذا لا توجد حركة ظاهرية

(ا) قبل التآكل ا ب = الانزلاق الكلى والانزلاق الميلى .

(ب) بعد التآكل .

وعلى الخريطة الجيولوجية تظهر الحركة الظاهرية للحائط العلوى بأنها إلى الخلف بالنسبة للحائط السفلى للفالق .



(شكل ١٢٤)

الحركة الظاهرية على الخريطة لا تساوى الانزلاق الكلى

(ا) ا ب = الانزلاق الكلى = الانزلاق الميلى .

تصنيف الفوالق

تصنف الفوالق ، كما هو الحال فى الفواصل ، على أساس هندسى أو تبعاً لأصل نشأتها أو تكوينها .

أولاً – التصنيف الهندسى للفوالق :

طبقاً لهذا التصنيف تقسم الفوالق تبعاً لخمسة أسس مختلفة هى كالآتى :

(ا) طبقاً لنوع الانزلاق الكلى .

(ب) طبقاً لاتجاه الفالق بالنسبة للصخور المجاورة .

(حـ) تبعاً لنموذج مجموعة الفوالق .

(د) طبقاً لمقدار زاوية ميل الفالق .

(هـ) حسب نوع الحركة الظاهرية على الفالق .

(ا) تقسيم الفوالق طبقاً لمتجهات الانزلاق الكلى :

تصنيف الفوالق لثلاثة أنواع هى :

١ – فالق انزلاقى مضربى (Strike-slip fault) وفيه يكون الانزلاق الكلى موازياً لخطوط مضرب الفالق كما فى شكل (١١١٨) ، أى أن الانزلاق المضربى يعادل الانزلاق الكلى ، بينما الانزلاق الميلى يساوى صفراً .

٢ – فالق انزلاقى ميلى (Dip-slip fault) وفيه يكون الانزلاق الكلى فى اتجاه ميل الفالق إلى أعلى أو إلى أسفل كما فى شكل (١١١٧) ، أى أن الانزلاق الميلى يعادل الانزلاق الكلى ، بينما الانزلاق المضربى يساوى صفراً .

٣ – فالق انزلاقى منحرف أو قطرى (Oblique-slip fault) وفيه يكون

الانزلاق الكلى مائل على خطوط مضرب مستوى الفالق كما فى شكل (١١٩ــا) ويوجد مركبتان للانزلاق هما الانزلاق المضربى والانزلاق الميلى حيث محصلة هاتان المركبتان تعادل الانزلاق الكلى .

(ب) **تقسيم الفوالق تبعاً لمتجهات الفالق بالنسبة لمتجهات الطبقات المجاورة :** يعتمد هذا التصنيف الهندسى للفوالق على العلاقة بين اتجاه الفوالق بالنسبة لاتجاه الصخور المجاورة ، ويمكن تمييز أربعة أنواع من الفوالق طبقاً لكيفية ظهورها على الخرائط الجيولوجية وهذه الأنواع هى كالآتى :

١ ــ فالق مضربى (Strike fault) وفيه تكون خطوط مضرب الفالق موازية لخطوط مضرب الطبقات كما فى شكل (١٢١ ، ١٢٢) .

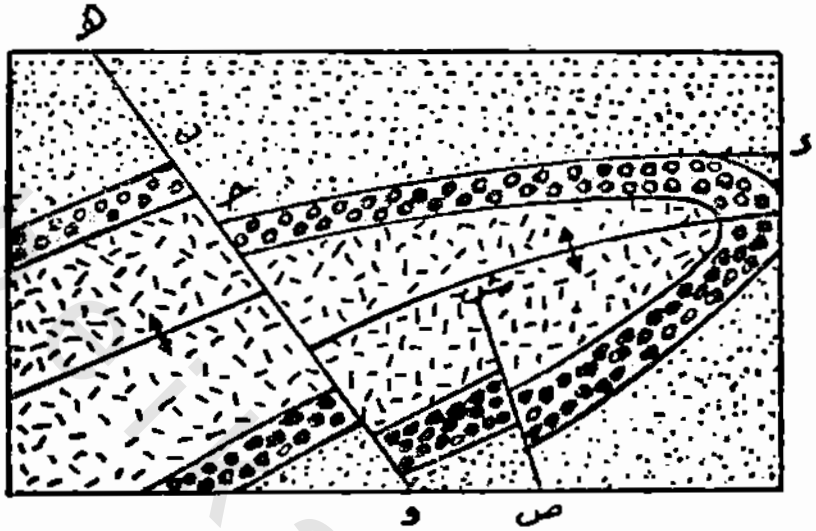
٢ ــ فالق تطابقى (Bedding fault) وهو حالة خاصة من الفوالق المضربية الذى يكون موازياً لمستويات التطابق كما فى شكل (١٢٣) .

٣ ــ فالق ميلى (Dip fault) وهو فالق تكون خطوط مضربه موازية لاتجاه ميل الطبقات المجاورة كما فى شكل (١١٨ ، ١١٩ ، ١٢٠) .

٤ ــ فالق منحرف وفيه تكون خطوط مضرب الفالق مائلة على خطوط مضرب الطبقات كما فى شكل (١٢٤) .

وأحياناً تصنف الفوالق تبعاً لظهورها فى الخرائط الجيولوجية إلى فوالق طولية (Longitudinal faults) وفوالق عرضية (Transverse faults) والفالق الطولى تكون خطوط مضاربه موازية لخطوط مضرب التركيب الرئيسى بالمنطقة مثل الفالق (ا ب حـ د) فى شكل (١٢٥) ، أما الفالق العرضى فتكون خطوط مضربه متعامدة أو مائلة على خطوط مضرب التركيب الرئيسى مثل الفالقين (هـ و) ، (س ص) فى الشكل (١٢٥) .

(حـ) **تصنيف الفوالق طبقاً لنماذج فصالها :** هذا التقسيم الهندسى الثالث للفوالق يعتمد أساساً على كيفية توزيع الفوالق فى مجموعاتها المختلفة



(شكل ١٢٥)
فوالق طولية وفوالق عرضية

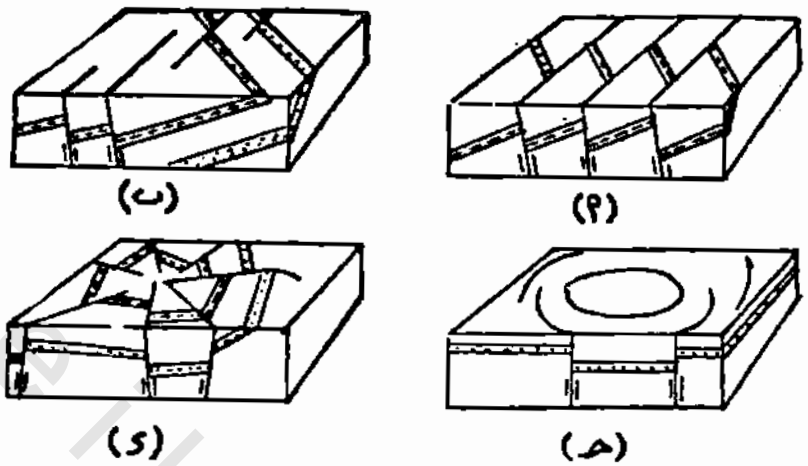
بالخرائط الجيولوجية وأحياناً فى القطاعات الرأسية . وطبقاً لهذا التقسيم تصنف الفوالق إلى الأنواع الآتية :

١ — فوالق متوازية (Parallel faults) وهى مجموعة من الفوالق تكون خطوط مضاربها واتجاه ومقدار ميلها توازى بعضها البعض كما فى شكل (١٢٦ — ا) .

٢ — فوالق مجاوزة (En-echelon fanlts) وهى عادة فوالق قصيرة نسبياً وتتداخل بعضها مع بعض لدرجات مختلفة كما فى شكل (١٢٦ ب) .

٣ — فوالق محيطية (Peripheral faults) وهى فوالق دائرية أو متفرعة تحيط بمنطقة مستديرة الشكل أو جزء من منطقة مستديرة كما فى شكل (١٢٦ — حـ) .

٤ — فوالق شعاعية (Radial faults) وهى مجموعة من الفوالق المتشععة من نقطة مركزية فى المنطقة كما فى شكل (١٢٦ — د) .



(شكل ١٢٦)

(أ) فوالق متوازية . (ب) فوالق متجاورة .
(حـ) فوالق محيطية . (د) فوالق شعاعية .

تصنيف الفوالق تبعاً لمقدار زاوية ميل الفوالق : طبقاً لهذا التصنيف تنقسم الفوالق إلى ثلاثة أنواع هى :

١ — **فوالق ذات ميل صغير :** (Low-angle faults) وهى التى لا يزيد مقدار الميل فيها عن ٤٥ درجة .

٢ — **فوالق ذات ميل كبير :** (High-angle faults) وهى التى تتراوح زاوية الميل فيها بين ٤٥ درجة ، ٩٠ درجة .

٣ — **فوالق رأسية :** (Vertical faults) وهى تلك التى تكون زاوية ميلها ٩٠ درجة .

(ب) **تصنيف الفوالق تبعاً لنوع الحركة الظاهرية للفالق :** يعتمد هذا التقسيم الهندسى للفوالق على نوع الحركة الظاهرية للفالق فى القطاع الرأسى المتعامد على خطوط مضرب الفالق وطبقاً لهذا التصنيف تنقسم الفوالق إلى نوعين رئيسيين هما :

١ ــ **فالق عادى :** (Normal fault) وتكون فيه الزحزحة الظاهرية للحائط العلوى إلى أسفل كما فى الأشكال (١٥٥ ، ١١٧ ، ١١٩ ، ١٢١) .

(ب) **فالق معكوس :** (Reverse fault) وتكون فيه الزحزحة الظاهرية للحائط العلوى إلى أعلى كما فى شكل (١١٨ ، ١٢٢). وجدير بالذكر أن الحركة الظاهرية ليس من الضرورى أن تكون الحركة الحقيقية على جانبي الفالق كما يتضح من شكل (١١٨) .

التصنيف الوراثى للفوالق

أن التصنيف الوراثى للفوالق يجب أن يأخذ فى الأعتبار عوامل أهمها :

١ ــ طبيعة القوى المؤثرة على الصخور مثل الضغط ، الشد ، القص أو الحركات الدورانية .

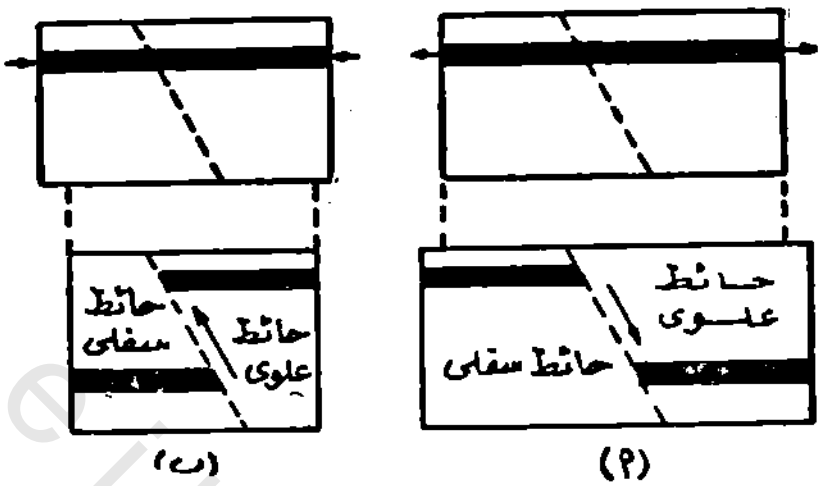
٢ ــ الاتجاهات التى توثر عليها هذه القوى ، ولكن معلوماتنا الحالية عن الفوالق قاصرة حتى الآن لوضع أسس لمثل هذا النوع من التصنيف . وبرغم ذلك فإن هناك اتجاهين للتصنيف الوراثى للفوالق هما :

(ا) تصنيف يعتمد أساساً على الحركات النسبية على جانبي سطح الفالق .

(ب) تصنيف يعتمد أساساً على نوع الحركات المطلقة .

(ا) أن أفضل تصنيف وراثى للفوالق هو ذلك الذى يعتمد على الحركة النسبية للكتل الصخرية على جانبي سطح الفالق ، وطبقاً لهذا التصنيف يمكن تقسيم الفوالق إلى ثلاثة أنواع هى :

١ ــ فوالق اندفاعية أو معكوسة (Thrust or reverse faults) وفيه تكون حركة الحائط العلوى إلى أعلى بالنسبة للحائط السفلى ، كما يقل طول الصخر بعد نشأة الفالق كما فى شكل (١٢٧ ــ ب) .



(شكل ١٢٧)

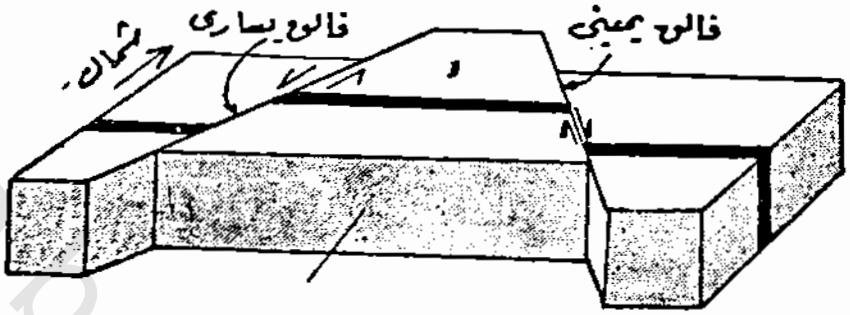
(ا) فالق عادى. (ب) فالق معكوس .

٢ ــ فوالق تنشأ بالجاذبية أو فوالق عادية (Gravity or normal faults) وفيه تكون حركة الحائط العلوى إلى أسفل بالنسبة للحائط السفلى وفيها يزداد طول الطبقات فى القشرة الأرضية نتيجة لعوامل الشد كما فى شكل (١٢٧ ــ ا).

٣ ــ فوالق انزلاقية مضربية وفيها تكون الإزاحة موازية تقريباً لخطوط مضرب الفالق ، أى أن مركبة الانزلاق المائل تكون صغيرة بالنسبة لمركبة الانزلاق المضربى . ويوضح شكل (١٢٨) فوالق انزلاقية مضربية أحدها يسارى والآخر يمينى .

(ب) تصنيف الفوالق على أساس الحركات المطلقة : يعتمد هذا التصنيف على نوع الحركة المطلقة بالنسبة لمستوى معلوم مثل مستوى سطح البحر ، فعلى سبيل المثال يمكن فى حالة الفوالق العادية تمييز خمسة أنواع هى كالآتى :

١ ــ فوالق يبقى فيها الحائط السفلى مكانه بينما يتحرك الحائط العلوى إلى أسفل .



(شكل ١٢٨)
فوالق انزلاقية مضربية

٢ ــ فوالق تكون فيها حركة الحائط السفلى إلى أعلى بينما يبقى الحائط العلوى فى مكانه .

٣ ــ فوالق تكون فيها حركة الحائط العلوى إلى أسفل بينما يتحرك الحائط السفلى إلى أعلى .

٤ ــ فوالق تكون فيها حركة الحائطين العلوى والسفلى إلى أسفل ولكن يتحرك الحائط العلوى لمسافة أكبر من الحائط السفلى .

٥ ــ فوالق تكون فيها حركة الحائطين العلوى والسفلى إلى أعلى ولكن يتحرك الحائط العلوى لمسافة أقل من الحائط السفلى .

وكذلك أيضاً يمكن تمييز خمسة أنواع من الفوالق المعكوسة . وفى حالات كثيرة لا توجد معلومات كافية عن الفالق لدرجة يمكن الاعتماد عليها فى تحديد الحركة المطلقة للفالق .

ثالثاً : الفواصل

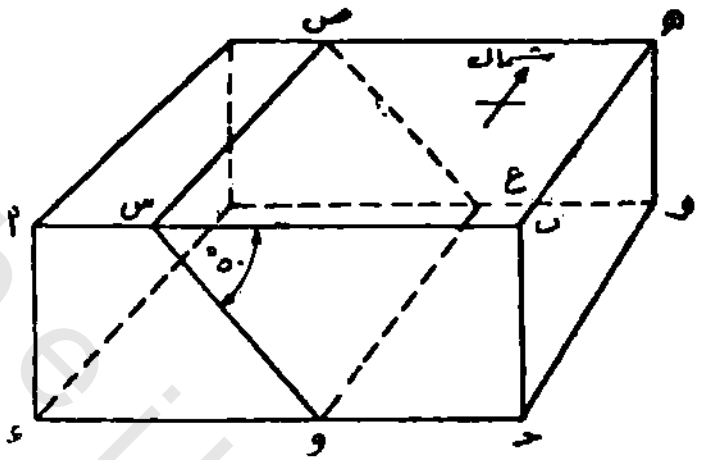
الصفات العامة للفواصل

الفواصل هى سطوح أو مستويات للتشقق تقسم الصخر إلى أجزاء ذات أحجام مختلفة ولا تحدث زحزحة للكتل الصخرية على جانبى هذه السطوح وتوجد الفواصل فى معظم الصخور على سطح الأرض أو بالقرب منه وخاصة فى صخور الجرانيت والبازلت والصخور الجيرية والطباشير وكذلك الصخور الرملية ذات الحبيبات المتساوية فى الحجم والصخور الطينية .

وفى الصخور الرسوبية يوجد عادة مجموعتان من الفواصل متعامدة على مستوى التطابق . أما فى الصخور النارية فيوجد ثلاثة مجموعات من الفواصل إحداها يكون أفقيًا وموازيًا لاتجاه انسياب الصخر وتسمى بالفواصل الأفقية، والمجموعة الثانية تكون عمودية على اتجاه خطوط الانسياب وتسمى بالفواصل القاطعة ، أما المجموعة الثالثة فتتكون من الفواصل الطولية التى تمتد فى أعماق الصخور ويكون مسقطها الأفقى موازياً لاتجاه خطوط الانسياب .

وتختلف المسافة بين سطوح الفواصل فى التكوين من عدة ملليمترات إلى عدة أمتار ، أما الفواصل البسيطة التى لا توجد فى مجموعات فإنها قد تصل إلى مئات أو آلاف الأمتار فى الطول والعمق . ويكون سطح الفواصل عادة تام الاستواء ، وأحياناً تكون السطوح محدبة ومقعرة بدرجات مختلفة ويعزى ذلك إلى أصل أولى أو ثانوى . وتوجد الفواصل فى أى اتجاه من الرأسى إلى الأفقى ، وقد يكون لها أى زاوية ميل ، ويمكن تحديد اتجاهاتها بخطوط المضرب واتجاه ومقدار الميل (متجهات الفواصل) كما فى شكل (١٢٩) .

واتجاه خطوط مضربه شرق غرب ، ويمثل المستوى (ب و ح ه) فاصل رأسى



(شكل ١٢٩)

متجهات الفواصل . يمثل المستوى (ا ب حـ د) فاصل رأسى

واتجاه خطوط مضربه شمال جنوب ، ويمثل المستوى (س ص ع و) فاصل اتجاه مضربه شمال وجنوب ويمين ناحية الشرق ٥٠° .

وتنتمى الفواصل عادة إلى مجموعات معقدة التركيب . ولذلك فإنها قليلة الأهمية لتعيين التراكيب الرئيسية للصخور ولمعرفة نوع الضغوط التى تعرضت لها الصخور وكيفية سلوكها . ولقد اثبتت القياسات الدقيقة للفواصل أنه يوجد فى كثير من الأحيان مجموعتان أو ثلاث مجموعات من الفواصل المتوازية ، ولكل مجموعة نظام واتجاه معين ، كما تختلف هذه المجموعات فى أهميتها ومدى انتشارها فى الصخر .

وتتكون الفواصل عادة نتيجة للضغوط المختلفة التى تتعرض لها الصخور ، فهناك فواصل تنشأ من عوامل الشد أو الضغط أو القص ، وهناك أيضاً فواصل تنشأ بالصخور النارية نتيجة انكماشها أثناء تبريدها وتصلبها من الصهارة . وفى بعض الصخور البركانية توجد مجموعات من الفواصل متقاطعة فى زوايا حوالى ٦٠ درجة وينتج عن ذلك أن يظهر الصخر على هيئة أعمدة سداسية الشكل ، والفواصل التى توجد فى بعض الصخور الرسوبية تنشأ نتيجة

تماسك الرواسب أو جفافها عند تعرضها لحرارة الشمس ومن أمثلتها التشققات الطينية .

وتستخدم الفواصل بأنواعها المختلفة كممرات أو قنوات للمياه الأرضية النازلة من أعلى إلى أسفل أو للمحاليل المائية الساخنة الصاعدة من أسفل إلى أعلى ، وينتج عن ترسيب المواد المذابة فى هذه المحاليل أن تتكون كثير من العروق المعدنية على طول سطوح الفواصل وأهمها عروق الكالسيت والكوارتز وفى حالة الصخور الجيرية التى تذوب بسهولة فى المياه المشبعة بثانى أكسيد الكربون تتكون فتحات كبيرة أو كهوف عظيمة نتيجة إذابة الصخور بالمحاليل المارة بالفواصل المنتشرة فى الصخر الأصلى ، وتعتبر الفواصل من العوامل الهامة التى تساعد على تفتت الصخور ميكانيكيًّا وتحللها كيميائيًّا ، كما أنها تسمح لمياه الأمطار والمياه السطحية أن تجد طريقها إلى داخل القشرة الأرضية وبالتالى فإنها تزيد من موارد المياه الأرضية .

تصنيف الفواصل

تصنيف الفواصل على أساس هندسى أو وراثى . والتصنيف الهندسى للفواصل يعتمد على الناحية الوصفية ، وليس له علاقة بأصل الفواصل . أما التصنيف الوراثى للفواصل فهو أكثر أهمية ويعتمد على طريقة نشأتها .

أولاً ـ التصنيف الهندسى للفواصل

طبقاً لهذا التصنيف تقسم الفواق تبعاً لاتجاهاتها بالنسبة إلى مستوى التطابق واتجاهات ميل الطبقات إلى الأنواع الآتية :

(١) **فواصل مضربية** وهى التى تكون خطوط مضاربها موازية لخطوط

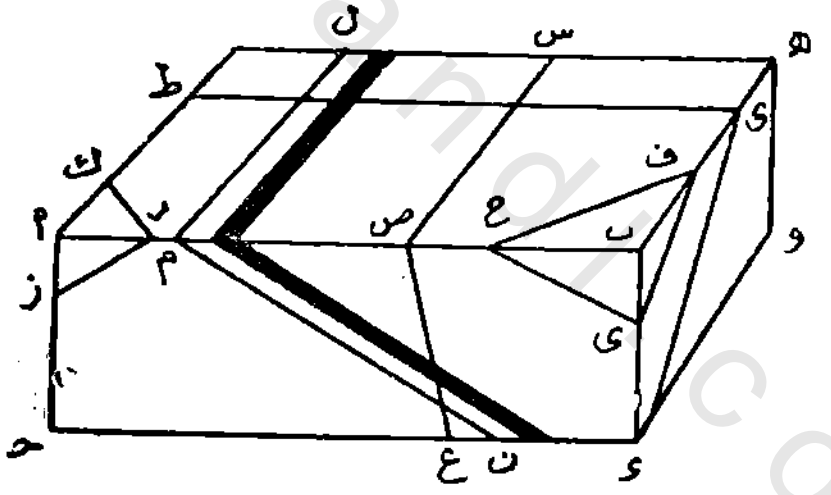
مضرب الطبقات أو لمستويات التركيب الشيستى فى حالة بعض الصخور المتحولة .

(ب) **فواصل ميلية** وهى التى تكون خطوط مضاربها موازية لاتجاه ميل الطبقة ، أو لاتجاه ميل التركيب الشيستى فى حالة الصخور المتحولة .

(جـ) **فواصل مائلة :** وهى التى تكون خطوط مضاربها مائلة بالنسبة لخطوط مضرب الطبقة واتجاه ميلها .

(د) **فواصل تطابقية :** وهى التى تكون سطوحها موازية لسطوح التطابق فى الصخور الرسوبية .

يوضح الشكل (١٣٠) الأنواع المختلفة من الفواصل طبقاً لتصنيفها الهندسى .



(شكل ١٣٠)

التقسيم الهندسى للفواصل

ا ب د جـ ، ط ى د = فواصل ميليه .

ب د و ه ، س ص ع = فواصل مضربية .

ف ح ى ، ك ر ز = فواصل منحرفة أو قطرية .

ثانياً ـ التصنيف الوراثى للفواصل

قد تنشأ الفواصل نتيجة لعوامل طبيعية أثناء تكون الصخر وفى هذه الحالة تسمى بالفواصل الأولية ، أو بفعل عوامل الشد والضغط والقص الناتجة عن الحركات الأرضية وتسمى حينئذ بالفواصل الثانوية وقد يتداخل النوعان فى نفس المنطقة مكونة مجموعات معقدة من الفواصل .

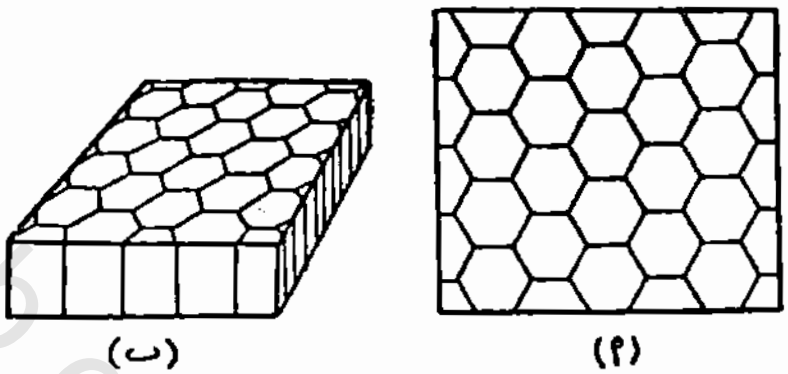
الفواصل الأولية وتتميز بأنها متزامنة مع نشأة الصخر وتكون عادة قصيرة ومتقطعة وغير منتظمة الشكل ، وتنشأ هذه الفواصل تحت الظروف الآتية :

(ا) فواصل ناتجة من تبريد الصهارة وتصلبها ومن أمثلتها تلك التى توجد فى صخور الجرانيت والبازلت . ويتصلب صخر البازلت عند درجة حرارة ١٠٠٠ درجة مئوية وأثناء عملية التبريد ينكمش الصخر ، وقوى الشد الناتجة تكون متساوية فى جميع الاتجاهات فى المستوى الأفقى ، ويؤدى ذلك إلى نشأة ثلاثة كسورة رأسية تحصر بينها زوايا مقدار كل منها ١٢٠ درجة ومتشععة من عدة مراكز كما فى شكل (١٣١) وإذا كانت مراكز الانكماش موزعة بانتظام فإنها تؤدى إلى نشأة أعمدة سداسية الشكل .

(ب) فواصل تنشأ من تماسك بعض الصخور الرسوبية نتيجة للضغوط الواقعة عليها الصخور العلوية ، ومن أمثلتها تلك التى توجد بالصخور الجيرية والطباشير .

(حـ) فواصل تنشأ من جفاف الصخور الطينية عند تعرضها لحرارة الشمس ومن أمثلتها التشققات الطينية .

الفواصل الثانوية وتتميز بأنها لاحقة لنشأة الصخر وتنشأ نتيجة للحركات الانتقالية أو الدورانية التى تتعرض لها الصخرر ، وهى تكون طويلة ومستمرة ومنتظمة الشكل وأحيانًا يكون لها أشكال هندسية منتظمة لدرجة كبيرة وتوجد فى كثير من الصخور الأفقية . ومن الصعب جداً التمييز بين

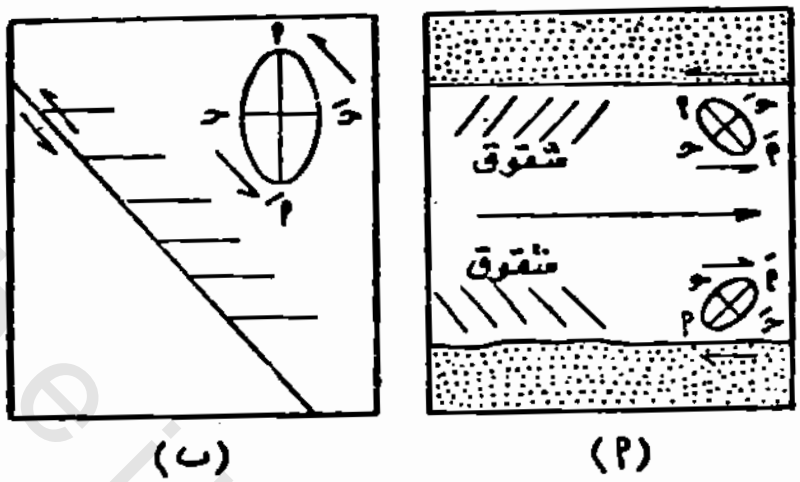


(شكل ١٣١)
كـور سداسية الشكل
(أ) السطح العلوى للشريحة .
(ب) شكل مجسم الشريحة .

الفواصل التى تنشأ من عوامل الشد وتلك الناتجة من الضغط أو عوامل القص » .

وفواصل الشد الناشئة من القص تمثل ببعض التشققات فى الثلاجات والفواصل الريشية فى الفوالق . ويوضح شكل (١٣٢ ــ ا) خريطة لتشققات رأسية مائلة على الحد الفاصل بين الثلاجة والصخور التى على جانبيها . أما الفواصل الريشية فتوجد فى الفوالق ويوضح شكل (١٣٢ = ب) قطاع رأسى فى فالق معكوس وتظهر فيه الفواصل الريشية على الحائط العلوى للفالق وتكون متعامدة على المحور الأكبر للشكل البيضاوى للانفعال .

وفى حالة الطيات قد تتشقق الصخور القوية الهشة مكونة فواصل ظاهرة ، أما الصخور الضعيفة اللينة فإنها تسلك سلوكاً لدناً دون أن تتشقق . وفى الطيات المحدبة يتكون على قمة الطية شقوق طولية موازية لمحور الطية نتيجة لعوامل الشد التى تؤثر على صخور القمة ؛ أما فى المنطقة الواقعة تحت المحور المحايد فإنه قد تتكون أيضاً فواصل أقل وضوحاً من تلك التى توجد فى قمة الطية المحدبة ، وفى جناحى الطية تتكون أيضاً فواصل بفعل عوامل الشد أو القص .



(شكل ١٣٢)
كسور سداسية الشكل
(أ) شقوق على جانبي ثلاجة .
(ب) فواصل ريشية فى فالق معكوس .

وتوجد قاعدة عامة يمكن تطبيقها فى حالة الفواصل التى توجد بالأنواع المختلفة من الصخور ، وتنص هذه القاعدة على أنه فى حالة الفواصل الهامة من الناحية التركيبية والتى تتقاطع مع بعضها فإن اتجاه القوة المؤثرة يكون موازياً لاتجاه الزوايا الحادة للشكل الناتج من التقاطع وذلك فى حالة الصخور القوية ، أما فى حالة الصخور الضعيفة فإن اتجاه القوة المؤثرة يكون موازياً لاتجاه الزوايا المنفرجة للشكل الناتج من تقاطع الفواصل ويوضح شكل (١٣٣) هذه القاعدة .

(أ)

فواصل فى صخور قوية

القوى المؤثرة على الصخور

(ب)

فواصل فى صخور ضعيفة

القوى المؤثرة على الصخور

(شكل ١٣٣)

القوى المؤثرة على الصخر فى حالة الفواصل

obeikandl.com