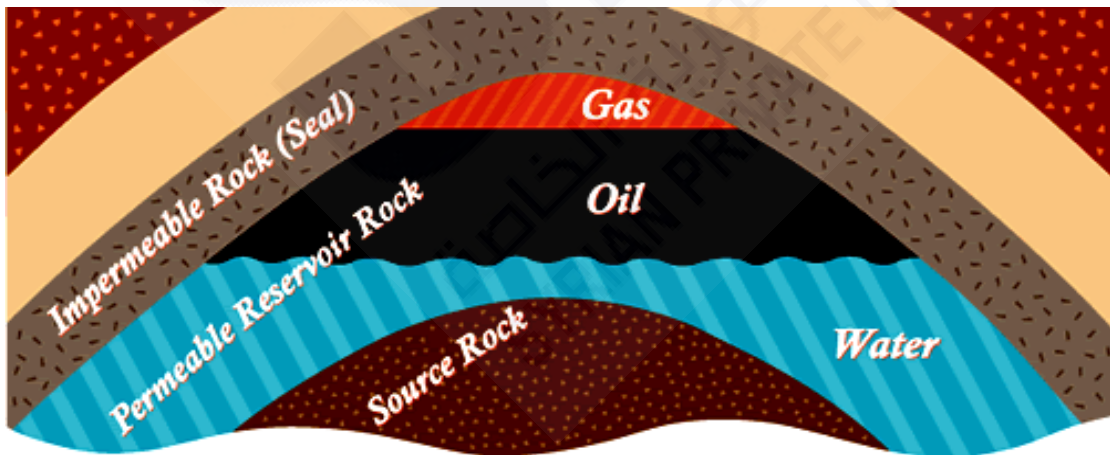


فحوصات الآبار

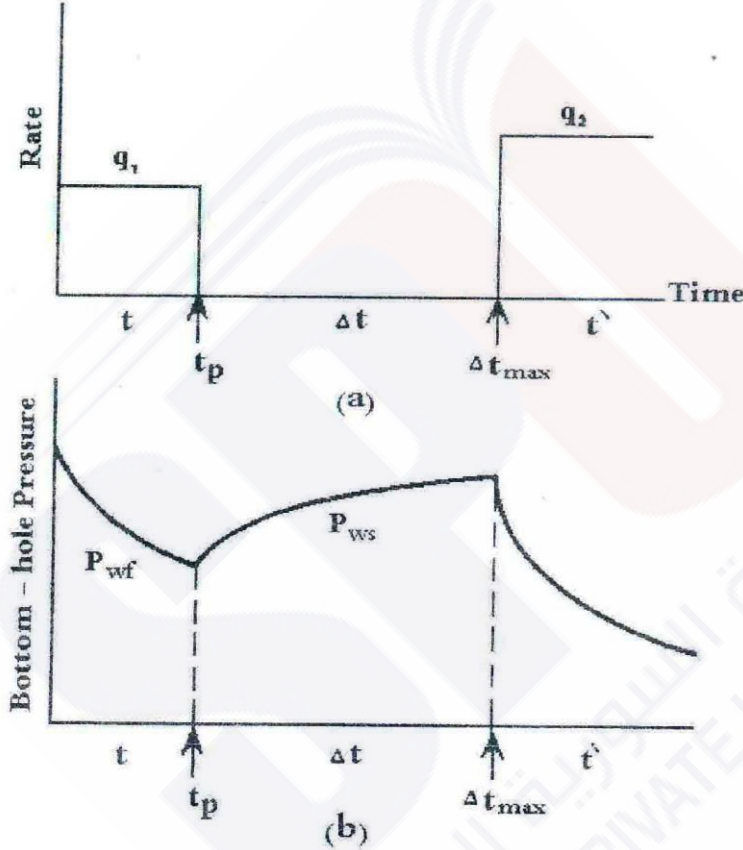
Well Tests

Lecture 11



اختبار الآبار الغازية عند النظام غير المستقر Buildup Tests :

يختلف اختبار الآبار الغازية بطريقة استعادة الضغط عن مثيله في الآبار النفطية بأن اختبار الآبار الغازية يجب أن يصحب بإنتاجيتين مختلفتين للبرر بعد استقرارها ، إحداهما قبل استعادة الضغط ، والأخرى بعد استعادته ،



الشكل رقم (15-3) يبين :

(a) : مخطط الإنتاجية مع الزمن .

(b) : تغير ضغط القاع أثناء بحث الآبار عند النظام غير المستقر .

الشكل رقم (15-3) ، وذلك لتحديد مركبي الظاهرة السطحية (S) و (Dq) .

يجب التنويه إلى أنه عند إجراء عدة أبحاث متتابعة للبرر ، عند إنتاجيات نهائية مختلفة ، يكون نصف قطر التأثير واحدا .

وقد أثبت ذلك سابقا من قبل الباحث "كاليندر" ، من خلال الزمن بدون واحدة (td) ، كما في المعادلة (39-3) :

$$t_D = \frac{K_g \cdot t}{\Phi \cdot \bar{\mu}_y \cdot C_g \cdot r^2} \quad (3 - 39)$$

تعتمد طريقة استعادة ضغط القاع أو تنامييه ، في الآبار الغازية بعد إغلاقها ، على دراسة وتحليل العلاقة بين تغير ضغط القاع بعد إغلاق البئر وزمن الإغلاق .

تمكننا المنحنيات المرسومة بالعلاقة المذكورة ، من حساب الكثير من مؤشرات الطبقة المنتجة كالنفوذية والمسامية والناقلية الهيدروديناميكية والظاهرة السطحية وعامل الناقلية الإجهادية .

بالإضافة إلى إمكانية تحديد الضغط الطبقي والفقد الإضافي للضغط الناجم عن الظاهرة السطحية ، كما تمكننا منحنيات استعادة الضغط من دراسة عدم تجانس الطبقات وتحديد الفوالق فيها .

قبل البدء بتسجيل معطيات تنامي الضغط ، يتم فتح البئر إلى الجو الخارجي لتنظيفه حتى الوصول ، عند رأس البئر ، إلى حالة استقرار الضغط التي تتعلق بمواصفات الطبقة والغاز المشبع بها ، وفي هذه الفترة يتم تسجيل تغير الضغط ودرجة الحرارة مع الزمن حتى ثبات قيمة الضغط ، ومن ثم يحسب ضغط القاع اعتماداً على الضغط المسجل عند رأس البئر .

يتم هذا في بداية الاستثمار ، أما بعد وضع البئر في العمل ، فتعتمد معالجة منحنيات استعادة الضغط على زمن عمل البئر عند النظام المستقر .

إذا كان زمن عمل البئر أكبر من زمن الاختبار بمقدار عشرين مرة ($t_p \geq 20\Delta t$) فهذا يدل على أن الطبقة لا نهائية (كبيرة) ، وتستخدم عندها المعادلة (3-40) للحسابات :

$$P_{WS}^2 - P_{Wf}^2 = \frac{+2.3q_{sc} \times \mu_g \times Z \times P_{SC} \times T_i}{2\pi \times K_g \times h \times T_{SC}} \log \frac{2.25 \times \kappa \times \Delta t}{r_{CR}^2} \quad (3 - 40)$$

حيث إن :

P_{WS} : ضغط قاع البئر عند لحظة القياس ، Mpa .

P_{Wf} : ضغط قاع البئر قبل الإغلاق ، Mpa .

q_{sc} : إنتاجية الغاز قبل توقف البئر ، m^3/s .

\aleph : عامل انتشار الضغط أو عامل الناقلية الإجهادية ، m^2/s .

Δt : زمن الاختبار أو زمن القياس ، بالثانية .

r_{CR} : نصف قطر البئر الفعال ، بالمتري .

T_i : درجة حرارة الطبقة الأولية ، بالكلفن .

T_{SC} : درجة الحرارة عند السطح أو بالشروط القياسية ، بالكلفن .

h : السماكة الفعالة للتشكيلة المنتجة ، بالمتري .

K_g : نفوذية التشكيلة ، بالمتري المربع .

μ_g : لزوجة الغاز بالشروط الطبقيية .

Z : عامل انضغاطية الغاز عند الشروط الطبقيية .

يمكن كتابة العلاقة (3-40) بالشكل الآتي :

$$P_{ws}^2 = A + m \log \Delta t \quad (3 - 41)$$

حيث أن :

$$A = P_{wf}^2 + \frac{2.3q_{sc} \times \mu_g \times Z \times P_{SC} \times T_i}{2\pi \times K_g \times h \times T_{SC}} \log \frac{2.25 \times \aleph}{r_{CR}^2} \quad (3 - 42)$$

$$m = \frac{2.3q_{sc} \times \mu_g \times Z \times P_{SC} \times T_i}{2\pi \times K_g \times h \times T_{SC}} \quad (3 - 43)$$

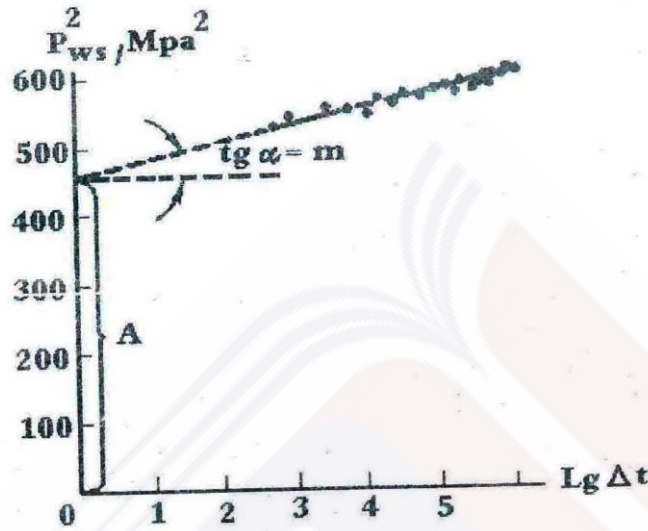
المعادلة (3-41) هي معادلة مستقيم لا يمر من مبدأ الإحداثيات ويتقاطع مع محور مربع الضغط بالقيمة (A) ،

الشكل رقم (3-16) ، ميل هذا المستقيم هو ($\tan \alpha = m$) .

ينتج الانحناء في بداية منحنى استعادة الضغوط عن تدفق الغاز بعد إغلاقه إلى البئر كما ينتج أيضا من الظاهرة

السطحية أو من الاثنين معا .

بعد رسم العلاقة ($P_{wf}^2 = f(\log \Delta t)$) والحصول على قيم (A) و (m) نستطيع حساب الناقلية



الشكل رقم (3-16) يبين منحني استعادة الضغط

الهيدروديناميكية من العلاقة (3-44) :

$$\frac{K_g \times h}{\mu_g} = \frac{2.3q_{sc} \times Z \times P_{sc} \times T_i}{2\pi \times T_{sc} \times m} \quad (3 - 44)$$

ومنه نحدد قيمة النفوذية :

$$K_g = \left(\frac{K_g \times h}{\mu_g} \right) \frac{\mu_g}{h} \quad (3 - 45)$$

• إذا علم نصف القطر الفعال أو المصغر للبئر (r_{cR}) يمكننا الحصول على قيمة الناقلية الإجهادية من

العلاقة (3-42) :

$$\mathfrak{N} = 0.44 \times r_{cR}^2 \times 10^{\frac{A - P_{WF}^2}{m}} \quad (3 - 46)$$

• إذا لم تعلم قيمة (r_{cR}) يمكن الحصول على قيمة عامل الناقلية الإجهادية من العلاقة :

$$\aleph = \frac{K_g \times P_i}{\mu_g \times \emptyset} \quad (3 - 47)$$

بتبديل قيمة (\aleph) من العلاقة (47-3) في (46-3) نحصل على قيمة (r_{CR}):

$$r_{CR} = \sqrt{\frac{2.25 \times \aleph}{10 \frac{A - P_{wf}^2}{m}}} \quad (3 - 48)$$

بعد حساب الناقلية الإجهادية ، نحسب الظاهرة السطحية (\acute{S}):

$$\acute{S} = 1.151 \left[\frac{P_{(60)}^2 - P_{wf}^2}{m} - \log \frac{\aleph}{r_{CR}^2} - 2.13 \right] \quad (3 - 49)$$

حيث أن :

$P_{(60)}$: الضغط بعد (60) ثانية من إغلاق البئر (Mpa)

كما يمكن كتابة المعادلة (49-3) بالشكل الآتي :

$$\acute{S} = 1.151 \left[\frac{P_{(60)}^2 - P_{wf}^2}{m} - \log \frac{K_g}{\mu_g \times \emptyset \times C_t \times r_{CR}^2} - 2.13 \right] \quad (3 - 50)$$

بالوحدات الحقلية ، تصبح المعادلة (50-3) كالآتي :

$$\acute{S} = 1.151 \left[\frac{P_{1hr}^2 - P_{wf}^2}{m} - \log \frac{K_g}{\mu_g \times \emptyset \times C_t \times r_{CR}^2} + 3.23 \right] \quad (3 - 51)$$

يحسب انخفاض الضغط بسبب الظاهرة السطحية (ΔP_S) كالآتي :

$$\Delta P_S = 0.869 \times m \times \acute{S} \quad (3 - 52)$$

يحسب عامل الجريان (F_e) من المعادلة الآتية :

$$F_e = \frac{\bar{P} - P_{wf} - \Delta P_S}{\bar{P} - P_{wf}} \quad (3 - 53)$$

حيث أن :

\bar{P} : الضغط الوسطي .

P_{wf} : الضغط عند القاع في لحظة الإغلاق .

طالما لا يوجد حل جذري ، في القانون غير الخطي للارتشاح ، لمسألة الجريان غير المستقر للغاز إلى البئر ،

لذلك يتم استخدام طريقة تقريبية تعتمد على فرز منطقة حول البئر بنصف قطر (r_0) يساوي سماكة الطبقة .

في هذه المنطقة ، يعتبر جريان الغاز مستقرا ، ويؤثر عليها قانون الارتشاح غير الخطي ، أي تخضع للقانون

الآتي :

$$P_0^2 - P_{wf}^2 = aq + bq^2 = \frac{2.3q_{sc} \times \mu_g \times P_{sc} \times Z \times T_i}{\pi \times K_g \times h \times T_{sc}} \log \frac{r_0}{r_{CR}} + bq_{sc}^2 \quad (3-54)$$

كما تفرز ، أيضا ، منطقة خارجية ذات ارتشاح خطي ، غير مستقر ، أي منطقة يكون فيها ($R > r_0$) أي :

$$P_i^2 - P_0^2 = \frac{2.3q_{sc} \times \mu_g \times P_{sc} \times Z \times T_i}{2\pi \times K_g \times h \times T_{sc}} \log \frac{2.25 \times \aleph \Delta t}{r_0^2} \quad (3-55)$$

بدمج العلاقتين (3-54) و (3-55) :

$$P_i^2 - P_0^2 = \frac{2.3q_{sc} \times \mu_g \times P_{sc} \times Z \times T_i}{2\pi \times K_g \times h \times T_{sc}} \log \frac{2.25 \times \aleph \Delta t}{r_{CR}^2} + bq_{sc}^2 \quad (3-56)$$

المعادلة (3-56) شبيهة بالمعادلة (3-40) ، أي أن العلاقة بين مربع الضغوط وزمن القياس (الإغلاق) علاقة خطية .

نحصل على مؤشرات الطبقة المنتجة بعد رسم منحنى استعادة الضغط والحصول على نقطة تقاطع المستقيم مع

محور (P^2) وميل المستقيم ، حيث يصبح :

$$A = P_{wf}^2 + \frac{2.3q_{sc} \times \mu_g \times P_{sc} \times Z \times T_i}{2\pi \times K_g \times h \times T_{sc}} \log \frac{2.25 \times \aleph}{r_{CR}^2} + bq_{sc}^2 \quad (3-57)$$

وبالتالي :

$$\aleph = 0.44 \times r_{CR}^2 \times 10^{\frac{A - P_{WF}^2 - bq_{sc}^2}{m}} \quad (3-58)$$

نهاية المحاضرة الحادية عشرة