دراسة تأثير مخفضات التوتر السطحي على منحنيات النفوذية النسبية

إعداد المشرف على الأعمال : المهندس أحمد عقل سعيد العامل في جامعة البعث
كلية الهندسة الكيميائية والبترولية – قسم الهندسة البترولية

الملخص

يلجأ إلى الطرق الثانوية والثالثية في الإنتاج عند انتهاء المرحلة الأولية منه نتيجة انخفاض الطاقة الطبقية أو الخصائص الخزنية للطبقات الحاوية للنفط أو بعض الخواص الفيزيائية للنفط. يعتبر حقن المياه من أبسط الطرق لزيادة عامل المردود النفطي إلا أنه غير كاف للتغلب على بعض مشاكل الاستثمار المتعلقة بالأسباب السابقة لذلك يلجأ إلى معالجة هذه المياه لتحسين خصائصها . من أهم الخصائص التي تؤثر على عمليات الاستثمار هي خاصية التبلل، سيكون عامل المردود الأولي منخفضاً عندما يكون الصخر محباً للنفط بسبب عدم قدرة المياه على إزاحة النفط من الفراغات المسامية ، لذلك تم في هذا البحث معالجة هذه المياه ببعض المواد بحيث تجعل الصخر محباً للماء أكثر منه للنفط ، والذي يؤدي إلى تحسين الخصائص الارتشاحية للماء ، بدراسة تأثير المياه على منحنيات النفوذية النسبية وعلى كمية المياه المترابطة قبل وبعد معالجتها بإضافة مخفض التوتر السطحي(Servo-415) بتركيز 0.05% وزناً .

الكلمات المفتاحية :(إنتاج ، حقن ، التبلل ، إزاحة ، النفوذية النسبية،مخفضات)

Study of the Surfactants effect on the curves of relative permeability

Summary

It is herbed to third and secondary methods in production when elementary gradation is finished of it, because reduction layer power or reservoir properties of layer that contain oil ,or some physics properties to oil . water injection is considered easy methods to increase oil recovery factor ,but it is not enough to prevalence on some exploitation problems that connect with elder causes ,that is why It is herbed to treat this water to improve its properties .one of the most important properties that affect on exploitation process is wetting affection, initial recovery factor will be low when the rock is lover to oil because the water is unable to displacement the oil from porous volume, in this search this water is treated with some materials to the rock become much lover to water than oil, which pay improve water transpire properties, by studying water effect on relative permeability curves and connected quantity water before and after its treatment by adding surfactant (Servo-415) with concentration(0.05%) weight .

Key words(production, injection, wetting, displacement, relative permeability, surfactant.)

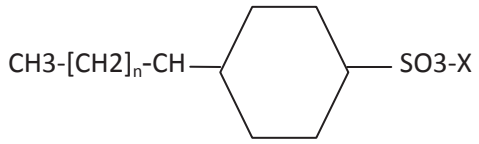
–

1-1- مقدمة : يتحرك في الطبقة أكثر من طور (نفط – ماء، نفط – غاز، ماء–غاز)، ويعبر عن نتائج جريان هذه الأطوار بمنحنيات تعكس الصورة الحقيقية لجريان النفط والماء والغاز من الطبقة وإلى الأبار .

1-2- هدف البحث : يهدف البحث لمعرفة تأثير مخفضات التوتر السطحي على منحنيات النفوذية النسبية .

1-3- مخفضات التوتر السطحي :

هي أملاح الحموض الدسمة تحوي على سلسلة هيدركربونية طويلة نسبياً تحمل مجموعات ذات خواص قطبية شاردية أو غير شاردية . حيث أن السلسلة الهيدروكربونية غير محبة للماء وتسمى (هيدروفوب) أما الجزيء القطبي فينحل في الماء ويسمى (هيدروفيل) أهمها زمرة السلفونات والصيغة العامة لها هي :



حيث أن :X – شاردة قد تكون :K,Li,Ca,Na, ...

n : طول سلسلة الجذر CH_2 .

عند اختيار المخفض يجب أن تتوافق شحنته مع شحنة الصخر بحيث يحدث تنافر بين الصخر والمخفض ، ويتم اختيار الشاردة X حسب نوع الغضار الموجود ضمن الطبقة بحيث لا يحدث تبادل شاردي بين الغضار والمخفض وبالتالي عدم ترسب المخفض وضياعه ضمن الطبقة .

يجب أن يكون عدد ذرات الكربون ضمن السلسلة الهيدروكربونية للمخفض الذي تم اختياره لا يقل عن (8) ذرات لأنه بنقصان هذا العدد عن ذلك يزداد سعر

المخفض ويمكن أن يمتز على الصخر .أما عندما يكون عدد الذرات أكثر من (8) فإن المخفض يمكن أن يغطي مساحة أكبر على سطح الصخر وبالتالي نحتاج كمية أقل منه ولكن في هذه الحالة يمكن أن يحصل ترسيب المخفض ضمن الطبقة بشكل أكبر.فالاختيار الصحيح لعدد ذرات الكربون هو الذي يحقق الناحية الاقتصادية وبحيث يغطي المخفض أكبر مساحة ممكنة على سطح الصخر ويتم امتزازه بالحدود الدنيا على الصخر بالإضافة إلى عدم تشكيل رواسب داخل الطبقة .[6]

يعتمد مبدأ إضافة مخفضات التوتر السطحي على تخفيض قيم التوتر السطحي للسائل المزيح للنظام التي يمكن أن تصل قيمها إلى 10^{-3}dyn/cm عن طريق تشكيل طبقة بين الصخر والنفط المرتبط به وهذا يؤدي إلى إضعاف الترابط بين الصخر والنفط وتسهيل حركة النفط باتجاه قعر البئر وبالتالي زيادة عامل الازاحة من الطبقة .

1-4- أنواع مخفضات التوتر السطحي :

تقسم مخفضات التوتر السطحي بحسب انحلاليتها في الماء إلى أيونية وغير أيونية .وهي تصنف ضمن أربع مجموعات هي : مخفضات التوتر السطحي الأيونية ، مخفضات التوتر السطحي الكاتيونية ، مخفضات التوتر السطحي المذبذبة ، مخفضات التوتر السطحي غير المتأينة .[1]

1-5- انحلالية مخفضات التوتر السطحي :عندما تنحل المخفضات في الماء فان الجزيئات تتراكم على سطح التلامس (ماء-هواء) كطبقة أحادية حيث يبقى الجزء المحب للماء فقط في حالة تلامس مع المذيب ويقلل الامتزاز من الطاقة الحرة التي تعمل على زيادة تفاعلات المخفض مع الماء ويقود إلى جعله غير قابل للذوبان في الماء . تؤدي الطبقة الأحادية المتشكلة إلى جعل التوتر السطحي

أخفض بالعلاقة مع زيادة تركيز المخفض . عندما يصل الامتزاز لحد الإشباع ودرجة الحرارة عالية بشك كاف (نقطة كرافت) فإن الجزيئات البسيطة تتجمع إلى جزيئات كروية وذلك عند تركيز للمخفض يسمى التركيز المذيلي الحدي .[2]

1-6- الإزاحة بمخفضات التوتر السطحي :

يوجد على الأقل أربع مناطق متميزة للجريان اللامتزاجي في أثناء الإزاحة النموذجية للنفط بواسطة مخفضات التوتر السطحي في الوسط المسامي وهذه المناطق هي :

1- المنطقة الأولى : الجريان الثنائي الطور للنفط والماء عند الشروط البدائية وهذه المنطقة غالباً ما تكون أقرب إلى درجة تشبع بالنفط المتبقي .
2- المنطقة الثانية : يفترض استقرار إزاحة النفط بمحاليل مخفضات التوتر السطحي عندئذ تتشكل منطقة الجريان النفطي عند تشبع بالنفط أعلى من الشروط البدائية وتسمى بمنطقة جريان النفط .
3- المنطقة الثالثة : تتميز بجريان ثنائي أو ثلاثي الطور من النفط والمياه المعالجة والمستحلبات حسب سلوكية الأطوار والجريان النسبي لها وبهذه المنطقة يصبح التوتر السطحي منخفضاً .
4- المنطقة الرابعة : وتتميز بجريان طور أحادي مؤلف من محاليل بوليميرية ،ويصبح التوتر السطحي مرتفعاً في هذه المنطقة .[3]

تتأثر المناطق السابقة الذكر بالنفوذية النسبية للأطوار إضافة إلى التأثير البتروغرافي الذي يؤثر على النفوذية النسبية للماء والنفط في الوسط المسامي. تؤثر قوتان رئيستان على النفط المتبقي هما : القوى الشعرية وقوى اللزوجة والتي تعرف بما يسمى العدد الشعري الذي يعطى بالعلاقة التالية : .[4]

$$Nc = \frac{\mu \times v}{\sigma}$$

حيث أن : μ : لزوجة سائل الإزاحة ,Cp .v : سرعة سائل الإزاحة داخل القنوات المبللة بالنفط m/s.

σ : التوتر السطحي على سطح التماس mN/m.

تزداد النفوذية النسبية للأطوار مع زيادة العدد الشعري حيث يتناقص التشبع بالنفط المتبقي إلى أدنى حد عند الأعداد الشعرية العالية .

كما أن فعالية الازاحة الميكروسكوبية الناتجة عن استخدام الطرق الثالثية في الانتاج تعتمد على التأثير النسبي لهذه القوى وتعطى هذه الفعالية بالعلاقة التالية:

$$E_m = \frac{1 - S_{or} - S_{wc}}{1 - S_{wc}}$$

حيث أن : S_{or} درجة التشبع بالنفط المتبقي ، S_{wc}درجة التشبع بالمياه المترابطة .

تشير التجارب إلى أن التغيرات في العدد الشعري لها تأثير فعال على التشبع المتبقي من النفط في النظام [5] .يتراوح التوتر السطحي بين النفط والماء بين (20–30 mN /m) عند الظروف العادية للخزان والعدد الشعري حوالي 10^{-6} في الغمر المائي عندئذ تكون قيم كلاً من S_{or} و E_m حوالي (40%) وعندما يزداد العدد الشعري إلى 10^{-2} فإن S_{or} تقترب من الصفر ويصل عامل المردود نظرياً إلى(100%) .تعمل مخفضات التوتر السطحي على تخفيض التوتر السطحي إلى (10^{-3} mN /m) وزيادة العدد الشعري إلى ما فوق(10^{-2}) وهذا يعطي نتيجة جيدة في زيادة عامل المردود النفطي كما ستزداد النفوذية النسبية للأطوار وانخفاض بالتشبع المتبقي من النفط.تشير الدراسات إلى وجود قيمتين حديتين للتوتر السطحي هما(10^{-2}, 3 mN /m)، حيث تؤثر هاتان القيمتان على النفوذية

النسبية وعلى التشبع المتبقي من النفط . يميل التشبع المتبقي من النفط باتجاه الصفر مع تناقص التوتر السطحي إلى أقل من 10^{-2} mN /m ، كما أن منحنيات النفوذية النسبية تصبح أقل انحناءً .أما عندما يصبح التوتر السطحي أكبر من (3 mN /m) فإنه يظهر تأثيراً أقل عليهما . [5]

1-7- النفوذية النسبية :

النفوذية النسبية بالتعريف فيزيائياً هي نسبة جريان طور معين لدى جريان عدة أطوار داخل الصخر، ورياضياً هي نسبة النفوذية الفعالة إلى النفوذية المطلقة . وأظهرت الدراسات أن النفوذية الفعالة والنفوذية النسبية لعدة مواد لها علاقة كبيرة بدرجة تشبع الفراغات المسامية بالماء وبالصفات الفيزيائية والكيميائية للسوائل والوسط المسامي .يتم تمثيل نتائج جريان النفط والماء أو الغاز والنفط على شكل منحنيات بيانية ، تتأثر النفوذية الفعالة في حالة جريان النفط والماء بمعدل جريان كل منهما وبالتالي فإن كمية الجريان النسبية لكل منهما تحدد بواسطة نفوذيتهما النسبية . تعطى النفوذية النسبية لكل من الماء والنفط بالعلاقتين التاليتين:

$$K_{ro} = \frac{K_o}{K} \qquad ، \qquad K_{rw} = \frac{K_w}{K}$$

أما إنتاجية كل من الماء والنفط فتعطى بالعلاقتين التاليتين :

$$Q_o = \frac{K_o \times F \times \Delta P}{\mu_o \times L} \qquad Q_w = \frac{K_w \times F \times \Delta P}{\mu_w \times L}$$

وبنسبة إنتاجية الماء إلى إنتاجية النفط وبالاختصار نجد :

$$\frac{Q_w}{Qo} = \frac{K_w}{Ko} \times \frac{\mu_o}{\mu_w}$$

K : النفوذية المطلقة للطبقة باستخدام السائل, m^2. μ_w ، μ_o :لزوجة كل من النفط والماء على الترتيب ,Cp . L : طول الطبقة المدروسة F.m :مساحة سطح الطبقة m^2 . Δp : فرق الضغط اللازم للجريان atm .Q_o, Q_w إنتاجية الطبقة (التدفق) من النفط والماء على الترتيب m^3/s.

تسمى النسبة $\frac{Q_w}{Qo}$: عامل الإنتاجية النسبي .، $\frac{K_w}{\mu_w}$، $\frac{K_o}{\mu_o}$ عامل حركية الماء والنفط على الترتيب .، k_w، k_o النفوذية الفعالة للماء وللنفط على الترتيب mD.

نلاحظ أن نسبة لزوجة النفط إلى لزوجة الماء تؤثر على النفوذية النسبية ويكون هذا التأثير كبيراً في الصخور ذات النفوذية المطلقة المنخفضة بينما يكون ضئيلاً في الصخور ذات النفوذية الكبيرة ، لذلك يجب التأثير على الطبقة بحيث تزيد من حركية النفط بالنسبة إلى حركية الماء وتخفض من التصاق النفط بجدران القنوات المسامية ومقاومة الوسط المسامي للجريان عندها فإن النفوذية النسبية للنفط بهذا الوسط المسامي ستزداد نتيجة ازدياد النفوذية الفعالة للنفط . [7]

1-8- القسم العملي :

يتضمن القسم العملي الأعمال التالية :

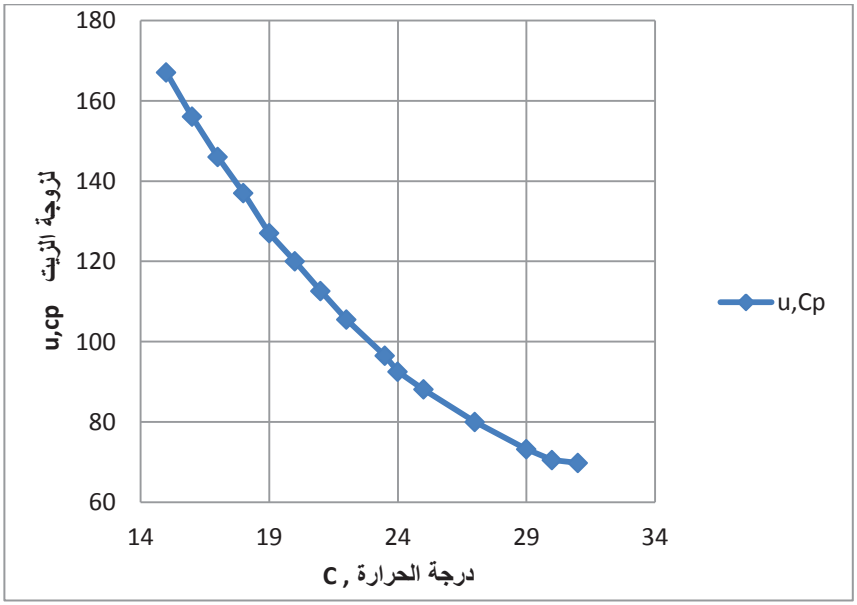
1- غسل العينات الاسطوانية بجهاز ساكس ليت من أجل استخلاص السوائل والشوائب الموجودة فيها ومن ثم تجفيفها .
2- قياس أبعاد هذه العينات .
3- قياس المسامية بطريقة كوب بواسطة جهاز قياس المسامية باستخدام الزئبق والنفوذية المطلقة بالغاز بجهاز قياس النفوذية المطلقة باستخدام الغاز .

4- إشباعها بالمياه العادية والمياه المعالجة بمخفضات التوتر السطحي وتحديد كمية المياه المترابطة لكل منهما بالطريقة الوزنية باستخدام جهاز قياس الضغط الشعري لعدة عينات .

5- غسل العينات وإشباعها بالزيت وقياس نفوذيتها المطلقة بالزيت بجهاز قياس النفوذية المطلقة باستخدام السائل . وكانت نتائج القياسات موضحة في الجدول (1) .

6- تحديد لزوجة الزيت بالعلاقة مع درجات الحرارة كما هو موضح في الشكل (1) .

7- إجراء قياسات النفوذية النسبية (ماء–زيت) بالمياه العادية والمياه المعالجة بمخفضات التوتر السطحي بجهاز قياس النفوذية النسبية وحساباتها. [8]



الشكل (1) لزوجة الزيت بالعلاقة مع درجات الحرارة

الجدول(1) يوضح خواص ونتائج القياسات للعينات المدروسة

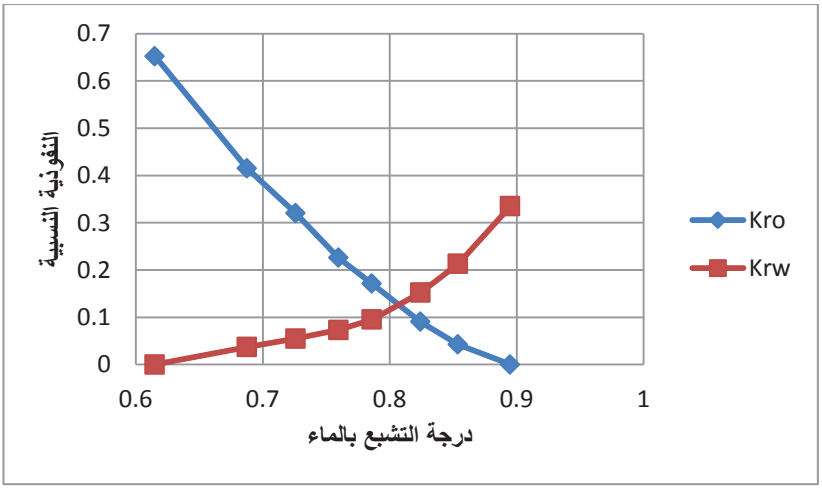
العينة / المواصفات	العينة (1)	العينة (2)	العينة (3)	العينة (4)	العينة (5)
حجم الفراغات المسامية, Cm^3	3.5	2.88	2.56	2.76	3.789
طول العينة,Cm	3.445	3.055	2.825	2.775	3.325
قطر العينة,Cm	2.38	2.35	2.46	2.46	2.46
لزوجة النفط ,Cp	96.45	109.05	112.6	105.5	104.7
لزوجة الماء ,Cp	0.925	0.9695	0.981	0.9579	0.9469
المسامية، %	21.373	21.722	19.297	21.094	24.861
النفوذية المطلقة بالغاز,md	25.867	220.1	12.076	170.148	125.847
النفوذية المطلقة بالسائل,md	17.76	151.14	8.29	111.563	86.42
ضغط الازاحة ,bar	2.127	0.4255	3.9	0.461	0.4964
كمية المياه المترابطة قبل إضافة المخفض %	0.615	0.08	0.38	0.335	0.315
كمية المياه المترابطة بعد إضافة المخفض %	0.63	0.60	0.58	0.36	0.68
درجة الحرارة,C	23.5	21.5	21	22	22.5

نتائج قياسات النفوذية النسبية قبل إضافة مخفض التوتر السطحي :

نتائج العينة (1): يوضح الجدول (2) النفوذية النسبية لكل من الزيت والماء مع درجة التشبع بالماء. كما يوضح الشكل (2) منحني النفوذية للعينة(1) .

الجدول(2)النفوذية النسبية لكل من الزيت والماء مع درجة التشبع بالماء للعينة(1)

K_{rw}	K_{ro}	S_{wf}
0	0.652	0.615
0.037	0.415	0.6875
0.055	0.32	0.726
0.073	0.226	0.7597
0.0953	0.171	0.786
0.152	0.0904	0.8242
0.213	0.0422	0.8539
0.335	0	0.895

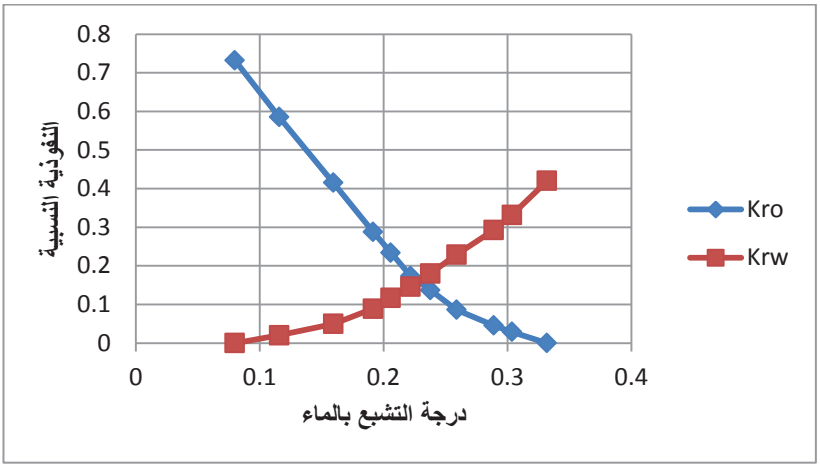


الشكل (2) منحني النفوذية للعينة(1) قبل إضافة مخفض التوتر السطحي

نتائج العينة (2):يوضح الجدول (3) النفوذية النسبية لكل من الزيت والماء مع درجة التشبع بالماء بنتيجة الحسابات المتعلقة بالنفوذية النسبية . كما يوضح الشكل (3) منحني النفوذية للعينة(2) قبل إضافة مخفض التوتر السطحي .

الجدول (3) النفوذية النسبية لكل من الزيت والماء مع درجة التشبع بالماء

Krw	Kro	Swf
0	0.732	0.08
0.02	0.585	0.1158
0.0497	0.415	0.1594
0.08889	0.288	0.1915
0.117	0.234	0.2058
0.146	0.173	0.2218
0.18	0.137	0.2378
0.229	0.0862	0.2589
0.293	0.0455	0.289
0.332	0.029	0.3037
0.42	0	0.332

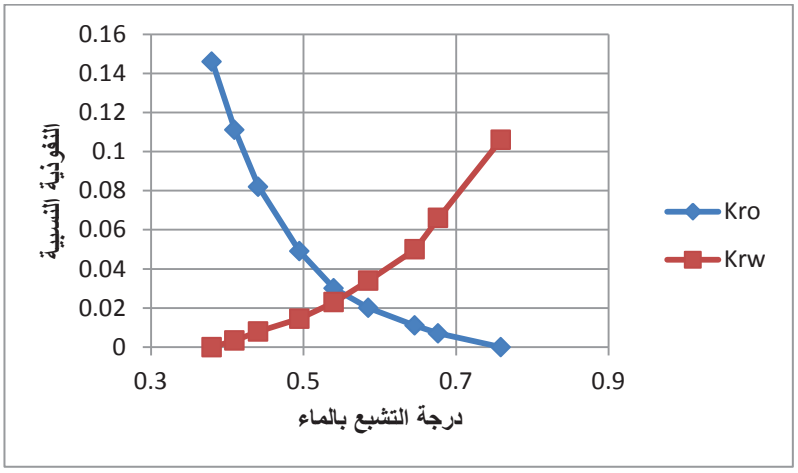


الشكل (3) منحني النفوذية للعينة(2) قبل إضافة مخفض التوتر السطحي .

نتائج العينة (3): يوضح الجدول (4) النفوذية النسبية لكل من الزيت والماء مع درجة التشبع بالماء بنتيجة الحسابات المتعلقة بالنفوذية النسبية . كما يوضح الشكل (4) منحني النفوذية للعينة(3) قبل إضافة مخفض التوتر السطحي .

الجدول (4) النفوذية النسبية لكل من الزيت والماء مع درجة التشبع بالماء

Krw	Kro	Swf
0	0.146	0.38
0.0034	0.111	0.41
0.008	0.082	0.441
0.0145	0.049	0.4949
0.023	0.03	0.54
0.034	0.02	0.5853
0.05	0.011	0.6463
0.066	0.007	0.6769
0.106	0	0.759

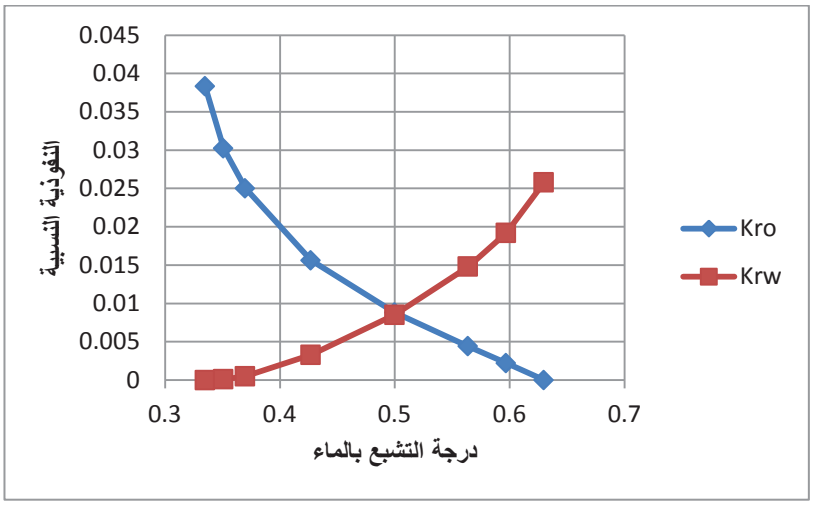


الشكل (4) منحني النفوذية للعينة(3) قبل إضافة مخفض التوتر السطحي

نتائج العينة (4):يوضح الجدول (5) النفوذية النسبية لكل من الزيت والماء مع درجة التشبع بالماء بنتيجة الحسابات المتعلقة بالنفوذية النسبية . كما يوضح الشكل (5) منحني النفوذية للعينة(4) قبل إضافة مخفض التوتر السطحي .

الجدول (5) النفوذية النسبية لكل من الزيت والماء مع درجة التشبع بالماء

Krw	Kro	Swf
0	0.0383	0.335
0.0001	0.0302	0.351
0.0005	0.025	0.37
0.0033	0.0156	0.427
0.0085	0.0088	0.4999
0.0148	0.0044	0.5639
0.0192	0.0022	0.597
0.0258	0	0.63

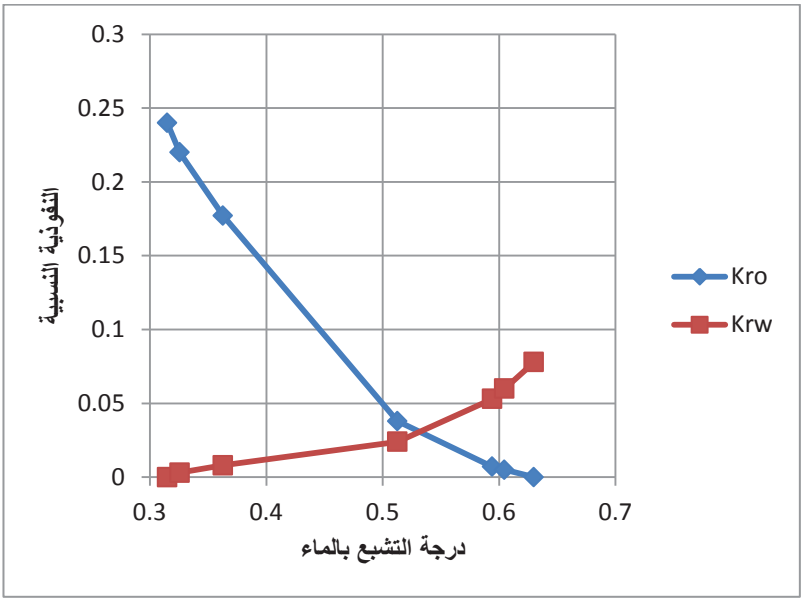


الشكل (5) منحني النفوذية للعينة(4) قبل إضافة مخفض التوتر السطحي

نتائج العينة (5): يوضح الجدول (6) النفوذية النسبية لكل من الزيت والماء مع درجة التشبع بالماء بنتيجة الحسابات المتعلقة بالنفوذية النسبية . كما يوضح الشكل (6) منحني النفوذية للعينة(5) قبل إضافة مخفض التوتر السطحي .

الجدول (6) النفوذية النسبية لكل من الزيت والماء مع درجة التشبع بالماء

Krw	Kro	Swf
0	0.24	0.315
0.003	0.22	0.3256
0.008	0.177	0.363
0.024	0.038	0.51267
0.053	0.007	0.5942
0.06	0.005	0.6047
0.078	0	0.63



الشكل (6) منحني النفوذية للعينة(5) قبل إضافة مخفض التوتر السطحي

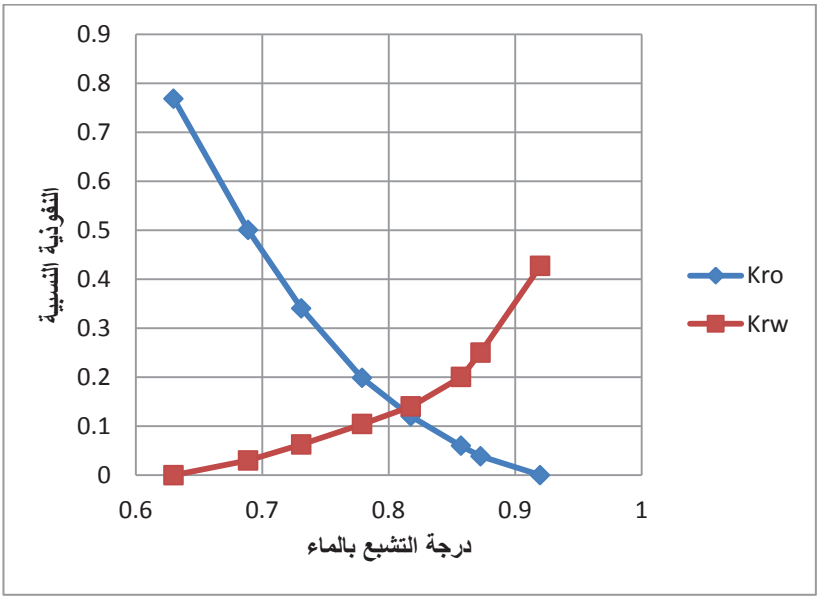
نتائج قياسات النفوذية النسبية بعد إضافة المخفض :

تمت قياسات النفوذية النسبية (ماء– زيت) بعد معالجة المياه بواسطة مخفض التوتر السطحي (Servo 415) بتركيز 0.05% وزناً الذي يعطي أقل توتر سطحي على الحد الفاصل ماء– هواءً .[9].

نتائج العينة (1): يوضح الجدول (7) النفوذية النسبية لكل من الزيت والماء مع درجة التشبع بالماء بنتيجة الحسابات المتعلقة بالنفوذية النسبية . كما يوضح الشكل (7) منحني النفوذية للعينة(1) بعد إضافة مخفض التوتر السطحي .

الجدول (7) النفوذية النسبية لكل من الزيت والماء مع درجة التشبع بالماء

Krw	Kro	Swf
0	0.768	0.63
0.03	0.5	0.6889
0.06257	0.34	0.7311
0.104	0.1982	0.779
0.14	0.12	0.8176
0.2	0.0595	0.8573
0.25	0.0384	0.8728
0.427	0	0.92

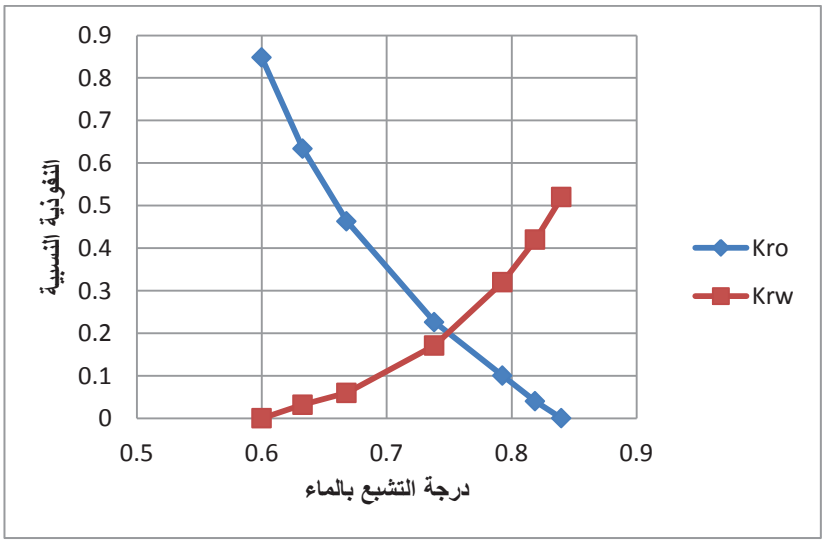


الشكل (7) منحني النفوذية للعينة(1) بعد إضافة مخفض التوتر السطحي

نتائج العينة (2):يوضح الجدول (8) النفوذية النسبية لكل من الزيت والماء مع درجة التشبع بالماء بنتيجة الحسابات المتعلقة بالنفوذية النسبية . كما يوضح الشكل (8) منحني النفوذية للعينة(1) قبل إضافة مخفض التوتر السطحي .

الجدول (8) النفوذية النسبية لكل من الزيت والماء مع درجة التشبع بالماء

Krw	Kro	Swf
0	0.848	0.6
0.0319	0.634	0.6328
0.06	0.463	0.668
0.171	0.226	0.7383
0.32	0.1	0.7929
0.42	0.04	0.819
0.52	0	0.84

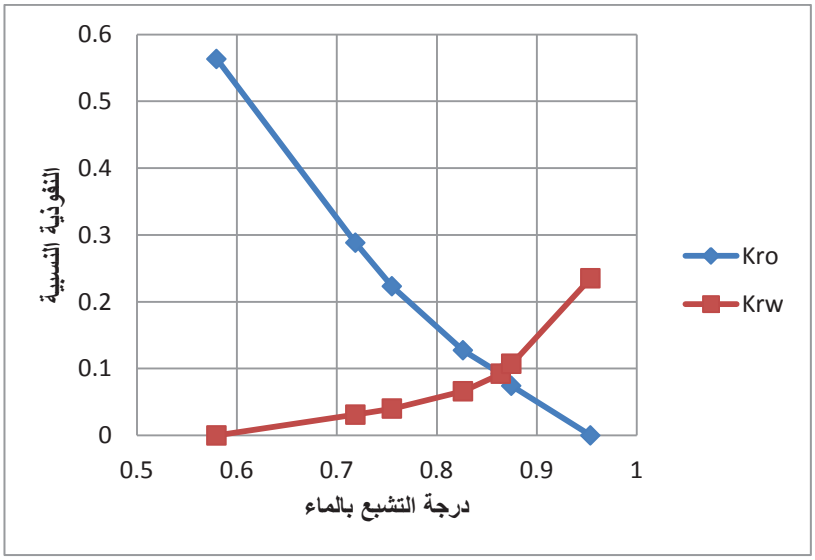


الشكل (7) منحني النفوذية للعينة(2) بعد إضافة مخفض التوتر السطحي

نتائج العينة (3): يوضح الجدول (9) النفوذية النسبية لكل من الزيت والماء مع درجة التشبع بالماء بنتيجة الحسابات المتعلقة بالنفوذية النسبية . كما يوضح الشكل (9) منحني النفوذية للعينة(3) قبل إضافة مخفض التوتر السطحي .

الجدول (9) النفوذية النسبية لكل من الزيت والماء مع درجة التشبع بالماء

Krw	Kro	Swf
0	0.563	0.58
0.031	0.288	0.7188
0.04	0.223	0.7553
0.066	0.127	0.8265
0.092	0.092	0.8643
0.107	0.074	0.8749
0.235	0	0.954

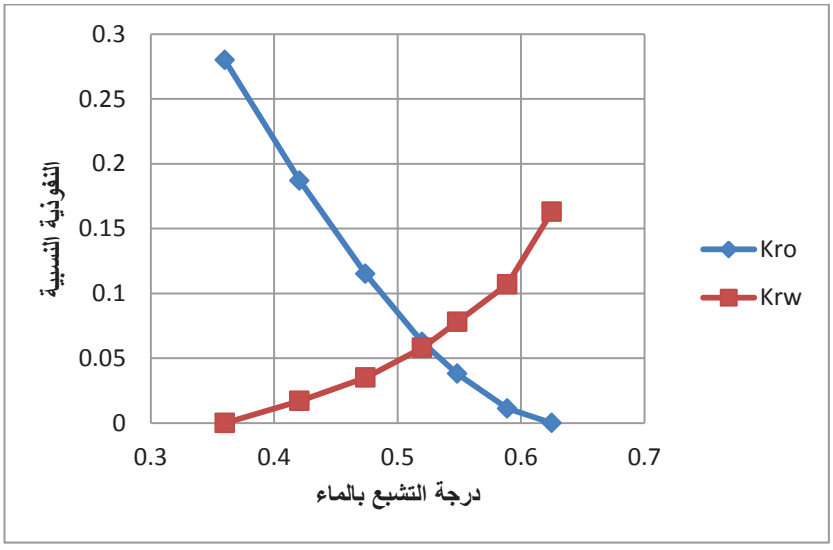


الشكل (9) منحني النفوذية للعينة(3) بعد إضافة مخفض التوتر السطحي

نتائج العينة (4):يوضح الجدول (10) النفوذية النسبية لكل من الزيت والماء مع درجة التشبع بالماء بنتيجة الحسابات المتعلقة بالنفوذية النسبية . كما يوضح الشكل (10) منحني النفوذية للعينة(4) قبل إضافة مخفض التوتر السطحي .

الجدول (10) النفوذية النسبية لكل من الزيت والماء مع درجة التشبع بالماء

Krw	Kro	Swf
0	0.28	0.36
0.017	0.187	0.4206
0.035	0.115	0.474
0.058	0.0624	0.5199
0.078	0.038	0.5484
0.107	0.01119	0.589
0.163	0	0.625

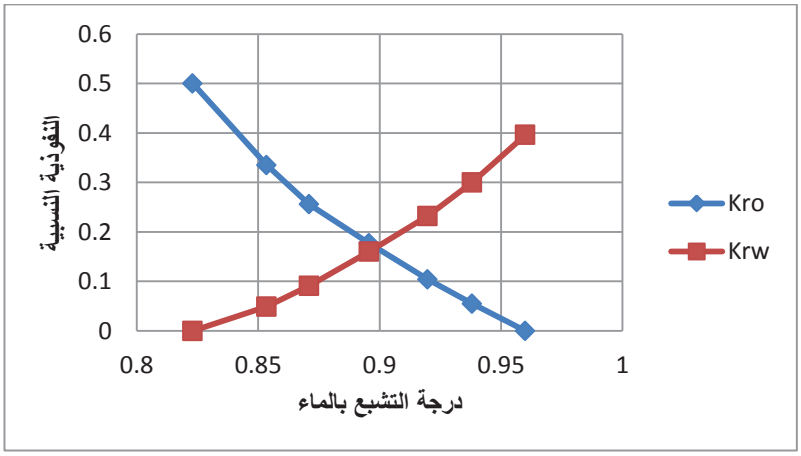


الشكل (10) منحني النفوذية للعينة(4) بعد إضافة مخفض التوتر السطحي

نتائج العينة (5): يوضح الجدول (11) النفوذية النسبية لكل من الزيت والماء مع درجة التشبع بالماء بنتيجة الحسابات المتعلقة بالنفوذية النسبية . كما يوضح الشكل (11) منحني النفوذية للعينة(5) قبل إضافة مخفض التوتر السطحي .

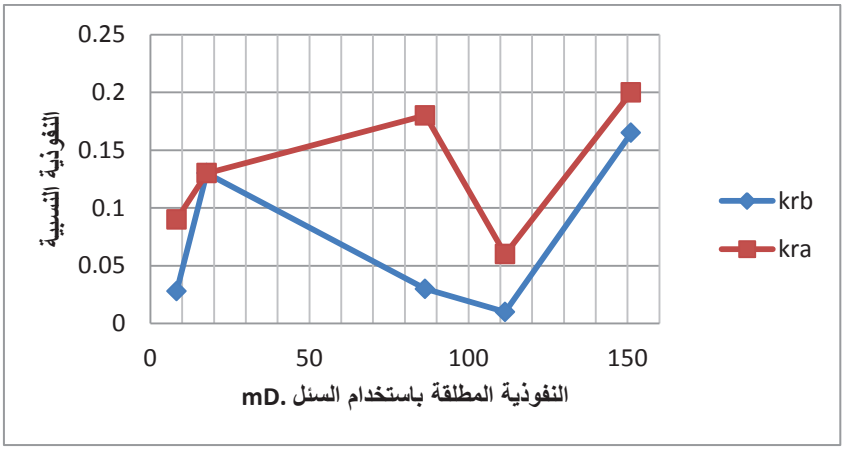
الجدول (11) النفوذية النسبية لكل من الزيت والماء مع درجة التشبع بالماء

Krw	Kro	Swf
0	0.5	0.823
0.049	0.335	0.8535
0.091	0.2557	0.871
0.16	0.177	0.8956
0.232	0.104	0.9198
0.3	0.055	0.9381
0.396	0	0.96



الشكل (11) منحني النفوذية للعينة(5) بعد إضافة مخفض التوتر السطحي

يوضح الشكل (12) منحني النفوذية المطلقة باستخدام السائل بالعلاقة مع النفوذية النسبية قبل (k_{rb}) وبعد(k_{ra}) إضافة مخفض التوتر السطحي لجميع العينات في نقطة التقاطع لمنحنيي النفوذية النسبية للماء والنفط والتي تعني تساوي النفوذية النسبية لكل من الماء والزيت .



الشكل (12) منحني النفوذية المطلقة باستخدام السائل بالعلاقة مع النفوذية النسبية قبل(k_{rb}) وبعد(k_{ra}) إضافة مخفض التوتر السطحي لجميع العينات في نقطة التقاطع .

النتائج والمقترحات:

1- من خلال المقارنة للعينات الصخرية الاسطوانية تم التوصل للدور الذي تلعبه مخفضات التوتر السطحي من خلال انزياح منحنيات النفوذية النسبية للماء والزيت نحو اليمين والأعلى بعد إضافة المخفض وهذا يعني زيادة درجة تشبع الصخر الحامل بالماء وزيادة قيمة النفوذية النسبية للماء والزيت بشكل عام .

2- لوحظ أن بعض العينات مثل العينة(1) والعينة(4) يكون تأثرها بإضافة المخفض قليلاً أو معدوماً ويمكن تفسير ذلك بالنسبة للعينة (1) بأن درجة

التشبع بالمياه المترابطة هي بالأساس مرتفعة أي أن الصخر محب للماء وبالتالي فإن تأثير المخفض قليل نسبياً ،أما بالنسبة للعينة (4) فيتعلق ذلك بتركيب وبنية العينة نتيجة احتوائها على شقوق وتكهفات بداخلها.

3- من خلال ملاحظة ازدياد قيم درجة التشبع بالماء بعد إضافة المخفض ونقصان درجة التشبع بالنفط فإنه يمكن القول أن المخفض أدى لتحويل الصخر إلى محب للماء عن طريق تغيير خاصية التبلل .

4- من الشكل (12) يلاحظ أن تساوي النفوذية النسبية لكل من الماء والزيت قد حصل عند درجات تشبع بالماء أكبر فيما لو أضيفت مخفضات التوتر السطحي ولكن قيمة النفوذية النسبية في هذه النقطة كانت أعلى عند إضافة مخفضات التوتر السطحي ، وهذا يعني أن زيادة درجة التشبع بالماء عند هذه النقطة أدى لتحسين في عملية جريان كل من الزيت والماء ، وهذه ميزة ايجابية جداً الأمر الذي يتيح إزاحة أكبر كمية من الزيت من الطبقة في أثناء تحسين استثمار المكامن النفطية .

وبناءً على ذلك نقترح :

1- متابعة الدراسة على ذات العينات باستخدام البوليمرات في تحسين عملية الازاحة وذلك بالحقن المشترك مع مخفضات التوتر السطحي من أجل دراسة التأثير المشترك والمتبادل .

2- دراسة أنواع مختلفة من مخفضات التوتر السطحي على منحنيات النفوذية النسبية لعينات مختلفة من طبيعة مختلفة (رملية – كربوناتية) لاختيار المخفض الذي يحقق أفضل نتائج للصخر المدروس بحيث يكون اقتصادي ومتوفر .

3- توفير جهاز تصوير شعاعي للعينات المدروسة وذلك لمعرفة السلوك الشاذ لبعض العينات والذي يتعلق ببنية وتركيب العينة .

المراجع العلمية

1-Bavi-ere .M.,Bazin,. B& labnd ,.J., Chemical Stability of Surfactants for micellar flooding under Noth-Sea conditions in Stitu . 13(13) (1989 .101-20) .

2-Harwell,J. H., surfactant adsorption and chromatographic movement with application of surfactant in enhanced oil recovery . PhD dissertation, university of Texas ,. Austin, USA,1983.

3-Delshad . M. Dels had . M.
Pope .G.A .Lake .L .W. Two- and Three-Phase Permeabilities of micellar Fluids . SPE Formation.2(3)(1987)327-37.

4-Melrose ,J.C. and Brandner ,C.F.,1974.Role of capillary forces indtermining microscopic displacement efficiency for oil recovery by waterflooding ,J. Cdn .Pet. Tech.Oct.-Dec.,54-62.

5-Fulcher R.A. ,Ertekin T. ,and Stahl C.D.,1985.Effect of capillary number and its constituents on two-phase relative permeability curves ,petrol. Teahnoal .,249-260.

6 - د. الشيخ حمود، أحمد- هندسة إنتاج النفط والغاز (3) 1997.

7- د عبد الأحد، جورج- فيزياء الطبقة النفطية والغازية (1) 2005 .

8- د عبد الأحد، جورج،. د .نوفل ،عماد- فيزياء الطبقة النفطية والغازية (1) القسم العملي .1997

9- م. سعيد ،أحمد، دراسة الطرق الثانوية لزيادة عامل المردود النفطي لطبقة الماسيف في حقل السويدية 2002 (رسالة ماجستير).