المحاضرة الرابعة

من الصفحة 32- 45

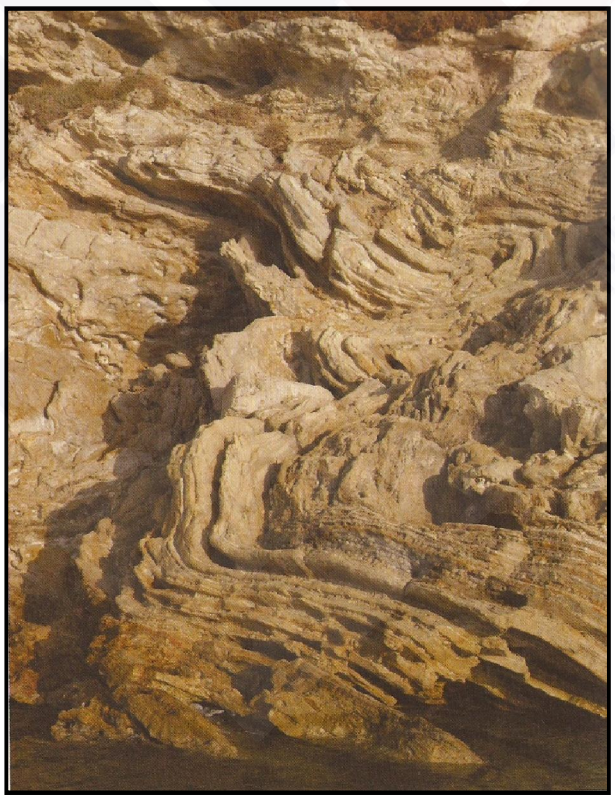
الفصل الثالث

الطيـــــــــات *Folds*

3 ــ 1 ــ مدخل:

أسرت الطيات وما تزال، اهتمام الجيولوجيين مذ ولد علم الجيولوجيا، وألباب عشاق الطبيعة مذ وعى الإنسان جمال إبداع الأرض.

هي الطيات بنيات شبه متموجة، تتأتى عن التشوه الــذي يكتنــف التــورق، التطبق، أو أية سطوح مستوية في الصخور. تحدث الطيات في كافة المقاييس من تلك التي ترى تحت المجهر إلى تلك الممتدة لعدة كيلومترات، كما تظهر في كــل بنيات قشرة الأرض، من ظروف التشوه التكسري قرب السطح إلى ظروف التشوه اللدن في القشرة السفلى ومن ظروف القــص البســيط (Simple shear) إلــى ظروف القص التام (Pure shear)، (الشكل 3 ــ 1).



شكل (3 ــ 1) طي ضمن صخور الحجر الكلسي المارلي ــ الإيوسين.

الكورنيش الجنوبي، اللاذقية

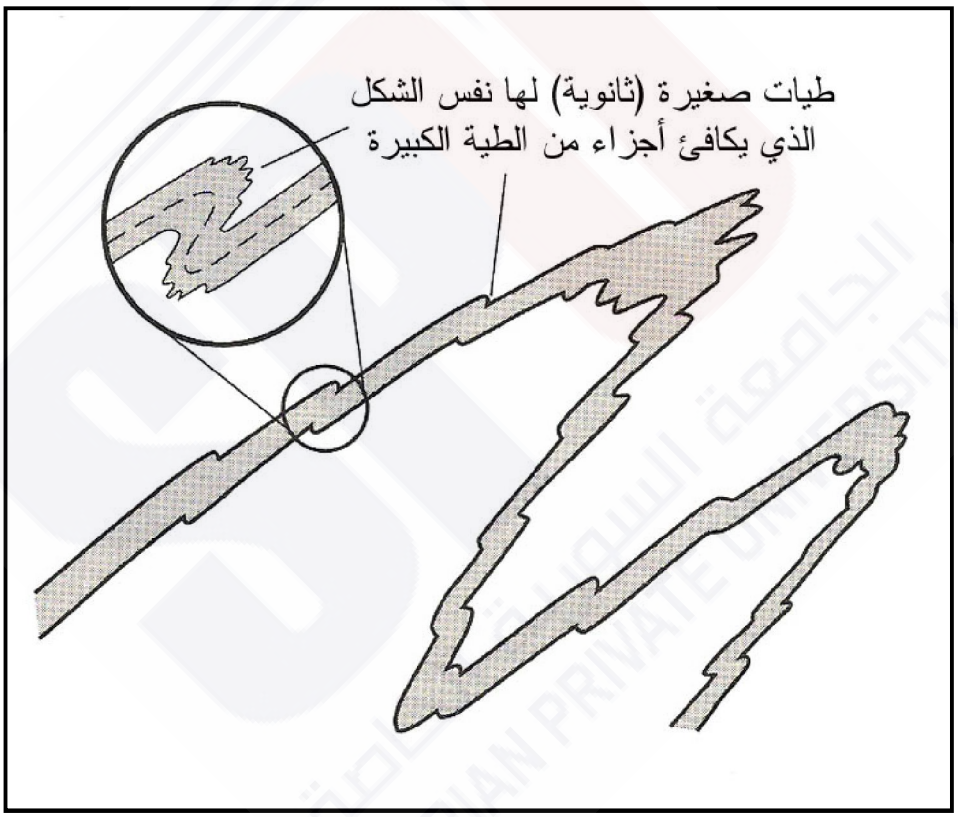
وتحدث الطيات مفردة ومنعزلة، أو متسلسلة من مختلف الأحجام (المقاييس)، وتظهر في مجال بنيات ممتدة واسعة وهادئة إلى طيات رقيقة ومحكمة الإغـــلاق، يمكن للصخور أن تتأثر بحادث طي منفرد أو بحوادث متعددة، يقود ذلـــك إلـــى نشوء سلسلة طيات متراكبة.

تعد الطيات والبنيات الأولى التي تم التعرف عليها مصائد هايدروكربونيـــة، لتقود بذلك إلى دراسة التراكم النفطي في المحدبات، ولتقدم تطوراً رئيساً للصناعة الجديدة بالقرب من نهاية القرن التاسع عشر، كما تلعب الطيات دوراً مهمـــاً فـــي تركيز الخامات الفلزية، على سبيل المثال، توضعات العروق المعدنية لتراكيز من فلزات السولفيدات، والتي تلاحظ في مفاصل الطيات.

من المهم أيضاً، أن نشير إلى مفهوم المقياس، فالطيات الصغيرة التي تتطلب دراستها التكبير تدعى بالميكروسكوبية، وتدعى تلك التي تتراوح أبعادها من مجال العينة اليدوية إلى مقياس التكشف بالميزوسكوبية، كما تعتبر الطيات مـــن مقيـــاس الخارطة أو أكبر بالماكروسكوبية.

3 ــ 2 ــ قانون (بمبللي) *Pumpllley's Rule:*

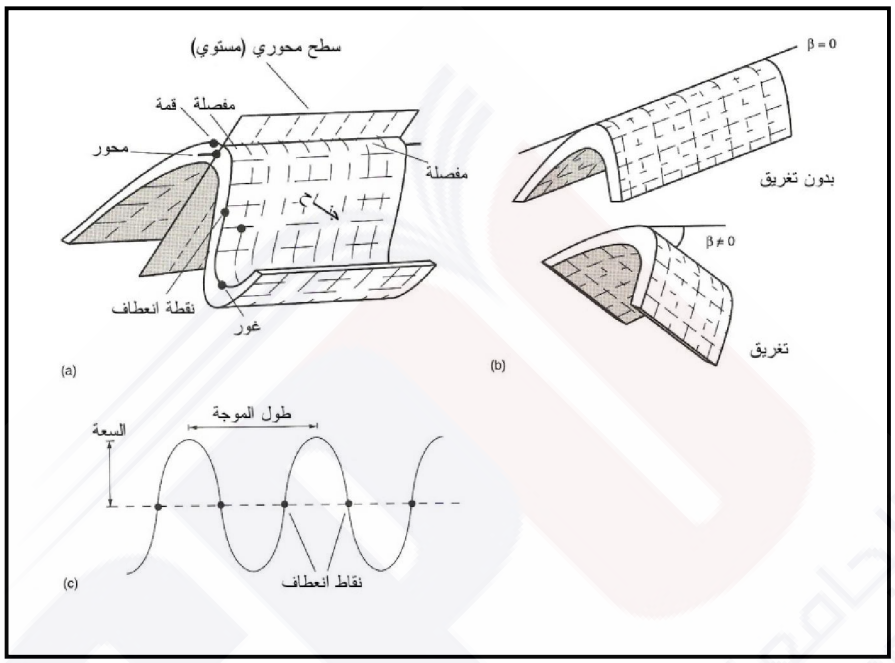
يعد قانون (بمبللي) أن البينات الصغيرة، تحاكي البنيات الكبيرة عموماً، متشكلة في الوقت نفسه، وإذا افترضنا قانون (بمبللي) صحيحاً، فإن الطيات الميزوسكوبية سوف تشابه في الشكل والاتجاه الطيات الماكروسكوبية (شكل 3 ــ 2). ولتسمح بالتالي دراسة الطيات الصغيرة التي تعزز فهمنا للطيات الكبيرة، وللتاريخ البنيوي للمنطقة المدروسة.



شكل (3 ــ 2) قانون بمبللي وارتباطه بطيات المقياس الكبير والصغير

3 ــ 3 ــ تشريح الطيات *Anatomy of folds:*

لنتأمل طية مفردة كما في الشكل (3 ــ 3)، نجد أن لكل طية من هذا النمط العناصر التالية:



شكل (3 ــ 3) a ــ عناصر الطية. b ــ طيات مغرقة وطيات بدون تغريق.

β ــ زوية التغريق والزاوية بين الأفق وخط المفصلة.

c ــ العلاقة بين طول الموجة وسعة الطية.

1 ــ القمة Crest: تضم النقاط الأكثر ارتفاعاً في المقطع العرضي للطية، ولخط القمة أهمية في تجمعات البترول والغاز الطبيعي.

2 ــ الغور Trough: يحتوي النقاط الأخفض على المقطع العرضي للطية، ويعدُّ خطُّ الغور ذا أهمية جيولوجية في تجمع المياه الجوفية.

3 ــ **جناحا الطية Fold limbs:** يشكلان الأجــزاء القائمــة أو المنحنيــة للطية، والتي تتضمن طرفيها الجانبيين، وقد يشــترك جنــاح الطيــة الواحدة بين طية مقعرة وأخرى محدبة.

4 ــ **محور الطية Fold axis:** هو الخط المنصف بــين جنــاحي الطيــة، والذي يتحرك موازياً لنفسه لينشئ السطح المطوي ويوجد هذا المحور في الطيات المختلفة بمختلف الأوضاع، فقد يكون أفقيــاً أو مــائلاً أو شاقولياً.

5 ــ **خط المفصلة hinge line:** هو الخط الــذي يــربط نقــاط الانحنــاء الأعظمي على السطح المطوي، وإذا ارتبطت عدة خطوط إلى بعضها في سطوح الطي المتعاقب للطية نفسها، شــكلت الســطح المحــوري surfaceaxial.

6 ــ **التغريق plunge:** تدعى الحالة التي تكون فيها مفاصل الطي مائلــة، بالتغريق (الشكل 3 ــ 3 ــ b) وتدعى الطيات ذات المفاصــل غيــر الأفقية بالطيات المتغرقة plunging folds.

7 ــ **خط الانحناء Inflection line:** هو الخط على السطح المطوي، الذي يفصل انحناء مقعر في اتجاه واحد عن انحناء مقعر بعكــس الاتجــاه، محدد على المقطع العرضي للطية. (الشكل 3 ــ 3 ــ a).

8 ــ **طول الموجة Wave length:** يشكل المسافة من قمة محدب إلى قمة محدب مجاور أو من غور إلى غور مقعر مجاور وبشــكل مــوازي للمستوي المحوري (الشكل 3 ــ 3 ــ c).

9 ــ سعة الطية Fold amplitude: تمثل نصف المسافة المقاسة بين قمة محدب إلى غور مقعر مجاور، مقاسةً بشكل موازي إلى المستوي المحوري. (الشكل 3 ــ 3 ــ c).

10 ــ نواة الطية Core of fold: تشكل الجزء الداخلي من محدب أو مقعر وتحتل الطبقات الأقدم في بنية المحدب والأحدث في المقعر.

3 ــ 4 ــ أنواع الطيات *Kinds of Folds*:

يمكن وصف الطيات ببساطة وتحديد أنواعها وفقاً لما يلي:

1 ــ المحدب Anticline: يتضمن هذا المصطلح، البنيات التي تتقوس بنيتها باتجاه الصخور الأقدم، التي تشكل نواة المحدب. (الشكل 3 ــ 4 ــ a).

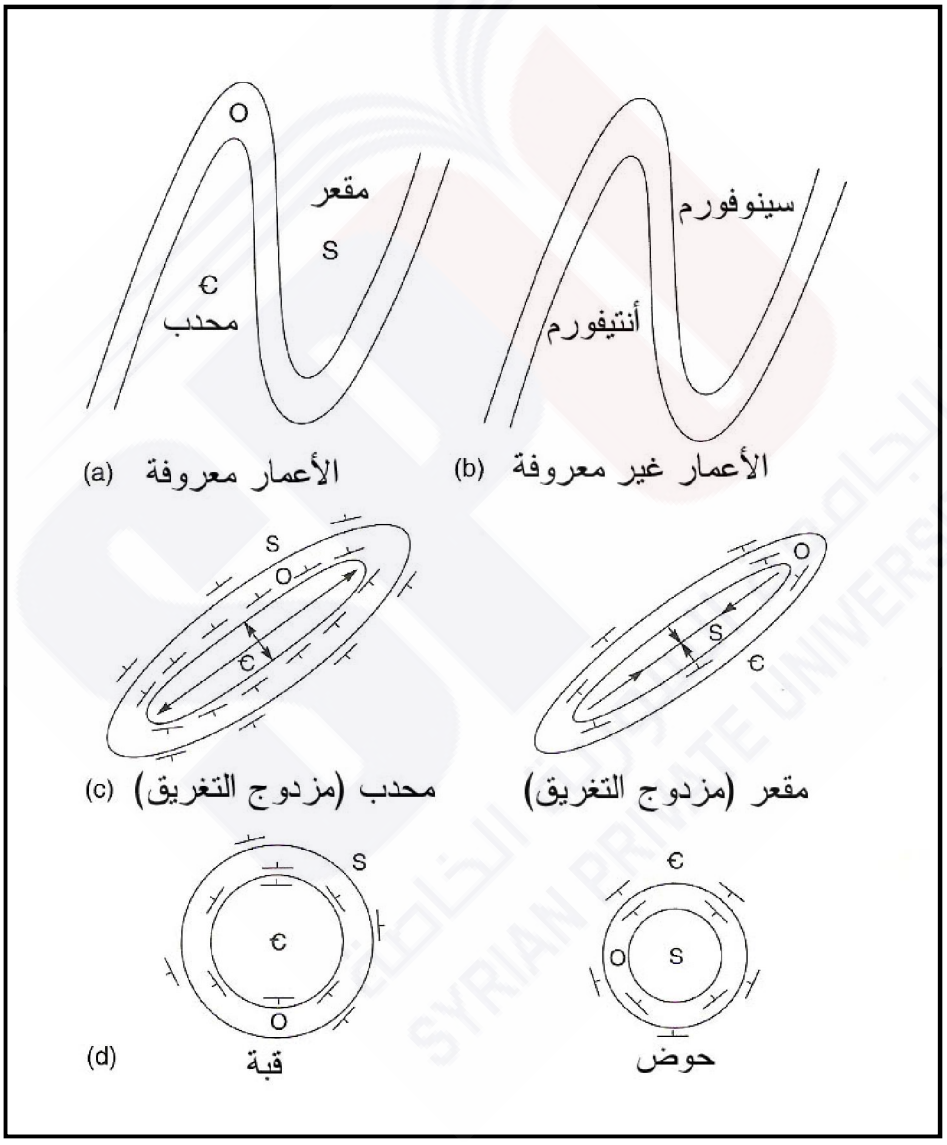
2 ــ الأنتيفورم Antiform: يطلق على الطية التي تتقوس في بنيتها نحو الأسفل، غير أن الصخور في الوسط قد لا تكون الأقدم، أو أن عمر الصخور غير معلوم. (الشكل 3 ــ 4 ــ b).

3 ــ المقعر Syncline: يميز البنية التي تنحني الطبقات فيها باتجاه الصخور الأحدث، وبالتالي توجد هذه الصخور في الجزء المركزي من البنية (الشكل 3 ــ 3 ــ a).

4 ــ السينفورم Synform: يطلق هذا المصطلح على الطبقات التي تتجه في تقوسها نحو الأعلى، وتميل باتجاه المركز وعمرها غير معلوم. (الشكل 3 ــ 4 ــ b).

5 ــ القبة Dome: تعبر عن نوع خاص من المحدب، يميل التطبــق فــي جميع الاتجاهات من نقطة مركزية. (الشكل 3 ــ 4 ــ d).

6 ــ الحــوض Basin: يمثل مقعر متحد، تميل طبقاته نحو الأسفل باتجــاه نقطة مركزية. (الشكل 3 ــ 4 ــ d).



شكل (3 ــ 4)

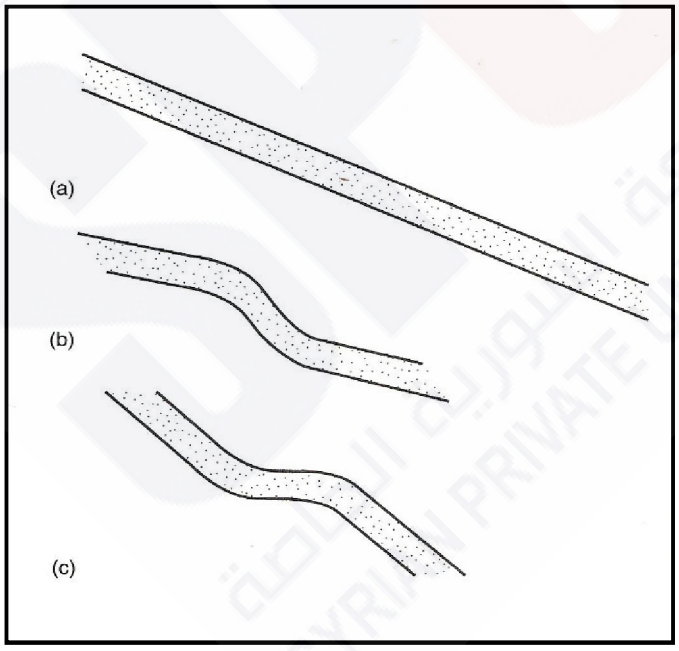
a ــ محدب ومقعر (مقطع عرضي). b ــ أنتيفورم وسينوفورم (مقطع عرضي).

c ــ محدب ومقعر مزدوج التغريق (منظر خارطة). d ــ قبة وحوض (منظر خارطة).

7 ــ متحدة الميل Homocline: يصف البنية التي تتوافق في ميلها باتجاه واحد. (الشكل 5a ــ 3).

8 ــ أحادي الميل Monocline: يتم في حال وجود تعرج طفيف للبنية، متضمناً انحداراً محلياً، مختلفاً عن الميل السائد. (الشكل 3 ــ 5 ــ b).

9 ــ الصف البنيوي Structural terrace: يظهر على شكل تسطح محلي لطبقات ذات ميل إقليمي موحد. (الشكل 5c ــ 3).



شكل (3 ــ 5) a ــ متحد الميل. b ــ أحادي الميل. c ــ صف بنيوي

10 ــ الطي الأسطواني Cylindrical: يدعى أيضاً شبيه الأسطواني (Cylinder – like)، ينشأ من خلال حركة خطية لمحور الطي بشكل موازي لنفسه، وعلى العموم فإن الطيات الأسطوانية، هي تلك التي

تتوازى فيها مفاصل الطي على امتداد الطي المتعاقب (الشكل 3 ــ 6 ــ a ــ 1).

وتنحرف بعض الطيات عن النموذج الأسطواني المثالي، لكن يمكن اعتبار أن معظم الطيات تقع ضمن هذا التصنيف.

11 ــ الطي غير الأسطواني noncylindrical fold: يحتوي مفاصل غير متوازية، في طيات متتابعة، ويمكن إلى حد ما اعتبار أن المفاصل للمجموعة نفسها تتقارب باتجاه نقطة.

وتعد مجموعة منفصلة (الشكل 3 ــ 6 ــ a ــ 2).

12 ــ الطيات المخروطية Conical folds: هي طيات غير أسطوانية، تنشأ بحركة إحدى النهايات الخطية لقوس دائري، بينما تبقى النهاية الأخيرة ثابتة، تتقارب مفاصل الطي في هذا النوع، وبالتالي يكون محور المخروط هو محور الطي.

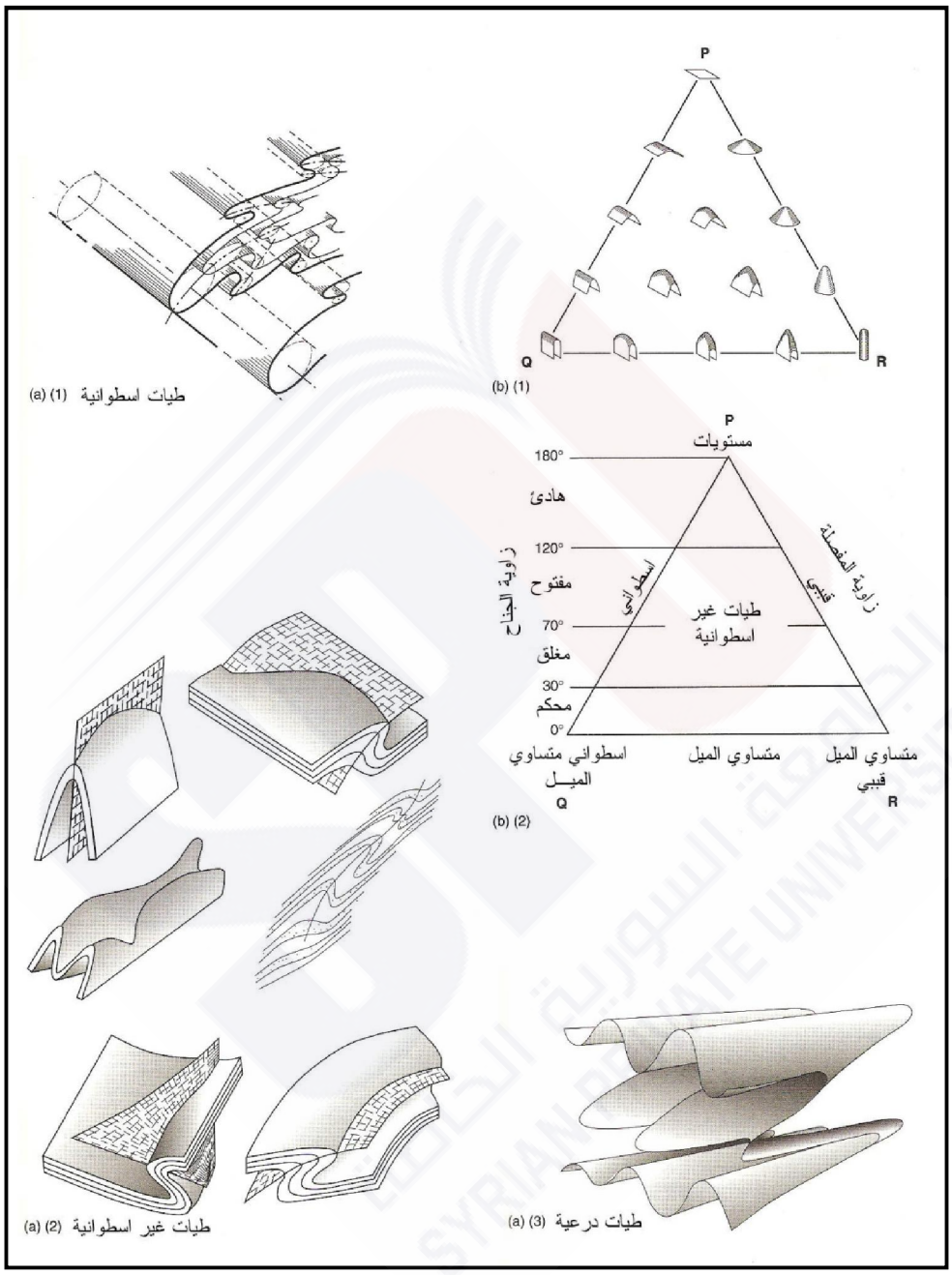
13 ــ الطي الدرعي Sheath folds: تمثل طيات غير أسطوانية (الشكل 3 ــ 6 ــ a ــ 3) مغلقة في إحدى نهايتها، كما ينحني غلق الطية ضمن السطوح المحورية، تحدث هذه الطيات غالباً في نطاقات القص. حيث تتشوه الصخور بشدة من خلال مركبة القص البسيط غير المتجانس.

14 ــ حسب ميل الأجنحة According to Dip limbs:

1 ــ مفتوح Open ويصنف إلى (الشكل 3 ــ 6 ــ b) إذا كان ميل الأجنحة لطيفاً (بزاوية ميل كبيرة).

2 ــ ضيقة tight: إذا كان ميل الأجنحة شديداً بالنسبة لبعضها البعض.

3 ــ متساوي الميل Isoclinal: وهي طيات ضيقة تكون فيها السطوح المحورية والأجنحة متوازية.



شكل (3 ــ 6)

a (1) طي اسطواني. a (2) طي غير اسطواني. a (3) طي درعي.

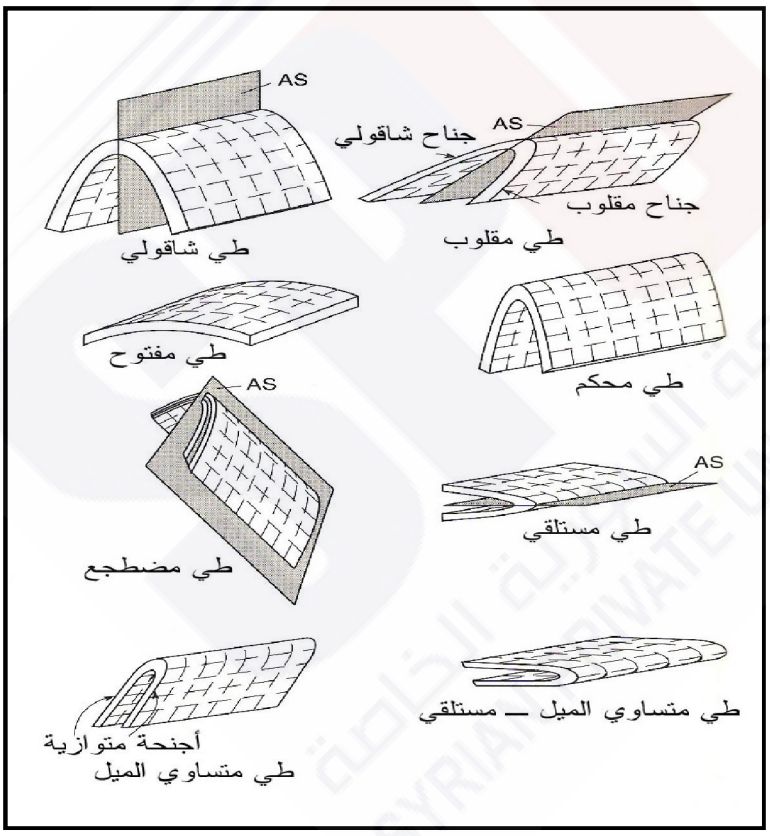
b ــ دياغرام (PQR) يظهر تصنيف شكل الطي.

15 ــ الطي الشاقولي Upright folds: يتضمن سطوحاً محورية شاقولية (الشكل 3 ــ 7).

16 ــ الطي المقلوب Overturned folds: يملك جناحاً عكسياً مقلوباً واحداً.

17 ــ الطي المضطجع Reclined folds: يكون فيها ميل محاور التغريق بنفس زاوية ميل السطوح المحورية، ويكون محور التغريق عمودياً أو بزاوية كبيرة مع خط اتجاه السطح المحوري.

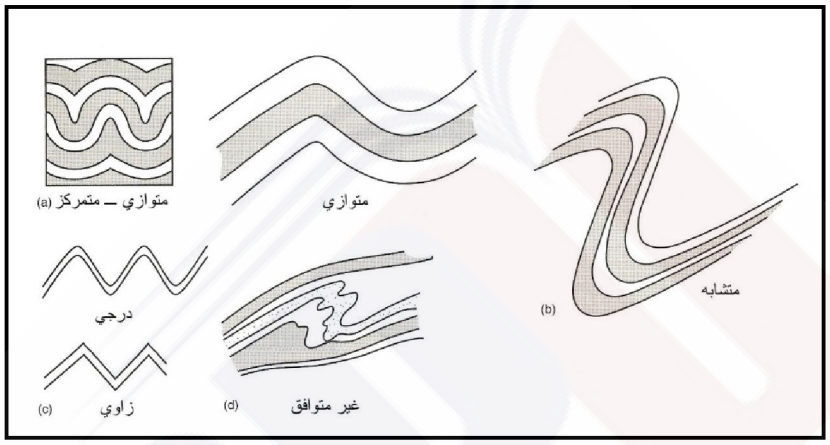
18 ــ الطي المستلقي Recumbent folds: ويحتوي على محاور طي ومستويات محورية أفقية.



شكل (3 ــ 7) طي شاقولي، مقلوب، مفتوح، محكم، مستلقي، متساوي الميل، متساوي الميل ــ مستلقي. AS سطح محوري

19 ــ الطيات المتوازية Parallel folds: تحافظ الطيات في هذا النــوع على ثبات سماكاتها (شكل 3 ــ 8 ــ a).

20 ــ الطيات المتمركزة Concentric folds: وهي طيات متوازية بحيث أن سطوحها المطوية، تحدد أقواساً دائرية، تحافظ على مركز الانحناء نفسه. وهذه الخصوصية تنحصر في شكل الطية، وتقيد بالتالي كلاً من المحدب والمقعر بنهايته نحو الأعلى والأسفل بنطاق التشوه الأعظمي (الشكل 3 ــ 8 ــ a).

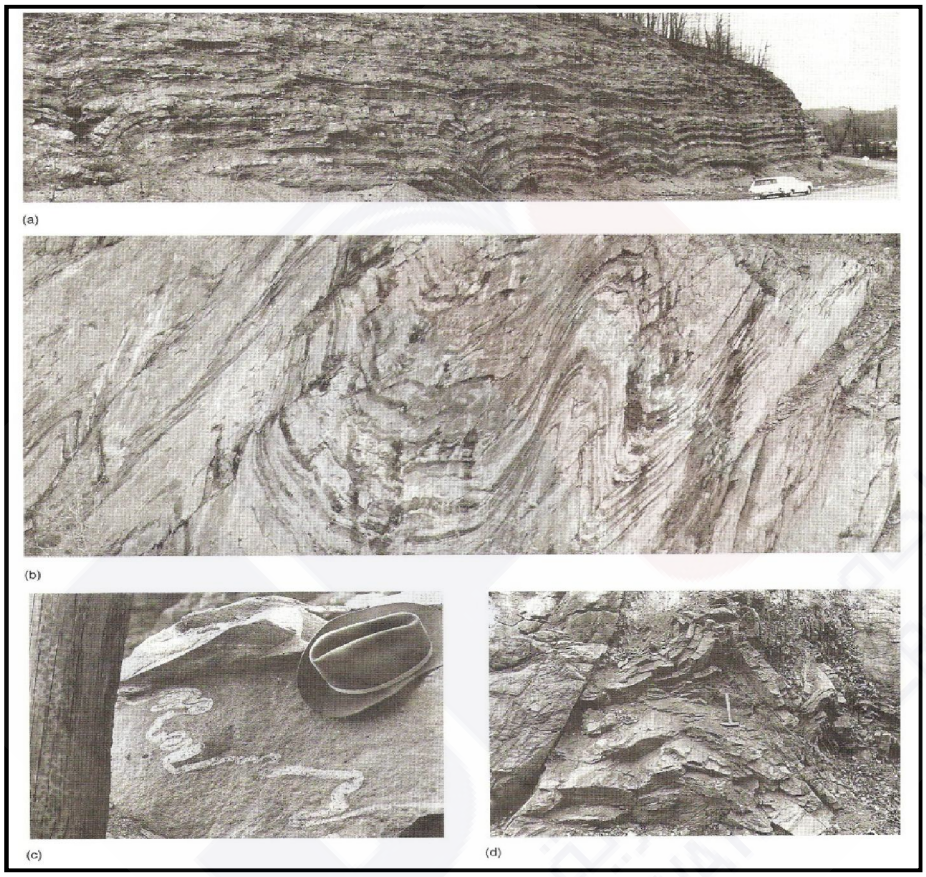


شكل (3 ــ 8) a ــ طيات متوازية مثالية متمركزة وطيات متوازية.
b ــ طيات متشابهة متوازية. c ــ طيات درجية وزاوية. d ــ طيات غير متوافقة.

21 ــ الطيات المتشابهة Similar folds: يحافظ الطي على شكله عبر المقطع وعلى نفس الانحناء في نطاقات المفصلة كما أنها لا تتبدد. صعوداً أو هبوطاً (الشكل 3 ــ 8 ــ b) (الشكل 3 ــ 9 ــ b). تكون تغيرات السماكة (المقاسة عموماً على التطبق) في هذه الطيات من الأثخن في النطاقات المحورية إلى الأنحف في الأجنحة.

22 ــ الطيات الدرجية والطيات الزاوية Chevron and Kink folds: وهي طيات تترافق مع أجنحة مستقيمة وزوايا تغريق حادة (الشكل 3 ــ 8 ــ c).

23 ــ الطي غير المتوافق (المتنافر) Disharmonic folds: وهي طيات تتغير في شكلها من طبقة إلى أخرى (الشكل 3 ــ 8 ــ d)، ويمكن أن يتشكل الطي غير المتوافق أثناء الطي المتوازي من خــلال الضــغط الشديد والمحكم على طبقات رقيقة ما بين طبقات سميكة.



شكل (3 ــ 9)

a ــ طيات متوازية ــ متمركزة في الكامبري الأعلي تشكيلة حجر كلسي والشيل ــ تينسا.

b ــ طيات شبه متشابهة مجموعة اردواز ــ تينسا.

c ــ طي لعرق كوارتز ــ فلدسبار، شمال كارولينا.

d ــ طيات غير متوافقة قاسية، حجر رملي وشيل ــ تينسا (Hatcher, JR).

3 ــ 5 ــ التناظر البنيوي في الطيات:

Structural symmetry in folds:

يوصف تناظر أي بنية تكتونية على ضوء تشابهه مع علم البلورات، ويدرس في الطيات من خلال جملة إحداثيات ديكارتية تدعى جملة الإحداثيات التكتونية. يمثل المحور a اتجاه الحركة التي أدت إلى التشوه، كما يمثل المحور b محور التشوه ويكون موازياً لمحور الطي، أما المحور c فيكون معامداً للمستوي ab.

ونميز الأنواع التالية:

1 ــ **التناظر المعيني القائم Orthorhombic symmetry:** نقول عن بنيه بأن لها تناظراً معيناً إذا احتوت مستويي تناظر بزوايا قائمة لبعضها البعض هما المستويان الحاويان على المحورين(ac) ,(bc) (الشكل 3 ــ 10 ــ a).

2 ــ **التناظر أحادي الميل monoclinic symmetry:** يعد شائعاً في بنيات الصخور المشوهة، ويتميز بمستوي تناظر وحيد، هو المستوي المعامد لمحور الطي (الشكل 3 ــ 10 ــ e).

3 ــ **البنية الثلاثية Triclinic structures:** لا يتضمن أي مستوي تناظر، ويمكن أن تظهر من تقاطع مائل لمجموعتين من البنيات مختلفة الأعمار لمراحل التشوه. (الشكل 3 ــ 10 ــ c).