Petroleum Geology

جيولوجيا البترول

المحاضرة الرابعة

Dr. M. Riad ALGHAZZI
SPU-2019/2020

RESERVOIR DESCRIPTION وصف الخزان

مقدمة

- يتوقف نجاح تطوير حقل النفط والغاز على الخزان: حجمه وانتاجيته ونوع الموائع التي يحتويها ونوعيتها.
- للوصول إلى الحد الأمثل للتطوير، يجب تحديد مميزات الخزان بشكل جيد ، وغالباً مايكون مستوى المعلومات المتوفرة أقل بكثير من المطلوب لوصف الخزان بدقة وتقدير الحالة الحقيقية المطلوبة.
- غالباً من الصعب على مهندسي السطح (*surface engineers*) فهم أصل الاحتمال (الشك) الذي يجب على مهندس تحت السطح (*subsurface engineers*) أن يعمل به ، وقد تكون مستويات النتائج المحتملة المقدمة من قبل مهندس تحت السطح محبطة .!

RESERVOIR DESCRIPTION وصف الخزان

جيولوجية الخزان reservoir geology

- الهدف من جيولوجية الخزان هو الوصف والتقدير الكمي لعاملات البئر والتخمين بتغيرها الجانبي .
- تحدد جيولوجية خزان الحقل النفطي من خلال ثلاثة معاملات :
  1. البيئة الترسيبية depositional environment
  2. البنية structure
  3. النشأة اللاحقة ‘digenesis
- فالنموذج الجيولوجي geological model هو الأساس الذي تبنى عليه خطة تطوير الحقل .

RESERVOIR DESCRIPTION وصف الخزان

1) البيئة الترسيبية

depositional environment

تكون صخور الخزان رسوبية *sediments* – مع وجود بعض الاستثناءات –

والنوعان الرئيسان هما:

- الصخور الفتاتية السيليسية *siliciclastic* أو مايشار إليها بـ (الفتاتية / الحطامية *clastic*)
- الحجر الرملي (*sandstone*) والصخور الكربوناتية (*carbonate rocks*)

معظم الخزانات في خليج المكسيك وفي بحر الشمال محتواة في بيئات ترسيبية فتاتية

والعديد من الحقول العملاقة في الشرق الأوسط محتواة في صخور كربوناتية

RESERVOIR DESCRIPTION وصف الخزان

❑ الصخور الفتاتية Clastics

تتوضع الصخور الفتاتية بعد حدوث عمليات :

" التجوية weathering " ونقل المواد " transport "

- **التجوية الميكانيكية :**

وتحدث إذا تعرض الصخر لتغيرات حرارة عالية أو لتجمد الماء في مسام الصخر وشقوقه :

مثال(1): بعض البيئات الصحراوية

مثال(2): عمل جذور النبات التي تشق طريقها عبر صخر الأساس(bedrock)

RESERVOIR DESCRIPTION وصف الخزان

❑ الصخور الفتاتية Clastics

- **التجوية الكيميائية :**

يمكن أن تسبب المواد المحتواة في المياه السطحية تجوية كيميائية :

chemical weathering

حيث تنحل الفلزات خلال هذه العملية وترشح المواد الأقل ثباتاً ، مثل الفلسبار feldspars ، وتكون التجوية الكيميائية شديدة في المناطق المدارية

RESERVOIR DESCRIPTION وصف الخزان

❑ الصخور الفتاتية Clastics

تؤدي التجوية إلى تحطيم الصخر إلى عناصر أصغر، التي يمكن أن تنتقل بواسطة عوامل مثل :

- المياه (الأنهار والتيارات البحرية) ،
- والرياح (الصحارى) ،
- والجليد (الجليديات *glaciers*)

توجد علاقة هامة بين أسلوب النقل والطاقة المتوفرة لتحريك العناصر. إذ تحدد طاقة النقل *energy transport* حجم الحبيبات الرسوبية (*size*) وشكلها (*shape*) ودرجة فرزها (*degree of sorting*) . ويعد الفرز معاملاً هاماً في التحكم بالخواص مثل "المسامية"

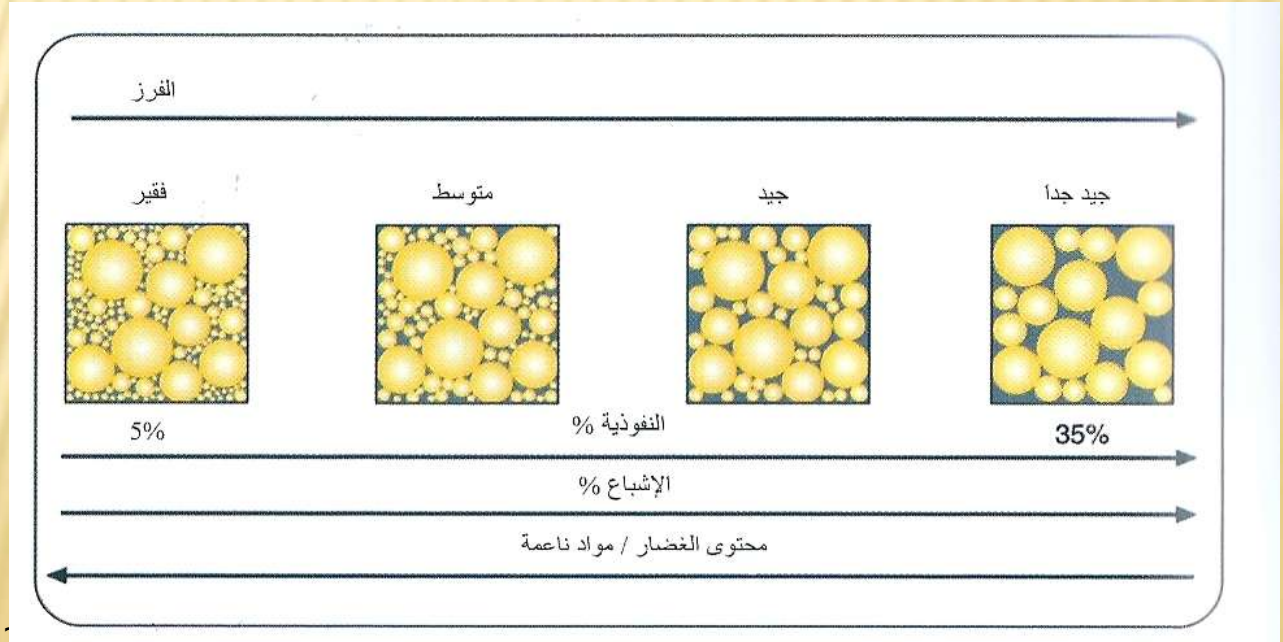
RESERVOIR DESCRIPTION وصف الخزان

❑ الصخور الفتاتية Clastics

تأثير الفرز في نوعية الخزان

تشمل الرسوبيات سيئة الفرز حجوماً حبيبية مختلفة ، منتجة نسيجاً صخرياً كثيفاً مع مسامية منخفضة، ونتيجة لذلك يكون الاشباع بالمياه الفطرية *connate water* عالياً، مما يترك حيزاً صغيراً لتخزين الهيدروكربون .

" المياه الفطرية هي المياه التي بقيت في المسام بعد دخول الهيدروكربون"

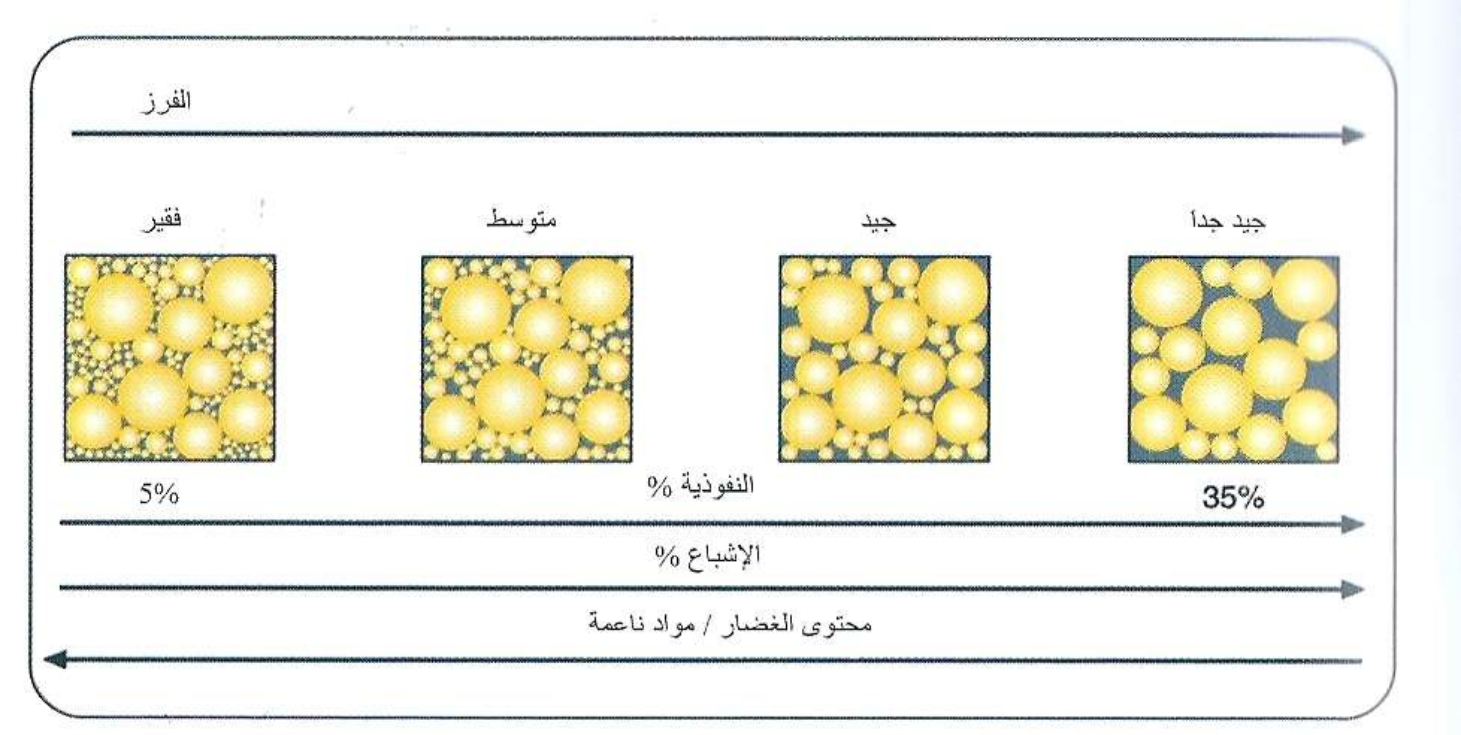


RESERVOIR DESCRIPTION وصف الخزان

❑ الصخور الفتاتية Clastics

تأثير الفرز في نوعية الخزان

وعلى العكس، تؤدي الرسوبيات جيدة الفرز جداً إلى حجم كبير " للحيز" بين المركبات ذات الحجوم المنتظمة، وإشباع منخفض بالمياه الفطرية ، وبالتالي سعة أكبر لتخزين الهيدروكربون



RESERVOIR DESCRIPTION وصف الخزان

❑ الصخور الفتاتية Clastics

الرسوبيات الناضجة

يعد الكوارتز *quartz (SiO2)* أحد أكثر الفلزات ثباتاً، ولذلك هو المركب الرئيس للحجر الرملي الذي تعرض لأقسى عمليات التجوية والنقل لمسافات كبيرة. تدعى هذه الرسوبيات بـ " الناضجة" وتزود رمال خزان " نظيفة" وعالية النوعية.

لاتتأثر المسامية بقياس الحبيبات، لكنها تشكل نسبة مئوية من الحجم الكلي للصخر. مع ذلك، قد يكون للرمال كبيرة العناصر وجيدة الفرز – في الطبيعة – مسامية أعلى من الرمال المماثلة المؤلفة من عناصر صغيرة. ويفسر هذا الأمر بكل بساطة، بنتيجة نقل طاقة النقل العالية اللازمة لنقل العناصر الكبيرة، لذلك يوجد احتمال (*probability*) صغير بأن تتوضع الحبيبات الصغيرة (الخفيفة) مثل الغضار clay .

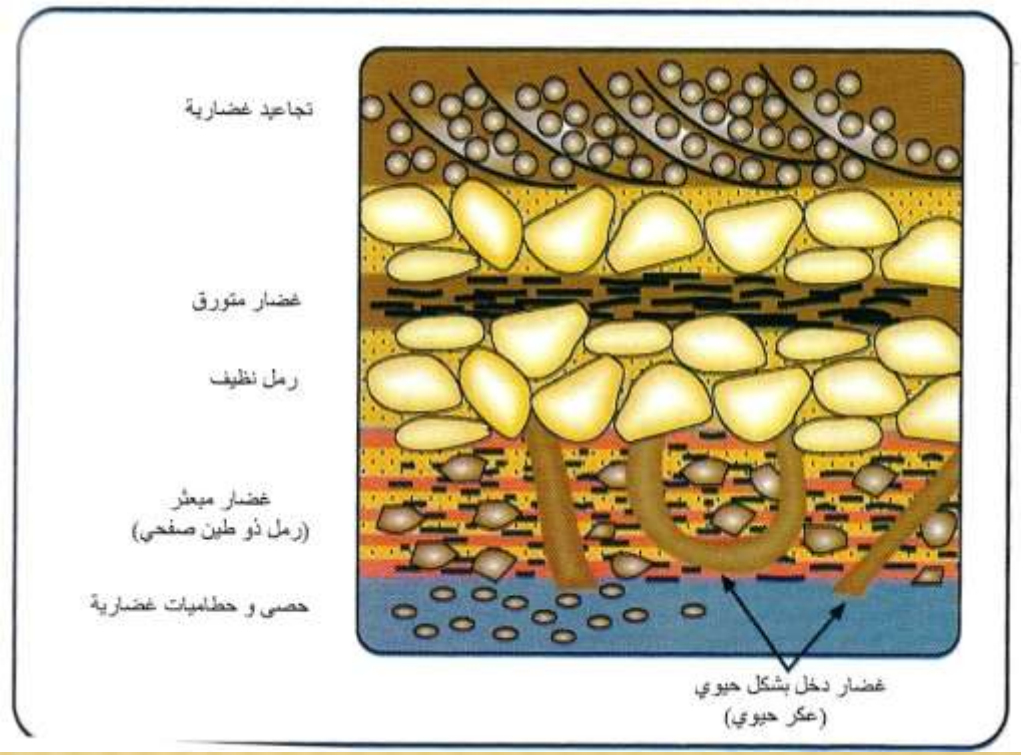
RESERVOIR DESCRIPTION وصف الخزان

❑ الصخور الفتاتية Clastics

إن الرمال النظيفة جداً نادرة، وغالباً ماتوجد كميات صغيرة من الغضار في منظومة مسام الخزان :

حيث الغضاريات هي نواتج تجوية مركبات صخور مثل الفلسبار.

تتحكم نوعية الغضار وتوزعه في الخزان بشكل رئيسي بالنفوذية والمسامية :



شكل(توزع أنواع الغضاريات)

RESERVOIR DESCRIPTION وصف الخزان

❑ الصخور الفتاتية Clastics

يلعب تورق الغضار (*laminae*) وتجاعيد الغضار (*drape*)، كموانع (*baffles*) أو كحواجز (*barriers*) شاقولية أو أفقية لتدفق المائع ولتواصل الضغوط.

تشغل الغضاريات المبعثرة المسام التي تكون ممكنة لدخول الهيدروكربون في الرمل النظيف . وقد تسد مسارات المسام الضيقة (*pore throats*)، وبالتالي تعيق تدفق المائع .

غالباً مايكون تقييم الخزان معقداً لوجود الغضاريات ، وهذا يصح خصوصاً لتقدير الاشباع الهيدروكربوني.

قد يؤدي " التعكير الحيوي *bioturbation* " الناتج عن " الاستعارة *borrowing*) من حفر العضويات ، إلى وصل الطبقات المنفصلة بصفائح الغضار (وريقات)، مما يعزز النفوذية الشاقولية.

من ناحية أخرى ، قد يجانس التعكير الحيوي الخزان المتطبق، مؤدياً إلى طين صفحي رملي غير منتج.

RESERVOIR DESCRIPTION وصف الخزان

- الصخور الكربوناتية Carbonate rocks

لاتخضع الصخور الكربوناتية عادة للنقل من مسافات بعيدة، وكثيراً مانجد صخور الخزان الكربوناتي في الموقع الأصلي. وهذا مايكون عادةً بنتيجة العضويات البحرية.

مع ذلك، غالباً ما تتأثر الكربونات بشدة بعمليات "النشأة اللاحقة"

RESERVOIR DESCRIPTION وصف الخزان

❑ البيئة الترسيبية Depositional environment

- **البيئة الترسيبية :**
- **تتبع التجوية والنقل عملية ترسيب المواد المجواة. ويمكن تعريف البيئة الترسيبية بأنها مجموعة نمطية من عمليات فيزيائية وكيميائية وبيولوجية تنتهي بنوع محدد من الصخر.**
- **تعتمد الخصائص الناتجة عن السلسلة "*package*" الرسوبية الناتجة من شدة هذه العمليات وأمدها. وتظهر المتغيرات الفيزيائية والكيميائية والبيولوجية والجيومورفية "*geomorphic*" فروقاً كبيرة بين وضمن بيئات خاصة.**

- **نتيجة لذلك يجب أن نتوقع سلوكاً متغيراً جداً لمثل هذه الخزانات خلال إنتاج الهيدروكربون. وتتحكم العمليات الترسيبية بالمسامية *Porosity*، بالنفوذية *permeability* ، بنسبة الصافي/الاجمالي ((Net to Gross – N/G))، بمدى التغير والامتداد الجانبي لخواص الخزان.**

RESERVOIR DESCRIPTION وصف الخزان

❑ البيئة الترسيبية Depositional environment

على سبيل المثال:

إن حقول المياه العميقة في خليج المكسيك هي من عمر الحقب الجيولوجي الثالث، وتشمل أجساماً رملية معقدة توضعت في تعاقب مياه عميقة عكرة .

إن خزان خليج برودهو الرملي في ألاسكا هو من عمر "الترياسي/ الكريتاسي" وترسب بمنظومة "دلتا مروحية *fan delta* **" ذات مياه ضحلة وتوضعات طمي –نهرية (** *fluvial-alluvial* **) . وخزان "الغوار" الكلسي في السعودية من عمر الجوراسي وترسب في بحر ضحل دافئ.**

ومع أن هذه الخزانات قد ترسبت في بيئات ترسيب مختلفة جداً، فإنها بمجملها تحتوي على تجمعات هيدروكربوناتية قابلة للانتاج، برغم أن جزء النفط القابل للانتاج متغير .

يحتوي كل من خزانات خليج البرودهو والغوار على مايزيد عن 20 بليون برميل من النفط، وهي من الأكبر في العالم

وصف الخزان *RESERVOIR DESCRIPTION*

❑ البيئة الترسيبية Depositional environment

توجد علاقة هامة بين البيئة الترسيبية وتوزع الخزان من جهة ومميزات إنتاج الحقل (كما في الجدول) ومن المهم إدراك أن معرفة عمليات الترسيب ومعالمها لخزان معطى ستكون حاسمة للتحديد الصحيح لمواقع العدد الأمثل من الآبار التقييمية والتطويرية، وحجم المنشآت وتحديد سياسة إدارة الخزان.

تطبق طرائق وتقنيات متعددة لوضع النموذج الجيولوجي للخزان :

- تحليل مواد العينة اللبابية
- تحليل السجلات السلكية *wireline log*
- الدراسات السيسمية عالية التحليل
- التكشفات السطحية

RESERVOIR DESCRIPTION وصف الخزان

❑ البيئة الترسيبية Depositional environment

جدول: مميزات بيئات مختارة

البيئة الترسيبية	توزع الخزّان	مميزات الإنتاج
دلتاوية (أقنية توزيعية)	منعزل أو أقنية مكدسة عادة برمال ناعمة الحبيبات. قد تكون أو لا تكون متصلة مع بعضها البعض.	منتجة جيدة: النفوذية 500- 5000 mD . قد يتطلب الاتصال غير الكافي بين الأقنية إلى ملء الآبار في مرحلة لاحقة من التطوير .
بحرية ضحلة/ شاطئية (فتاتية)	حواجز رملية، أقنية مدية. تزداد خشونة نحو الأعلى. أدى ازدياد معدل الهبوط إلى خزّانات تكدسية. توزع الخزّان معتمد على عمل الأمواج والمد والجزر.	غزيرة الإنتاج نتيجة وجود الأجسام الرملية النظيفة والمستمرة. قد تسبب طبقات الطين الصفحي حواجز شاقولية أمام تدفق المائع.

RESERVOIR DESCRIPTION وصف الخزان

❑ البيئة الترسيبية Depositional environment

كربونات ضحلة المياه (رصيفية ووحول كربوناتية)	نوعية الخزّان محكومة بعمليات التشكّل والتاريخ البنيوي (التشقق).	إنتاج غزير جداً من الكربونات الكارستية. ممكن إنتاج ماء غزير في البداية. منظومات نفوذية مزدوجة في الكربونات المشققة. قد ينتج الدولوميت H_2S.
رصيف (shelf) (فتاتية)	أجسام رملية صفائحية الشكل ناتجة من العواصف أو التجاوز البحري. تكون رقيقة عادة، لكنها رمال مستمرة كثيراً وجيدة الفرز بين غضاريات بحرية .	إنتاجية عالية جداً لكن الرمال جيدة النوعية قد تشكّل «نطاقات سرقة» أثناء ضخ الماء أو الغاز. قد يؤثر عمل حفر الرسوبيات من قبل العضويات الحفّارة في نوعية الخزّان.

جدول: مميزات بيئات مختارة

RESERVOIR DESCRIPTION وصف الخزان

❑ البيئة الترسيبية Depositional environment

إن الموائع الأكثر فائدة لتحليل بيئي مفصل هي العينات اللبابية والسجلات السلكية . وبشكل خاص فإن استجابة أشعة " غاما" مفيدة لأنها تتحسس لتغيرات الطاقة أثناء الترسيب .

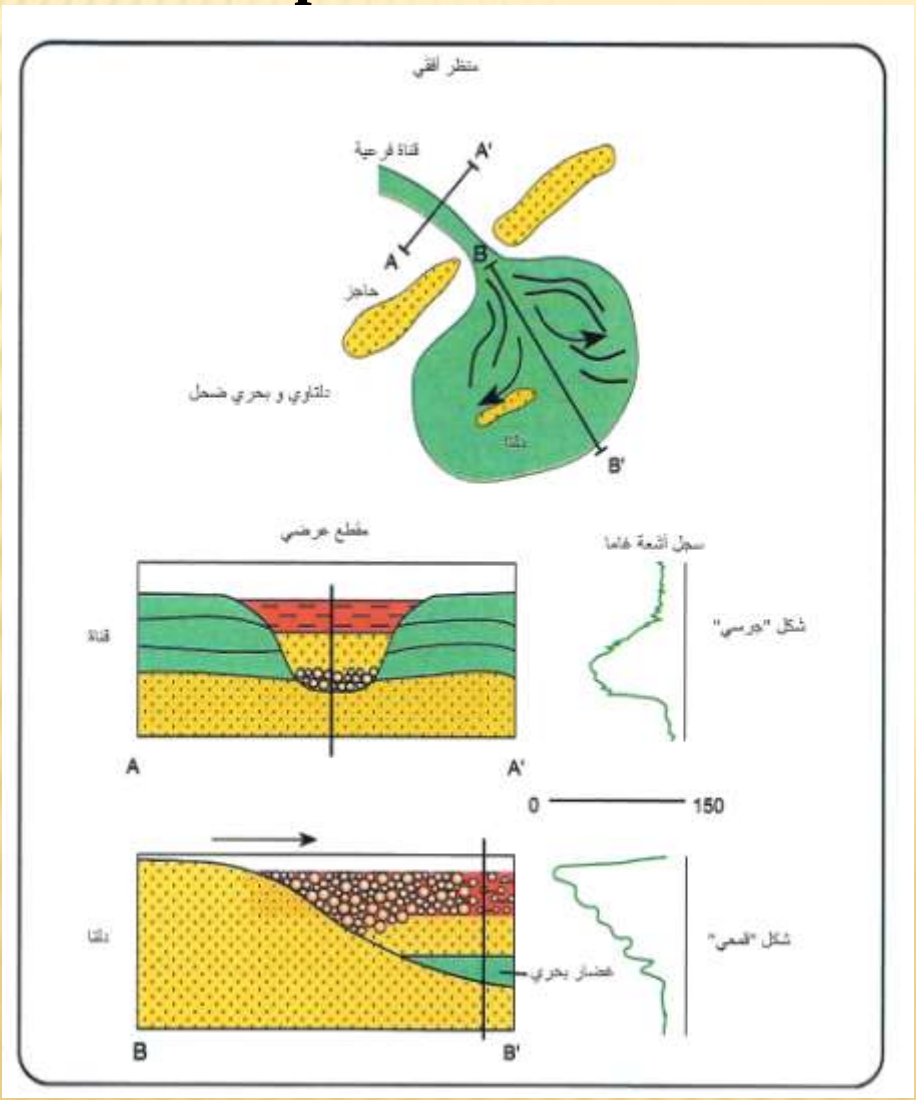
تقيس استجابة أشعة " غاما" المستوى الطبيعي لنشاط أشعة " غاما" في صخور التشكل ، وتكون الاستجابة عالية في (الطين الصفائحي) في حين تكون الاستجابة " للرمال" ضعيفة.

غالباً مايشير سجل قمعي الشكل لأشعة غاما (*funnel- shaped*) إلى بيئة دلتاوية (*DELTAIC ENVIRONMENT*) ، بينما تتبع الرسوبيات الفتاتية ذات الترسيب متزايد الخشونة توضع الغضاريات البحرية.

تمثل غالباً سجلات أشعة غاما جرسية الشكل (*bell-shaped*)، بيئة قناتية (*channel environment*) حيث يعكس تعاقب متزايد النعومة نحو الأعلى ، تناقص الطاقة عبر بروفيل القناة الشاقولي.

RESERVOIR DESCRIPTION وصف الخزان

❑ البيئة الترسيبية Depositional environment



شكل : بيئات ترسيبية ، وتوزع الرمل وسجل استجابة أشعة غاما