

$$\uparrow R_s \rightarrow \downarrow C_w$$

يزداد معامل انضغاط المياه لدى وجود غاز مذاب فيه ويمكن تعينه بالمعادلة
القريبة التالية :

$$C_{wg} = C_w (1 + 0,05 \cdot r) \quad (22-1)$$

حيث أن :

C_{wg} - معامل انضغاط الماء الحاوي على غاز مذاب فيه .

C_w - معامل انضغاط الماء بدون الأخذ بعين الاعتبار كمية الغاز المذاب .

r - كمية الغاز المذاب في الماء .

2 - 5 - كمية ذوبان الغاز في المياه الطبقية :

عينت كمية ذوبان الغازات الطبيعية في المياه الطبقية كتاب للحرارة والضغط من قبل دودسون وستيندينغ (Dodson and Standing) انظر الشكل رقم (28) يوضح المنحني العلوي كمية ذوبان الغاز في المياه المقطرة ، أما المنحني السفلي فيوضح القيم التصححية الضرورية لأخذ بعين الاعتبار انخفاض كمية ذوبان الغاز بزيادة نسبة الأملاح في الماء .

نتيجة للأبحاث المخبرية تم التوصل إلى الاستنتاجات التالية :

1 - كمية ذوبان الغاز الطبيعي في المياه الطبقية غير كبيرة بالمقارنة مع كمية الذوبان بالنفط عند قيم متساوية من الحرارة والضغط .

من الشكل رقم (28) يتبين أن كمية ذوبان الغاز بالماء عند الضغط 1000 $S.C.F$ تساوي 12 في كل برميل . أما عند نفس الضغط فإن كمية ذوبان الغاز بالنفط ذو الوزن النوعي 50 API تساوي 900 في كل برميل (انظر الشكل رقم 7)

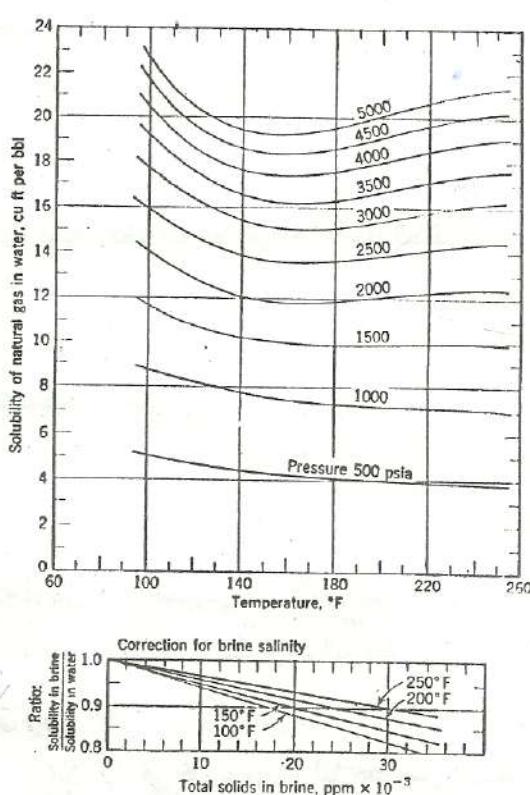
شكل (7) ذوبان الغاز

$R_s(0^{\circ}\text{C}) \gg R_s(\text{water})$

$$\uparrow P \xrightarrow{T=\text{const}} \uparrow R_s$$

2- كمية ذوبان الغاز الطبيعي في المياه الطبقية عند ثبات درجة الحرارة
تزداد بازدياد الضغط ولكنها لا تعتبر خطياً للضغط كالتابع الخطى حسب قانون
هنري .

3- تتناقص بالبداية كمية ذوبان الغاز عند الضغط بزيادة درجة الحرارة
عند الضغوط المرتفعة فإن كمية الذوبان تصل إلى الحد الأصغرى ولكن لدى متابعة



شكل رقم (28) كمية ذوبان الغاز في الماء بالعلاقة مع درجة الحرارة والضغط
والقيم التصحيحية بالعلاقة مع نسبة الأملاح في الماء

زيادة درجة الحرارة فإنها ستبدأ بالارتفاع لقيمة معينة .

٤ - بمقارنة النتائج الموضحة بالشكل رقم (28) مع كمية ذوبان غاز الایتان في الماء تم التوصل إلى أن كمية ذوبان الغاز الطبيعي في المياه الطبقية تتناقص بزيادة

$$Mg \rightarrow \downarrow R_{(w)}$$

الوزن النوعي للغاز .

مثال :

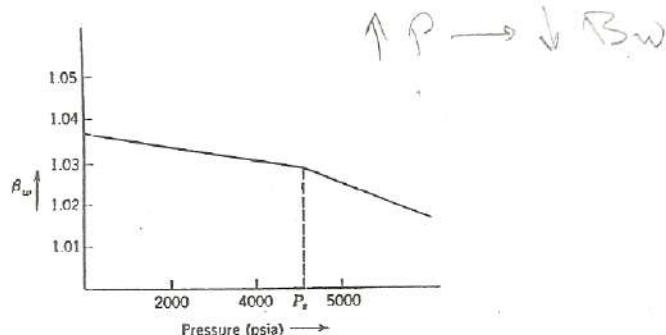
عين كمية ذوبان الغاز الطبيعي في المياه التي تحتوي على 20000 ppm من الأملاح المنحلة عند الضغط 2000 Psia ودرجة الحرارة 150°F .

من الشكل رقم (28) يتبيّن أن كمية ذوبان الغاز الطبيعي في الماء عند الضغط 2000 Psia ودرجة الحرارة 150°F تساوي $11,9 \text{ S.C.F}$ في كل برميل من المنحني السفلي شكل رقم (28) يتبيّن أن القيم التصحيحية التي تأخذ بعين الاعتبار نسبة الأملاح والمساوية 20000 ppm عند درجة الحرارة 150°F تساوي $0,9$ ولذلك فإن كمية ذوبان الغاز بالماء ستتساوى :

$$11,9 \cdot 0,9 = 10,9 \text{ S.C.F/bbl}$$

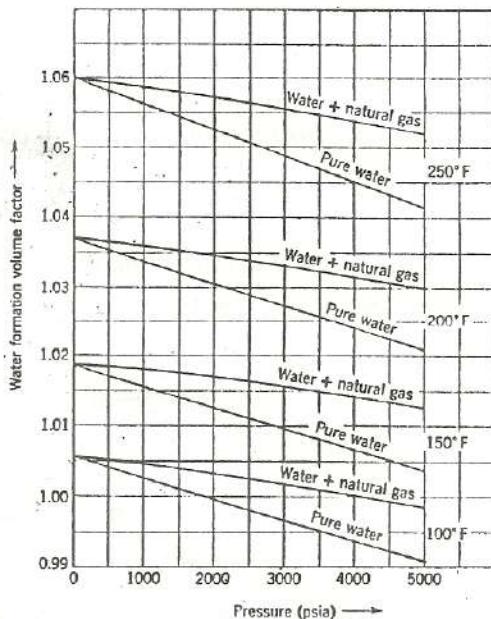
٢ - ٦ - المعامل الطبقي لحجم الماء :

الشكل رقم (29) يوضح حجم الماء B_w بالعلاقة مع الضغط . نتيجة انخفاض الضغط من P_0 وإلى P_S فإن قيمة B_w ستزداد نتيجة لتمدد السائل . إذا خفض الضغط إلى القيمة التي تكون أقل من ضغط الإشباع P_S فإن الغاز سيبدأ بالانفصال ، ولكن ونتيجة لصغر كمية ذوبان الغاز في المياه الطبقية فإن درجة تقلص السائل ستكون غير كبيرة . إن هذا التقلص عادة غير كاف لكي يتوازن مع تمدد السائل لدى انخفاض الضغط ، ولذلك فإن المعامل الطبقي لحجم الماء B_w سيستمر في الزيادة حتى إذا كان الضغط الطبقي أقل من ضغط الإشباع . ولكن سرعة زيادة



شكل رقم (29)

المعامل الطبقي لحجم الماء بالعلاقة مع الضغط وعند درجة الحرارة الطبيعية



شكل رقم (30)

المنحنيات التي تمثل قيم المعامل الطبقي لحجم الماء لمياه مقطرة مذاب بها غاز طبيعي (المنحنى العلوي) ولمياه مقطرة بدون غاز (المنحنى السفلي) بالعلاقة مع الضغط

مع انخفاض الضغط أقل لدى الضغط الذي هو أقل من ضغط الإشباع بالمقارنة مع الضغط الذي هو أكبر من ضغط الإشباع . كذلك نلاحظ أنه مجال تغير الضغط الطبقي لطبقات نفطية مختلفة فإن قيمة B_w سوف تكون قريبة من الواحد . ويعال هذا نتيجة لصغر كمية ذوبان الغاز في المياه الطبقية .

الشكل رقم (30) يوضح النتائج المخبرية لقيم المعامل الظبقي لحجم الماء ، عند الضغط الذي هو أقل من ضغط الإشباع .

رسمت هذه المنحنيات بالاعتماد على المعلومات المخبرية التي تم الحصول عليها من قبل دودسون وستيندينغ (Dodson and Standing) ، يمثل الجزء العلوي لكل زوج من هذه المنحنيات قيم B_w كتابع للضغط لدى ثبات الحرارة لمياه مقطرة مذاب فيها غاز طبيعي . أما القسم السفلي فيمثل قيم المعامل الظبقي لحجم الماء B_w للمياه المقطرة بدون غاز كتابع للضغط .

من الشكل يتبيّن أيضاً زيادة B_w بانخفاض الضغط ، حيث أنه لمجال الضغط المدروس فإن قيمة B_w ستكون قريبة جداً من الواحد . إن الشكل رقم (30) يمكننا استخدامه لتعيين B_w فقط عند ضغط أقل من ضغط الإشباع . لتعيين B_w بدقة يجب حسابه للمحاليل التي تحتوي على نسب مختلفة التركيز من الأملاح والتي تؤدي إلى نقصان كمية ذوبان الغاز في محلول .

مثال :

احسب المعامل الظبقي لحجم الماء B_w للمحلول الذي يحتوي على 20000 من كمية الأملاح الكلية عند الضغط 2000 $Psia$ ودرجة الحرارة 150 $^{\circ}F$.
 p.p.m في المثال السابق وضمنا أن كمية ذوبان الغاز في المياه المقطرة وفي المحلول الذي يحتوي على 20000 p.p.m من الأملاح تساوي 11,9 و 10,7 S.C.F في

البرميل عند الضغط 2000 Psia ودرجة الحرارة 150 °F.

من الشكل رقم (30) يتبيّن أن زيادة B الناتجة من ذوبان 11,9 S.C.F من الغاز في مياه المقطرة تساوي :

$$1,017 - 1,013 = 0,004$$

ولكن كمية ذوبان الغاز في المياه المقطرة بعد الأخذ بعين الاعتبار درجة الملوحة تساوي 10,7 S.C.F فقط ولهذا السبب فزيادة B ستكون أقل وتساوي :

$$\frac{10,7}{11,9} \cdot 0,004 = 0,0036$$

ومنه فإن المعامل الطبقي لحجم الماء B سيكون :

$$1,013 + 0,0036 = 1,0166$$

إذا كان الضغط لدينا أكبر من ضغط الإشباع فإن قيمة B تعيّن بواسطة معامل انضغاط المياه الطبقية ، حيث أن قيم هذا المعامل موضحة بالشكل رقم (31). إن القسم العلوي من هذا الشكل يوضح معامل انضغاط المياه المقطرة غير الحاوية على غاز كتابع للحرارة والضغط . أما القسم السفلي من الشكل فيعطي القيم التصحيحية التي تأخذ بعين الاعتبار زيادة معامل الانضغاط نتيجة لذوبان الغاز .

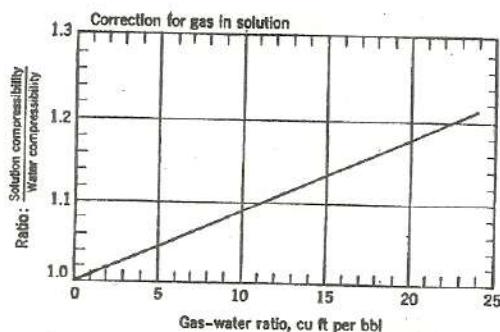
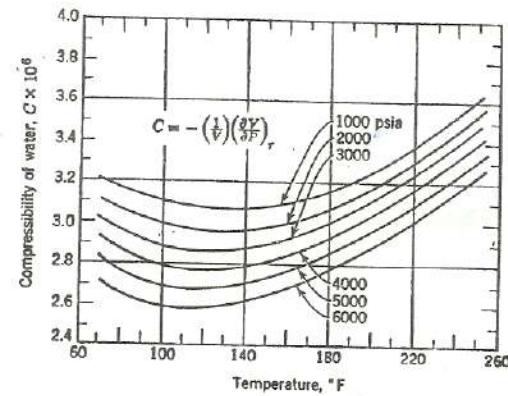
مثال :

احسب معامل انضغاط المياه الطبقية التي تحوي على 20000 p.p.m من كمية الأملاح الكلية والمشبعة بالغاز عند الضغط 2000 Psia ودرجة الحرارة 150 °F.

من المنحني العلوي شكل رقم (31) نحصل على معامل الانضغاط للمياه الطبقية والتي تحتوي على غاز يساوي $\frac{1}{10^6 \times 3}$ وبما أن كمية ذوبان الغاز في

المياه الطبقية يساوي $10,7 \text{ S.C.F}$ في البرميل (انظر المثال السابق) ، عندئذ فالقيمة التصحيحية التي تأخذ بعين الاعتبار كمية ذوبان الغاز ستساوي $1,1$ (من المنحنى السفلي للشكل رقم 82) ومنه فإن معامل انضغاط الماء سيساوي :

$$3,0 \cdot 10^{-6} \cdot 1,1 = 3,3 \cdot 10^{-6} \quad 1/\text{psia}$$



شكل رقم (31) تأثير ذوبان الغاز على انضغاط الماء

من هذا يتبين أنه يمكننا تعين معامل انضغاط الماء المشبع بالغاز عند قيم درجات الحرارة والضغط المختلفة .

وهكذا يمكننا حساب المعامل الطبقي لحجم الماء الوسطي لأي مجال للضغط

الأكبر من ضغط الإشباع .

إن قيمة B_w للضغط الذي هو أكبر من ضغط الإشباع يمكننا تعبيتها من المعادلة التالية :

$$B_w = B_{ws} [1 - C_w (P - P_s)]$$

حيث أن :

- المعامل الطبقي لحجم الماء عند الضغط P والذي هو أكبر من ضغط الإشباع .

- المعامل الطبقي لحجم الماء عند ضغط الإشباع P_s

. C_w - معامل الانضغاط الوسطي للماء لمجال الضغط من P وإلى P_s

وضخنا في هذا البند تأثير كمية ذوبان الغاز على المعامل الطبقي لحجم المياه الطبقية ولكن عموماً فإن تأثيرها قليلاً نتيجة لصغر كمية ذوبان الغاز بالماء ، ولذلك ولدى إجراء الحسابات المخزونية سوف لا نأخذ بعين الاعتبار التغير في المعامل الطبقي لحجم الماء الموجود في المكمن النفطي نتيجة لذوبان الغاز ويمكننا اعتبار B_w مساوياً الواحد .

2 - لزوجة المياه الطبقية :

درس الباحث العلمي بريجمان (Braijman) سنة 1926 تأثير الضغوط المرتفعة على لزوجة المياه المقطرة ووضحت نتائج أبحاثه بالجدول رقم (1) . كذلك أثبت أن تغير لزوجة الماء بالعلاقة مع الضغط صغيرة جداً لمجالات الضغط الطبقي للمكامن النفطية .