

**التنقيب عن البترول وطرق انتاجه**

**اعداد المهندس**

**احمد بهاء الدين محمد**

## المحتويات

<u>الصفحة</u>	<u>الموضوع</u>
٢	المقدمة
٣	الفصل الأول
٣	أهمية الكشف عن البترول
٤	طرق وأساليب الكشف عن البترول
٤	التقنيات الحالية لاستكشاف البترول عالمياً وإقليمياً
٥	المسح الجيولوجي الطبقي
٦	المسح الجيوفيزيائي
٧	المسح السيزمي
٨	طريقة الجاذبية
١٠	الطريقة المغناطيسية
١٠	الطريقة الكهربائية
١١	الدراسات الجيوكيميائية
١٢	الحفر الاستكشافي
١٣	طريقة تسجيل الآبار
١٥	الصور الجوية والفضائية
١٧	الفصل الثاني
١٧	طرق إنتاج النفط
١٨	الأسس النظرية لطرق الإنتاج المدعم (Recovery Enhanced oil)
١٩	حقن الغاز الطبيعي في الطبقة: Natural Gas Injection
٢٠	المعالجة الحرارية
٢٠	أولاً – طريقة الحرق الداخلي
٢٠	ثانياً – طريقة حقن البخار Injection Methods Steam
٢٢	ثالثاً – طرق التسخين الحديثة
٢٣	رابعاً – المعالجة الكيميائية
٢٦	خامساً. الطريقة الجرثومية
٢٨	الخلاصة
٢٩	المصادر

## المقدمة

البتزول: هو سائل أسود كثيف سريع الاشتعال مكون من خليط من المركبات العضوية والتي تتكوّن من عنصري الكربون والهيدروجين وتعرف باسم الهيدروكربونات. تتألف المواد الغازية من هيدروكربونات خفيفة يكون الميثان ( $CH_4$ ) الجزء الأكبر منها ويطلق على هذه الغازات الغاز الطبيعي (Natural gas)، أما الجزء السائل فيتكون من مواد هيدروكربونية السائلة تحتوي على نسب مختلفة من الغازات الزائبة. وتتألف الهيدروكربونات الثقيلة (Heavy hydro carbons) والمواد القيرية (Bituminous Materials) الأجزاء الصلبة وشبه الصلبة من النفط والتي يطلق عليها اسم القير أو الأسفلت (bitumen or asphalt).

النفط من الثروات الطبيعية الغير متجددة وتتسابق الدول الصناعية الكبرى على زيادة استيراده من الدول المنتجة له والتي تستهلك كميات قليلة منه لقلّة التنمية الصناعية لديها.

وأصبحت المنتجات البترولية في السنين الأخيرة تستخدم بكميات ضخمة وقد شكلت صناعة استخراج البتزول وتكريره قطاعاً صناعياً ضخماً قائماً بذاته يمتلك معدات متكاملة تتطور باستمرار ونتيجة لتطور صناعة الآلات وخاصة صناعة المحركات أصبح من الضروري إنتاج الوقود ومواد التشحيم بكميات كبيرة والمصدر الأساسي للحصول على هذه المواد هو البتزول ولا يوجد في الوقت الحاضر أى قطاع من قطاعات الاقتصاد القومى لا يستخدم البتزول أو منتجاته.

وأصبح للبتزول في السنين الأخيرة استخدام جديد هام فالبتزول لا يعتبر الآن خاماً يستخدم لإنتاج الوقود والزيوت فقط بل وقاعدة لصناعة كبيرة متعددة الأشكال هي صناعة البتروكيماويات التي تنتج كمية ضخمة من المواد الثمينة مثل الكحولات الاصطناعية والبلاستيك والأقمشة الاصطناعية والسماذ والمبيدات وغيرها.

يساهم النفط اليوم بحوالي ٣٩٪ من استهلاك الطاقة العالمي وتحتوي منطقة الشرق الأوسط على أغنى مخزون للنفط في العالم. وكذلك اقليم كردستان العراق تحتوي على نسبة كبيرة من الأحطياطي البتزول والغاز الطبيعي و تخمن ب(٤٥) بليون برميل بتزول و(٢٠٠) بليون متر مكعب من الغاز الطبيعي وهذه الكمية يقارب الأحطياطي من البتزول والغاز الطبيعي في ليبيا .

تهتم الدول باكتشاف آبار جديدة للبتزول و تطوير طرق حفر الآبار حيث أنه عادة يتم استخراج نحو ٤٠٪ من النفط والجزء الأكبر يظل داخل باطن الأرض ويصعب استخراجها ومن أهم أسباب انتشار النفط هو سهولة نقله وتحويله إلى مشتقات ، و انخفاض سعره وتوفره في كثير من البلدان التي لا تستهلك إلا القليل منه .

## الفصل الأول

### أهمية الكشف عن البترول:

- ١ - يعتبر المصدر الرئيسي في استخدامات معينة مثل الموصلات والنقل وكمادة أولية لإنتاج الزيوت المعدنية والشموع وغيرها .
- ٢- أهميته في الصناعات البتر وكيماوية .
- ٣- يدخل كمادة خام في صناعة البلاستيك واللدائن والألياف الصناعية والأصباغ .
- ٤- يعتبر النفط من أنظف مصادر الطاقة مقارنة مع الفحم الحجري والوقود النووي .
- ٥- سهولة نقله وتخزينه .
- ٦- أهمية النفط لمعظم الصناعات الحديثة .

و لأهمية البترول -النفط- فإن جميع الدول تتسابق للكشف عنه ,فهي لتتعرف على أهم طرق استكشاف البترول استكشاف البترول هو تحديد أماكن وجود النفط أو الغاز , أي تحديد الطبقات الصخرية الحاملة للنفط أو الغاز من حيث العمق الرأسي لكل طبقة , و الامتداد الأفقي للجزء الذي يحتوي على النفط أو الغاز .

و قد كانت طرق البحث عن البترول قديما تعتمد على الشواهد السطحية مثل تسرب النفط أو الغاز إلى سطح الأرض خلال الشقوق الصخرية , أو وجود آثار بعض المواد الهيدروكربونية بالتربة السطحية للأرض , غير أن هذه الطرق قد تطورت إلى حد بعيد خلال القرن العشرين , فأصبح البحث عن البترول يعتمد على قياسات دقيقة تستخدم فيها أجهزة مطورة , و ذلك لحفض نفقات عمليات التنقيب ..

## طرق وأساليب الكشف عن البترول

تعود معرفة الإنسان بالبترول إلى بدايات تدوين التاريخ ، ومع ذلك لا تزال طرق البحث عن البترول معقدة، وتتطلب إنفاقاً طائلاً، وقد بلغت هذه الطرق من التطور التكنولوجي مدى بعيداً، في إجراء المسح، السيزمي أو المغناطيسي أو الكهربائي - برأً وجواً وبحراً - وتقدمت باستخدام الحاسبات الآلية التخصصية .

وتؤدي تحركات الطبقات الأرضية، وما تحدثه من صدوع وأحادييد وطيّات وتفاعلات إلى اختلافات كثيرة في خصائص الصخور حتى في المناطق المتجاورة، ولا يعني وجود التراكيب الجيولوجية بالضرورة وجود البترول فيها. كما أن جميع طرق الكشف المتاحة حتى الآن لا تستطيع أن تجزم بوجود تجمعات بترولية في مسام الصخور الرسوبية الأولية أو الثانوية في منطقة معينة. وتوجد هذه التجمعات مع مواد أخرى أهمها المياه الجوفية وأنواع شتى من الشوائب، وعلى هذا لا يشغل البترول مائة في المائة من حجم المسامية المتاحة في المصائد البترولية سواء كانت تركيبيّة أم ترسيبيّة .

ومن جهة أخرى فإن كمية البترول الموجودة في طبقة صخرية ما قد لا تمثل غالباً إلا جزءاً صغيراً من الحجم الكلي للطبقة الحاملة للبترول، كما أن طبيعة التشعب البترولي في مسام الطبقات الرسوبية يسمح بقابلية عالية لاستخراج كمية معينة من البترول، بينما توجد كمية أخرى ملتصقة بأسطح الحبيبات المكونة للصخور التصاقاً قد يكون كيميائياً ولا يمكن استخراجها إلا بإجراء عمليات عالية التكلفة لتغيير خصائص هذا الالتصاق. ومن هنا لا بد من حفر آبار الاستكشاف لتقويم حقل البترول من حيث إمكان استخراج الزيت، وحجم الخزان البترولي، وإمكان تنمية الكشف، وتجميع البيانات الإضافية للمكمن الجوفي

### التقنيات الحالية لاستكشاف البترول عالمياً وإقليمياً

لا توجد مناطق محددة أو صخور معينة، أو أعماق متقاربة، أو عصور جيولوجية محددة يوجد فيها البترول وإن كنا نعرف أن البترول قد تكون واحتزن واحتجز في طبقات يتراوح أعمارها التكوينية بين حقبة الحياة العتيقة Paleozoic والعصور السفلى لحقبة الحياة المتوسطة، وأن الاستكشاف والإنتاج البترولي قد امتد إلى الحقبة الحديثة Cenozoic. ومن ثم يتطلب العثور على البترول دراسة طبقات الصخور تحت سطح الأرض، وتراكيبها الجيولوجية، بحثاً عن الأحواض الرسوبية والمكامن البترولية المحتملة فيها، سواء على اليابسة، أم تحت سطح البحر، بل وتحت الجليد في شمال الكرة الأرضية وجنوبها .

ويتطلب التنقيب عن البترول استثمارات مادية كبيرة، وخبرات تكنولوجية متطورة، وتمويلاً مستمراً لخطط الاستكشاف، وتكامل عناصر تعدين البترول وصناعته، ونقله وتسويقه. وهدف التنقيب الواضح هو البحث عن مكامن تجمع البترول باستخدام مختلف أنواع المسح، والكشف جويًا وأرضيًا وجوفيًا، ويعتبر الرشح البترولي مؤشراً إيجابياً لتحديد أغلب مناطق التنقيب، إلى جانب البحث عن البترول في مصائد بنائية معينة كالطيات المحدبة والقباب.

وتشمل تقنيات التنقيب المسح الجيولوجي الطبقي Stratigraphic Survey، الذي تستخدم فيه أدوات الاستشعار عن بعد، كالصور الجوية الرادارية والتصوير بالأقمار الصناعية، إلى جانب الدراسات الميدانية بهدف تحديد العناصر الجيولوجية الرئيسية في مناطق معينة، وأنواع صخورها، وامتدادها السطحي وتراكيبها المتنوعة، ورسم خرائط جيولوجية لها، وتقدير احتمالات تكون البترول في طبقات رسوبية معينة، وترتيبها وأعماقها وسمك الطبقات الخازنة المحتملة، وبعض خصائص المصائد البترولية. ثم تأتي بعد ذلك مرحلة المسح الجيوفيزيائي باستخدام الطرق السيزمية والجدبية والمغناطيسية والمقاومة الكهربائية، والاستقطاب المستحث، والجهد الذاتي والإشعاع الإلكتروني ومغناطيسي لتحديد أهم الخواص الطبيعية للصخور، مثل الكثافة والمسامية والمرونة والسعة الكهربائية والصفات المغناطيسية.

وباستكمال الدراسات الكيميائية للصخور، يمكن معرفة مدى احتوائها على المواد العضوية المولدة للبترول، وكذا تعرف مؤشرات وجود خزانات بترولية كبرى، مثل وجود صخور مسامية ترتفع بها نسبة الكربونات، وتحلل موادها بسرعة تحت تأثير عوامل التجوية الكيميائية من رطوبة وجفاف وتجوية عضوية بصفة خاصة. الجيولوجيا - إذاً - من خلال مشاهدات الصخور والآبار، والجيوفيزياء بطرقها العديدة تقدم اليوم وسائل عملية لدراسة تكوين باطن الأرض وتركيبه، ومع ذلك لا تستطيع جميع الدراسات الجيولوجية الجيوفيزيائية والجيوكيميائية أن تحدد بدقة مواقع تجمعات البترول والغاز مهما كانت شمولية تلك الدراسات، إذ لا بد من الحفر، فهو العامل الحاسم في استكشاف البترول، ويرتبط النجاح فيه بالتحديد الدقيق لمواقع الآبار، وتقدير العمق المحتمل وجود البترول به في الطبقة أو الطبقات، وكفاءة برمجة الحفر ونظم معلوماته، للتعرف على الطبقات تحت السطحية في أثناءه وتقدير السمك والعمق لكل منهما.

## المسح الجيولوجي الطبقي:

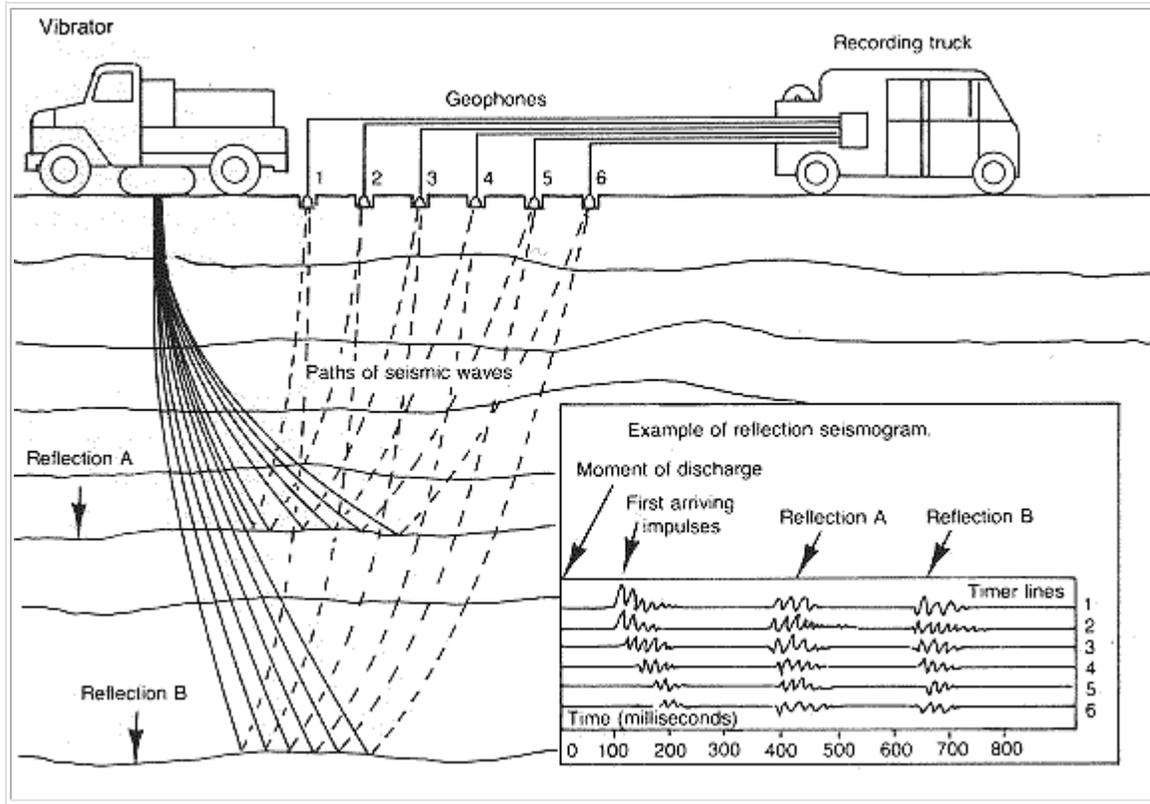
اكتشف أول بئر للبتزول في الولايات المتحدة الأمريكية في ولاية فرجينيا عام ١٨٠٦، وتم حفر أول بئر متكامل في مدينة تيتوس فيل Titusville بولاية بنسلفانيا، وتلا ذلك اكتشاف أول حقل بتزولي بدون البدء بشواهد الرشح، وبالاعتماد على الدراسات الجيولوجية الميدانية في مقاطعة كوشينج في أو كلاهوما بالولايات المتحدة الأمريكية، من خلال الحفر في طية محدبة في أوائل القرن العشرين كانت مناطق التنقيب عن البتزول هي التي تظهر فيها شواهد بتزولية مثل البقع البتيومينية، وتسربات الغازات، وبعض الصخور الأسفلتية التي تكشفها عوامل التعرية. ثم بدأ الاعتماد على أجهزة قياس المغناطيسية الأرضية لتحديد الاختلافات الصغيرة أو الطفيفة في المجالات المغناطيسية للتراكيب الصخرية، حتى يمكن الاستدلال على بنية الطبقات ومعرفة نوعيات التراكيب الجيولوجية للصخور الرسوبية، وإنشاء خطوط الكنتورات تحت السطحية، وتحديد مناطق الثنيات أو الطيات الصخرية المحدبة والمقعرة، وسمك بعض الطبقات الرسوبية فيها. وتتطور تكنولوجيات التنقيب عن البتزول يجري حاليا قياس المغناطيسية الأرضية عن طريق المسح الجوي، الذي يتيح تغطية مساحات كبيرة، والوصول إلى مناطق صعبة طبوغرافيا، والتي لا يسهل استخدام طرق النقل الأخرى فيها .

## المسح الجيوفيزيائي:

يعتبر المسح الجيوفيزيائي الأداة العملية لاستكمال المعلومات المفيدة وتدقيقها عن بنية الطبقات وتراكيب المكامن البتزولية، وللحصول عليها في المناطق صعبة التضاريس كالمناطق البحرية، والصحاري، والصحاري الجليدية القطبية، ومناطق البراكين. وقد أوجدت الحاسبات الآلية قدرات أفضل في معالجة المعلومات الجيوفيزيائية، مثلما تطورت استخدامات الفضاء في الكشف عن الثروات البتزولية والمعدنية . وتشمل الطرق الجيوفيزيائية الشائعة الاستخدام المسح السيزمي الذي يسمى أحيانا بالزلزالي، والجاذبية، والمغناطيسية، والطرق الكهربائية، ثم الطرق الأقل استخداما وهي قياس الإشعاع والحرارة عند أو بالقرب من سطح الأرض أو في الجو. وإذا كانت الطرق السيزمية والجاذبية هي، أساسا، أدوات للبحث عن البتزول، فإن الطرق الكهربائية تستخدم، عادة، للكشف عن المعادن، وغير أن الروس والفرنسيين يستخدمون الطرق الكهربائية والمغناطيسية معاً في البحث عن البتزول والمعادن .

## المسح السيزمي:

يعد المسح السيزمي أداة عملية لتحديد التكوين الجيولوجي تحت سطح الأرض، ويعتمد على تفجير شحنة صغيرة من المتفجرات قريبة من السطح، تنتج عنها صدمة آلية أو هزة أو موجة سيزمية، من نوع ريلي Rayleigh أو لف Love ، وهذه الموجة تعود إلى السطح بعد انعكاسها من الأوجه الفاصلة بين الطبقات ذات الخواص الطبيعية المختلفة، وتسجل الانعكاسات بأجهزة حساسة سريعة الاستجابة لحركة الأرض Geophones & Detectors، توضع على أبعاد محددة من نقطة التفجير لتلقي الموجات الصوتية المنعكسة وقياس زمن ارتداد الموجة السيزمية.



ومن المعروف أن سرعة الموجات الصوتية تعتمد على كثافة الصخور التي تمر بها. ويمكن حساب أعماق الطبقات وسمكها واستنتاج أنواعها بقياس أزمنة الانعكاس ومقارنتها، وتعرف الظواهر التركيبية في الطبقات السفلى، وبيئة الترسيب، ومن ثم إنتاج خرائط تركيبية لأي مستوى جيولوجي يعطي انعكاسات للموجات الصوتية، وتحديد أماكن الطيات المحدبة والفوالق والقباب الملحية والشعب وخواصها .

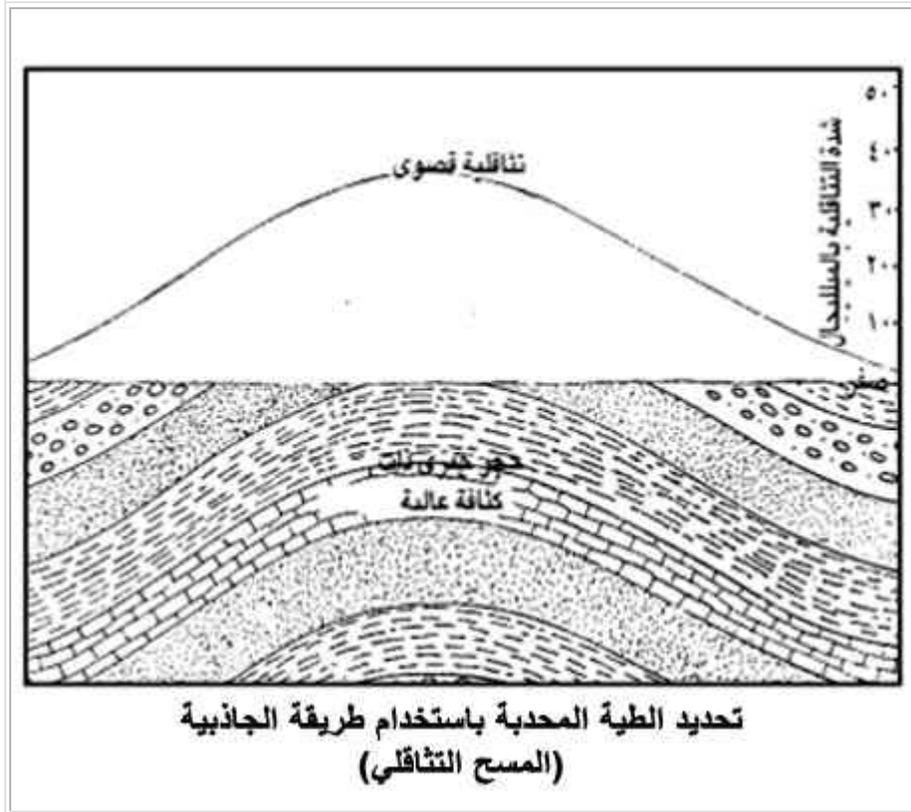
ويجري المسح السيزمي أيضاً في البحار، باستبدال المتفجرات بشرارة كهربية ذات فولت عال، قد يصل إلى عشرة آلاف فولت، تفرغ تحت الماء لإحداث نبض سمعي Acoustic Pulse على فترات قصيرة متتابعة لإجراء المسح السيزمي على أعماق بين ١٠٠ ، ٤٠٠ متر. ويمكن إجراء هذا المسح على أعماق كبيرة قد تصل إلى ٢ - ٢,٥ كم باستخدام قاذف صغير لخليط متفجر من غازي البروبان والأكسجين يشعل بشرارة كهربية. وطريقة الانعكاس السيزمي أنجح الطرق السيزمية المستخدمة في معرفة الطبقات القريبة من سطح الأرض، وتحديد الظواهر التركيبية التي يشتمل أنها مكامن بترولية، وبخاصة الطيات المحدبة والفوالق والقباب الملحية وبعض البنيات الاختراقية الأخرى .

أما طريقة الانكسار السيزمي فتتيح تسجيل الإشارات السيزمية على مسافات كبيرة من نقطة التفجير، والحصول على معلومات عن السرعات والأعماق الخاصة بالطبقات تحت السطحية التي تنتقل خلالها. واستخدمت في الماضي في تحديد جوانب قباب الملح قبيل استخدام الطريقة الانعكاسية. ومع أن طريقة الانكسار لا تعطي معلومات دقيقة عن التراكيب الصخرية، وهي أقل استخداماً في استكشاف البترول حالياً، إلا أنها مصدر جيد للمعلومات عن سرعة انتشار الموجات في طبقات الانكسار، وبالتالي التحديد التقريبي لمواقع وأعماق طبقات صخرية أو تكوينات جيولوجية معينة. ومن المعروف أن سرعة انتشار الموجات السيزمية تبلغ نحو ٥٥٠٠ قدم/ ثانية في الرواسب الفتاتية، وترتفع إلى أكثر من ٢٣٠٠٠ قدم/ ثانية في بعض الصخور النارية، وبذلك يسهل تحديد عمق الحوض الرسوبي وشكله برسم خريطة صخور القاعدة التي تتراكم عليها الصخور الرسوبية.

## طريقة الجاذبية:

تعتمد طريقة البحث بالجاذبية - في حدود الأميال الأولى القليلة من سطح الأرض - على قياس التغيرات الصغيرة في جذب الصخور للأجسام والكتل فوق سطحها، إذ تختلف قوى الجذب من مكان لآخر طبقاً لاختلاف كثافات الصخور تحت سطح الأرض، لأن الجاذبية تتناسب طردياً مع الكتلة الجاذبة، وعكسياً مع مربع المسافة إليها. وإذا كانت الطبقات الأعلى كثافة مقوسة إلى أعلى في تركيب مرتفع مثل الطية المحدبة فإن مجال الجاذبية الأرضية يكون فوق محور الطية أكبر منه على طول أجنابها، كما أن القبة الملحية، الأقل كثافة من الصخور التي اخترقتها، يمكن كشفها من القيمة الصغيرة للجاذبية المقاسة فوقها بالمقارنة بقيمة الجاذبية على أي من الجانبين. ولا بد لقياس التغير الطفيف في قيمة الجاذبية من مكان لآخر من أجهزة ذات حساسية عالية، لدرجة أنها تسجل التغيرات في الجاذبية جزء في المليون من عجلة الجاذبية الأرضية، وتسمى الجرافيمترات Gravimeters ، وهي أداة رسم خريطة تغيرات الجاذبية في منطقة البحث عن البترول التي يمكن من خلالها ترجيح وجود تراكيب جيولوجية معينة مثل

الفوالق والطيات، أو تداخل صخور القاعدة ذات الكثافة العالية في صخور رسوبية ذات كثافة أقل . وبصفة عامة يستفاد من طريقة الجاذبية في تحديد الأحواض الرسوبية، وامتدادها وسمكها، باعتبار أن كثافة صخور القاعدة أعلى من كثافة الطبقات المترسبة فوقها، وكذا في تحديد أماكن القباب الملحية، وشعاب الحجر الجيري Limestone Reefs، والطيات المحدبة (أنظر شكل تحديد الطية المحدبة).



ثم في تعيين الحدود الفاصلة بين الكتل الصخرية ذات الكثافات المختلفة. ومع ذلك يجب أن نسلم بأن الصخور الخازنة ليست متجانسة في خواصها مما يقتضي استخدام طرق أخرى للمسح الجيوفيزيائي لتكوين صورة متكاملة ودقيقة للخزان البترولي، تستكمل بالمسح السيزمي والحفر الاستكشافي. وقد استخدمت طريقة الجاذبية في تحديد أماكن القباب الملحية في ساحل خليج المكسيك بالولايات المتحدة الأمريكية، وفي الكشف عن التراكيب المحدبة في وسط القارة الأمريكية التي تعد مكانا محتملا للسوائل الهيدروكربونية.

## الطريقة المغناطيسية:

يستخدم المسح المغناطيسي لقياس التغير في شدة المجال المغناطيسي للأرض من مكان لآخر، بسبب اختلاف التراكيب الجيولوجية، والتغيرات الطبوغرافية لأسطح صخور القاعدة، والتأثيرية المغناطيسية Magnetic Susceptibility لهذه الصخور، أو الصخور النارية أو المتحولة التي تحتوي في العادة على نسب أعلى من معدن المغنتيت Magnetite ذي الخواص المغناطيسية، أو الصخور القريبة من سطح الأرض. وتستخدم المغناطومتات Magnetometers في المسح المغناطيسي على الأرض، ومن الطائرة أو السفن وبخاصة لتحديد سمك الطبقات الرسوبية الخازنة للبترو، أو المعادن المغناطيسية .

وحديثاً تستخدم الأقمار الصناعية في رسم الخرائط الكنتورية للتغيرات في شدة المجال المغناطيسي لتحديد التراكيب الجيولوجية في مناطق المسح المغناطيسي، وبخاصة أماكن الطيات والصدوع في القشرة الأرضية المرجح وجود تجمعات البترول بها، وحساب أعماق صخور القاعدة بما يساعد في تقدير سمك وامتداد الطبقات الرسوبية وامتدادها، وكذا تعرف تداخلات الصخور النارية بين هذه الطبقات الرسوبية. وقد ساعدت الطريقة المغناطيسية على اكتشاف حقول بترولية عديدة في المملكة العربية السعودية، ومنها حقول الحوطة والدلم عام ١٩٨٩م، والرغيب والنعيم والحلوة والهزمية والغينة في المنطقة الوسطى عام ١٩٩٠م، ثم حقل مدين على الساحل الشمالي للبحر الأحمر عام ١٩٩٣م.

## الطريقة الكهربائية :

تعتمد هذه الطريقة على اختلاف قياسات المقاومة النوعية الكهربائية بين شتى أنواع الصخور، وبخاصة بين الملح والرسوبيات، ويسهل باستخدامها تحديد عمق صخور القاعدة بفضّل ارتفاع قيم المقاومة النوعية لها. وإذا كانت التباينات في الخواص الكهربائية للصخور الرسوبية محدودة، فإن الصخور الجيرية الكتلية والأنهدريت تتميز بمقاوماتها النوعية العالية. كذلك تستخدم طريقة الجهد الذاتي لإجراء قياسات على السطح بالميللي فولت للجهود الكهروكيميائية الناشئة في الأرض بالتفاعل الكيميائي الكهربائي بين بعض المعادن والخاليل ذات الخصائص الكهربائية المتلامسة معها.

## الدراسات الجيوكيميائية:

تنفذ هذه الدراسات في الطريقة المباشرة للبحث عن البترول أثناء مرحلة الحفر الأولى، ولا سيما إذا وجدت شواهد بتولية على سطح الأرض، نتيجة هجرة بعض الهيدروكربونات من مكامن للبترول أو الغاز الطبيعي تحت ضغط مرتفع نسبيا وتحركها إلى السطح .

وتهدف الدراسات الجيوكيميائية إلى تحديد الطبقات القادرة على توليد البترول، والصخور الخازنة للبترول، وتحديد أنواع الهيدروكربونات الموجودة من بترول أو غاز أو مكثفات. وتبدأ الدراسة الجيوكيميائية بالدراسات السطحية التي تشمل قياس كمية الغازات الممتصة على حبيبات التربة أو حبيبات الصخور تحت السطحية القريبة من سطح الأرض، وقياس الاستشعاع الصادر من التربة Fluorescence ، ومحاولة تحديد أنواع البكتريا التي تعيش وتنمو مع مختلف أنواع الهيدروكربونات، وإجراء المسح الإشعاعي لتتبع هجرة الهيدروكربونات .

وتتعدد الدراسات تحت السطحية، وتبدأ بتحديد كمية الكربون العضوي في الصخور التي تتراوح بين ٢٪، ١٠٪ في الصخور المولدة لحقول البترول العملاقة، والتحليل الغازي لسائل الحفر وفتاته (Mud Logging) كما تشمل تحديد السحنة الحرارية، فلون الكيروجين في الطفل الصفحي يتغير من الأصفر إلى البني البرتقالي ثم الأسود مع زيادة درجة الحرارة، وهذا التغير اللوني من دلائل وجود البترول والغاز .

وتساعد الدراسات الجيوكيميائية على تقويم أحواض الترسيب، وترجيح احتمالات تواجد تجمعات البترول والغاز التي أسفرت عنها طرق المسح الجيوفيزيائي، وتقدير أعماق الصخور المولدة والخازنة والحابسة، ونوعيات المصائد البترولية، وهي تخدم مباشرة اختيار أماكن الحفر.

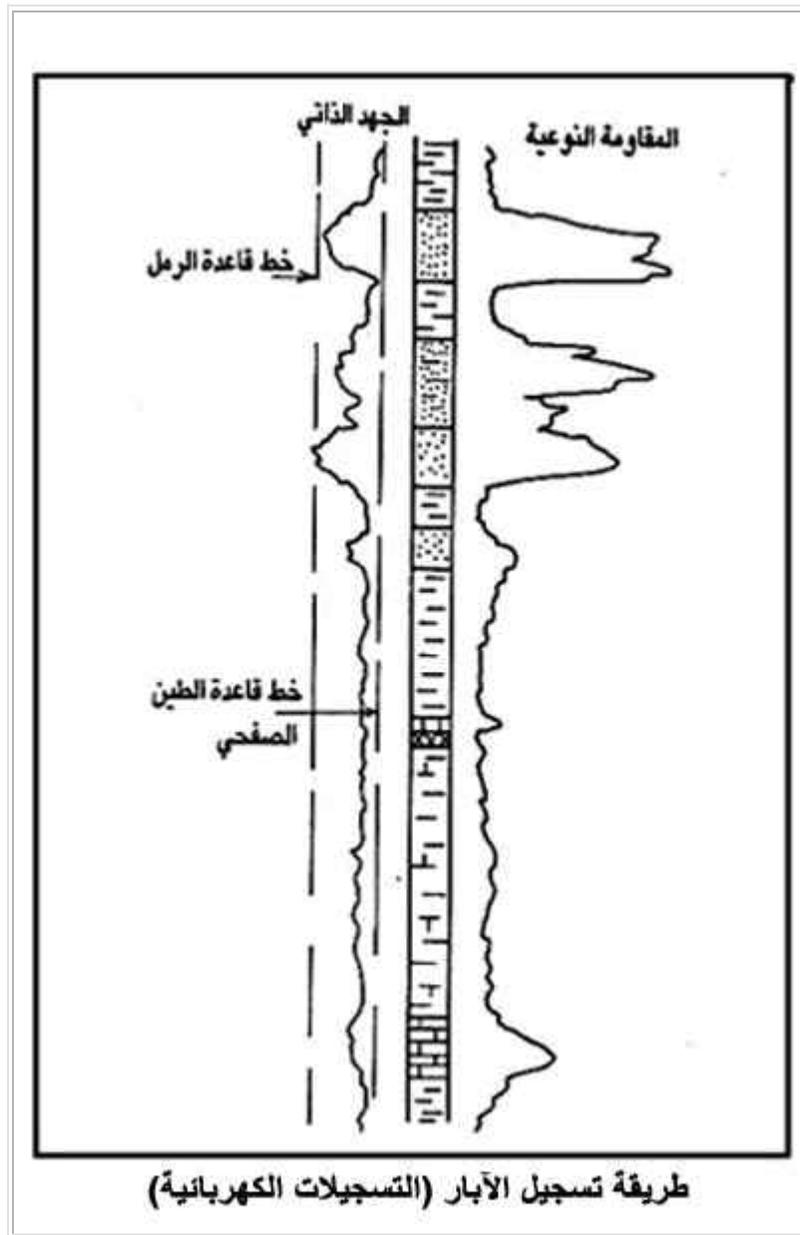
## الحفر الاستكشافي:

يلي المسح الجيوفيزيائي والدراسات الجيوكيميائية التي تقود إلى تحديد أنسب الأماكن التي يرجح أن تكون حقولا منتجة، ويبدأ بحفر أولي الآبار الاستطلاعية التي تسمى بئر القطة البرية Wild Cat Well ، طبقا لتقدير علمي دقيق لموقع الحفر والأعماق المطلوب الوصول إليها، وأنواع الأجهزة التي تستخدم في تجويف البئر، ثم تسجل النتائج في وثيقة التسجيل البئري Well Logging ، والتي تشمل تحديد أنواع وسمك الطبقات وسمكها، وتقدير أعمار الصخور طبقا للحفريات الموجودة في كل طبقة إلى جانب قياسات المقاومة الكهربائية والنشاط الإشعاعي وانتشار الموجات الصوتية، والكثافة، وتستكمل بالصفات الطبيعية مثل المسامية والنفذية، والخصائص الكيميائية. وتتم متابعة تحليل العينات الجوفية أولا بأول خلال حفر البئر الاستكشافي بهدف معرفة وتحديد تتابع الطبقات للصخور الرسوبية في الحقول البترولية المنتظرة .

وعادة تحفر البئر الاستكشافية الأولى على قمة التركيب الجيولوجي المراد استكشافه، أو على الموقع المقدر نظريا أن يحقق أكبر إنتاج ممكن. ويراعى ما أمكن ذلك أن يكون تجويف البئر رأسيا، واختبار زاوية ميله كلما تعمق الحفر لإجراء التصحيحات المطلوبة عند الضرورة. ومع أن حفر البئر الأولي يعطي الدليل على وجود البترول، وتركيب المكمن البترولي، وأعماق الطبقات الحاوية للزيت من سطح الأرض وخواصها، إلا أن تحديد الحقل البترولي، وحساب كميات البترول المنتظر إنتاجها، وتقدير الاحتياطي المرجح من البترول في الحقل يتطلب حفر آبار استكشافية أخرى حول البئر الأولي. ويجري في حالات عديدة حفر "الآبار القاعية" العميقة في الأماكن الملائمة لتجمع الزيت أو الغاز، لدراسة التركيب الجيولوجي والظروف الهيدرولوجية لتكوين الطبقات الرسوبية، وكذا "الآبار البارامترية" لتدقيق المعلومات عن التراكيب الجيولوجية للصخور في منطقة البحوث الاستكشافية.

## طريقة تسجيل الآبار :

هي طريقة واسعة الاستخدام قبل حفر آبار البترول وفي أثناء الحفر وبعده، لتحديد الخواص الفيزيائية المختلفة للطبقات تحت سطح الأرض، من خلال إنزال أجهزة قياس متنوعة في الآبار لتحديد المقاومة النوعية الكهربائية، والجهد الذاتي والتأثيرية، والسرعة الصوتية، والكثافة، والخواص المغناطيسية، وإطلاق أشعة وفوتونات جاما الطبيعية، أو توليد أشعة جاما استجابة لقذف النيوترونات.



والتسجيلات الكهربائية (أنظر شكل طريقة تسجيل الآبار) تتيح قياس المقاومة النوعية للصخور، ورسم الحدود بين الطبقات، وتحديد مناطق تدفق السوائل ودراسة المياه الجوفية وتحديد ملوحتها، وبذلك يسهل تعيين الطبقات المنفذة للسوائل والأسطح والحواف التي تحدها. والطرق الكهرومغناطيسية تكشف اختلاف الخواص التأثيرية للصخور تحت سطح الأرض .

وقد استخدمت طرق المقاومة النوعية والكهرومغناطيسية الأرضية في روسيا لإعداد خرائط الطبقات الرسوبية في مراحل الاستكشاف البترولي المبكرة، وفي فرنسا استخدمت الطرق الكهربائية في البحث عن المعادن الصلبة، وتتبع الطاقة الحرارية الأرضية

أما تسجيل النشاط الإشعاعي الطبيعي للصخور فيجري باستخدام أجهزة كشف إشعاعي متنوعة على الأرض، وفي الآبار، ومن خلال المسح الجوي الإشعاعي. كذلك يستخدم مصدر لإشعاع النيوترونات، مثل خليط من البريليوم والراديوم، ويستقبل الإشعاع المنطلق من الصخور، وقياس درجة امتصاص النيوترونات بواسطة أيونات الهيدروجين الموجودة في البترول أو الماء أو الغاز .

وتفيد دراسة النشاط الإشعاعي للصخور في تعرف التراكيب الصخرية، ومدى احتوائها على سائل، وأنواع تلك السوائل، ووجود الغازات الطبيعية، ومسامية الصخور، كما تستخدم أشعة جاما في الكشف عن الطفلة الحجرية الزيتية Oil Shale's. كذلك فإن المسح الإشعاعي من أفضل طرق تعيين وتقويم رواسب المعادن المشعة تحت سطح الأرض، سواء التي تحتوي على اليورانيوم أو الثوريوم .

وتجري تسجيلات الانتشار الصوتي لقياس سرعة سريان الموجات الصوتية في كل طبقة من الطبقات الصخرية على حدة، وتحديد الاختلاف بينها في المقاومة الصوتية Acoustic Impedance، ما يساعد في معرفة مسامية الصخور تحت السطحية.

## الصور الجوية والفضائية :

### -الصور الجوية-(Aerial Photographs)

هذه الصور تؤخذ من الطائرات او من الاقمار الصناعية وهي تعطي تمثيل مباشر لتغيرات الجيولوجية السطحية. ان علم الجيولوجية التصويرية (Photo geology) يعنى بتفسير الصور الجوية (Aerial photographs) لاستنباط المعلومات الجيولوجية. من هذه المعلومات التغيرات التضاريسية (topography changes) والمتكشفات (outcrops) و انظمة التصريف (drainage systems) والنباتات (vegetation) التي تعكس تغيرات خواص التربة التي بدورها تعكس تغيرات الصخور التي تحتها. أضافة الى ذلك فان الصور الجوية تري تغيرات تركيبية (structural changes) مثل الفوالق الكبيرة (major faults) وظواهر تكسر الصخور. (rock fracturing and joints)

### التحسس النائي (Remote Sensing) والصور الفضائية :

النوع الثاني من الصور هي تلك التي تؤخذ من الاقمار الصناعية. (satellites images) تستخدم التقنيات المستخدمة في اجهزة الرادار لهذا الغرض. يتم ارسال اشعة كهرومغناطيسية عالية التردد (ultra violet, visible, infrared, or radar signal) تسجل الاشعة المنعكسة من سطح الارض وتخضع لمعالجات خاصة (image data processing) وتقدم للمفسر بشكل صور مرمزة بالالوان (color-coded images) التي تستخدم في استنباط المدلولات الجيولوجية منها. هذا النوع من التقنيات التي تعتمد على الامواج الراديوية الصادرة من اجهزة محمولة في طائرات عالية التحليق (high-flying aircrafts) او من الاقمار الصناعية (satellites) تسمى بالتحسس النائي (Remote Sensing).

باستخدام المعلومات الجيولوجية المتوفرة والمستنتجة من الصور الفضائية Satellite Images والصور الجوية Aerial Photographs ، يتم الحصول على معلومات الجيولوجية التركيبية (Tectonic & Structural Features) والتغيرات الطباقية (Stratigraphic Changes) وتعيين اماكن النضوحات (oil seepages) النفطية إن وجدت.

ويعتبر التصوير الطيفي بالأقمار الصناعية ومنها سلسلة لاند سات - التي أطلق أولها عام ١٩٧٢ - من أحدث طرق المسح الجيولوجي) استخدمت صور أقمار لاند سات لحوض أناداركو Anadarko Basin الممتد بين ولايتي

أو كلاهما وتكساس لتحديد ٥٩ حقلاً بترولياً منتجاً، كما استخدمت صور لاند سات في خمسة حقول في العالم العربي هي حقل الغوار السعودي، وحقل البرقان الكويتي، وحقل بوزرغان العراقي، وحقل المسلة الليبي، وحقل البرمة التونسي(.). لدراسة ثروات الأرض المعدنية والبترولية، ويمكن بواسطتها تحديد مناطق تسرب البترول إلى السطح، وأماكن الصدوع والطيات واستراتيجيات الإقليم. ويمكن تدقيق المعلومات المرجحة عن التراكيب الجيولوجية بواسطة أنظمة التصوير الراداري المحمولة بواسطة الأقمار الصناعية، والتي تعمل ليلاً ونهاراً، ولا تتأثر بالسحب، وتتيح تحديد الأحواض الرسوبية، والاختيار السليم لمواقع المسح الجيوفيزيقي التالي للمسح الجيولوجي . وتتكامل أعمال التصوير والاستشعار عن بعد مع الدراسات الجيولوجية الميدانية على الأرض، ومع الاستعانة بالصور الجوية وتطوير الخرائط الجيولوجية من حيث التراكيب ونوعيات الصخور وأعمارها المختلفة، والتضاريس واتجاهات ميول الطبقات، والطيات والفوالق. وترسم خرائط وقطاعات عرضية لامتداد الصخور الظاهرة على سطح الأرض وتحتها، كما تجمع العينات من مختلف الصخور لتحليلها، وبذلك تتهيأ قاعدة من المعلومات لاستكمال أعمال استكشاف البترول. وفي العمل الميداني يرصد الرشح البترولي الذي قد يتخذ شكل طبقة بترولية رقيقة فوق سطح عين أو بحيرة أو نهر، أو صورة تسربات بسيطة من الصخور المسامية السطحية المتشققة، كما قد يبدو في صورة بحيرة صغيرة من القار. وقد تخرج المواد الأسفلتية على شكل تجمعات لدنة وأغشية رقيقة فوق صخور سطح الأرض، مثل ما يوجد في إقليم بوريسلان غرب أوكرانيا .Ukraine

ويشمل المسح الجيولوجي الطبقي الأولى استخدام مقياس الجاذبية الأرضية Gravimeter لتعرف مواقع الصخور وكثافتها، واستنتاج بعض المعلومات عن التراكيب الجيولوجية للمكان والمصادر البترولية.

## الفصل الثاني

### طرق إنتاج النفط

يتم إنتاج النفط من المكمن Reservoir في البداية عن طريق الاستفادة من الطاقة الكامنة والتي يكون مصدرها على عدة أشكال:

- ١- نظام الدفع المائي.
- ٢- نظام الدفع الغازي.
- ٣- نظام الدفع المرن.
- ٤- الإنتاج بفعل الثقالة الأرضية.
- ٥- نظام الدفع بفعل الغاز المنحل وهذا ما يعرف بالاستثمار الطبيعي أو الأولي للمكمن.

وقد يجتمع أكثر من نظام في آن واحد، ومهما كان نظام الدفع فإن هذه الطاقة تدفع موائع الطبقة إلى قاع البئر ومن ثم إلى السطح وهذا ما يحصل في فترة الإنتاج الذاتي. ولكن مع استمرار الإنتاج من المكمن يتناقص الضغط الطبقي بشكل تدريجي وتنخفض الطاقة الكامنة لقيم أقل من الطاقة اللازمة لإيصال النفط إلى السطح، ويصل النفط إلى مستوى معين داخل البئر، عندئذٍ نلجأ إلى استخدام الإنتاج الميكانيكي Production Mechanical وهكذا يمكن أن نبدأ بطريقة الرفع الغازي مباشرة إذ أن الضغط الطبقي لا يزال مرتفع نسبياً، وعندما تصبح هذه الطريقة غير اقتصادية (استهلاك نوعي كبير للغاز) نلجأ إلى الإنتاج بالضخ وذلك بتزكيب مضخة مناسبة للبئر والسائل المنتج ويبقى الوضع هكذا حتى تضعف الطاقة الكامنة وتصبح غير قادرة على دفع النفط إلى قاع البئر (لا تتجاوز كمية النفط المنتج حتى هذه اللحظة % ٣٠-٢٠ من احتياطي الطبقة) عندها نلجأ إلى طرق الإنتاج المدعم أي طريقة المحافظة على الضغط الطبقي وزيادة المردود النفطي Oil Recovery والتي من شأنها تحسين المؤشرات التكنولوجية والاقتصادية لاستثمار المكمن.

# الأسس النظرية لطرق الإنتاج المدعم (Recovery Enhanced oil)

water Injection :

Central Injection

Ring

( )

:

Porous Media

Capillary Pressure

% -

% -

:

-

-

-

-

( )

## حقن الغاز الطبيعي في الطبقة: Natural Gas Injection

homogenous

Cap Gas

Gas Injection

Compressors

( )

( )

//

( )

.. :

O CO H S  
(/day m - )

## المعالجة الحرارية

Heavy Oil

Thermal Methods

:

### أولاً - طريقة الحرق الداخلي

°Combustion Confront

-

. Dry Combustion

Wet Combustion

% . - .

### ثانياً - طريقة حقن البخار Injection Methods Steam

:

Crude Oil

( )

.High Clay Ratio

:Cyclic Steam injection

( )

( bpd )

Condensation

( )

.

.

.

:( )

( )

( )

.

-

:

-

Relative Permeability

-

)

( - )

(

C

o

(% - )

Oil Saturation

High Yield

.%

(O.S.R)(Oil Steam Ratio)

(A.O.R )(Air Oil Ratio)

### ثالثاً - طرق التسخين الحديثة

- :

- N CO

- :

( N )

CO

o

C

- :

- :

: - /Cp /  
 /m - /  
 Casing Tubing Casing Tubing

### رابعاً - المعالجة الكيميائية

:flooding polymer

Thicken agent

:(poly Acryl Amides)

:Caustic Flooding ( )

Saccharine - poly ( )

: :Fact ant Sur

-

.

.

:

-

-

:

-

(

)

- :

-

:

-

-

-

:

.

.

.

.

.

.( - - - - )  
-++ca - - - - )

.(... +Br ,

++mg

, - - - ... , )

.(...

(... - - - )

.....

.  
. .  
. .  
. .  
. .

TBBBG

:

( )

-a  
-b  
-C

"

:

...

-

-

)

.(

.  
. .  
. .  
. .  
. .

( )  
"  
.( , N CO , )

### خامساً- الطريقة الجرثومية

:

-  
-

Biopolymer

Xanthus gum

%

%

( Kuznestov et al , )

( /day m' - )

(

:  
 (Batacocus dextranicus) -  
 . % %  
 % -  
 ) . %  
 m Arkansas ( Yalirough and coty  
 m Nacatoch  
 mD - % C°  
 % -

Clostridium , acetobutylicum  
 C °

, PPM ( . - ) H CO

( % + ) / ( - ) ,

m

/

\_\_\_\_\_

.

:

.....

- %

.

-

'

.

المصادر :

- ١- النفط المنشأ والتركيب والتكنولوجيا تأليف د. لطيف حميد علي د. عماد عبدالقادر الدبوني
- ٢- البترول رانيا محمد
- ٣- تقنيات الرفع الإصطناعي للنفط عبد الوهاب الشيخ قادر
- ٤- [www.marefa.org](http://www.marefa.org)
- ٥- [www.awras.jeeran.com](http://www.awras.jeeran.com)
- ٦- [www.rasgharib.net](http://www.rasgharib.net)
- ٧- [www.qalqilia.edu.ps](http://www.qalqilia.edu.ps)

