الجزء الثانى

الفصل السابع

البترول

تمدنا صناعة البترول بالطاقة اللازمة للنمو المطرد والسريع للمدنية والتقدم التكنولوجى الذى يعتمد على توافر مصادر رخيصة وفعالة للطاقة . هذه المصادر هى البترول والغاز الطبيعى ، فمنذ أكثر قليلا من مائة عام مضت كانت (٩٠٪) من مصادر الطاقة موفرة بواسطة المجهود العضلى للكائنات الحية — سواء كان إنسانا أو حيوانا ، أما الآن فإن أكثر من ثلثى هذه الطاقة مصدرها البترول والغازات الطبيعية . ولذلك فإن الطلب على هذه المنتجات يتزايد بمعدل سريع جداً فى السنوات الأخيرة وذلك يتطلب منا أن نبذل مجهوداً مضاعفاً فى البحث عن البترول للعثور على اكتشافات بترولية جديدة تؤمن لنا هذا المصدر الكريم للطاقة .

تطلق كلمة البترول عند استعمالها فى أوسع معانيها على جميع الهيدروكربونات التى تتكون فى باطن الأرض بصورة طبيعية . ولكن الكلمة بمعناها التجارى الضيق تقتصر عادة على الترسبات السائلة ، أى الزيت الخام ، بينما يطلق على المواد الغازية اسم (الغاز الطبيعى) وعلى المواد الصلبة المتبقية اسم البتومين أو (الأسفلت) أو الشمع وفقاً لطبيعة تركيبها الكيميائى .

البحث عن البترول :

١ — نبذة تاريخية :

استخدم البترول منذ قديم الزمان فى العراق ومصر وبلاد فارس وغيرها من أجل التدفئة والإضاءة ورصف الطرق والبناء . وأغلب الظن أن بعض المواد التى استخدمت فى بناء برج بابل وسفينة نوح ومهد موسى لم تكن سوى بتومينات طبيعية أخذت من

رشوحها هنا وهناك، ولقد استعمل البتومين فى فارس منذ زمن يرجع إلى ٤٠٠٠ عام قبل الميلاد ولايزال فى آثار بابل شىء منه . فى بداية معرفة الإنسان للزيت والبتومين كان يستخدم رواسبها السطحية أو ما يتز منها من خلال شقوق الأرض (Cracks) أما الغاز المنبعث من باطن الأرض فكان أحيانا موضع إجلال خاص بوصفه (نيرانا أزلية) والأرجح أن الإنسان لم يكلف نفسه عناء البحث عن الزيت ، بل كان يستخدمه حيثما وجده وعلى الحالة التى كان يجده فيها .

وكانت الآبار تحفر بالقرب من مواضع النز ؛ منذ حفر (دريك) البئر الأولى فى بنسلفانيا بالولايات المتحدة عام ١٨٥٩ ولم يكن ثمة تنقيب بالمعنى الحديث حتى أواخر القرن التاسع عشر عندما بدأ الباحثون عن الزيت يستعينون على اكتشافه بعلم طبقات الأرض (الجيولوجيا) . وفى سنة ١٨٨٥ تم اكتشاف حقول عديدة استناداً على النظرية القائلة بأن الزيت يتجمع فى أعالى الطبقات الصخرية المطوية المعروفة لدى الجيولوجيين بالطبقات المحدبة (Anticlines) وسرعان ما أخذ المئات من الجيولوجيين يجولون فى الولايات المتحدة وغيرها من البلدان بحثاً عن الطيات المحدبة (القبب) وتعرف الفترة الواقعة بين ١٩١٢ ، ١٩٣٥ وهى التى تم خلالها اكتشاف معظم الطيات المحدبة الرئيسية فى الولايات المتحدة باسم (عصر القبب) وبانتهاء هذه الفترة بدأ التنقيب العلمى الحديث .

٢ ــ أصل الزيت وانتقاله وتجمعه :

اختلف العلماء فى بداية الأمر على تحديد أصل البترول وانقسموا إلى مجموعتين : مجموعه تؤيد النظرية التى تقول إن أصل الزيت (البترول) غير عضوى، والمجموعة الثانية تؤيد النظرية العضوية ، وكل من الفريقين قدم دلالات تؤيد نظريته .

ومن الأدلة التى تؤيد النظرية غير العضوية ، توصل العلماء إلى تحضير بعض الهيدروكربونات الخفيفة فى المعمل مثل الميثان والأثين والأسثلين والبنزين من مصادر غير عضوية ، ولكن لايوجد ما يؤكد إمكانية حدوث هذه العملية فى الطبيعة بنفس الصورة أو الكيفية التى تمت بها فى المعمل، ولاتزال المعارضة شديدة لهذه النظرية ولكن هذه المعارضة لم تستطع إلى الآن أن تمحى الاحتمال أن المواد غير العضوية وخاصة الهيدروجين

تلعب دوراً كبيراً فى تكوين البترول .

أما النظرية الثانية وهى التى تقول إن أصل البترول عضوى فهى النظرية الأقوى والتى تعتمد على دلالات كثيرة تؤيد الأصل العضوى (حيوانيًّا كان أو نباتيًّا) للبترول فمثلا : —

١ — كميات ضخمة من المواد العضوية والهيدروكربونات موجودة فى الصخور الرسوبية المكونة للقشرة الأرضية ، وهذه المواد العضوية نباتية كانت أو حيوانية توفر لنا الكربون والهيدروجين اللذين يتحدان مع بعضهما تحت ظروف معينة من الضغط ودرجة الحرارة مع وجود بعض العوامل المساعدة ليكونا البترول .

٢ — ومما يؤيد الأصل العضوى للبترول وجود البورفرين والنيتروجين ، إذ أن هاتين المادتين لاتوجدان إلا فى البقايا النباتية والحيوانية ، ويمكن التعرف عليها بسهولة بالتحليل الكيميائى لأغلب العينات البترولية خفيفة كانت أم ثقيلة .

٣ — النشاط الضوئى للبترول ظاهرة أخرى تؤيد الأصل العضوى إذ إنه يتم نتيجة لوجود ماده الكولسترول التى هى من أصل حيوانى أو نباتى فى البترول .

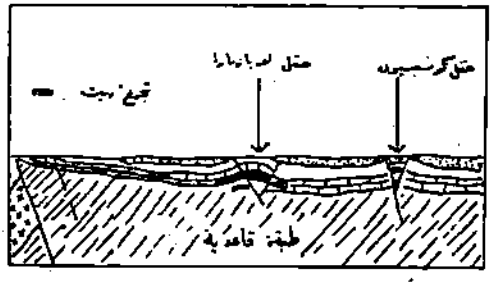
ولقد أصبح من المسلم به عموماً الآن أن الزيت أو البترول قد نشأ من تحليل الحيوانات والنباتات المائية وبنوع خاص البحرية ، المدفونة تحت طبقات متوالية من المواد الرسوبية المختلفة منذ مدة يحتمل أن تتراوح بين ٤٠٠ إلى ٥٠٠ مليون سنة . تتزايد المواد المترسبة على مر الزمن فوق قاع البحر والمحيطات وتعمل على زيادة الضغط وارتفاع درجة الحرارة وعلى عمق عدة آلاف من الأمتار تتوالى تفاعلات كيميائية وتزداد هذه التفاعلات مع وجود البكتريا والأنزيمات ، ويتم تحويل الأجزاء الرخوة من تلك المواد النباتية والحيوانية إلى زيت وغاز ، وتفيد الدلائل أن الغاز يتولد على أعماق بعيده .

ويوجد البترول غالباً داخل مسام الصخور الرسوبية ومع زيادة الضغط والحرارة تنفعل هذه الصخور وتصبح لدنة ولها قابلية للتقلص والالتواء حسب اتجاه القوى المؤثرة ، ونتيجة لهذا التقلص يندفع الزيت والغاز ومعهما على الأغلب بعض الماء المرافق للخارج على أن تكون التراكيب والتكوينات المجاورة ذات قابلية كافية للنفاذ ، أى أن تسمح بمرور السائل والغاز خلال مسام الصخر أو عبر شبكة من الصدوع والشقوق . وهكذا تبدأ

سوائل الصخر فى السريان فى باطن الأرض صعوداً أو هبوطاً أو فى الاتجاهات الجانبية مسافات طويلة تبلغ أحياناً عشرات الكيلومترات ، ولاشك أن هذه الطريقة فى انتقال البترول تنتهى غالباً إلى سطح الأرض فتجرفه المياه أو تتبخر عناصره الخفيفة فى الهواء .

وتؤكد التزوز فى مختلف أنحاء العالم كبحيرة الأسفلت فى ترينيداد أو النيران المستديمة فى باكو بالاتحاد السوفيتى أن الزيت والغاز ما يزالان يتسربان فى باطن الأرض حتى يومنا هذا .

ويتوقف الزيت عن الانتقال والتحرك أحيانا عندما تعترضه طبقة غير مسامية تمنع مرور السائل، فإذا حبس الزيت بهذا الشكل فى تكوين مسامى ولم يعد قادراً على التحرك داخل الصخور فإنه يتجمع هناك، وفى هذه الحالة يكون الصخر كالإسفنج الذى يحفظ الماء والسوائل ويطلق عليه فى هذه الحالة (الصخر الخازن) (Reservoir rock) أما الطبقة غير المسامية وغير المنفذة التى تحول دون انتقال السائل منها فتعرف بصخور الغطاء (Cap rocks) ويجب أن يتوافر فى المنطقة تركيب جيولوجى ملائم (شكل ٧٣) يضمن حبس السائل فى الخزان حبساً فعالا .



(شكل ٧٣) جزء من حوض بترولى ببحيرة ماراكايبو بفنزويلا يبين أنواعاً مختلفة من التراكيب البترولية وتجمع الخام فيها

٣ – أنواع الصخور الحاوية على البترول :

تتكون القشرة الأرضية أو الغلاف الأرضى (Lithosphere) من ثلاث أنواع من الصخور تختلف فى خواصها الطبيعية وتركيبها الكيميائى اختلافا كبيراً وهى : –

(ا) صخور نارية : (Igneous rocks)

وهى تتكون من صخور جرانيتية وبركانية كانت فى الأصل مادة سائلة حارة ، ثم تصلبت وتحجرت أثناء تبريدها .

(ب) صخور رسوبية : (Sedimentary rocks)

وهى تتكون من فتات وبقايا صخور أخرى حملتها المياه والرياح وتركتها ترسب على الأرض أو فى قاع البحر والمحيطات تحت سطح الماء ، أو صخوراً ترسبت كيميائيًّا بفعل التبخر مثلا ، أو صخوراً تكونت من تجمع كائنات عضوية .

(ح) صخور متحولة : (Metamorphic rocks)

وهى صخور نارية أو رسوبية فى الأصل ثم تحولت إلى ماهى عليه بفعل عوامل الضغط والحرارة ونتيجة لذلك حدث تغير جوهرى فى تركيبها الكيميائى وفى تكوينها . ويمكن بالدراسة المجهرية للصخور المتحولة التوصل إلى معرفة ما إذا كان أصلها رسوبيًّا أم ناريًّا .

فالصخور النارية والمتحولة تغطى مساحات شاسعة من القشرة الأرضية مكونة بذلك صخر القاعدة للقارات (Basement rocks) وقد توجد هذه الصخور على أحجام أصغر مكونة هضاباً صخرية قديمة لم تغمرها مياه البحار طوال فترة زمنية ليست بقصيرة فى تاريخها الجيولوجى ، وهى بالتالى لا تحتوى على صخور رسوبية ، ولا يمكن أن يكون فيها شىء من البترول ، غير أن هناك فى مناطق أخرى مساحات شاسعة من الصخور النارية والمتحولة انغمرت تحت سطح الماء (البحر) فأصبحت هى الأرضية التى ترسبت فوقها صخور رسوبية أحدث من الممكن أن تكون أحواض زيت . فبالرغم من أن الصخور النارية والمتحولة طبيعتها تحول عادة دون احتوائها للزيت ، فإنها تستطيع إذا كانت متشققة أن تقوم بدور مكامن أو مصائد للزيت المنتقل إليها من الصخور الرسوبية التى تعلوها .

على أن ما يهتم به الباحثون عن البترول هو الصخور الرسوبية التى تغطى حوالى عشر مساحة الأرض ، وهذه الصخور هى التى تحتوى على الغالبية العظمى من حقول البترول التى تم اكتشافها حتى يومنا هذا .

ويوجد كما ذكرنا ثلاثة أنواع من الصخور الرسوبية التى تصلح أن تقوم بدور الخزان وتحجز الزيت بين مسامها ، وهذه الصخور هى :

١ – صخور رسوبية مفككة : (Fragmental rocks)

وهى التى تتكون عادة من تجمع والتحام جزئيات من الصخر أو أجزاء من المعادن أو بقايا صخور نقلت بواسطة عوامل التعرية المختلفة وترسبت فى البحار والمحيطات وتم التحامها بواسطة الضغط الناتج من وزن المواد المترسبة أو نتيجة لترسب بعض الأملاح داخل الفراغات أثناء سريان المياه الأرضية داخل التربة .

ويتفاوت حجم الجزيئات المكونة للصخور الرسوبية المفككة تفاوتاً كبيراً فنجده فى بعض الأحيان لا يتعدى ٤ ميكرونات فى حالة المواد الطينية وفى أحيان أخرى يتكون من كتل ضخمة يزيد قطرها عن ٢٥ سم .

ومن أمثلة هذا النوع من الصخور نجد (المواد الطينية ، الحجر الرملى ، الكونجلومريت . . . . .) ومن خصائص هذه الصخور أنها ذات مسامية جيدة وتختلف هذه المسامية من صخر إلى آخر ، إذ أن هناك عوامل تؤثر بفاعلية على مقدار مسامية الصخر ، وهذه العوامل هى : (حجم الحبيبات ، ترتيب الحبيبات ، المسافة بين الحبيبات) . فى الحجر الرملى نجد أن مقدار المسامية يتراوح بين ٢٠٪ ، ٤٢٪ .

٢ – صخور كيميائية : (Chemical rocks)

وهى تتكون من معادن ترسبت فى نفس المكان الذى تكون فيه الصخر ، ولم تتعرض للنقل مثل الصخور الرسوبية المفككة . وتتكون هذه الصخور نتيجة لتفاعل كيميائى يتم فى البحار والمحيطات ينتج عنه بللورات من الحجر الجيرى (Limestone) والدولوميت (Dolomite) وفى أحيان أخرى يترسب الطباشير . (Chalk) .

وعندما يتكون الصخر من كربونات فإن نسيجه (Texture) يكون بللوريًّا وحجم هذه البللورات يكون خشنا أو متوسطاً أو ناعماً ، ومساميته تختلف مع اختلاف حجم البللورات .

أما فى البحار المغلقة فتكون الظروف ملائمة لترسيب الأملاح والمتبخرات نتيجة

لزيادة تركيزها فى مياه هذه البحار ، ولكن هذا النوع من الصخور مساميته ضعيفة جداً ونفاذيته (Permeability) تكاد تكون منعدمة ، وفى هذه الحالة لا يصلح كخزان للبترول .

٣ – صخور بيوكيميائية : (Biochemical rocks)

هذا النوع من الصخور يحتوى على كميات من البقايا الحيوية بالإضافة إلى المواد التى ترسبت كيميائيًا فالنشاط البيوكيميائى أصبح واضحاً فى حالة الأعشاب المرجانية (التى زادت أهميتها فى الوقت الحالى كصخر خزان يحتوى على كميات ضخمة من الهيدروكربونات) وكذلك بعض الحيوانات والكائنات البحرية التى تفرز المواد الجيرية فتساعد على تكوين الحجر الجيرى الحيوى ، ومن هذه الكائنات نجد الطحالب والبكتريا والحفريات الدقيقة والأعشاب المرجانية والصدفيات البحرية ، وأهم هذه الكائنات هى الأعشاب المرجانية إذ أن نموها سريع فى البحار التى تتوفر فيها شروط خاصة من حيث درجة الحرارة ، كمية الإضاءة ، درجة الملوحة ، وعمق المياه مثل شواطئ البحر الأحمر ، والشواطئ الشمالية لأستراليا .....

(د) المصائد البترولية المختلفة الملائمة لتجميع البترول :

هناك نوعان : ١ – مصائد تركيبية ، ٢ – مصائد استراتجرافية

١ – المصائد التركيبية : (Structural traps)

من المعروف أن القشرة الأرضية تحركت خلال العصور الجيولوجية المختلفة أكثر من مرة ، فارتفعت أحيانا الأراضى المنخفضة وبرزت فوق سطح البحر بحيث أصبحت المناطق التى كانت مغمورة ، وتتجمع فوقها المواد الرسوبية مرتفعة وتعرضت لعوامل التعرية المختلفة ، ونحتت فيها المياه الجارية تلالا ووديانا ثم انخفضت هذه الأراضى مرة أخرى وغمرتها مياه البحر وبدأ الترسيب من جديد فوق تلك التضاريس التى كانت قد نحتت من قبل .

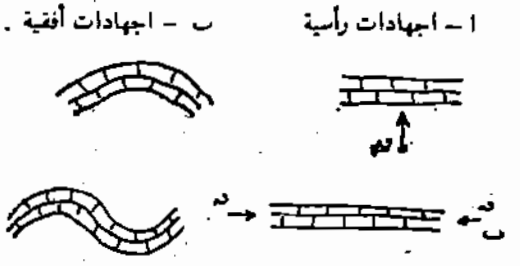
ونتيجة لهذه الحركات المتعددة تتعرض القشرة الأرضية لإجهادات مختلفة رأسية

كانت أو أفقية وينفعل الصخر معها بطرق مختلفة ينتج عنها تكوين عدة تراكيب مختلفة فى الخصائص منها :

١ ــ الطيات (Folds) . ، ٢ ــ الفوالق (Faults) . ، ٣ ــ مستويات عدم التوافق (Unconformities)

١ ــ الطيات : (Folds)

تنتج الطيات نتيجة لتعرض الطبقات المختلفة لإجهادات رأسية أو إجهادات أفقية (شكل ٧٤) فإذا كانت هذه القوى الرأسية (أو العمودية) متساوية ارتفعت هذه الطبقات

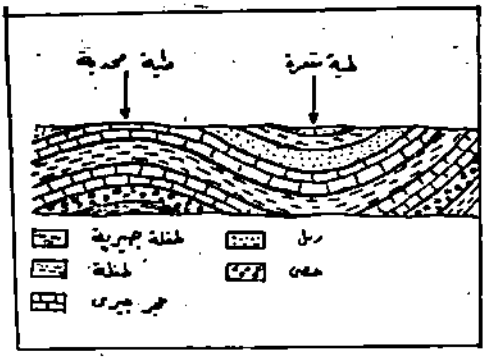


(شكل ٧٤) تأثير الاجهادات الرأسية أو الأفقية على طبقات الأرض

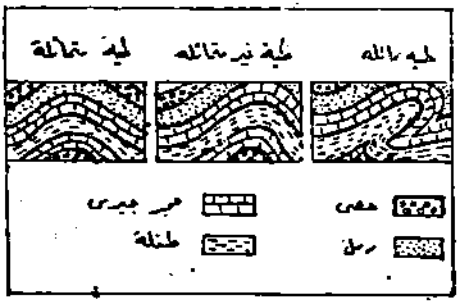
الرسوبية بشكل أفقى تقريباً، ولكن عادة هذه القوى العمودية ليست منتظمة أو متساوية، مما ينشأ عنه طيات متماوجة وهى عبارة عن مجموعة من الطيات المحدبة المرتفعة (Anticlines) وطيات مقعرة منخفضة (Synclines) (شكل ٧٥) وهذه الطيات تكون فى أبسط أشكالها متماثلة (Symmetrical) وقد يحدث عند حدوث ضغط شديد أن يختل التماثل فى الطية المحدبة وتصبح طية غير متماثلة أو أن تنقلب إلى طية مائلة (شكل ٧٦) وتعرف الطية المحدبة القصيرة المنحدرة من جميع جوانبها باسم القباب (Domes) ويتراوح عرض الطيات المحدبة والمقعرة بين بضعة أمتار إلى عدة كيلومترات شكل ٧٧) .

٢ ــ الفوالق : (Faults) .

عندما تتعرض طبقات القشرة الأرضية لقوة شد تفوق مقدار مقاومة الصخر فإنه يتشقق وتتحرك الكتل الصخرية على جانبي مستوى الفالق إلى أعلى أو إلى أسفل (شكل ٧٨)



(شكل ٧٥) طيات متماوجة (محدبة ومقعرة)

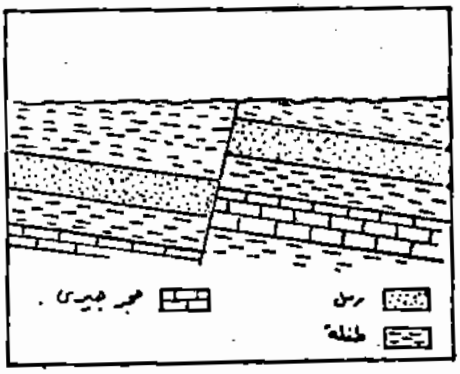


(شكل ٧٦) تأثير الضغط الشديد على الطبقات

(شكل ٧٧) صورة لمجموعة تراكيب جيولوجية كما تظهر فى الطبيعة

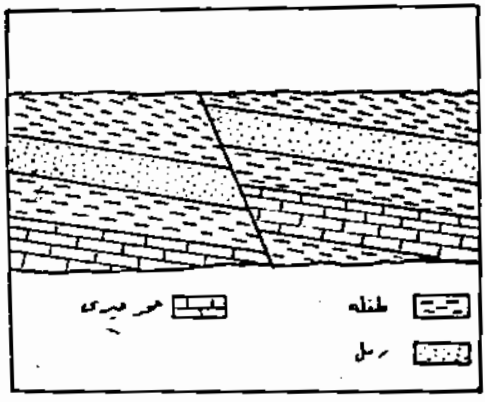
ونتيجة لهذه الحركة النسبية ينتج عندنا أنواع مختلفة من الفوالق :

ا ــ الفالق العادى (Normal fault) وفيه يتحرك الحائط العلوى إلى أسفل بالنسبة للحائط السفلى (شكل ٧٨) .



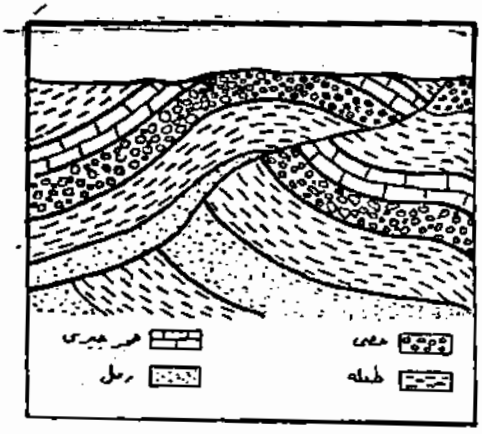
(شكل ٧٨) فالق عادى متحرك فيه الحائط العلوى إلى أسفل

ب ــ الفالق المعكوس (Reverse fault) وفيه يتحرك الحائط العلوى إلى أعلى بالنسبة للحائط السفلى (شكل ٧٩) .



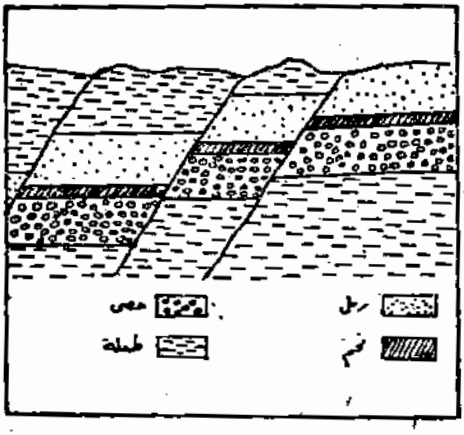
(شكل ٧٩) فالق معكوس تحرك فيه الحائط العلوى إلى أعلى

جـ ــ الفالق المضطجع (Recumbent fault) وفيه يكون مستوى سطح الفالق مائلا بزاوية كبيرة مع الأفقى (شكل ٨٠) .

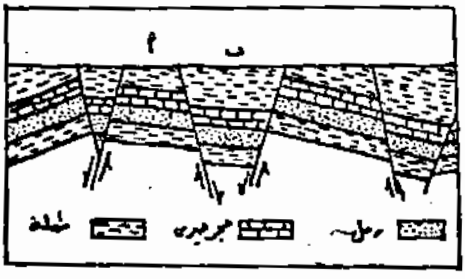


(شكل ٨٠) فالق مضطجع .

وعندما تتواجد مجموعة من الفوالق فى منطقة ما مثل (البحر الأحمر) فإنه ينشأ عنه مجموعة من التراكيب المختلفة مثل الفوالق السلمية (Step faults) والهورست (Horst) والجرابن (Graben) (شكل ٨١ ، ٨٢) .



(شكل ٨١) : فالق سلمى



(شكل ٨٢) الكتلة الصخرية (ا) تمثل الهورست
(ب) تمثل الجراسين

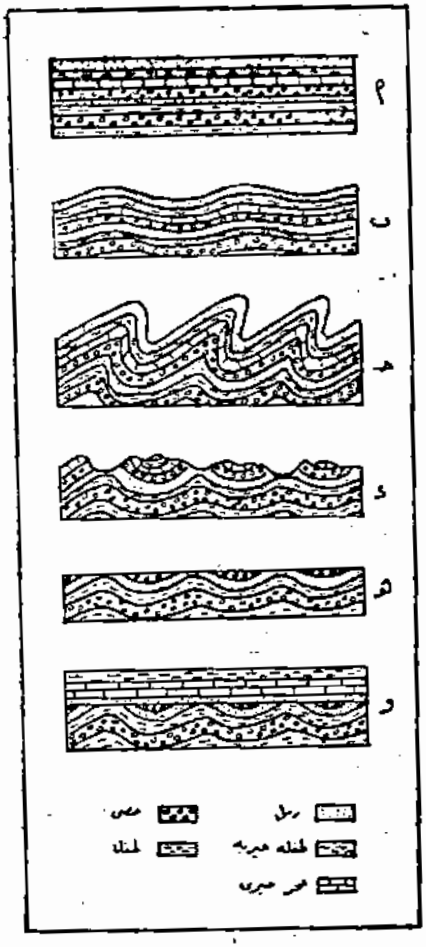
٣ ــ مستويات عدم التوافق : (Uneconformities)

يوجد فى الطبيعة أنواع عديدة من مستويات عدم التوافق أغلبها لحفظ البترول وجمعه داخل هذه المصائد . ويتكون هذا النوع من التراكيب على عدة مراحل وهى :

١ ــ تترسب المواد الرسوبية فى قاع البحار والمحيطات على هيئة طبقات أفقية (شكل ٨٣ ، ا) .

٢ ــ تتعرض هذه الطبقات لإجهادات رأسية وأفقية ، فيحدث بها التواءات مختلفة (شكل ٨٣ ، ب) .

٣ ــ نتيجة الحركات الأرضية المختلفة ترتفع هذه الطبقات المتعرجة أو أن تنحسر مياه البحر نتيجة للجزر فتبرز هذه الطبقات على سطح البحر فتتعرض لعوامل التعرية المختلفة ، فيتأكل جزء من سطحها العلوى (شكل ٨٣ ، ج) .



(شكل ٨٣) خطوات تكوين مستويات عدم التوافق

(ا) الطبقات مترسبة أفقياً

(ب) انطواء معتدل فى الطبقات

(جـ) انطواء وارتفاع شديدان

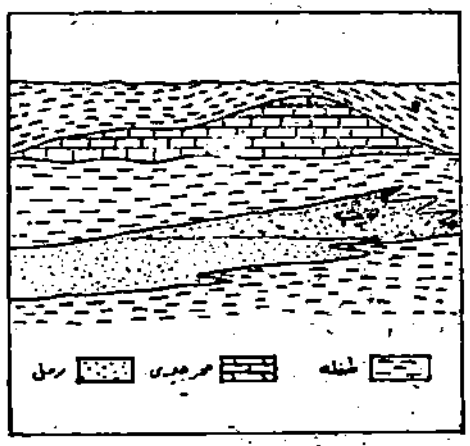
(د) تفتت الصخر بفعل الرياح منبسط بفعل التعرية

(و) ترسيب مجموعة جديدة من الصخور الرسوبية

٤ – تنخفض هذه الطبقات وتغمرها المياه من جديد ويترسب فوقها الرواسب الجديدة، وتكون على هيئة طبقات أفقية وبذلك يتكون لدينا ما هو معروف بمستويات عدم التوافق (شكل ٨٣ ، د) .

٢ – مصائد استراتجرافية (طبقية) : (Stratigraphic)

وفيه تتكون المصيدة البترولية أو الفخ البترولى نتيجة لتغير فى التكوين المعدنى للصخر أو نتيجة لتغير فى السحنة (facies) أو نتيجه لتغير فى المسامية والنفاذية للصخر . فى بعض الأحيان نجد مثلا طبقة من الحجر الرملى المسامى المنفذ المترسب بالقرب من الشاطئ قد تحولت على أعماق كبيرة وبعد كبير من الشاطئ إلى طبقة من المواد الطينية غير المنفذة . وهذا التغيير يحدث بطريقة تدريجية بطيئة وعلى مسافات كبيرة (شكل ٨٤) وفى هذه الحالة يجب أن تكون هذه الطبقة مائلة إلى أعلى مع وجود الجزء ذى المسامية الضعيفة وغير المنفذة على القمة لتتكون المصيدة الستراتجرافية .



(شكل ٨٤) مصائد استراتجرافية
– حجر جيرى عضوى محاط بالطفلة
– رمل محاط بطفلة

(ه) طرق البحث عن البترول :

طرق التنقيب عن البترول هى الأساليب الفنية المستعملة فى البحث عنه ، ومهمتها الرئيسية ليست العثور على الزيت مباشرة إذ أنه إلى الآن لايعرف خاصية طبيعية للبترول

يمكن قياسها على سطح الأرض، وتدل على وجود البترول فى الأعماق . ولهذا السبب فإن البحث عن البترول هو فى الواقع البحث عن التراكيب الجيولوجية السابق وصفها التى يمكن أن تحتوى على البترول إذا توافرت فيها شروط المسامية النفاذية ووجود الصخر والخزان وصخر الغطاء غير المنفذ .

فقبل بدء البحث والتنقيب عن البترول فى أراض جديدة قبل أن يذهب إليها المساحون والجيولوجيون ، يجرى فى العادة مسح جوى للمنطقة كلها ويتم تصويرها بمجموعة من الصور التى تتداخل مع بعضها لكى تكون المساحة كلها مغطاة تماماً بالصور .

وبدراسة هذه الصور دراسة دقيقة وذلك بإعادة التجسيم إليها بواسطة جهاز الستريوسكوب (Steroscope) توضع خريطة طوبوغرافية صحيحة ، ويوضح عليها مجرى المياه والأنهار، وكذلك خطوط ظهور الطبقات الجيولوجية المختلفة التى يمكن التعرف عليها من الصور مع تحديد اتجاه ميل هذه الطبقات إن أمكن . الفوالق تعتبر من التراكيب الجيولوجية التى يمكن التعرف عليها بسهولة من الصور الجوية ويمكن بالتالى رسم اتجاه الفالق ومكشفه بدقة .

ومن شأن هذه الخرائط أن تساعد على تخطيط المسح الأرضى ، كما أنها تجعل فى الإمكان أيضاً تحديد أهم المواقع وأدعاها للأمل . فلم يعد هناك أى سبب يحمل الجيولوجيين والفنيين على التخطيط فى الصحارى القاحلة أو فى المناطق الشمالية الباردة كسيبريا مثلا حيث يجرى أغلب عمليات البحث عن البترول . ولقد بلغت فائدة المسح الجوى حداً أصبح فيه من المعتاد إعادة تصوير المناطق التى سبق البحث فيها أرضاً، وذلك من أجل إعادة تقييمها . ثم إن التصوير الجوى على نطاق واسع أصبح ذا قيمة كبيرة فى تخطيط مسالك الطرق وخطوط الأنابيب أو مواقع الآبار والمخيمات . ولتحديد أماكن التراكيب الجيولوجية والمصائد البترولية نلجأ إلى استعمال عدة طرق فنية متفاوتة فى درجة دقتها وهذه الطرق هى :

١ — طريقة الجيولوجيا السطحية :

إن العمل الدقيق والسريع الذى يقوم به الجيولوجى فى منطقة العمل من شأنه أن يخفض من تكاليف الاستكشاف تخفيضاً كبيراً، فالأدوات التى يستعملها أثناء دراسته

الميدانية هى البوصلة (Compas) والمطرقة والعدسة المكبرة وبهذه الأدوات البسيطة وبالتمرين العملى والخبرة الطويلة يتمكن الجيولوجى بمنتهى الدقة من رسم خطوط ظهور الطبقات على الخريطة الطبوغرافية كما يسجل القراءات أو القياسات التى أجراها لإيجاد مثل هذه الطبقات واتجاه مضاربها .

كما أنه يرسم قطاعات جيولوجية يبين فيها تتابع وتوالى الطبقات ، ويسجل بجانب هذا القطاع الخصائص الطبيعية التى تمكن من التعرف عليها لهذه الصخور ، وكذلك محتوياتها من الحفريات التى يمكن رؤيتها بالعين المجرده أو بالعدسة المكبرة التى يحملها معه . كما أنه يقوم بجميع العينات الصخرية من الطبقات ويرقمها مما يساعده على تحديد عمر الصخور ، وذلك بدراسة الحفريات الدقيقة التى تحتويها ، لكى يتمكن من عمل مقارنة بين القطاعات الجيولوجية المختلفة وربط هذه الطبقات ببعضها وفى النهاية يتمكن الجيولوجى من رسم قطاعات سطحية وتحت سطحية توضح لنا بدقة العلاقات التركيبية بين الطبقات وبعضها (وجود طيات ، فوالق . . . . .) وذلك على أعماق متفاوتة تصل إلى مئات أو آلاف الأقدام تحت سطح الأرض .

هذه الطريقة ، طريقة الجيولوجيا السطحية تعتبر طريقة سهلة التطبيق فى المناطق الجبلية التى تكون فيها الصخور الأرضية مكشوفة وظاهرة والعمل فى هذه الظروف يعتبر هيناً وبسيطاً نسبيًا . أما فى المناطق المنبسطة حيث الطبقات تكون أفقية تقريباً أو ذات ميل ضعيف جداً أو فى المناطق المكسوة بالتجمعات السطحية كرواسب الأنهار أو فى المناطق المكسوة التى لا تتميز بملامح خاصة وتكون الدلائل السطحية منها غامضة أو نادرة ، فالعمل يكون أكثر صعوبة وتعقيداً .

فى هذه الحالة تحتاج إلى حفر الخنادق أو حفر بعض الآبار بواسطة أجهزة الحفر الدوارة خلال طبقة التربة التى تغطى الطبقات ، أو أن نستخرج بواسطة أجهزة الحفر أيضاً عينات صخرية إسطوانية من الطبقات السفلى .

ولكن حيث تكون التراكيب الجيولوجية مخبأة تحت رواسب تجمعت منذ فترة طويلة فمن المحتمل أن لا تتمكن الوسائل الجيولوجية من الكشف عنها وفى هذه الحالة يجب أن نلجأ إلى الطرق الجيوفيزيائية .

٢ ــ الطريقة المغناطيسية :

بدأ استعمال الطريقة المغناطيسية فى أوائل العشرينات من هذا القرن، وهى تعتبر أولى الطرق الجيوفيزيائية التى استخدمت فى الكشف عن البترول فى الأحواض الرسوبية الضخمة حيث المعلومات الأخرى ضئيلة جداً .

وحتى عام ١٩٤٦ كانت أجهزة المسح المغناطيسى مصممة للعمل على سطح الأرض وكانت تقيس المركبات الأفقية والرأسية للمجال المغناطيسى للأرض ، وبالتالى يمكن الاستدلال على التوزيع الجوفى للصخور ذات الخصائص المغناطيسية المختلفة . وفى الإمكان الآن القيام بالمسح المغناطيسى من طائرات تحلق على علو منخفض مما يتيح إجراء المسح ووضع خرائطه بسرعة .

وهذه الخرائط مهمة جداً فى البحث عن البترول إذ أنها توفر لنا معلومات أساسية تساعدنا على تحديد موقع التراكيب الجيولوجية التى قد تحتوى على البترول ، ومثال ذلك :

١ ــ تحدد لنا العمق الذى تتواجد عنده صخور القاعدة وبالتالى نستطيع أن نحدد سمك المواد الرسوبية الموجودة فوقها .

٢ ــ تبين لنا التغير الذى يحدث فى المجال المغناطيسى نتيجة لتوزيع الصخور المختلفة فى القشرة الأرضية فمثلا وجود المعادن ذات الخاصية المغناطيسية مثل أكاسيد الحديد فى الصخور الرسوبية يحدث لنا تغيراً مغناطيسياً يساعدنا على رسم خرائط تحت سطحية للتراكيب الجيولوجية .

٣ ــ طريقة قياس الجاذبية :

نعتمد أساساً فى هذه الطريقة على قياس وتسجيل المعلومات التى تنتج من تغيير الخواص الطبيعية للصخور . هذا التغيير يحدث على أعماق متفاوتة فى القشرة الأرضية ويرتبط أساساً بتغيير نوعية الصخور . ومن أهم المتغيرات التى تؤثر على تلك القياسات كثافة الصخر والنتيجة التى تسجلها هى التغير فى شدة الجذب . هذا التغيير إذا حدث فى منطقة ما يجب أن نشرحه أو نعلله بأنه يدل على تغير فى نوع التراكيب الجيولوجية المدفونة فى باطن الأرض ، كما أنه قد يدل على تغير فى نوع الصخر نفسه .

وقياس مقدار الجاذبية يتوقف على شدة التجاذب بين كتلتين مختلفتين ويمكن حسابها بإستخدام قانون نيوتن (Newton's Law)

$$ق = ﻫ \frac{ل_1 \, ل_2}{ف^2} \quad \text{حيث}$$

ق = شدة التجاذب

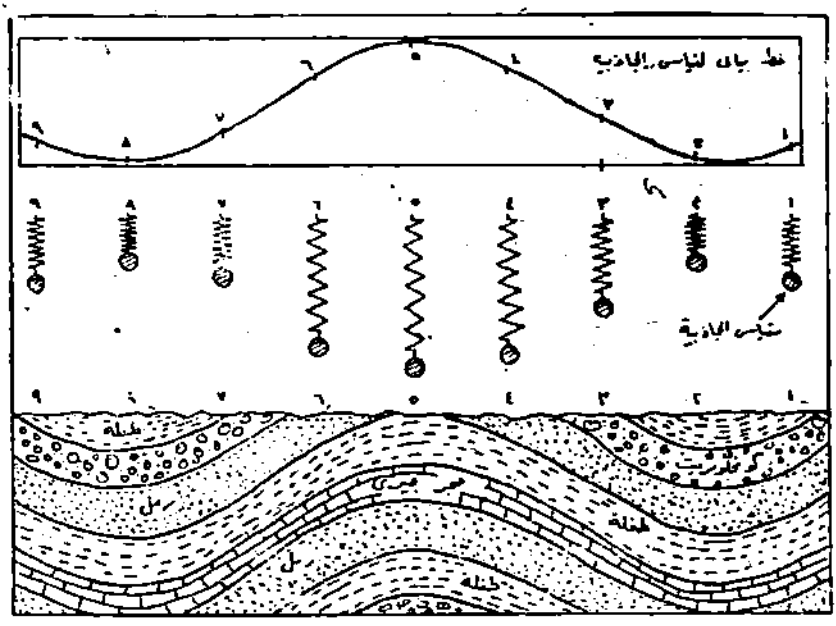
ﻫ = ثابت الجاذبية

$ل_1$ = الكتلة المعلقة فى جهاز قياس الجاذبية (grayimeter)

$ل_2$ = كتلة الصخر المدفون فى داخل التربة

ف = المسافة بين الكتلتين

فى صناعة البترول نستخدم عادة جهازاً دقيقاً حساساً جداً ، هو الجرافيميتر (gravimeter) وهو يتكون من كتلة صغيرة من المعدن معلقة فى زنبرك موجود فى غرفة صغيرة ذات درجة حرارة ثابتة ، إن قوة الجاذبية الأرضية عند أى نقطة على سطح الأرض تتأثر فى مقدارها واتجاهها بكيفية توزيع الصخور ذات الكثافات المختلفة الموجودة فى باطن المنطقة (كما فى شكل ٨٥) فالأماكن التى فيها قوة جذب كبيرة يكون فيها



(شكل ٨٥) مسح بطريقة قياس الجاذبية

الزنبرك فى حالة شد قصوى وهو يتصل بمؤشر مدرج بحيث إن القراءة التى تأخذها من هذا المؤشر تدل على قوة الجذب فى تلك المنطقة . وبالتنقل من مكان إلى آخر حسب خطة العمل وهى خطة محدودة نتمكن من تسجيل مقدار الجاذبية فى الأماكن المختلفة وبالتالى نرسم خريطة كنتورية للمنطقة يتضح لنا منها أماكن التراكيب الجيولوجية المختلفة المتواجدة تحت السطح . أما فى حالة القياس فى البحر فإن أدوات قياس الجاذبية تدلى من المركب المخصصة لذلك بكابل إلى قاع البحر حيث يحدد مستواها وتضبط مواقعها بواسطة وسائل التحكم البعيد قبل قراءة ما تنقله إلينا من معلومات .

٤ ــ الطريقة السيزمية أو الزلزالية :

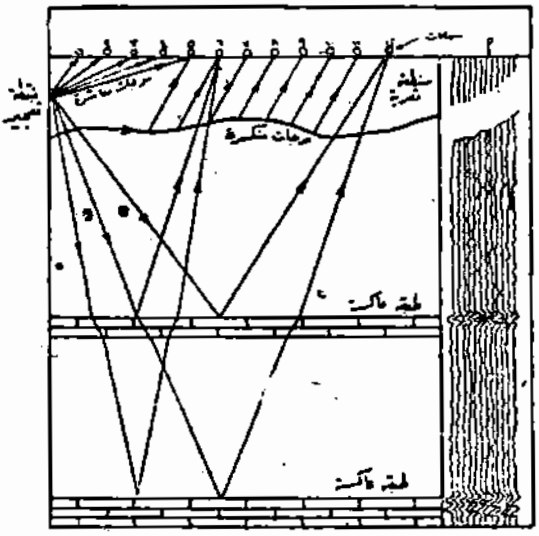
تعتبر هذه الطريقة من أدق الطرق المستعملة إذ أنها تيسر لنا مالا ييسره غيرها من الطرق فى الوقت الحاضر من دلائل مباشرة تكشف عن التراكيب الجيولوجية المدفونة تحت سطح الأرض .

. وتعتمد هذه الطريقة على تفجير شحنة أو سلسلة من الشحنات المتفجرة عند سطح الأرض أو على عمق بسيط داخل التربة . نتيجة لهذا التفجير تتولد موجات صوتية زلزالية اصطناعية تنقلها إلى آلة التسجيل آلات حساسة (سماعات (geophones) لقياس الاهتزازات الأرضية موضوعة على سطح الأرض على مسافات متفاوتة من مكان الانفجار . وهناك أسلوبان متبعان للمسح الزلزالى . الأول وهو الأكثر شيوعاً هى طريقة تسجيل الانعكاسات (Reflection method) وفيها الاهتزازات الناجمة عن الانفجار تنعكس جزئياً على الحدود بين طبقتين مختلفتين فى الكثافة (كما فى شكل ٨٦) ، فالوقت الذى يقتضيه انتقال الموجات من مكان الانفجار إلى سطح الأرض نزولا إلى الطبقة العاكسة ثم صعوداً إلى السماعات على سطح يشير إلى عمق الطبقة العاكسة شرط تكون أن سرعة الموجات فى الطبقات الصخرية المتوالية معروفة .

والطريقة الثانية للمسح الزلزالى هو تسجيل الانكسارات (Refraction methods) وتعتمد أساساً هذه الطريقة على انتقال الموجات الصوتية فى الطبقات والصخور المتماسكة كالحجر الجيرى والملح أسرع من انتقالها وانتشارها فى الصخور التى هى أقل كثافة منها . ونتيجة لذلك تغير الموجات الصوتية اتجاهها (تنكسر) عند الحدود بين طبقتين مختلفتين .

ويمكن أن تصل الموجات الصوتية إلى السماعات الموجودة على سطح الأرض إذا زدات سرعتها مع ازدياد العمق . والوقت الذى يمر إلى أن تصل هذه الموجات إلى السماعات كثيراً ما يسمح لنا بالاستدلال والتعرف على الصخور التى انتقلت خلالها الموجات ومعرفة طبائعها وأعماقها .

أما فى البحر فيستخدم مركب مسح يحمل آلة تسجيل ويجر كابلا بحرياً يتراوح طوله بين ثلاثة آلاف قدم وعشرة آلاف ، ويرتبط به عدد من السماعات المائية تبعد عن بعض مسافات محددة وتفجر الشحنة عادة عند وسط الكابل من قارب تفجير خاص أو من قارب المسح نفسه . وتتولى السماعات المائية التسجيل للموجات الناشئة . وعادة يسير مركب المسح حسب خطوط محددة تغطى المنطقة المراد مسحها ، وأثناء ذلك يتم تفجير سلسلة من هذه الشحنات ، وبذلك نتمكن من وضع خريطة للمنطقة . وهناك عدة طرق مختلفة لإحداث الموجات الصوتية بخلاف تفجير شحنة المتفجرات ، ومنها مثلا إسقاط حمل ثقيل على سطح الأرض . أو إحداث سلسلة من الموجات بوضع جهاز اهتزاز على سطح الأرض . وعلى الصعيد العملى تستخدم عادة فى تسجيل الموجات الصادرة عن صوتية واحدة عدة أجهزة ، وبذلك يمكن الحصول على نتائج أفضل بتغيرات أقل . فالسماعات الموجودة على سطح الأرض والمعلقة بالكابل فى حالة البحر متصلة بمؤشر يتحرك على شريط من الورق كما فى (شكل ٨٦) ، الذى يتحرك بواسطة ساعة .



(شكل ٨٦) مسح بالطريقة الزلزالية أو السايزمية العمودا يوضح كيفية ظهور شريط التسجيل

وبذلك يسجل لنا المؤشر الذبذبات الناتجة من وصول الموجات الصوتية . وبدراسة وتحليل هذه الذبذبات نتمكن من معرفة عمق الطبقات العاكسة للموجات الزلزالية ، ولقد استحدث في السنوات الأخيرة أسلوب جديد للحصول على المعلومات بالأرقام ، وبالتالى نتمكن من تحليلها بواسطة الحاسبات الإلكترونية فنحصل على نتائج أدق من البيانات المسجلة .

٥ – الطريقة الجيوكيميائية :

إن البحث الجيوكيميائى قلما استخدم خارج الاتحاد السوفيتى ، كما أن قيمته العملية غير مؤكدة بعد . وتعتمد إحدى طرق هذا التنقيب على الاعتقاد بأنه من المنتظر فى المناطق الواقعه فوق تجمعات الزيت والغاز ذات الضغط المرتفع أن يتسرب إلى سطح الأرض كميات صغيرة من الغاز ، فيمكن التحقق من وجودها بواسطة التحليل الكيميائى . وتقوم طرق أخرى على البحث عن وجود بعض أنواع البكتريا مما قد ينم عن وجود نزوز صغيره جداً من غازات الهيدروكربون .

نتائج عمليات البحث المختلفة :

إن عمليات البحث (المسح) الجيولوجية والجيوفيزيائية لاتدل على وجود خام البترول فى باطن التربة ، وإنما تدل فقط على وجود تراكيب جيولوجية ملائمة لتجمع البترول داخل مسامها ، أما وجود البترول نفسه فلا يثبت وجوده شيء غير الحفر ، حفر الآبار العميقة التى تصل إلى الطبقة الحاملة له وتخترقها .

غير إن إنجاح البحث الحديث يقوم على ما يسمى نسبة النجاح أى نسبة عدد الآبار التى تم اكتشاف زيت فيها إلى عدد الآبار الاستكشافية التى حفرت اعتماداً على مختلف طرق البحث الجيولوجية والجيوفزيائية .

فى الولايات المتحدة الأمريكية نجد أن : – نسبة النجاح فى البحث دون الاستعانة بالطرق العلمية . هى نسبة :

١ – نسبة النجاح فى البحث دون الاستعانة بالطرق العملية . . . . ١ : ٣٠

٢ – نسبة النجاح فى البحث بالاستعانة بالطرق الجيولوجية . . . . ١ : ١٠

٣ – نسبه النجاح فى البحث بالاستعانة بالطرق الجيوفزيائية .... ١ : ٦

٤ – نسبة النجاح فى البحث بالاستعانة بالطرق الجيوفزيائية والجيولوجية ١ : ٥

والنجاح فى هذه الحالات لايعنى أكثر من أنه يتم العثور على شىء من الزيت أو الغاز . ولكن فى بعض بلدان الشرق الأوسط ، وفى فنزويلا نجد أن النسب أفضل من ذلك بكثير.....