

## هدف تقييم التكوينات

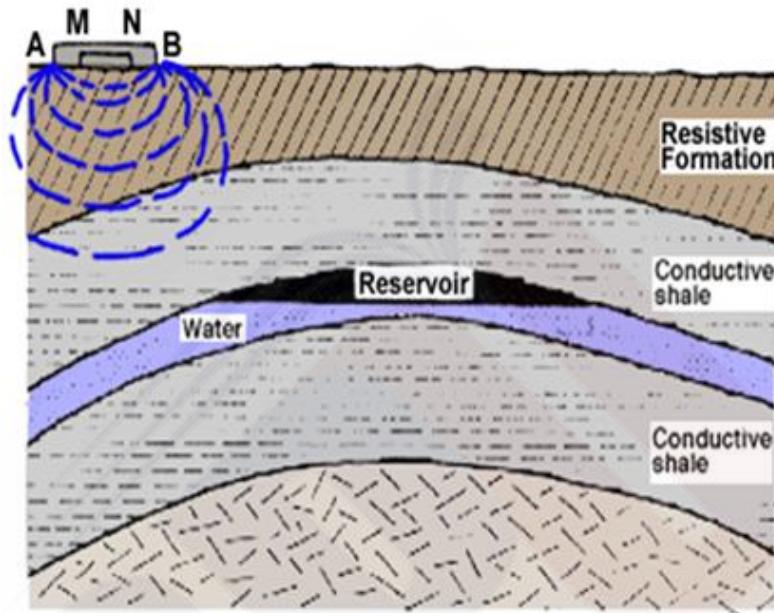
يهدف تقييم التكوينات إلى دراسة خصائص التشكيلات الصخرية للحكم عليها على أنها تشكيلات خازنة للهيدروكربون أم ليست خازنة .



إضافة لذلك توفر معلومات عن طبيعة الخزن ( طبقات خازنة للنفط ، طبقات خازنة للغاز ) .  
بشكل عام يمكن القول :

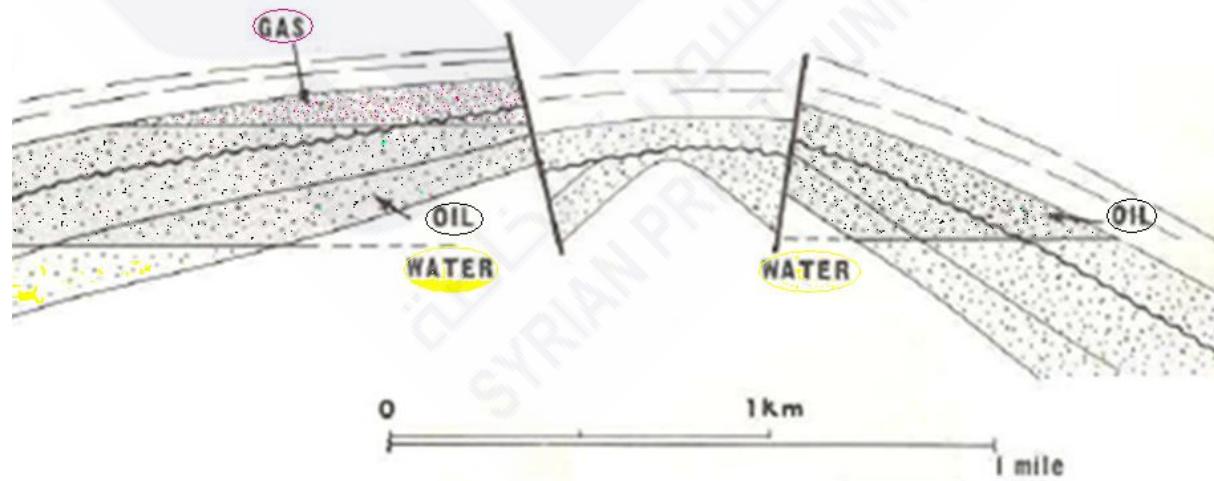
أن كل تركيب يحتوي على فراغات و تتصل الفراغات ببعضها البعض يمكن أن يشكل صخراً خازناً للهيدروكربون .  
تختلف الصخور الخازنة للهيدروكربون والتي تشكل المصادر النفطية باختلاف طبيعتها الليتوлогية و خواصها البتروفيزيائية ..

## نماذج من المصائد النفطية



### Structural

مكامن بنوية



تبدأ دراسة التكوينات بالتحري عن :

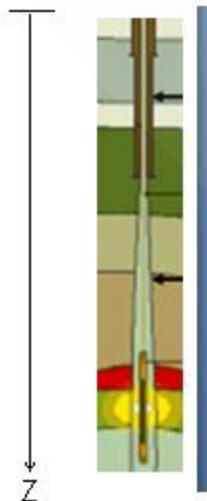
- طبيعة الصخر ( صخر مولد للنفط ، صخر مغطي ، صخر خازن )

- الخصائص الصخر الخزنية

يتم تنفيذ قياسات مقابل العمق  
على طول عمق البئر لمعرفة  
\* خصائص الصخر  
\* خصائص المائع

- ***Formation parameters***
- ***Rock type***

## ***Rock Properties***



- In situ meas. (vs. depth) of
  - Rock properties
  - Fluid properties

- Geological properties
- Petrophysical properties
- Production properties

-طبيعة الصخر ( تحديد الطبيعة لصخر مولد للنفط ، صخر مغطي ، صخر حازن )

أمثلة على كل منها : - صخر مولد للنفط ( مثل الشيل ، أو الفحم )  
- صخر مغطي ( صخور غضارية (الشيل ) ،  
صخور ملحية  
-صخر حازن ( حجر رملي )

هذه الصخور تشكل البنية الجيولوجية

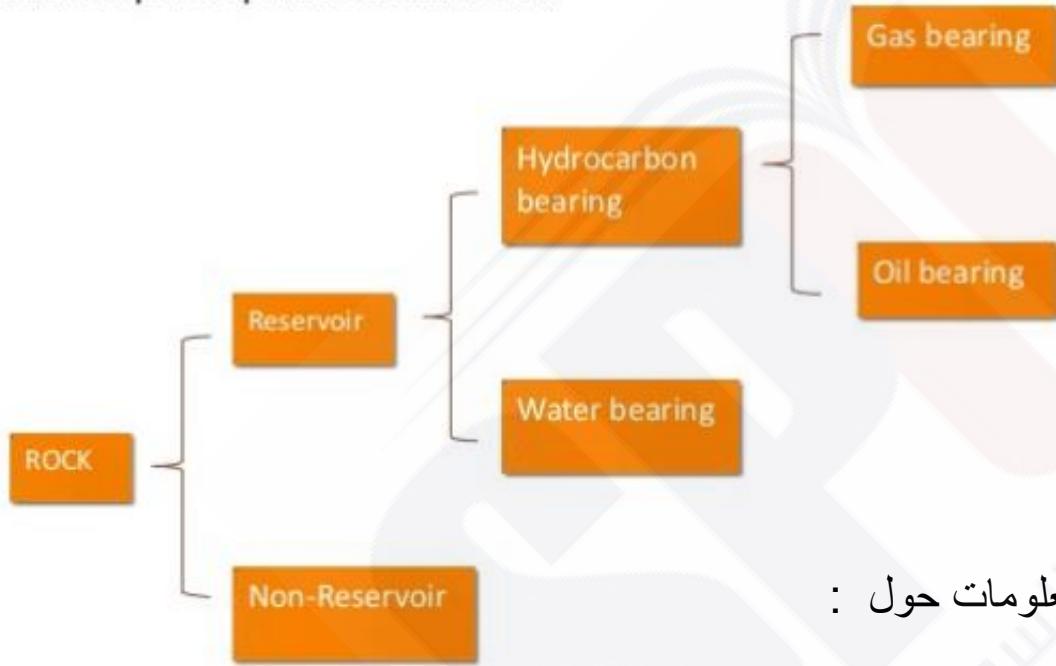


## ***Rock Properties***

- ***Porosity***
  - *Fluid volume/Total rock volume*
- ***Saturations***
  - *$S_w$  = Volume water/Fluid volume*
  - *$S_{hc}$  = Hydrocarbon/Fluid*
- ***Permeability***
  - *Ability of fluids to flow*

## مراحل أساسية في تقييم التكوينات

### Basic steps for quick look evaluation



تقييم التكوينات يمكن أن يوفر معلومات حول :

- وجود أو عدم وجود كميات من النفط أو الغاز في التكوينات التي اخترقت بالحفر

- خصائص المكمن وإنتاجيته

- توفير مقارنة للأبار وإجراء المضاهاة

متى يعد الصخر مغطياً؟؟

لكي يستطيع مستو خازن ما أن يحتفظ بالفحوم الهيدروجينية ضمنه في مصيدة بترولية يجب أن يكون :

محمياً في مستو آخر غير نفوذ، يوقف هجرة الفحوم الهيدروجينية ويحميها من التبعثر والضياع، أو التخريب على سطح الأرض بالعوامل الجوية .

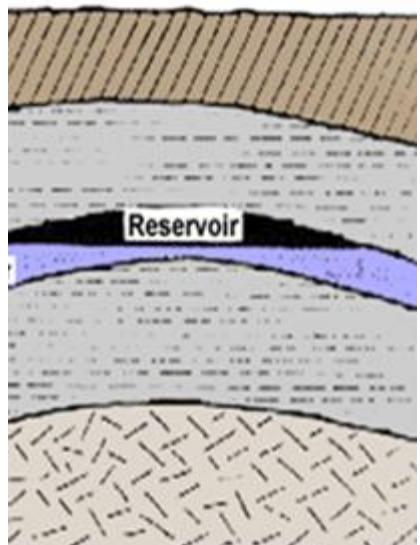
وهذا النوع من المستويات غير النفوذة التي تؤمن حماية الفحوم الهيدروجينية (نفت ، غاز) نسميه المستويات المغطية وصخوره وبالتالي هي الصخور المغطية.

#### فالصخور المغطية :

هي تشكيلات ليتولوجية تتمتع بصورة رئيسة بخاصة الكثافة أو عدم النفوذية

#### نماذج من الصخور المغطية

إن الدور الرئيس للصخور المغطية هو تأمين العزل الكافي لحفظ الفحوم الهيدروجينية ضمن المستويات الخازنة، وهذا يتأنى بصفة عدم النفوذية لهذه الصخور



لا يشترط بصفة عدم النفوذية أن يكون الصخر غير نفوذ بصورة مطلقة إلا أنه يكفي أن تكون النفوذية ضعيفة جداً ومحققة بواسطة مسامات من أبعاد دقيقة جداً (شعرية) ليتمكن للصخر أن يلعب دور الغطاء.

إذاً : الصخر المغطى يمكن له أن يكون مسامياً، بشرط أن تكون فراغاته من أبعاد شعرية  
وال مهم أيضاً أن يكون **مجرداً من الشقوق**

هذا يعني يجب أن يتمتع الصخر المغطى بخصائص تجعله مقاوماً للتشقق،  
المطاوعة أو المرونة بشكل أساسي .

هذه الخاصة بالإضافة إلى عدم النفوذية توجد في بعض التكوينات الصخرية ذكر منها :

### الغضاريات

تشكل الغضاريات الجزء الأعظم من غطاءات المكامن المستمرة في العالم، وبخاصة في المجموعات  
الحطامية.

وعدم نفوذية الغضاريات تنتج من :

بنيتها الناعمة جداً من جهة ومن شكل وترتيب العناصر وطبيعتها المينرلوجية من جهة أخرى.

- فأبعاد جزيئات الفلزات الغضاروية هي عموماً أقل من 0.002 مم (2ميكرون)

- كذلك فإن الشكل الوريقى أو الصفائحي لهذه الفلزات يسمح بتحقيق التنضد الأشد كثافة وارتفاعاً  
- والعناصر المتوضعة فوق بعضها بعضأً تسمح أيضاً للصخر بأن يكون مرنأً أو لدائً .

### مثال :

زمرة المونتموريتونيت، تتأثر وريقاتها بوجود الماء وتتنفس محققة عزلًا أفضل من فلزات غضاروية أخرى مثل  
الكاولينيت، التي تكون عموماً أكثر حبيبية، وأقل امتصاصاً للماء.

في حال دخول عناصر أخرى في البنية مثل الكوارتز والكالسيت ضمن الغضاريات، هذا يؤدي إلى تناقص  
خصائص عدم النفوذية وبالتالي تقل خاصة الغطائية بها

فالمارن الذي يحتوي بالإضافة إلى الغضاريات على نسبة تتراوح بين 35 - 65 % من فلز الكالسيت، هو  
عموماً أقل كثافة من الغضاريات النقيّة، وأكثر قابلية للتشقق.

على الرغم من أنه في معظم المكامن التي يتحقق بها العزل بالغضاريات، يكون هناك مستو غضاري نقى إلى حد ما

فوق المستوى الخازن، وأحياناً تحته أيضاً ،

كما نجد أيضاً في بعض المكامن يتوفّر العزل بتواجد نسبة هامة من الفلزات الغضارية ضمن الصخر الخازن نفسه تظهر بشكل جانبي وتعزل بالتالي الفحوم الهيدروجينية وتوقف هجرتها.

إن الغضاريات يمكن أن تلعب دوراً مزدوجاً كصخور أم وصخور مغطية في الوقت نفسه في بعض المكامن، وخاصة في الحالات التي تكون فيها الصخور الخازنة على شكل عدسات رملية ضمن الغضاريات.

### نماذج أخرى للصخور المغطية :

#### **الانهريت والصخور الملحية**

تشكل هذه الصخور صخوراً مغطية نموذجية، وهي تصادف عموماً في التتابعات الرسوبية مع الصخور الكربوناتية، حيث تؤمن التغطية لهذه الأخيرة التي تلعب غالباً دور الصخور الخازنة.

تمتاز صخور **الانهريت والصخور الملحية** بالبنية البلورية الكثيفة، وبالمرونة العالية مما يجعلها تحقق العزل النموذجي والكتامة الكلية بالنسبة للفحوم الهيدروجينية والسوائل الأخرى كالماء في معظم المكامن.

متى يعد الصخر خازناً؟

## يعد الصخر خازن

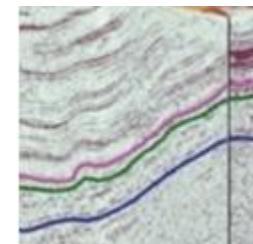
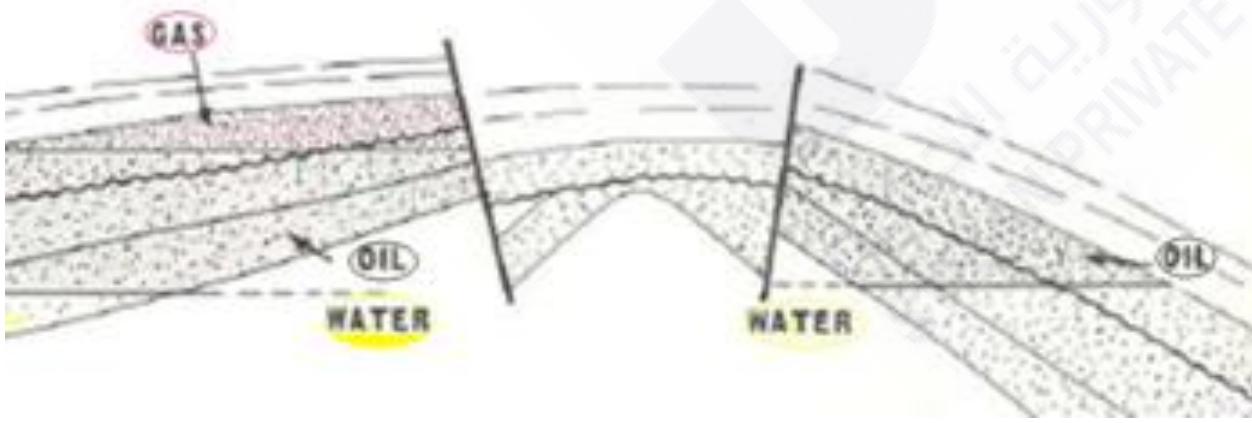
- صخر مسامي نفوذ

- يحوي تراكمات من الهيدروكربون تحت ظروف وشروط جيولوجية معينة تمنع هذه الموائع من الهروب بتأثير القوى الجاذبية والشعرية.

لكي يكون الصخر الخازن منتج لكميات اقتصادية

- يجب أن يتمتع بسماكه هامة

- فراغ مسامي كافي ليحمل حجوم كبيرة من الهيدروكربون القابلة للحركة ضمن الصخر.



على الرغم أن هناك الكثير من الصخور تحقق هذه الصفات ( صفات الخزن )، إلا أننا نجد أن معظم الصخور الخازنة في مكامن العالم يمكن أن تصنف في زمرتين من الصخور :

- زمرة الصخور الكربوناتية      - زمرة الصخور الحطامية

تشير الإحصائيات العالمية إلى أن :

- 59 % من الاحتياطي العالمي للنفط يمثل مكامن من الصخور الحطامية الخازنة
- 40 % من الاحتياطي العالمي للنفط يمثل مكامن من الصخور الكربوناتية الخازنة
- 1% من الاحتياطي العالمي للنفط يمثل مكامن من الصخور الملحية أو الاندفاعية الخازنة

اذا :

يعد الحجر الرملي والصخور الكربوناتية ( الحجر الكلسي ، الدولوميت ..) من الصخور الخازنة والأكثر شيوعاً في العالم ..

في الصخور الخازنة يمكن أن تكون الخصائص الخزنية أولية  
وتعني بذلك الخصائص التي يكتسبها الصخر أثناء الترسيب  
مثال : المسامية بين الحبيبة تعد من الخصائص الخزنية الأولية  
ويمكن أن تكون أيضاً خصائص ثانوية :

وتعني الخصائص التي يكتسبها الصخر بعد الترسيب وهي ناتجة عن التغيرات الكيميائية والفيزيائية التي تحدث ضمن الصخر

مثال : عمليات الدلتة ، عمليات الانحلال ، عمليات التشقق كلها خصائص خزنية ثانوية

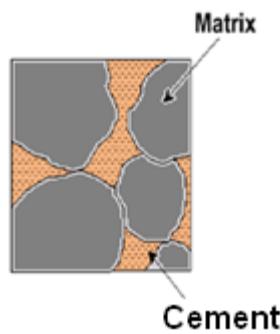
## ما هي طبيعة الصخور الحطامية :

هي صخور رسوبية ( رمال ، أحجار رملية ) تكون هشة و مفتتة .. قد تلتزم عناصرها بملاط يؤدي لتماسكها .

العنصر الاساسي الموجود في الصخور الحطامية هو عنصر الكوارتز (  $\text{SiO}_2$  ) وهو يمثل أكثر من  $\frac{2}{3}$  من الصخر ( ثلثي الصخر ) ، وقد يتراافق مع عناصر فلزية أخرى مثل فلزات الغضاريات ، الفلزات الثقيلة ، كالسيت ، دولوميت .... وغيرها .

ما يهمنا كبرولين

هو وجود الشقوق والفراغات والمسامات ضمن الصخر والتي تكسب هذه الصخور خاصتي المسامية والنفوذية ( وهم أهم الصفات الخزنية ).  
بشكل عام **الصخور الخازنة الحطامية تكون على شكل :**



- إما صخور خازنة حطامية غير متماسكة كالرمال ..
- وإما صخور خازنة حطامية متماسكة كال أحجار الرملية ..

الجزء الأكبر من التكوينات الخازنة الحطامية مؤلفة من أحجار رملية متماسكة تكون فيها حبيبات الكوارتز ملتحمة بملاط ما .. ما هو طبيعة الملاط في الصخور الحطامية ؟  
الملاط في الصخور الحطامية يكون عادة :

- إما ملاط سيليسي
- أو ملاط كاربوناتي
- أو ملاط غضاري

## عادة تتشكل الصخور الحطامية

من عمليات الحت والتعرية للصخور الموجودة ، ثم النقل لمسافات بعيدة ، وفي بعض الأحيان تتوضع في مكانها ثم تترسب على شكل طبقات ، تتعرض للتصلب والضغط والتماسك بملاط معين ....

### من خواصها الخزنية :

المسامية : تأخذ قيمًا مرتفعة في الرمال شديدة النعومة ( SILT ) ، وفي الغضاريات الغير متماسكة تزداد المسامية بازدياد درجة نعومة الحبات

من الناحية الخزنية : لأبعاد الحبات تأثير كبير على خصائص الصخر ، أي أن السطح النوعي للفراغات يزداد عندما تزداد نعومة الحبات ، وهذا يؤدي إلى زيادة قوى الالتصاق للسوائل ( الماء ) ، وبالتالي يلاحظ زيادة في كمية المياه البينية بالمقارنة مع حجم النفط .  
كما أن كمية النفط المحتجزة في الصخر وغير قابلية للاستثمار تزداد بوضوح مع ازدياد نعومة حبات الصخر أيضًا

تبلغ المسامية قيمًا عظمية في الرمال متجانسة الحبيبات ، بينما وجود مواد ناعمة ضمنها يؤدي إلى تناقص واضح بالمسامية ..

### أما النفوذية :

فهي على علاقة مباشرة بأبعاد الحبات ، وبالتالي أبعاد القنوات التي تتحرك فيها الموائع ..  
( بشكل عام تزداد النفوذية في الصخور الحطامية مع ازدياد قطر الحبات )

تعد الصخور الرملية هي الأكثر أهمية في الاستكشاف النفطي لأنها:

- تحتوي على كميات هائلة من النفط والغاز
- سهولة اكتشافها بالمقارنة مع الصخور الأخرى الكربوناتية

## أما الصخور الخازنة الكربوناتية فهي ذات طبيعة

- كلسية - أو دلوميتية - أو كلسية دلوميتية

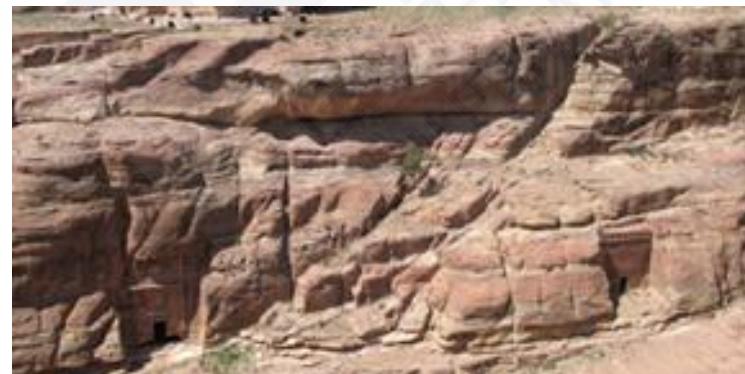
دور الملاط في تشكيل صفات خزنية لاحقة في الصخور الكربوناتية :  
يلعب الملاط دوراً هاماً في تشكيل المسامية والنفوذية في الصخور الكربوناتية وذلك لسهولة احلال  
الكالسيت واعادة ترسيبه من جديد ..



يؤدي احلال الكالسيت إلى تشكيل فراغات وفجوات وأحياناً كهوف ضمن الصخور  
الكريبووناتية ، تنتج هذه الفراغات من احلال الكاربونات بواسطة المياه التي تجري في  
مسامات وفراغات الصخر ، وغالباً مل تكون هذه المياه مشبعة بغاز الفحم (CO2) .



تعتبر الفجوات والشقوق التي تصيب الصخور الكربوناتية  
هامة من الناحية الخزنية لأنها تكسب الصخر خصائص خزنية جديدة .



## نماذج أخرى من الصخور الخازنة

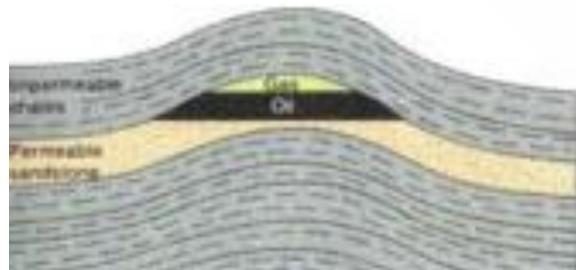
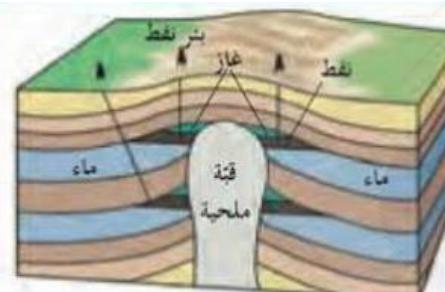
إذا كانت الصخور الحطامية والكاربوناتية تشكل القسم الأعظم من التكوينات الخازنة في مكامن البترول في العالم ، هناك صخوراً أخرى يمكن أن تمتلك خصائص الخزن وتقدم جزءاً من الإنتاج العالمي للنفط

نذكر من هذه الصخور :

### - القبب الصخرية والطيات الملحية :

هي عبارة عن معقد صخري يتواجد فوق بعض القبب الملحية أو الطيات الملحية تصل سماكته أحياناً إلى 100 متر أو أكثر ويحتوي هذا المعقد على مزيج من الصخور الكربوناتية والملحية وبعض الفلزات الأخرى

من صفاتها : تتصف صخور القبب الصخرية بأنها :



- مشقة
- شديدة المسامية
- عالية النفوذية نظراً لحوادث الانحلال التي أصابتها
- توزع الفراغات والفجوات ضمنها يكون غير نظامي نتيجة لعدم انتظام بنيتها
- يكون إنتاج الآبار منها غير منتظم وكذلك توزع شبكة الآبار فوقها أيضاً غير منتظم ويتبع لطبيعة التغيرات الليتولوجية لهذه الصخور .

### الصخور السيليسية :

هناك صخور سيليسية كثيرة ( مثل السيليكسيت ، الاوباليت ، الشيرت ... ) تشكل أحياناً تراكيب خازنة للنفط .  
هذه الصخور لا تتمتع بخصائص الخزن في الأصل لكنها تكتسب ذلك بتشققها ( شقوقة عالية )

مثال على ذلك : صخور الشيرت في بعض أحواض كاليفورنيا

### الصخور الاستحالية :

هناك أيضاً بعض المكامن البترولية ضمن تراكيب صخرية استحالية متشقة طرأ عليها الفساد  
( مثال : في مكامن كاليفورنيا ، في مكامن فنزويلا ، وفي المغرب )

يتواجد في مكامن النفط في المغرب صخور رملية سيليسية ذات بنية شبيهية  
وصخور الكوارتزيت والشيست هناك كلها مكسرة ومشقة  
ذات نفوذية عالية

### - الصخور البركانية :

تنتج بعض مكامن النفط في العالم من صخور بركانية مختلفة مثل صخور البازلت  
مثال على ذلك : صخر البازلت في مكامن كوبا والمكسيك والولايات المتحدة الأمريكية  
وتعتبر صخور البازلت هي من أهم مكامن الغاز في الولايات المتحدة الأمريكية