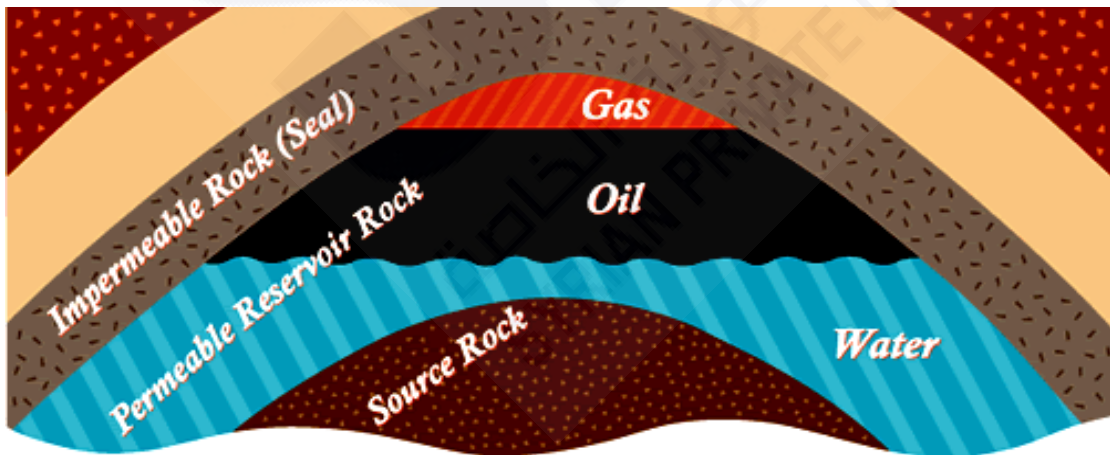


فحوصات الآبار

Well Tests

Lecture 1



اختبار الآبار النفطية

الهدف من اختبار الآبار النفطية :

لتقييم عامل إنتاجية الآبار وصفات المنطقة القاعية لها، تستخدم بشكل واسع طريقة الإنتاج المستقر والتي تكنولوجيتها مهيأة لارتشاح السائل المتجانس عند نظام دفع الماء كما لارتشاح السائل المغوز في الوسط المسامي أثناء نظام الغاز المنحل. في ظروف نظام الدفع المرن للاستثمار تتم دراسة الخصائص الخزينة وتركيب الطبقات في المناطق البعيدة عن قاع البئر بطريقة استعادة الضغط أي عند النظام غير المستقر. كما تستخدم طريقة التنصت الهيدروديناميكي في شروط النظام المرن لبحث تركيب الطبقات حيث تعتمد على دراسة عمليات التأثير المتبادل للآبار عند تغيير أنظمة عملها.

تتطور الطرق التيرموهيدروديناميكية لاختبار الآبار بسرعة لدراسة المنطقة القاعية والتي تعتمد على دراسة التأثيرات الحرارية التي تلاحظ عند جريان السوائل والغازات من الوسط المسامي إلى البئر بنتيجة ظهور تأثيرات جول - تومسون.

تستخدم في الصناعة طرق مقاييس الإنتاج العميقة لدراسة تركيب الطبقة والمنطقة القاعية. إذ أن مقطع التيار الخارج والتيار الداخل المرسوم بالاعتماد على معطيات هذه المقاييس تسمح بالحكم على درجة اتساح الصخور في عملية فتح الطبقات وعن ظروف ارتشاح السوائل والغازات إلى البئر وكذلك تعطي معلومات جيدة عن درجة تقبل الطبقة.

من البحوث الهيدروديناميكية للآبار يتم الحصول على معلومات قيمة عن خصائص الخزانات وتركيبها، لتحديد خصائص الصخور ودراسة تركيب الطبقة داخل الكونتور النفطي وخارجه، لتحديد نوع المكنن، تركيب ومواصفات المنطقة القاعية للآبار. كما تسمح هذه الطرق بتقويم المسامية الشقية، النفوذية، توجه الشقوق ومقاييس البلوكات التي تمثل الخزان المتشقق.

تستخدم هذه الطرق بشكل ناجح لدراسة عدم التجانس الجيولوجي للطبقات لتحديد وضع سطح تماس الماء - نפט الآتي بين الآبار المدروسة وأيضاً لتحديد درجة تشبع الطبقات وغير ذلك.

إن نتائج اختبار الآبار تمكننا من اختيار تكنولوجيا عمليات التحميص باعتبار أن هذه العمليات تتعلق بشكل كبير بالموشرات التي يمكن تعينها بهذه الطريقة.

على سبيل المثال إذا اتضح أن الخزان الكربوناتي المتشقق هو عن بلوكات مشبعة بالنفط نفوذيتها ضعيفة واعطاؤها للنفط قليل، عندها يجب أن يكون الحمض الواجب استخدامه ذا قدرة عالية على تشييع المسامات الشعرية في البلوكات وتفاعله بطيء جداً مع الصخر.

إن المعلومات التي نحصل عليها من الأبحاث الجيوفيزيائية للآبار والأبحاث المخبرية للعينات الصخرية لا تصف بدقة كافية خصائص الطبقة، كما أن حجم المنطقة المدروسة تشكل جزءاً صغيراً جداً من الحجم الكلي للطبقة.

اختبار الآبار النفطية عند النظام المستقر:

تتلخص تكنولوجيا اختبار الآبار عند النظام المستقر في القياس المباشر لإنتاجيات الآبار Q والقيم المقابلة لها من ضغوط القاع P_c بحيث لا تقل هذه القياسات عن ثلاثة ويتعلق زمن استقرار نظام عمل البئر بالخصائص الارتشاحية للطبقات، إذ يتم استقرار إنتاجية البئر بشكل أسرع كلما كانت نفوذية الطبقة أكبر وعادةً يتحدد بالتجريب بعد عدة قياسات لـ Q. وقد يستغرق من عدة ساعات إلى بضعة أيام كما يمكن تحديد زمن استقرار البئر بشكل تقريبي من العلاقة:

$$t = \frac{\beta^* \cdot R_K^2}{2.25k/\mu_L} \quad (1)$$

حيث:

t - زمن استقرار البئر بالثانية.

β^* - عامل الإنضغاطية الكلي، للصخر والسائل. Pa^{-1} .

R_K - نصف قطر منطقة التأثير، m.

K - نفوذية الطبقة، m^2 .

μ_L - لزوجة السائل، Pa.S.

تستخدم هذه الطريقة أيضاً عند اختبار الآبار المماهة حيث يتم حساب عامل الإنتاجية للبئر إذا كانت العلاقة خطية بين الضغط والإنتاجية، أما نفوذية المنطقة المحيطة بالبئر لا تحسب عادةً في هذه الحالة لعدم دقة النتيجة.

زيادة الإماهة فإن عامل الإنتاجية يتناقص لأن النفوذية الطورية دائماً أقل من المطلقة كما أن اللزوجة للمزيج المرتشح قرب جدران البئر ترتفع، وتقويم هذه اللزوجة غير ممكن بدقة كافية ولذلك عند دراسة الآبار المماهة يتم تحديد الناقلية الهيدروديناميكية $k \cdot h / \mu$ عند معالجة المعطيات.

أما لتحديد النفوذية عندما يكون النفط مغزولاً أي الضغط الطبقي أقل من ضغط الإشباع يتم استخدام طريقة كريستيانوفيتش. تستخدم معادلتى ديوي ودارسي لتحديد المؤشرات المذكورة ويتم ذلك بقياس q و P و R مباشرة وتستخدم المعطيات الجيوفيزيائية والمخبرية لتقدير سماكة الطبقة ولزوجة السوائل الطبقيّة والإنضغاطية وغير ذلك.

تحليل الأدلة البيانية لدى اختبار الآبار عند النظام المستقر:

ننطلق في تحليلنا لأشكال الأدلة البيانية ولتحديد المؤشرات المختلفة عند النظام المستقر من معادلتى دارسي وديوي. تعطى سرعة الإرتشاح وفقاً لقانون دارسي:

$$\vartheta = - \frac{k}{\mu} \cdot \frac{dP}{dr} \quad (2)$$

حيث: k - النفوذية.

μ - اللزوجة الديناميكية.

$\frac{dP}{dr}$ - تدرج الضغط على طول خط التيار.

أما الإرتشاح الحجمي للسائل من خلال سطح البئر q فهو:

$$q = F \cdot \vartheta = 2 \pi r h \vartheta = -2 \pi r h \frac{k}{\mu} \cdot \frac{dP}{dr} \quad (3)$$

حيث: r - نصف قطر الاسطوانة اعتبارا من مركز البئر.

h - السماكة الفعالة للطبقة المنتجة التي يتم الإرتشاح من خلالها وإذا رمزنا للناقلية الهيدروديناميكية بـ ε

وهي مساوية لـ $(k \cdot h) / \mu$ تصبح المعادلة (3) كالتالي:

$$q = -2 \pi r \varepsilon \cdot \frac{dP}{dr} \quad (4)$$

$$\frac{dr}{r} = -\frac{2 \pi \varepsilon}{q} \cdot dP \quad (5)$$

إذا كاملنا المعادلة (5) في حدود منطقة الارتشاح التي تمتد من جدران البئر وحتى كونتور التغذية فتصبح

كالتالي:

$$\int_{r_c}^{R_k} \frac{dP}{r} = 2 \frac{2 \pi \varepsilon}{q} \cdot \int_{P_c}^{P_k} dP \quad (6)$$

وبالتالي:

$$q = \frac{2 \pi \cdot \varepsilon (P_k - P_c)}{\ln \frac{R_k}{r_c}} \quad (7)$$

وهي معادلة ديوي للارتشاح الخطي.

من المعادلة (7) نجد أن إنتاجية السائل q تتعلق بفرق الضغط $(P_k - P_c)$.

إذا رمزنا لمجموعة القيم الثابتة في المعادلة (7) بـ A أي:

$$A = \frac{2 \pi \cdot \varepsilon}{\ln \frac{R_k}{r_c}} \quad (8)$$

عندها تكون الإنتاجية مساوية لـ:

$$q = A(P_k - P_c) \quad (9)$$

إن المعادلات (7) و (9) تحدد إنتاجية السائل في الظروف التطبيقية ولكن عملياً يجري قياس q في الظروف القياسية وبوحدة الطن في اليوم.

بإدخال عامل حجم النفط b_o وكثافة النفط في الشروط القياسية ρ_o وبالتحويل من الثانية إلى اليوم نكتب المعادلة (9) كما يلي:

$$Q = q \frac{86400}{b_o} \rho_o = \frac{A \cdot 86400 \rho_o}{b_o} (P_k - P_c) \quad (10)$$

يمكن كتابة المعادلة (10) على الشكل التالي:

$$Q = K(P_k - P_c) \quad (11)$$

$$K = \frac{86400 \rho_o \cdot A}{b_o} \quad (12)$$

حيث:

K - عامل الإنتاجية $\text{pa} \cdot \text{T} / \text{day}$.

Q - إنتاجية البئر عند الظروف القياسية T / day .

إن المعادلة (11) تسمى معادلة الجريان، منها نرى أن التدفق يرتبط خطياً بفرق الضغط، أو بضغط القاع عند ثبات الضغط على كونتور التغذية.

من المعادلة (11) نستنتج أن :

$$K = \frac{Q}{P_k - P_c} \quad (13)$$

أي أن عامل الإنتاجية هو الإنتاج اليومي للبئر عند انخفاض الضغط بمقدار واحدة الضغط.

أحياناً يستخدم مفهوم عامل الإنتاجية النوعي وهو يساوي K/h وهو يسمح بالمقارنة بين إنتاجية الآبار المختلفة لكل واحد متر من سماكة الطبقة المفتوحة (المنتجة) عند انخفاض الضغط بمقدار واحدة الضغط .

فالتمثيل البياني للعلاقة $Q = f(P_k - P_c)$ أو $Q = f(p_c)$ يسمى بالدليل البياني. من المعادلة (11) نرى أن الدليل البياني يجب أن يكون مستقيماً مائلاً بزاوية ظلها K .

لرسم الدليل البياني من الضروري الحصول على عدة قيم حقيقية للإنتاجية وضغوط القاع الموافقة لها P_c .

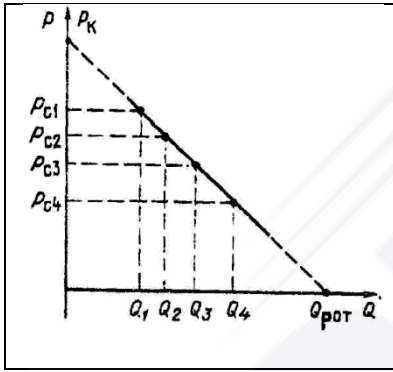
إذا كان معروفاً لدينا الضغط الطبقي في البئر عندها يمكن رسم الدليل البياني $Q = f(\Delta P)$. أما إذا كان

الضغط الطبقي غير معروف فيتم رسم المنحني البياني $Q = f(P_c)$ ومنه يتم تحديد الضغط الطبقي عند نقطة

تقاطع الدليل البياني مع محور العينات كما في الشكل (1) حيث تكون قيمة الإنتاجية مساوية للصفر. أما عند

تمديد هذا الخط إلى محور السينات فنقطة تقاطعه تعطي قيمة الإنتاجية العظمى للبئر Q_L وتسمى الإنتاجية

الكامنة، أي الإنتاجية عندما يكون ضغط القاع مساوياً للصفر.



الشكل (1)

إن استثمار البئر بإنتاجية Q_L غير ممكن عملياً لأسباب جيولوجية وتقنية

باستثناء الآبار التي تعمل على نظام الجاذبية. إن الأدلة البيانية ليست دائماً

خطية كما في المعادلة (11).

إذا كان انحناء الأدلة البيانية باتجاه محور الضغط هذا يعني انه يوجد زيادة

في المقاومة الارتشاحية بالمقارنة مع حالة الارتشاح الموصوفة بالقانون

الدليل البياني $Q = f(P_c)$

الخطي لدارسي.

نهاية المحاضرة الأولى