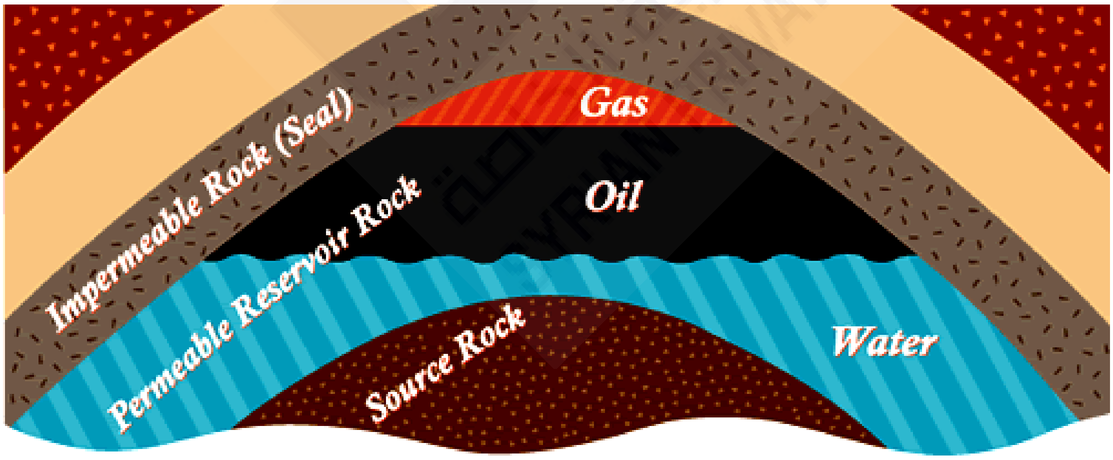
SYRIAN PRIVT UNIVERSITY
FACULTY OF PETROLEUM ENGINEERING

فحوصات الآبار

Well Tests

Lecture 3



معالجة معطيات اختبار الآبار عند انحناء الدليل البياني نحو محور الضغط و Ps < Pc :

عند انحناء الدليل البياني نحو محور ΔP ويكون ضغط القاع أكبر من ضغوط الإشباع يمكن معالجة معطيات الاختبارات الهيدروديناميكية بالمعادلة ثنائية الحد:

$$\Delta P = aQ + bQ^2 \qquad (24)$$

حيث تعطي هذه المعادلة إمكانية تحديد خصائص المنطقة القاعية للبئر.

في المعادلة (24) فإن :

a- تمثل ضياعات الضغط على الاحتكاك عند ارتشاح السائل في الوسط المسامي وله واحدة قياس عكس واحدة عامل الإنتاجية.

b- عامل يصف الضياعات بسبب قوى العطالة وواحدته $Mpa.day^2/T^2$.

عند قيم قليلة للحد الثاني من الجزء اليميني للمعادلة (24) أي عندما تكون قوى العطالة صغيرة جداً يمكن إهمال هذا الحد وبالتالي يبقى من المعادلة الجزء الذي يمثل معادلة ديوبي.

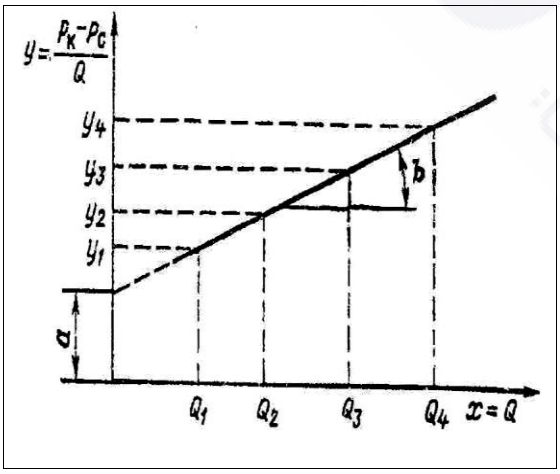
بتقسيم طرفي المعادلة (24) على Q فإننا نحصل على معادلة خط مستقيم بالإحداثيات Q، $\Delta P/Q$ كما في الشكل (4)

$$\Delta P/Q = a + b.Q \qquad (25)$$

إن رسم الدليل البياني بالإحداثيات X=Q و $y = \frac{P_k - P_c}{Q}$ يعطينا خطاً مستقيماً لا يمر من مبدأ الإحداثيات ويتقاطع مع محور y بالقيمة a كما في الشكل (4) أما زاوية ميله فهي مساوية لـ b .

عندما :

$$Q \to 0 \Rightarrow y = a = (P_k - P_c)/Q$$



الشكل (4) الدليل البياني للمعادلة ثنائية الحد

ومنه فإن :

$$Q = 1/a\ (P_k - P_c) \Rightarrow \frac{1}{a} = K = \frac{2\pi kh\rho_o.86400}{\mu.b_o.Ln\frac{R_k}{r_c}} \qquad (26)$$

من المعادلة (26) يمكن تحديد عامل الناقلية الهيدروديناميكية $\varepsilon = \frac{kh}{\mu}$

وكذلك قيمة النفوذية k.

$$\boldsymbol{\varepsilon = \frac{kh}{\mu} = \frac{b_o.Ln\frac{R_k}{r_c}}{2\pi.\rho_o.86400.a}}$$

تطبيق رياضي:

تم إجراء اختبار عند النظام المستقر لتغير الإنتاجية مع ضغط القاع كما في الجدول التالي:

النظام	Q (T/day)	P_c (MPa)	ΔP	$\Delta P/Q$
1	45	21.2	0.8	0.0178
2	99	18.85	3.15	0.0318
3	153	14.93	7.07	0.0462
4	195	10.98	11.02	0.0565

الضغط الطبقي (22 MPa)، ضغط الإشباع في الطبقة (8 MPa).

$r_c = 0.124\ m \quad R_k = 350\ m \quad h = 75\ m$

$b_o = 1.1 \qquad \mu = 20\ cp \qquad \rho = 840\ Kg/m^3$

والمطلوب حساب ما يلي:

1- عامل إنتاجية البئر.

2- حدود معادلة الجريان ثنائية الحد لهذا البئر.

3- ضغط القاع عندما تكون (Q=95 T/day).

4- إنتاجية البئر إذا كان ضغط القاع (P_c=12.73 MPa).

5– حدد المعادلة العامة للجريان لهذا البئر $(Q = K(\Delta P)^n)$.

6– حدد عامل الناقلية الهيدروديناميكية لمنطقة قاع البئر والنفوذية

معالجة معطيات اختبارات الآبار عند ارتشاح نفط مغوز في الطبقة :

إن الجريان المستقر للنفط المغوز إلى البئر عندما يتم الارتشاح بشكل موافق للقانون الخطي يمكن وصفه بالمعادلة التالية:

$$q = \frac{2\pi k_s h[(P_k - P_s) + \Delta H]}{b_s \mu_s Ln\frac{R_k}{r_c}} \tag{27}$$

حيث:

Q – الانتاجية من السائل في الشروط السطحية.

b_s ، K_S ، μ_s هي العامل الحجمي للنفط والنفوذية ولزوجة النفط عند ضغط يساوي ضغط الإشباع.

ΔH – فرق الضغط المعبر عنه بمعادلة خريستيانوفيتش وله واحدة الضغط.

$$\Delta H = \int_{P_c}^{P_s} \frac{k_o(S_o)}{b'_o.\mu'_o}.dP \tag{28}$$

حيث: $k_o(S_o)$– النفوذية النسبية للنفط.

$\mu'_o(P'), b'_o(P)$– العامل الحجمي للنفط واللزوجة عند ضغط $P < P_s$.

إن المعادلة (27) هي صحيحة عندما $P_k > P_s > P_c$.

أما إذا كان $P_k \leq P_s$ أي المكمن نفطي غازي أو مكمن نفطي انخفض الضغط الطبقي فيه إلى قيمة أقل من ضغط الإشباع، فأنه مما ضمن القوسين الكبيرين في المعادلة (27) يتبقى القيمة ΔH فقط ، والحد الأعلى للتكامل في المعادلة (28) يتغير إلى P_k.

إن عامل الإنتاجية سيكون:

$$K_o = \frac{Q}{\Delta H} = \frac{2\pi k_s.h}{b_s \mu_s Ln\frac{R_k}{r_c}} \tag{29}$$

أن قيمة K_O تساوي عددياً ظل الزاوية φ بين الدليل البياني (2) كما في الشكل (5) المرسوم بالإحداثيات $Q-\Delta H$ أو $Q-[(P_k-P_c)+\Delta H]$، وبين محور العينات.

إن الدليل البياني بالإحداثيات $Q-\Delta P$ يكون خطياً في المجال $P_k > P_c \geq P_s$ ومنحنياً عند $P_c < P_s$.

ولحساب قيمة H نستخدم المعادلة التالية:

$$H=\frac{a.P^b}{\left(\frac{\mu g}{\mu_o.G}\right)^{b-1}} \qquad (30)$$

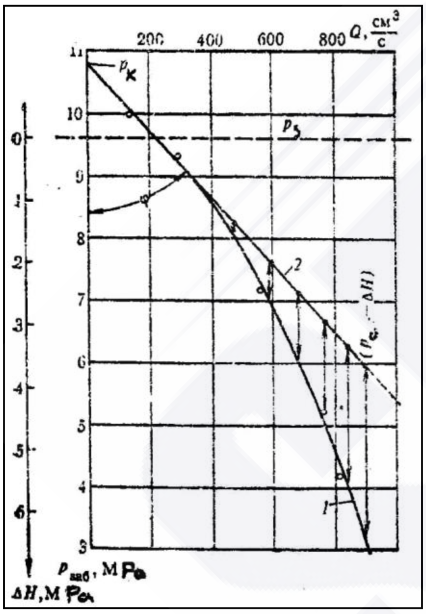
حيث:

G – عامل الغاز m^3 / m^3.

μ_g– لزوجة الغاز.

b ,a – ثوابت تتغير من حقل إلى آخر.

وباستعمال العلاقة (30) يتم رسم مونوغرام لتبيين العلاقة بين معادلة خريستيانوفيتش وعامل الغاز والضغط عند مواصفات محددة للنفط الطبقي لحقل معين كما في الشكل (6).



الشكل (5) معالجة الدليل البياني في حالة النفط المغوز

إن استخدام المونوغرام يسهل ويسرع الحسابات المرتبطة بتحديد عامل الإنتاجية عندما يكون $P_c < P_s$.

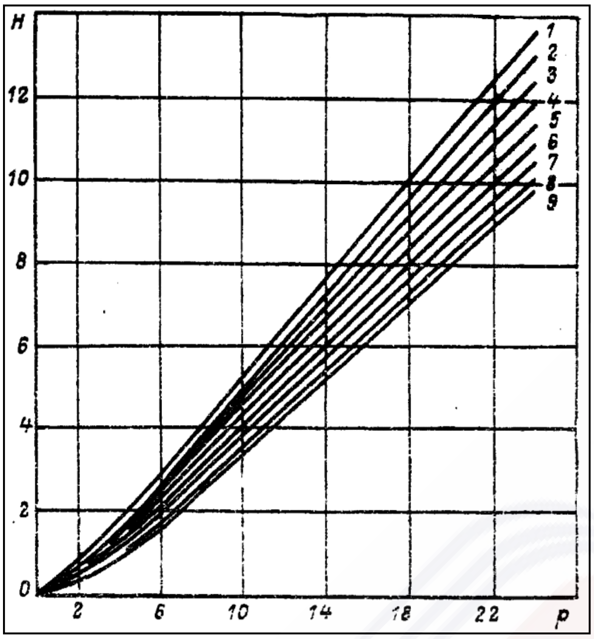
نظراً للحسابات الطويلة اللازمة للحصول على الثوابت a و b لكل حقل أو حساب التكامل ، يمكن استخدام معادلة ديوبي ولكن تستبدل k بالنفوذية الطورية الوسطية للنفط k_o

$$Q_L=\frac{2\pi k_o.h(P_k-P_c)}{\mu_o.Ln\frac{R_k}{r_c}}$$

لكن يجب الإشارة إلى أن النفوذية الطورية للنفط تتعلق بالضغوط P_k و P_c يمكن استخدام قيمة تقريبية لـ $0.65\,k \approx k_o$ وفي حالة أخرى عندما يكون تشبع الكونتور النفطي بالسائل S_L=1 يمكن استخدام العلاقة:

$$k_o \cong \left(0.944 - 21.43\,\alpha\frac{\mu_g}{\mu_o}\right)K \qquad (31)$$

حيث: α – عامل انحلال الغاز في النفط.



الشكل (6) العلاقة بين H والضغط

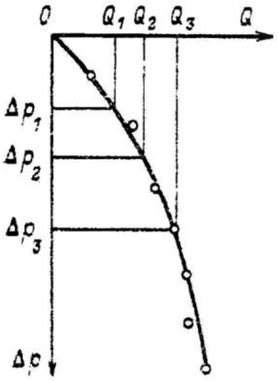
في الطبقات المسامية المتشققة تحصل تحولات مكمنية سببها التغير في الضغط حيث يودي إلى تغير في الخصائص البتروفيزيائية للصخر وبدورها تؤثر على شكل الأدلة البيانية بالاحداثيات $Q-\Delta P$ حيث منحني هذه الأدلة باتجاه محور ΔP كما في الشكل (7)

إن البارامترات الارتشاحية للطبقات المنتجة تحسب على أساس معادلة دنتسوف

$$(1-e^{-a\Delta P})/a = bQ + CQ^2 \qquad (32)$$

حيث: a ، b ، C – عوامل ثابتة تصف بارامترات الطبقة، والسوائل الطبقية والبئر.

إن تحديد قيم الثوابت a ، b ، C يتم باستخدام الدليل البياني كما في الشكل (7) حيث تؤخذ ثلاث نقاط موزعة بانتظام ومن ثم نكتب معادلة دنتسوف لهذه النقاط.



الشكل (7) الدليل البياني للمكمن الكربوناتي

$$\left.\begin{aligned}(1-e^{-a\Delta P_1})/a = bQ_1 + CQ_1^2\\ (1-e^{-a\Delta P_2})/a = bQ_2 + CQ_2^2\\ (1-e^{-a\Delta P_3})/a = bQ_3 + CQ_3^2\end{aligned}\right\} \qquad (33)$$

بحل نظام المعادلات (5–16) يتم تحديد a و b و C.

يمكن حساب القيمة التقريبية للثابت (a) بالمعادلة التالية:

$$a = \frac{2(B.\Delta P_2 - A.\Delta P_1 - C.\Delta P_3)}{B.\Delta P_2^2 - A.\Delta P_1^2 - C.\Delta P_3^2} \qquad (34)$$

حيث أن:

$$\begin{aligned}A &= Q_2.Q_3(Q_3 - Q_2)\\ B &= Q_1.Q_3(Q_3 - Q_1)\\ C &= Q_1.Q_2(Q_2 - Q_1)\end{aligned}$$

أما القيمة الصحيحة للثابت (a) فيمكن تعيينها بطريقة بيانية من المعادلة التالية:

$$\frac{1-e^{-a\Delta P_2}}{a}B = \frac{1-e^{-a\Delta P_1}}{a}A + \frac{1-e^{-a\Delta P_3}}{a}C \qquad (34)$$

حيث نعطي قيم لـ (a) قريبة من القيمة التقريبية لها ونحسب كل جزء من المعادلة (34) ثم نرسم المنحنيات البيانية للجزئين ونقطة تقطعهما تمثل القيمة الصحيحة لـ (a) التي تصف تغير نفوذية الطبقة والمرونة الحجمية للسائل أثناء تغير الضغط ثم نحدد قيمة (C) من مجموعة المعادلات (33).

حيث C يصف تأثير قوى العطالة أو الاستمرارية على ارتشاح السائل في الطبقة. ثم نحدد قيمة b، حيث أن b ثابت قيمته تساوي قيمة عكس عامل الإنتاجية K.

بعد تحديد قيمة b نعين الناقلية الهيدروديناميكية من المعادلة التالية:

$$\frac{kh}{\mu} = \frac{Ln\frac{R_k}{r_{cR}}}{2\pi.b} \qquad (35)$$

نهاية المحاضرة الثالثة