# دراسة تأثير حقن العامل القلوي Na OH على عامل الإزاحة في حقل السويدية

# The Studying of effect Alkaline(NaOH) on displacement factor in AL Swaydia field

الدكتور المهندس أحمد سعيد كلية الهندسة الكيميائية والبترولية قسم الهندسة البترولية .

**الملخص**

لقد أثبت عملياً أن عامل المردود النفطي لبعض المكامن النفطية الكربونية لا يتعدى (30%) لذلك من الضروري البحث عن طرق أخرى تمكن من استثمار هذه المكامن بأعلى مردود ممكن .يستخدم حالياً في حقل السويدية حقن المياه خلف منطقة تماس بهدف المحافظة على الضغط الطبقي إلا أن هذه الطريقة لم تعطِ زيادة ملحوظة في عامل المردود البالغ حالياً (28%) فقط لذلك اختيرت إحدى الطرق الثالثية المستخدمة في عمليات تحسين استعادة النفط( الاستثمار المدعم للنفط EOR) وهي استخدام العامل القلوي NaOH في عمليات الإزاحة لهذه الدراسة .

من أجل ذلك تم تحضير نفط مشابه للنفط الطبقي من حيث اللزوجة والكثافة بإضافة الكيروسين بنسب مختلفة إلى النفط المفصول من إحدى محطات التجميع في الحقل وأجريت عمليات الإزاحة على العينات المشبعة بالنفط المحضر بواسطة العامل القويNaOH بنسب مختلفة منه .

كلمات مفتاحية :عامل المردود، الاستثمار المدعم للنفط ، الإزاحة ، الحقن ، العامل القلوي.

**Summary**

It was proved practically that the factor of oil recovery of some carbon reservoirs oil doesn't exceed 30% , so it is necessary to search for other methods which enable to invest these reservoirs at high recovery factor .Now in Swaydia field, water injection is used behind the contact zone to keep the layer pressure, but this method doesn't give a clear increasing to the recovery factor that reaches now ( 28%) only. For this, $co_2$ injection process was chosen as one of thirdly methods which is used in enhanced oil recovery (EOR) processes that is : using Alkaline(NaOH) in displacement processes of this study. For this , another oil that was similar to layer oil in viscosity and density was prepared in laboratory by adding kerosene in different ratios to the oil separated from one of field collecting stations . Displacement processes were done on the Samples that was saturated by oil prepared by Alkaline(NaOH) in different ratios .

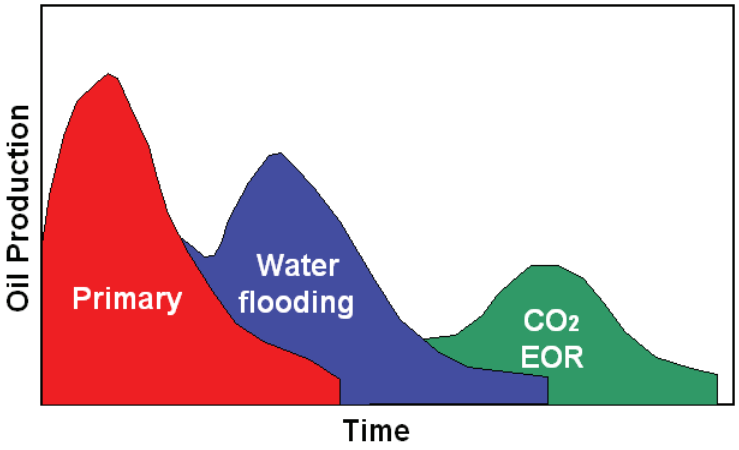
Key words: recovery factor, enhanced oil recovery (EOR), Displacement, injection, Alkaline.

**أولاً القسم النظري:**

يشمل القسم النظري تعريف بسيط لطرائق إنتاج النفط وشرح مفصل عن طريقة استخدام العامل القلوي في عمليات الإزاحة كمقدمة للبحث ومشكلة البحث وأهدافه ووضع طريقة تعالج هذه المشكلة بحيث تحقق الهدف المنشود من هذا البحث .

1-1- طرائق إنتاج النفط:

تقسم عادة طرائق إنتاج النفط إلى ثلاث مجموعات اعتماداً على الزمن الذي تطبق فيه على الحقول النفطية وهي :الإنتاج الأولي للنفط – الإنتاج الثانوي للنفط – الإنتاج الثالثي للنفط. يمثل الشكل(1): الطرق المختلفة لإنتاج النفط .




الشكل(1): يمثل الطرق المختلفة لإنتاج النفط بالعلاقة مع زمن تطبيق كل منها خلال حياة المكمن .[1]

يمكن تعريف الاستثمار المدعم للنفط : بأنه هو استخلاص كميات إضافية من النفط بعد استخدام طرق الإنتاج الأولي والثانوي التي يبقى بعد استخدامهما كميات كبيرة من النفط

وذلك عبر تعديل القوى الطبيعية في المكمن ويتضمن تطبيق العديد من التقنيات، حيث أنه مع استخدام الاستثمار المدعم للنفط يمكن إنتاج أكثر من 45% من المخزون الأصلي للنفط ويؤدي الاستثمار المدعم للنفط حالياً وبشكل مجدي إلى زيادة استثمار النفط ذي اللزوجة العالية .ومن الطرق التي تستخدم في الاستثمار المدعم للنفط الطرق الكيميائية ومنها استخدام العامل القلوي .

1-2- استخدام العامل القلوي في عمليات الإزاحة :

العامل القلوي هو أحد المواد الكيميائية المستخدمة في الاستثمار المدعم للنفط. يعتمد مبدأ إزاحة النفط بالقلويات على التأثير المتبادل لها مع السوائل المحقونة والسوائل الطبقية والصخور المكمنية الذي يؤدي إلى تغيير المواصفات السطحية للنظام (نفط- مياه طبقية - صخور) حيث تعتمد زيادة عامل المردود بهذه الطريقة على عوامل أساسية هي (انخفاض التوتر السطحي وتشكيل المستحلب وتغيير تبلل الصخر لصالح السائل المحقون) .

1-2-1- انخفاض التوتر السطحي :

لوحظ في أثناء استخدام القلويات في عمليات الإزاحة أن التوتر السطحي بين النفط والماء ينخفض ، وقد فسر ذلك بأن بعض المركبات في النفط تولد مواداً ذات فعالية سطحية عندما تعالج بالقلويات وأهم العوامل المسؤولة عن هذه الفعالة الرقم الحمضي ، الكثافة واللزوجة .[2] ، وتعود الفعالية السطحية إلى محتوى النفط من المركبات الثقيلة التي تشترك في تشكيل بنية الجزيء.

الرقم الحمضي هو عبارة عن كمية هيدروكسيد البوتاسيوم مقدرة بـ (مغ) اللازمة لتعديل (1غ) من النفط ، وقد تبين أن أكثر من (80%) من (160) نوع من النفط يمتلك فعالية سطحية لدى معالجتها بالقلويات عند رقم حمضي وسطي (0.25)ملغ/غ .[3] ،حيث إنه مع زيادة الرقم الحمضي يقل الامتصاص السطحي وبالتالي يمكن استخدام تراكيز

منخفضة من العامل المدروس وتتناقص كلفة الحقن، لكن الرقم الحمضي معيار غير كاف للتنبؤ بتصرف النفط .

يتم تخفيض التوتر السطحي (IFT) عن طريق نقل كتل معقدة من المركبات بين طورين سائلين غير ممتزجين من تفاعلات كيميائية بالعلاقة مع الزمن .ويعتمد هذا التخفيض على عدة مؤشرات مثل PH، نوعية الشوارد ،حيث إن وجود شوارد الكالسيوم ولو بتركيز قليل يخرب قدرة الصودا لتخفيض التوتر السطحي [4]. يمكن وصف التأثير المتبادل بين المادة القلوية والنفط الطبقي على الشكل التالي : تتوزع الحموض العضوية R– CooH الموجودة في النفط عند تماسها مع الطور المائي وفق التوازن التالي :

$$R-CooH_{(o)} \longleftrightarrow R-CooH$$

تتشرد الحموض المنحلة في الطور المائي إلى إيونات بما يتفق مع المعادلة التالية:

$$R-CooH_{(w)}+H_2O \longleftrightarrow H_3O^+ + R-Coo^-_{(w)}$$

وبتشكل إيونات من $H_3O^+$ ومركبات نشيطة من $R-Coo^-(w)$ تؤدي إضافة المادة القلوية إلى الطور المائي إلى انخفاض قيمة $H_3O^+$ وإلى انزياح التوازن باتجاه اليمين ، ويشكل تفاعل إيونات الصوديوم مع $Coo^-(w)$ مع الصابون الصودي RcooNa والذي يتوزع في الطور المائي ، ويتم الامتزاز على الحد الفاصل بين الطورين وينحل بشكل جزئي في الطور النفطي، وهذا يعني تشكل التوازن التالي :

$$RcooNa(w) \longleftrightarrow RcooNa(o)$$

1–2–2– استحلاب النفط : عند تفاعل القلويات مع الحموض العضوية ينخفض التوتر السطحي إلى قيمة تصل إلى أقل من 0.003dyn/Cm ، وبنتيجة ذلك يتشكل نوعان من المستحلبات هما:

1- مستحلب من نوع نفط في الماء : يتشكل هذا المستحلب عندما يكون ذو قطرات لها نفس الحجم او أقل من القطر الوسطي للفراغات المسامية في العينة عندئذ يحدث إنتاج الأطوار المستحلبة ، حيث نلاحظ هذه الآلية عند الرقم الحمضي المنخفض في الأوساط القليلة الملوحة ، ويكون سطح قطرات هذا المستحلب مستقراً بواسطة بلمرة الكتروليتية فعالة السطح تحمل عادة شحنة سلبية في الطبقة الرقيقة لسطح التماس المؤلف من معقدات جزيئية مع مركب النفط المنحل ومركب المحلول المائي المتأين ، ولتشكيل هذا النوع من المستحلبات تفضل المواد الصابونية للمعادن أحادية التكافؤ .

2- مستحلب من نوع ماء في النفط : يتشكل هذا النوع من المستحلبات من المواد الصابونية للشوارد المتعددة التكافؤ ، كما أنه يتشكل بإضافة أملاح المعادن الثنائية التكافؤ إلى المستحلب من النوع نفط في الماء . كما أنه يمكن أن يتشكل هذا المستحلب عندما يكون حجم القطرة الوسطي للطور المستحلب أكبر الحجم الوسطي للفراغات المسامية الضيقة في العينة، حيث تظهر هذه الآلية عند أنواع النفط ذوات الرقم الحمضي الوسطي،ويتم تحسين استخراج النفط من خلال تقليل حركية الطور المائي . يؤدي المستحلب إلى تخفيض النفوذية النسبية للطور المائي كنتيجة مناسبة لضبط الجريانات وانتفاخ الطور النفطي المتبقي ، حيث يقود التحام المستحلب النفطي إلى تشبع أعلى للنفط وتتشكل لاحقاً ضفة للنفط مؤدية إلى زيادة النفوذية النسبية للنفط .وقد بينت التجارب أن فعالية استخراج النفط عند استخراج الهيدروكسيدات ثنائية التكافؤ $Ba(OH)_2$ ،$Ca(OH)_2$ هي أعلى منها عند استخدام ت الهيدروكسيدات أحادية التكافؤ .[2]

1-2-3- تغير تبلل الصخر: تعتمد فاعلية استخراج النفط لدى إزاحته بالماء على قابلية تبلل الصخر بالماء ، حيث أنه وبتغيير قابلية التبلل إنتاجية النفط الذي يمكن الحصول عليه من المكامن التي تكون مبللة بالنفط طبيعياً بسبب امتزاز المواد ذات الفعالية السطحية الطبيعية ، ويظهر هنا تأثير الشحنات الكهربائية على الخواص التبللية للنفط ، حيث تعتمد قابلية التبلل الموضعي على التوزع النهائي للنفط والماء على سطح الصخر ، وتعتبر ثباتية الغشاء المائي بين النفط والصخر عاملاً رئيساً في قابلية التبلل المحددة ، فإذا كان الغشاء غير ثابت فإن المركبات القطبية من النفط سوف تمتد على سطح

الصخر ، وتحدث قابلية التبلل للنفط . يعتمد وجود الأغشية المائية الثابتة على المقاومات التي تحصل بين الشحنات السطحية السالبة على سطح التماس صخر ماء– ماء نفط ، حيث ينتج التصاق على سطح الصخر يعود إلى قوى فاندرفالس وتشير النتائج إلى الالتصاق يتعلق بـ PH وقوة الشاردة ، وتبين أنه عند PH القلوية والمحتوى القليل من الملح فإنه لا يحدث التصاق للنفط ، وهذا يشير إلى أن النظام هو تبلل مائي .تشير الدراسات أن زاوية التبلل تتعلق بتركيز القلويات في المحلول وبوجود الأملاح ثنائية التكافؤ ، حيث تتناقص زاوية التبلل مع زيادة التركيز نتيجة تحطم الغشاء الممتز الكاره للماء والمتشكل عند تماس النفط والصخر. فالقلويات تعمل على تعديل انحلالية النفط وتغيير خاصية التصلب للمسامات الحاوية عليه ، فهي ترفع قلوية المياه المحقونة معها وتتفاعل مع المركبات الحمضية الموجودة في النفط لتكون بدورها منشطاً سطحياً يعمل على خفض التوتر السطحي بين الماء والنفط وتسبب انحلال الأغشية بين النفط والماء وبالتالي رفع قابلية النفط على الحركة .

1–2– 4– تطبيقات العامل القلوي : استخدمت القلويات في كثير من الاختبارات بتراكيز تراوحت بين( 0.2–5%) وزناً، وبعوامل PH عالية مثل الصودا الكاوية وأورتوسيليكات الصوديوم ، يجعل الماء المحلول القلوي طرياً إما بمبادلة الشوارد العاملة أو بترسيب الشوارد الثنائية عن طريق القلويات المضافة ، ولكن عند القيم العالية من PH فإن سيليكات الصوديوم وهيدروكسيد الصوديوم تستهلك في المكمن من خلال تفاعلها مع معادن الصخر ، وهذا يتطلب تراكيز عالية نسبياً لنشر جبهة المحلول القلوي بعدل مقبول ، ولكن يتم التغلب على هذه المشكلة باستخدام القلويات في مزيج مع مخفضات التوتر السطحي والبوليميرات بحيث تتم المحافظة على وضعية هذا النظام اعتماداً على مؤشرات التشغيل مثل الحرارة ، منرالوجية الصخور، تركيب النفط، تركيب المياه ، وكذلك ثمن هذه المواد .

تعتمد فعالية غمر المخفضات والقلويات على انتشارهما في وقت واحد وحدوث تفاعلات بينهما وبين النفط الموجود ، حيث تكون السيطرة على الحركة مهمة أولاً في كل هذه العمليات وخصوصاً إذا كان النفط لزجاً.وتحسن إضافة البوليميرات ليس فعالية الإزاحة

من خلال الفراغات المسامية الكبيرة ، ولكن أيضاً فعالية الإزاحة المكروية بسبب زيادة العدد الشعري . ومن الأمور الواجب أخذها بالاعتبار عند حقن المواد القلوية:

1- حقنها داخل المجال النفطي.

2- احتواء الطبقة على كمية قليلة من الغضار.

3- درجة حرارة الطبقة لا تؤدي إلى فقدان الخاصية الإزاحية للمحلول القلوي.

4- يجب ألا تزيد قساوة المياه المحضر منها المحلول عن 4 ميلي غرام مكافئ /ليتر وذلك لتجنب الضياع في المادة القلوية.

5- لزوجة النفط حتى 100 cp.

**1-2-5- أنواع القلويات المستخدمة في الاستثمار المدعم للنفط :**

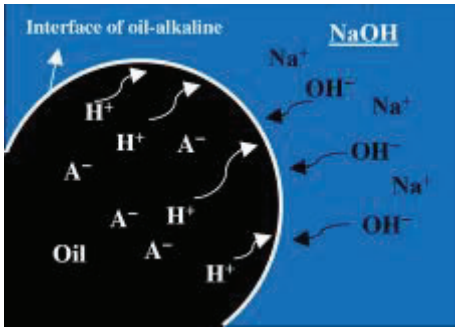
يبين الجدول (1) أهم أنواع القلويات المستخدمة في الاستثمار المدعم للنفط وبعض خواصها :[5]

أهم أنواع القلويات المستخدمة في الاستثمار المدعم للنفط وبعض خواصها

| المركب | الصيغة الكيميائية | الوزن الجزيئي | قابلية الذوبان في الماء البارد $g/cm^3$ | قابلية الذوبان في الماء الحار $g/cm^3$ |
|---|---|---|---|---|
| هيدروكسيد الصوديوم | NaOH | 40 | 42 | 347 |
| كربونات اصوديوم | $Na_2CO3$ | 106 | 7.1 | 45.5 |
| أورثو سيليكات الصوديوم | $Na_4SiO4$ | 184 | 15 | 56 |

### 1-3- طرق الحقن باستخدام المحاليل القلوية المختلفة:[6]

1- استخدام محاليل (NaOH): يقترح استخدامه لإزاحة النفط عالي الفعالية ، حيث يحضر محلول NaOH بالماء العذب ويتعلق حجم المادة المحقونة بتجانس الطبقة، ففي الطبقات المتجانسة تحقن دفعة من المحلول بحجم (10-15%) من حجم الفراغات المسامية ، أما في الطبقات غير المتجانسة تحقن دفعة من المحلول بحجم (15-20%) منها.ويعتبر حقن NaOH هو الأكثر شيوعاً والأرخص والذي يستخدم لاستخلاص ثنائي بروم الفينيل ، وكما ذكرنا سابقاً فإنه يتفاعل مع الحمض الموجود في النفط الخام ( ويسمى أحياناً الحمض الزائف HA ) وينتج ملح الصوديوم للحمض العضوي Na A على السطح الفاصل بين المرحلتين الزيتية والمائية وبمعنى آخر يتم إنتاج مخفض التوتر السطحي في ذلك الموقع لتقليل التوتر السطحي للنظام حسب الشكل (2) ويفضل تطبيق هذه الطريقة في النفوط العالية اللزوجة حيث ترتفع درجة الحموضة .[7]




الشكل (2) آلية تخفيض التوتر السطحي بين النفط و العامل القلوي NaOH

بواسطة المخفض الأيوني

2- استخدام محاليل (NaOH) مع NaCL: يقترح استخدام هذه الطريقة لإزاحة النفط عالي الفعالية ، حيث أن إضافة NaCL تخفض التركيز الأدنى لـ NaOH الضروري للوصول إلى التوتر بين السطحي المطلوب ، حيث أن وجود كلور الصوديم في الماء

بنسبة (2.2mg/l) يمكن أن يخفض التركيز المذيلي الحدي(CMC) لـ NaOH بمقدار (10) مرات وبالتالي تقل الكلفة الاقتصادية للعملية .

3- استخدام محاليل (NaOH) مع سليكات الصوديوم :تهدف هذه الطريقة إلى تفعيل عملية تشكل الاستحلاب على جبهة الإزاحة وبالتالي زيادة عامل الإحاطة تحت تأثير المستحلب الثابت وما ينتج عنه من زيادة عامل المردود النفطي للطبقة وخاصة غير المتجانسة ويتراوح تركيز سيليكات الصوديوم بالمحلول بحدود (0.5-2%) ، حيث تعمل إضافة السيليكات على تعزيز عملية الحقن القلوي من خلال :

1- تشكيل حاجز عزل وبالتالي الحفاظ على مستوى ثابت من الحموضة العالية وهذا يؤدي لتخفيض التوتر سطحي .

2- تحسين كفاءة المخفض السطحي من خلال إزالة الأيونات القاسية من المحلول الملحي وبالتالي تقليل امتصاص المخفض على سطح الصخر .

كما أن الرغبة في تشكيل مستحلب بهدف تغيير قابلية التبلل عند استخدام هذه الطريقة يتم بآليتين :

أ- تشكيل مستحلب متحرك ومحجوز أسفل المجال المنتج بحيث يعزل المسام ويؤدي لتغيير التدفق ويزيد من كفاءة الاجتياح .

ب- تشكيل مستحلب متحرك يحمل قطرات النفط إلى مواقع الإنتاج .

تؤثر تغيرات خاصية التبلل التي تحدث مع استخدام القلويات على خاصية النفوذية النسبية والتي تؤثر بدورها على النسبة الحركية وكفاءة الاجتياح .

4- الإزاحة باستعمال المحاليل القلوية مع البوليميرات: تؤدي إضافة البوليميرات لتخفيض النسبة الحركية وهذا يحسن من فاعلية الإزاحة نتيجة انتظام جبهة الإزاحة من خلال تقليل حدوث الأصابع اللزجة ، كما أن قيمة الـ PH المرتفعة تخفض من معدل امتزاز البوليمير على سطح الصخر .

**5**- الإزاحة باستعمال المحاليل القلوية مع مخفضات التوتر السطحي يؤدي التأثير المشترك لهما إلى تخفيض التوتر السطحي بين الأطوار على حدود المحلول المائي مع النفط ضعيف الفعالية ،كما أن وجود المخفضات يؤدي إلى تخفيض تركيز القلويات اللازم

**6**- استعمال المحاليل القلوية مع مخفضات التوتر السطحي والبوليميرات ، حيث نحصل على الطريق الكيمائية (ASP): يؤدي التأثير المشترك بينها لتخفض التوتر السطحي بين الماء والنفط مما يؤدي لانخفاض التشبع المتبقي من النفط من جهة وتشكيل مستحلب وتحسين النسبة الحركية للنفط على حساب حركية المستحلب .[8]

**ثانيا القسم العملي :**

**<u>1-4- لمحة موجزة عن حقل السويدية</u> :** يقع حقل السويدية في الجزء الشمالي الشرقي من الجمهورية العربية السورية ، وعلى بعد(70) كم من مدينة القامشلي شرقاً ، وهو عبارة عن محدب متطاول يمتد محوره باتجاه شمال غرب- جنوب شرق ،أدخل بالإنتاج عام 1968،تعتبر تشكلية الماسيف الطبقة الخازنة له والتي تعود للكريتاسي وهي عبارة عن صخور كربوناتية (كلسية ودولوميتية) من النوع المسامي –المتشقق والمتكهف وقسمت إلى ثلاثة نطاقات A,B,C تتغير مسامية النطاق A بين (11.3-26.7%) ونفوذيته بحدود (34.8 mD) ،أما مسامية النطاقين B,C فتتغير بين (8.2-12.9%) ونفوذية النطاق B بحدود 9.5mD ونفوذية النطاق C بحدود 9.3mD . وتتميز الطبقة المنتجة بعدم التجانس من حيث المواصفات الخزنية ويتركز الاحتياطي الأساسي في الصخور المسامية التي تتناوب مع طبقات من صخور ذات مسامية منخفضة ومتغيرة السماكة

ويتمايز الجزءان الغربي والشرقي بشكل كبير من حيث سماكة الطبقات المنتجة في مقطع الآبار ومن حيث الاحتياطي النفطي ، كما أن حجم الصخور المسامية في الجزء الشرقي هي أقل منه في الجزء الغربي . ويوجد أكبر انتشار للصخر الخازن للنفط في الجزء العلوي من النطاق (A) أما النطاقين (B,C) فإن الصخر يتكون فيهما من طبقات قليلة السماكة ، يعتبر النفط الموجود من النوع المتوسط إلى الثقيل وأهم مواصفات هذا النفط موضحة في الجدول (2).

الجدول (2) مواصفات نفط حقل السويدية

| المواصفات والوحدة | القيمة في الشروط السطحية | القيمة في الشروط الطبقية |
|---|---|---|
| الضغط الطبقي الأولي $Kgf/Cm^2$ | ---------- | 178.1 |
| الضغط الطبقي الحالي $Kgf/Cm^2$ | ---------- | 149.4 |
| ضغط الاشباع $Kgf/Cm^2$ | ---------- | 49 |
| عامل حجم النفط | ---------- | 1.124 |
| كثافة النفط $g/Cm^3$ | 0.928 | 0.85 |
| لزوجة النفط Cp | | 4 |

1-4-1- تحضير النفط بالمواصفات الفيزيائية المشابهة لنفط حقل السويدية:

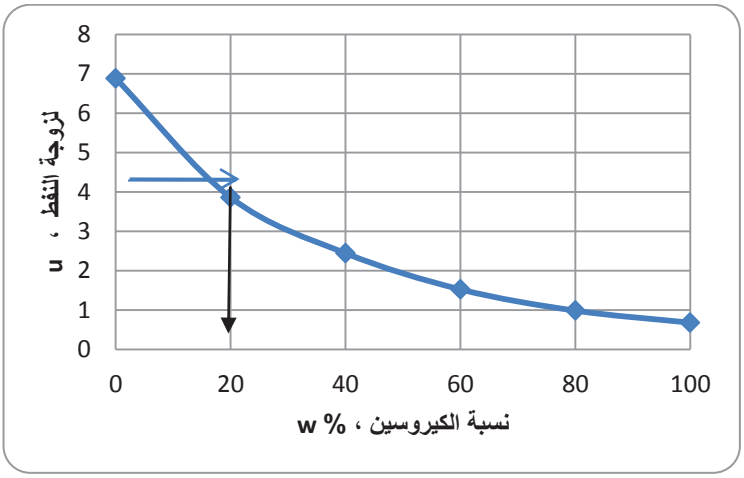
تم في مخبر فيزياء الطبقة في كلية الهندسة الكيميائية والبترولية تحضير النفط بنفس الصفات الفيزيائية للنفط الطبقي لحقل السويدية – طبقة الماسيف، وذلك من حيث اللزوجة والكثافة بطريقة المعايرة الوزنية ، باستخدام الكيروسين لتخفيض لزوجته ، حيث استخدم نفط أخذ من محطة تجميع النفط لحقل السويدية تم أخذ نسب مختلفة من الكيروسين وأضيفت إلى النفط وقيست كل من الكثافة واللزوجة عند درجة حرارة الطبقة

البالغة ( $^{O}C=172.4^{O}F$ 78) حتى تم التوصل إلى الكثافة واللزوجة المناسبتين ، ويوضح الجدول (3) نتائج المعايرة الوزنية لتحضير النفط:

الجدول (3) نتائج المعايرة الوزنية لتحضير النفط

| نسبة الكيروسين % | 0 | 20 | 40 | 60 | 80 | 100 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| لزوجة النفط، cp | 6.8821 | 3.857 | 2.4427 | 1.5244 | 0.9848 | 0.6788 |
| كثافة النفط، $g/cm^3$ | 0,9007 | 0,8778 | 0,8549 | 0,8321 | 0,8092 | 0,7863 |

نتيجة لهذا العمل رسمت العلاقة بين لزوجة النفط المحضر ونسبة الكيروسين بحيث نستطيع تحديد نسبة الكيروسين اللازمة المقابلة للزوجة المطلوبة ، وباعتبار أن لزوجة نفط حقل السويدية – طبقة الماسيف تساوي 4 Cp عند حرارة الطبقة ، لذلك نجد من خلال الشكل (3) أن نسبة الكيروسين هي (18.8 %gr) .




الشكل(3) العلاقة بين نسبة الكيروسين ولزوجة النفط المحضر

1-4-2- تحضير العينات الصخرية : أخذت عينات صخرية من عدة آبار عاملة من حقل السويدية وأجريت عليها القياسات لتحديد صفاتها الفيزيائية في مخبر فيزياء الطبقة في كلية الهندسة الكيميائية والبترولية وكانت النتائج موضحة بالجدول (4) :

الجدول (4) نتائج القياسات المخبرية للصفات الفيزيائية الوسطية للعينات الصخرية

| نوع العينات / الصفات المدروسة | العينات الأفقية | العينات العمودية |
|---|---|---|
| المسامية ،% | 22.72 | 20.58 |
| النفوذية المطلقة باستخدام الغاز ،Md | 23.3 | 16.20 |
| النفوذية المطلقة باستخدام السائل ،mD | 7.807 | 2.8 |
| كمية المياه المترابطة ، % | 23.59 | 47.13 |

1-4-3-نتائج حقن العامل القلوي **NaOH** :

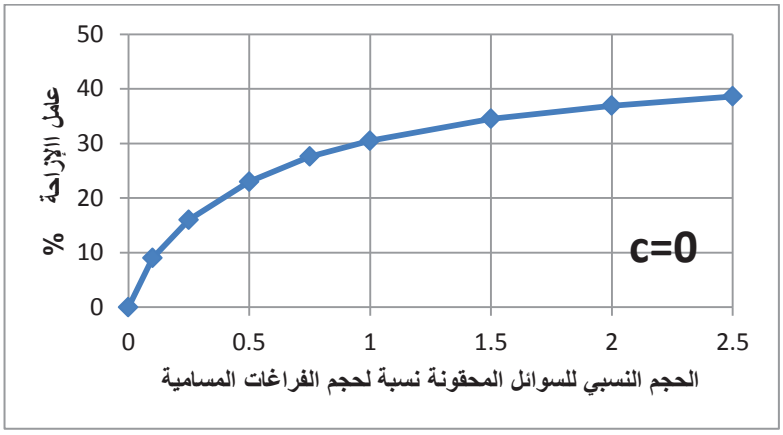
طُبقت إحدى طرق استثمار النفط باستخدام العامل القلوي **NaOH** بتراكز وزنية مختلفة وبنسبٍ مختلفة من حجم الفراغات المسامية، على عينات صخرية حقيقية من حقل السويدية الذي ينتج النفط منه من طبقة الماسيف ، وتمت عمليات الإزاحة على محطة حقن تم تصنيعها محلياً وكان الطول الكلي للعينات 13 Cm ، وقد تم قياس القلوية لهذه المحاليل المحضرة وكانت نتائج القياس والحقن كما هي مبينة في الجدول (5 ) والجدول (6) والأشكال من (4) وحتّى (11) .

الجدول(5) علاقة PH الـ NaOH بالتركيز

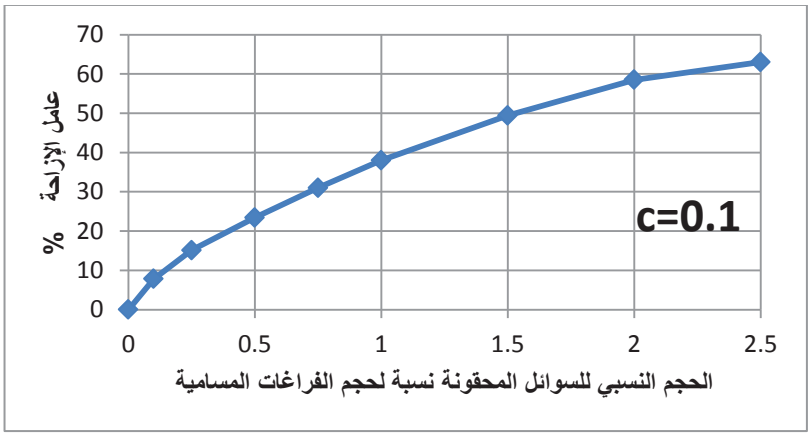
| التركيز % | O.2 | O.3 | O.4 | O.5 | 1 |
|---|---|---|---|---|---|
| Ph | 12.26 | 12.51 | 12.69 | 12.77 | 12.86 |

جدول(6): نتائج حقن المياه المعالجة بـ NaOH

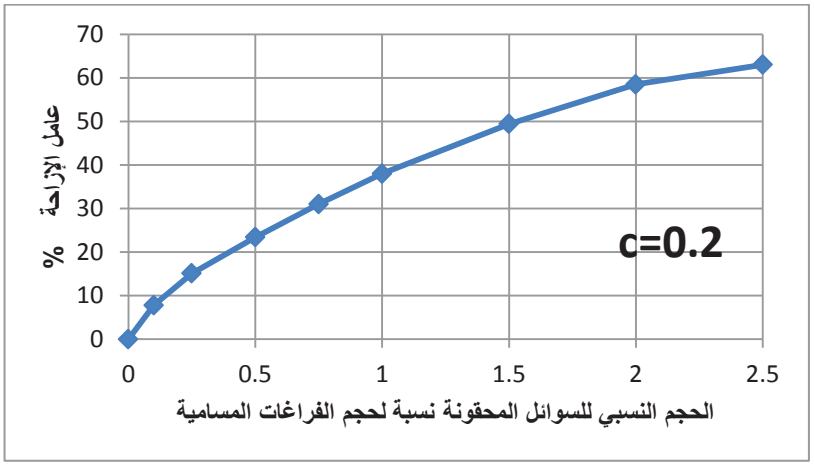
| الحجم النسبي للسوائل المحقونة | عامل الإزاحة عند التراكيز المختلفة لـ NaOH في المحاليل المستخدمة في عمليات الحقن بنسبة 100%من حجم الفراغات المسامية | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | C=0 | C=0.1 | C=0.2 | C=0.3 | C=0.4 | C=0.5 | C=1 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0.1 | 9 | 2.5 | 3.9 | 4.8 | 5.8 | 6.3 | 7.8 |
| 0.25 | 16 | 6.8 | 8.2 | 9.4 | 10.5 | 12.3 | 15.1 |
| 0.5 | 23 | 13.9 | 15.2 | 16.6 | 18.5 | 20.8 | 23.4 |
| 0.75 | 27.6 | 20.1 | 21.5 | 23.9 | 24.9 | 26.3 | 31 |
| 1 | 34.5 | 25.5 | 27.5 | 28.6 | 30.2 | 32.2 | 38 |
| 1.5 | 32.5 | 35.8 | 37.2 | 38.8 | 40.3 | 43.1 | 49.4 |
| 2 | 36.9 | 40.9 | 42.9 | 44.8 | 48.3 | 50.3 | 58.5 |
| 2.5 | 38.6 | 43.8 | 45.5 | 47.5 | 50.5 | 56.2 | 63 |



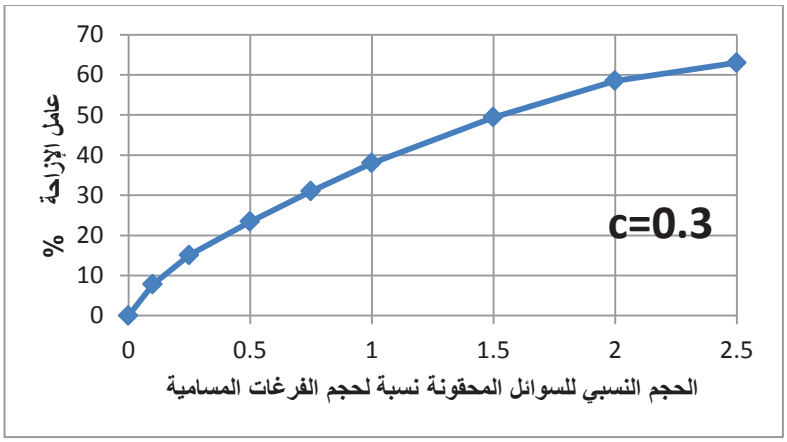

الشكل (4) عامل الإزاحة بالعلاقة مع الحجم النسبي للسوائل المحقونة عند حقن NaOH بنسبة % 0 من حجم الفراغات المسامية



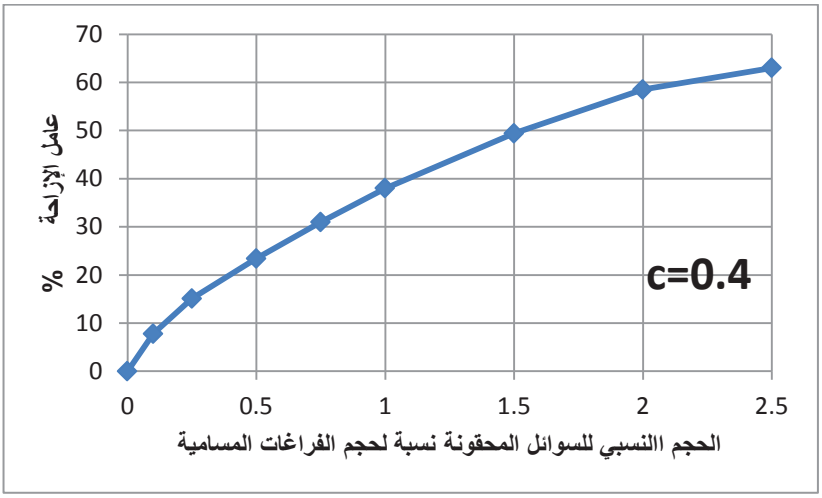

الشكل (5) عامل الإزاحة بالعلاقة مع الحجم النسبي للسوائل المحقونة عند حقن NaOH بتركيز 0.1%



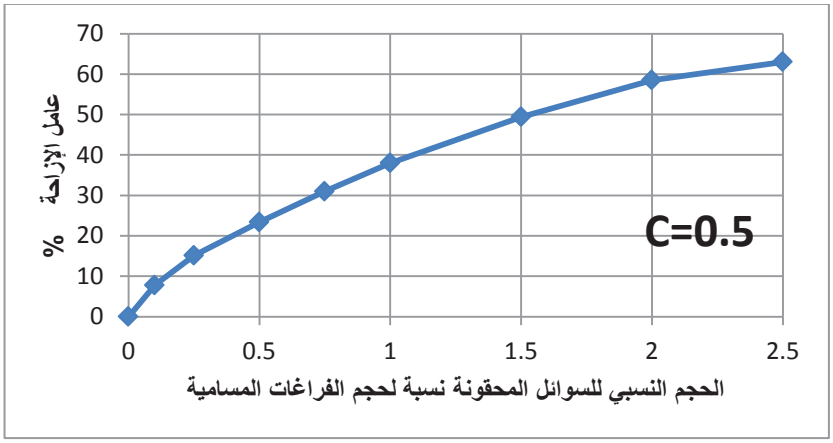

الشكل (6) عامل الإزاحة بالعلاقة مع الحجم النسبي للسوائل المحقونة عند حقن NaOH بتركيز 0.2%



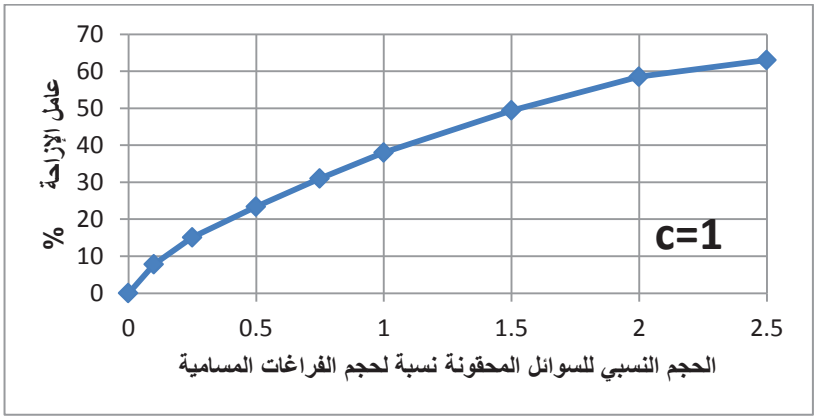

الشكل (7) عامل الإزاحة بالعلاقة مع الحجم النسبي للسوائل المحقونة عند حقن NaOH بتركيز 0.3%




الشكل (8) عامل الإزاحة بالعلاقة مع الحجم النسبي للسوائل المحقونة عند حقن NaOH بتركيز 0.4%

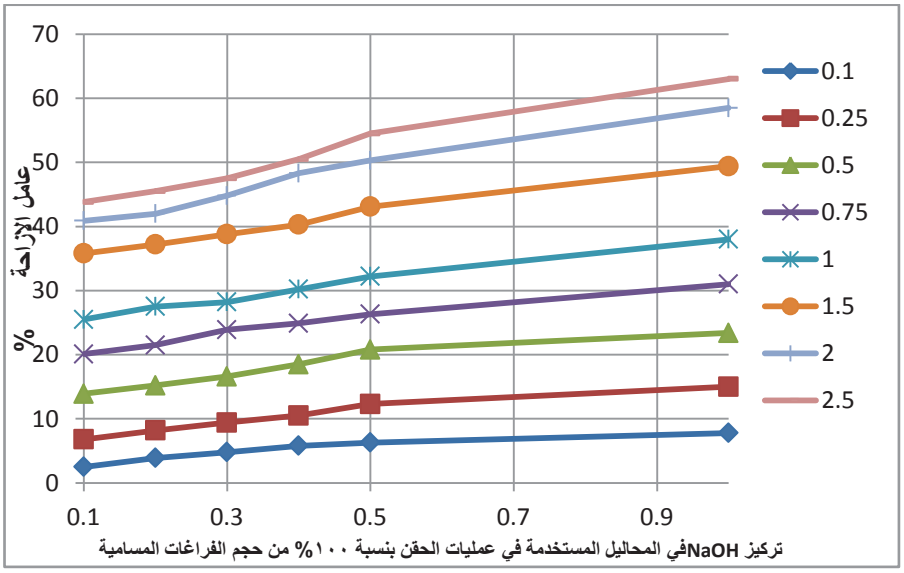



الشكل (9) عامل الإزاحة بالعلاقة مع الحجم النسبي للسوائل المحقونة عند حقن NaOH بتركيز 0.5%




الشكل (10) عامل الإزاحة بالعلاقة مع الحجم النسبي للسوائل المحقونة عند حقن NaOH بتركيز 1%

عند قيم مختلفة للحجم النسبي للسوائل المحقونة (نسبة لحجم الفراغات المسامية)




الشكل (11) عامل الإزاحة مع تركيز NaOH في المحاليل المستخدمة في عمليات الحقن بنسبة 100% من حجم الفراغات المسامية عند القيم المختلفة للحجم النسبي للسوائل المحقونة

**النتائج والمقترحات**

1- يزداد عامل الإزاحة مع زيادة نسبة العامل القلوي المحقون وهذا يتوافق مع النتائج المخبرية العالمية .

2- يلاحظ من منحنيات الإزاحة عند حقن العامل القلوي NaOH والماء زيادة عامل الإزاحة بشكل قليل مع زيادة نسبة الحقن النسبي للسوائل المحقونة حتى نسبة الحقن 50% وبعد ذلك يلاحظ زيادة واضحة في عامل الإزاحة لدى زيادة الحقن النسبي، حيث يمكن تفسير ذلك بصغر النسب المحقونة للسوائل المعالجة مقارنة مع حجم الفراغات المسامية بشكل أساسي وضياع هذه المواد بطرق مختلفة كالامتزاز الذي يقلل من التأثير الايجابي لهذه الطرق ، أما عند النسب العالية من ذلك فإن هذه التأثيرات لن تلعب دوراً كبيراً .

3- يلاحظ من الشكل (10) زيادة واضحة في عامل الإزاحة لدى زيادة تركيز NaOH في المياه المعالجة حتى التركيز 0.5% ، ثم تصبح نسبة الزيادة أقل مع زيادة التركيز وهذا يعود إلى قيام العامل القلوي بدوره في إزاحة النفط من العينات حتى هذه النسبة ثم بدأت تضعف فاعليته لأسباب مختلفة منها الترسيب والتبادل الشاردي مع الصخر .

4- لم يلاحظ ثبات في المنحنيات عند نسبة الحقن النهائية ويمكن تعليل ذلك كما يلي:

1- بقاء كميات لا بأس بها من النفط داخل العينات وهذا يعود لضياع العامل القلوي المحقون .

2- تشكل مستحلب من النوع نفط –ماء وهذا ما تؤكده القيم المنخفضة لعامل الإزاحة قبل نسبة الحقن 100% من حجم الفراغات المسامية مقارنة مع حقن المياه العادية ، ثم زيادة هذه القيم فجأة بعد ذلك بسبب تحطم بنية المستحلب وتحرر النفط المزاح .

لذلك نقترح :

1–حقن المياه المعالجة بالعامل القلوي NaOH بتركيز (0.5%) وبنسبة حقن 250% من حجم الفراغات المسامية .

2– دراسة أنواع أخرى من العوامل القلوية ومقارنتها مع هذه النتائج وتحديد الأفضل بهدف تعميمها .

3– دراسة التأثير المشترك للمواد القلوية ومواد أخرى كمخفضات التوتر السطحي والبوليميرات على عامل الإزاحة .

4– إجراء عمليات إزاحة مخبرية على نموذج صخري ذي طول مناسب يماثل بخواصه الحقل ومقارنة النتائج وتحديد نسبة تقارب النتائج مع بعضها .

## المراجع العلمية

1-المراجع باللغة الأجنبية:

1-Enhanced Oil Recovery using Carbon Dioxide in the European Energy System( E. Tzimas, A. Georgakaki, C. Garcia Cortes and S.D. Peteves DG JRC Institute for EnergyPetten, The NetherlandsDecember 2005 )

2-Castor , L.P. ,Somerton. W.H .& Kelly ,J. F. Recovery mechanisms of alkaline flooding in surface phenomena in Enhanced oil recovery , ed. D.O.Shah,Plenum press. New York , 1981 pp. 249-91.

3 -Minssieux, I. Interet. L'injection d'eau alkaline en recuperation assistee. Revue de L'inst .Francais du petrole . 33 (1978) 47-57

4-Shamra .M. M, Jang. I. K. & Yen. T. F, Transient interfacial tension behavior of crude oil /Caustic interface, SPE Reservoir Engineering,4 (2) (1989) 228. 36.

5-B.Bazin, C.Z.yang, D.C. Wang, X.Y.Su."Micieller flooding in an Alkalline Environment under Lao Jun Miao Conditions".SPE, China,1992.

6-C.E.CooK, P.A.Kolodzie, "Oil Recovery By Alkaline Water Flooding".SPE.1994. .

7- James G. Speight PhD, DSc, in Introduction to Enhanced Recovery Methods for Heavy Oil and Tar Sands (Second Edition)

, 2016

8- James G. Speight PhD, DSc, in Heavy Oil Production Processes, 2013