دور مقللات التوترالسطحي في رفع المردود النفطي وإمكانية تطبيقها في حقول الفرات السورية

الباحث: د. عدنان عويجان

كلية الهندسة الكيميائية و البترولية – جامعة البعث

الملخص

– تم في هذا البحث دراسة إمكانية استخدام **طريقة حقن مقللات التوتر السطحي الكيميائية** بهدف زيادة عامل المردود النفطي في **حقول الفرات السورية**، بداية أجريت دراسة نظرية لطرق الاستثمار المدعم للنفط وبخاصة الطرق الكيميائية متضمناً طريقة حقن مقللات التوتر السطحي، وآلية الإزاحة النفطية بها ، وتصنيفاتها ، وأنواعها، وشروط تطبيقها، **وتم بالقسم العملي دراسة مقارنة ما بين المؤشرات (الجيولوجية والمخزونية) لحقول الفرات السورية " نموذج الدراسة" ومقاطعتها مع شروط تطبيق طريقة حقن مقللات التوتر السطحي** ، و اعتماداً على ذلك تم اختيار الحقول الملائمة لعملية حقن مقللات التوترالسطحي **(كحقول أبو حردان والراسين وعكاش)**.

وبمحصلة ما سبق تم التوصل إلى مجموعة من النتائج والمقترحات صنفت بأخر البحث

كلمات مفتاحية : الاستثمار المدعم للنفط ، مقللات التوتر السطحي ، التوتر بين السطحي، السطوح الكاتيونية والأنيونية، حقول الفرات السورية.

The Role of Surfactants in Raising the Recovery Factor, and the possibility of application in the Syrian AL-Furat Fields

Abstract

This research was conducted to study the feasibility of using **Surfactant Flooding (SF)** to increase the RecoveryFactor from the (**AL- Furat Fields**).

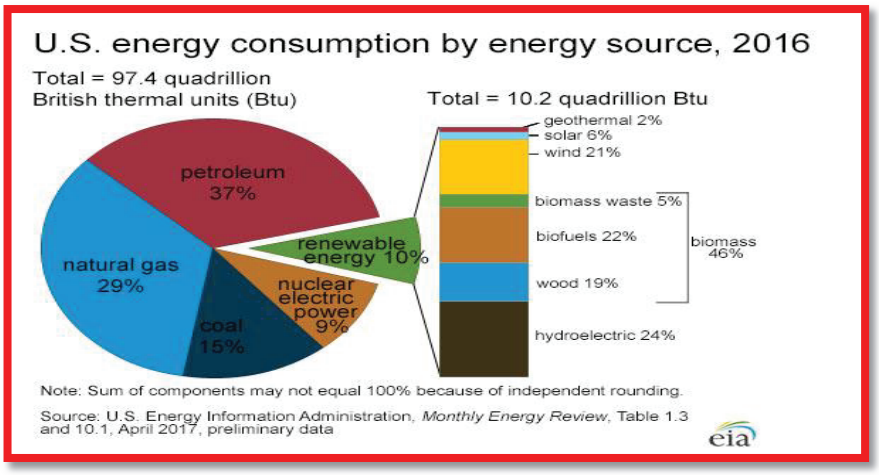
At first ,a literature review of the Enhanced Oil Recovery (EOR) methods in general was conducted ,especially Chemical Methods ,including Surfactant Flooding Method ,displacement mechanisms, classifications, types, and screening criteria, in practical section after studying Reservoir Characteristics of AL-furat Fields(case study) and the data were correlated with the requirements Surfactants Chemical Injection conditions , a suitable fields were selected(as Abo-Hardan,AL-Rasein,Akkash) for application this technology.

Finally, important results and recommendations were obtained at the end of research.

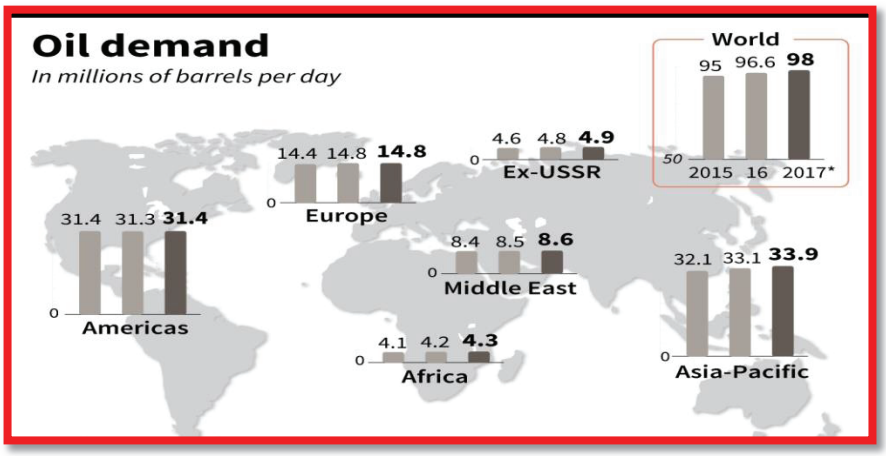
Key Words :EOR (Enhanced Oil Recovery), Surfactants, IFT, Cations&Anions Surfaces, AL-Furat Fields.

1- المقدمة:

فرض التطور الصناعي والاقتصادي والسكاني تزايداً كبيراً في استهلاك الطاقة وبالتالي ضرورة توليد كميات أكبر من الطاقة لتأمين هذه الحاجة المتزايدة وبالرغم من الإجراءات المتخذة في العالم لإيجاد مصادر بديلة للطاقة إلا أن دور النفط سيبقى رائداً في هذا المجال وربما لعشرات السنين المقبلة كما يبين الشكل(1) ، وإن كميات النفط المستهلكة تزداد سنوياً واحتاج العالم لكميات من النفط (إجمالي الطلب العالمي اليومي من النفط) وصلت تقريباً إلى 100مليون برميل يومياً العام الفائت 2017كما يوضح الشكل (2).



الشكل(1) يبين نسبة النفط من بين مصادرالطاقة المحتاجة للعمليات الصناعية والإقتصادية في أمريكا"11"



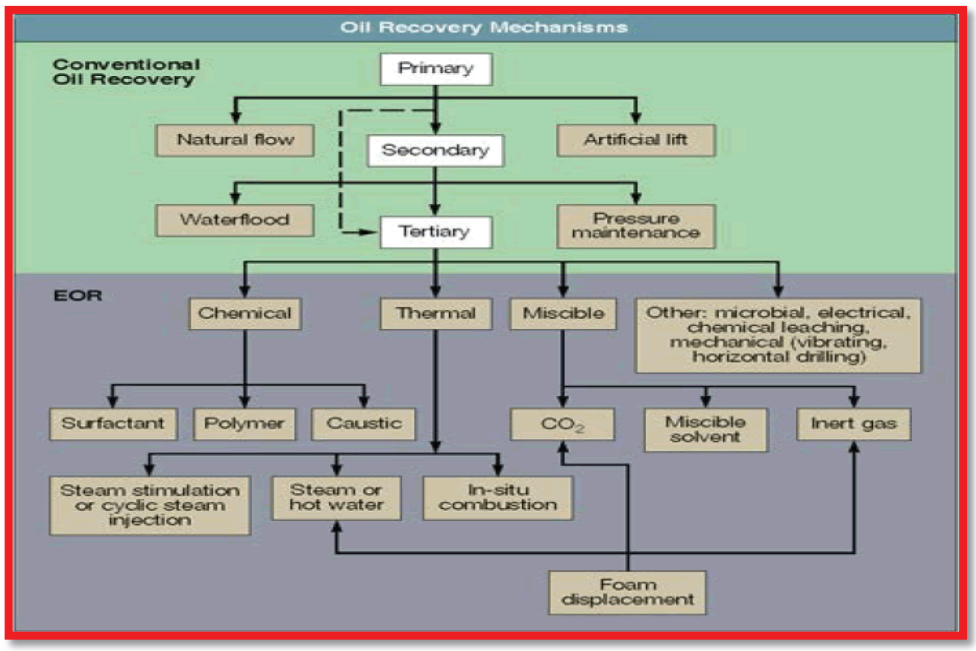
الشكل (2) يوضح كميات النفط المتطلبة سنوياً على مستوى العالم عام2017"[11]"

2- هدف البحث : سندرس تطبيق طريقة **حقن مقللات التوتر السطحي** كطريقة من طرق الحقن الكيميائي لعمليات الاستثمار النفطي وتعريفها ومواصفات المقللات وتأثيرها على زيادة المردود النفطي وآلية الإزاحة النفطية لها وشروط تطبيقها وسندرس المقارنة بين شروط تطبيق هذه الطريقة الكيميائية **ومواصفات حقول الفرات المخزونية والجيولوجية (نموذج الدراسة)** ليتم بعدها تحليل النتائج ومعرف إمكانية تطبيق طريقة حقن المقللات على حقول الفرات .

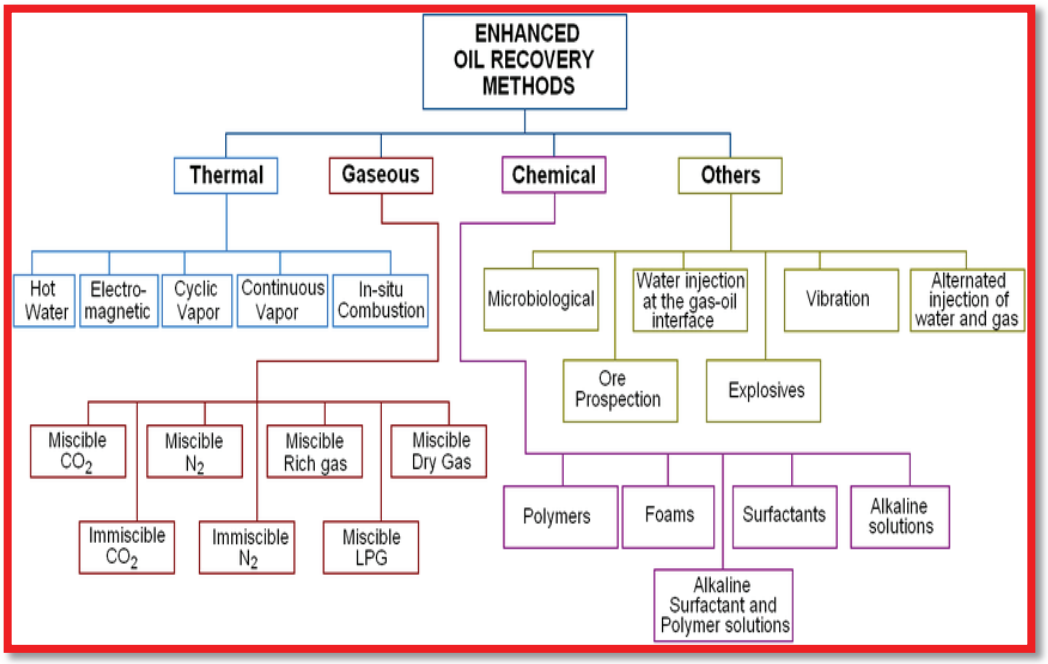
3- مواد وطرق البحث :إن البحث اعتمد على الأسس النظرية لطرق الاستثمار النفطي المستخدمة لزيادة الإنتاجية النفطية للحقول وإدراج تصنيفات طرق الاستثمار المدعم لزيادة المردودالنفطي ، وعلى شروط تطبيق طريقة حقن مقللات التوتر السطحي كطريقة كيميائية هامة من طرق الاستثمار المدعم للنفط ووصف أليات الإزاحة بهذه الطريقة ، بالإضافة لبيانات من حقل الفرات من مجموعة الحقول السورية تتضمن المواصفات الجيولوجية والمخزونية ، وحللنا هذه البيانات وقارناها مع شروط تطبيق طريقة حقن المقللات ، وتم تقييم إمكانية تطبيق هذه الطريقة على مجموعة من حقول الفرات ، واقتراح السبل الكفيلة بتطويروزيادة عامل المردود النفطي لهذه الحقول.

4- طرق استثمار النفط:من الملاحظ بأن طرق الاستثمار النفطي لم تصل حتى تاريخه إلى المستوى الذي يحقق طموحات المختصين ومازالت هناك كميات كبيرة من النفط تقبع

في مسامات وشقوق المكامن النفطية مما حث العلماء والمهتمين بالصناعة النفطية على البحث عن السبل الكفيلة لاستثمار هذه الكميات وزيادة عامل المردود النفطي باستخدام طرق أكثر فعالية من الطرق الأولية (المعتمدة على الطاقات الطبيعية في الطبقة النفطية / مثل الدفع المائي – القبعة الغازية– الغازالمنحل– المرونة وغيرها/) والثانوية (التي تعتمد على تحسين الآبار كالغمر المائي وطرق صيانة الضغط وغيرها) ومن هنا تبرز أهمية استخدام طرق الاستثمار المدعم للنفط "Enhanced Oil Recovery" أو اختصاراً (EOR) كطرق تستخدم لاستثمار المكامن النفطية بالشكل الأمثل، وكان وما يزال لهذه الوسائل أثر حاسم في المحافظة على برامج الحصول على كميات إضافية من النفط وبالتالي زيادة المردود النفطي لأي قطر منتج "[15]"، والشكلين (3) و(4) يوضحان طرق الاستثمار النفطي الطبقي وطرق الاستثمار المدعم للنفط بشكل مفصل.

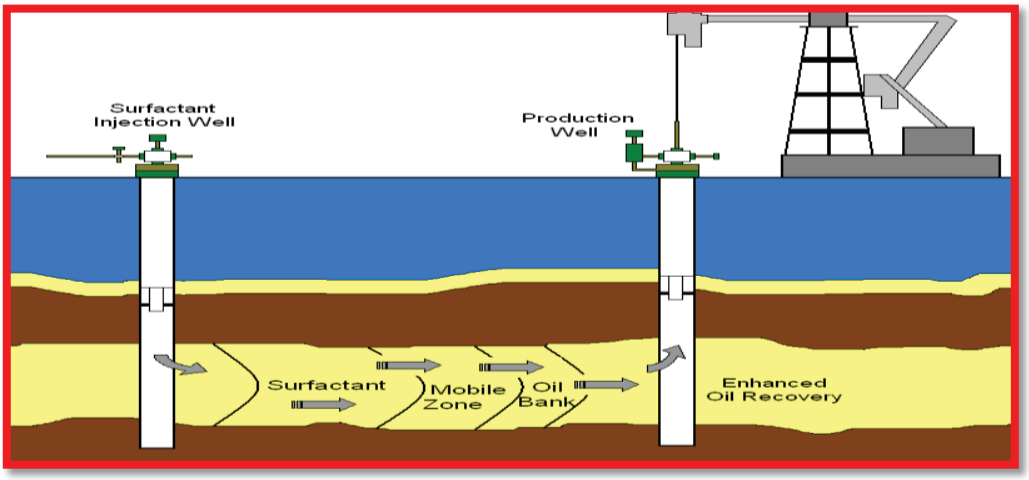


الشكل (3) يبين طرق استثمار النفط"[6,14]"



الشكل (4) يبين طرق الاستثمارالمدعم للنفط و ضمنها طرق الحقن الكيميائية"[1,6]"

5-مقلات التوتر السطحي: تعتبر طريقة حقن مقلات التوتر السطحي الكيميائية(Surfactants Injection) من أهم طرق الحقن الكيميائي المستخدمةفي (EOR) "[4,9]"وهي تقنية تستخدم لتغيير العلاقة بين النفط والصخر من جهة وما بين النفط والمياه من جهة أخرى وبالتالي كسر الروابط مابين النفط والصخر وجعل النفط حر الحركة ضمن المسامات النفطية وهذا مايسمح له بالجريان بإتجاه قاع البئر النفطي وبالتالي زيادة الكميات المنتجة من النفط مما يعني زيادة المردود النفطي ،والشكل التالي يبين تأثير مقلل التوتر على حركة النفط الطبقي وإزاحته.



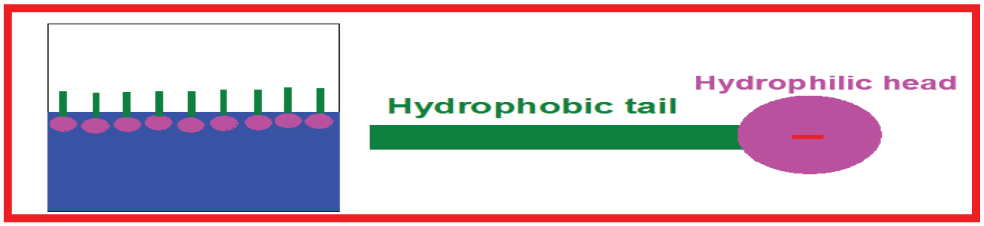
الشكل (5) يبين آلية الإزاحة باستخدام مقللات التوتر السطحي"3"

وبالتالي فإن الهدف من هذه المواد(مقللات التوتر السطحي) بالمعنى المخزوني النفطي هو تشكيل طبقة بين الصخر والنفط المرتبط به وهذا يؤدي إلى إضعاف الترابط بين الصخر والنفط ، وتسهيل حركة النفط وزيادة الإنتاجية، وتسمى مقللات التوتر السطحي في المراجع القديمة أملاح سلسة البرافين،مثال :الصابون (أملاح الحموض الدسمة تضم على الاقل **8** ذرات كربون)، والمنظفات هي أيضاً مقللات توتر سطحي أو مزائج المقللات التي تنحل وتملك خصائص تنظيفية والتي تغير الخصائص بين السطحية والتي تؤدي الى تعزيز خصائص إزالة الاطوار من على السطوح الصلبة، والجدول التالي يوضح بعض الإستخدامات الصناعية لأنواع من مقللات التوتر السطحي .

الجدول (1) يوضح بعض الإستخدامات الصناعية لأنواع من مقللات التوتر السطحي"[9]"

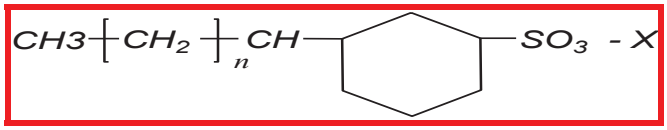
33 % Soaps, carboxylates, lignosulfonates:
50 % soaps for domestic use.
35 % other acids for industrial use.
22 % Synthetic Detergents, mostly sulfonates or sulfates:
50 % domestic use (powder, liquid).
17 % petroleum industry.
7 % concrete additives.
4 % agro and food processing.
3 % cosmetics and pharmaceuticals.
40 % Nonionics (mostly ethoxylated) or ethoxysulfates:
40 % ethoxylated alcohols.
20 % ethoxylated alkylphénols (in fast regression)
15 % fatty acid esters.
10 % amine or amide derivatives.
4 % Cationics, mostly quaternary ammoniums.
1 % Amphoterics, mostly betaines and amino acid derivatives.

ومقللات التوترالسطحي تعريفاً:**هي أملاح الحموض الدسمة التي تحتوي على سلسلة هيدروكربونية طويلة نسبياً تحمل مجموعات ذات خواص قطبية شاردية أو غير شاردية وتتكون من جزأين أحدهما محب للماء (الرأس القطب) والآخر كاره للماء (السلسلة الهيدروكربونية)**"[12,15]"، ويمكن تمثيل المقلل بالشكل التالي:



الشكل (6) يوضح أجزاء مخفض التوتر السطحي"[8]"

السلسلة الهيدروكربونية غير محبة للماء (لا تنحل بالماء) وتسمى (هيدرفوب) أما الجزيء القطبي فينحل بالماء (محب للماء) ويسمى (هيدرفيل) و الصيغة العامة له:



حيث:n : طول سلسلة الجذر $X.CH_2$: شاردة قد تكون: Na، Ca، Li، K، ...

ومخفضات التوتر السطحي قد تكون مشحونة سلباً أو إيجاباً أو حيادية.

- اختيارنوع مقلل التوتر السطحي"[12]":

- إذا كانت الطبقات غضارية نستخدم مقلل توتر سطحي بشحنة سالبة لأن الغضار ذو شحنة سطحية سالبة (حالة احتواء الطبقة المنتجة على تداخلات من الغضار) .
- نستخدم مقللات توتر سطحي بشحنة حيادية في الطبقات الرملية .
- الشاردة X يتم اختيارها حسب نوع الغضار الموجود ضمن الطبقة بحيث لا يحدث تبادل شاردي بين الغضار ومقلل التوتر السطحي وبالتالي ترسيب المقلل ضمن الطبقة وضياعه :

- إذا كان الغضار الموجود ضمن الطبقة صودي نختار الشاردة X هي الصوديوم Na
- إذا كان الغضار الموجود ضمن الطبقة كلسي نختار الشاردة X هي الكاسيومCa .
- يجب أن يكون عدد ذرات الكربون ضمن السلسلة الهيدروكربونية للمقلل الذي تم اختياره **8** ذرات كربون على الأقل ، لأنه عندما يقل هذا العدد عن ذلك فإن المقلل يكون :

1. ذا سعر مرتفع .
2. يمكن أن يمتز على الصخر حيث يجب أن يمتز المقلل على الصخر بالحدود الدنيا وألاّ يشكل راسب يؤدي إلى نقصان النفوذية .

- أما عندما يزيد عدد ذرات الكربون عن **8** يمكن أن يغطي المقلل مساحة أكبر من سطح الصخر وبالتالي نحتاج كمية أقل ولكن في هذه الحالة يمكن أن يحصل ترسيب المقلل ضمن الطبقة بشكل أكبر .

• **فالاختيار الصحيح لعدد ذرات الكربون هو الذي يحقق الناحية الاقتصادية وبحيث يغطي جزيء المقلل أكبر مساحة ممكنة على سطح الصخر ويتم امتزازه بالحدود الدنيا على الصخر بالإضافة الى عدم تشكيل رواسب داخل الطبقة .**

ويمكن – مخبرياً– لمعظم مخفضات (مقللات) التوتر السطحي أن تخفض هذا التوتر إلى قيم صغيرة جدا، لكن الحدود الفعلية لاستخدام مادة ما ترتبط بأن العديد من هذه المخفضات تشكل مستحلبات عالية اللزوجة قد تؤدي إلى تخريب المكمن. وهنا تلعب النمذجة (Simulation) دوراً لا يستهان به في تحديد المادة المستخدمة وتركيزها الأمثل.

وتظهر الدراسات المختلفة أن استعمال **مقللات التوتر السطحي سالبة الشحنة** يقودإلى نتائج أفضل، وذلك لعدة أسباب، أهمها"[14]":

- نسبة امتصاصها (ضياعها) قليلة في الصخور الرملية والكربوناتية، سواء في الأوساط القلوية أو المعتدلة.
- يمكن إدخال بعض التعديلات عليها لاستخدامها في ظروف مختلفة.
- متوافرة بكثرة وبأسعار منخفضة نسبياً.
- هناك أنواع مختلفة، يمكن استخدامها في المكامن ذات درجة الحرارة المرتفعة أو المنخفضة.
- يمكن استخدام بعض المركبات موجبة الشحنة كمخفضات مساعدة لها.

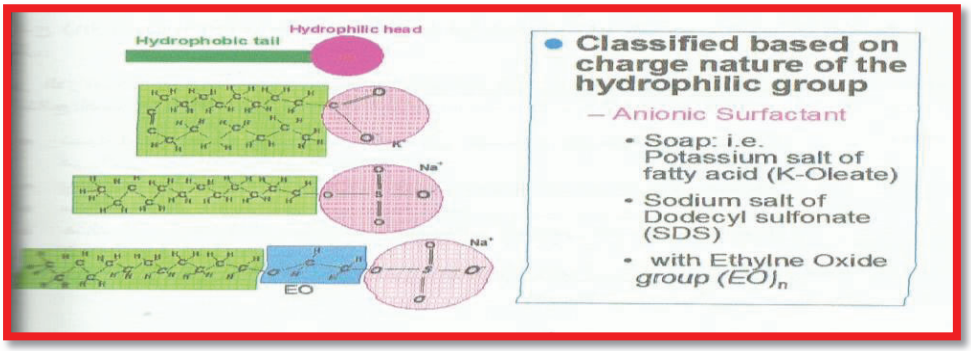
– تصنيف وخواص محاليل مقللات التوترالسطحي المستخدمة"[2,4,10]":

تقسم مقللات التوتر السطحي بحسب انحلاليتها في الماء إلى :

مقللات التوتر السطحي الأيونية Ionic surfactants :

وهي مواد خافضة للتوتر السطحي تنحل في الماء وتشكل مواداً فعالة سطحياً سالبة منها أملاح الحموض الكربوكسيلة ، مركبات كبريتات الألكيل ، مركبات ألكيل أريل سلفونات ، مركبات ألكيل السلفونات وهذه المركبات هي المستخدمة في الاستثمار المدعم

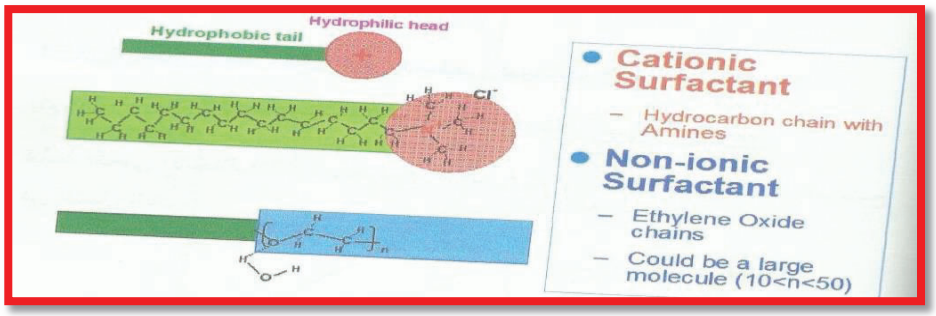
للنفط وبشكل خاص السلفونات بسبب خاصية امتزازها القليلة على صخور المكمن مقارنة مع الأنواع الأخرى وبسبب وفرتها وأسعارها المنخفضة نسبياً .



الشكل (7) يوضح أنواع لمقللات توتر سطحي أنيونية"[2,4,10]"

مقللات التوتر السطحي الكاتيونية cationic surfactants :

وهي مركبات تنحل في الماء وتشكل مواداً فعالة سطحياً موجبة تنتمي إليها مجموعة غير كبيرة من المواد مثل أملاح رباعي ألكيل الأمونيوم ، وأملاح الأمينات الأولية والثانوية والثالثية وهي غير مستخدمة للاستثمار المدعم بالنفط بسبب امتزازها الواسع على سطح الفلزات بالإضافة إلى أسعارها المرتفعة .



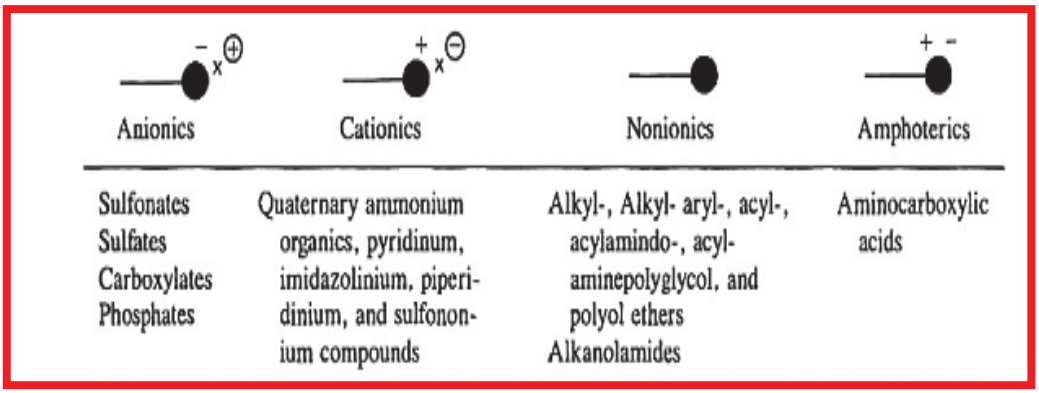
الشكل (8) يوضح أنواع لمقللات توتر سطحي كاتيونية"[2,4,10]"

- مقلات التوتر السطحي المذبذبة Amphoter surfactants:

وهي عبارة عن مركبات تحتوي في جزيئها على وظيفتين ، حمضية تكون (سلفات) وأساسية تكون (مجموعة أمين مختلفة الاستبدال) حيث تظهر هذه المواد خواص المواد الكاتيونية عندما (pH<4) وخواص المواد الأيونية عندما (pH=(9–14 وخواص المواد غير الأيونية عندما (pH=(4–9 مثل ألكيلات الحموض الأمينية ، وهي لا تستخدم في عمليات الاستثمار المدعم بسبب كلفتها العالية وخاصية امتزازها المرتفعة .

- مقلات التوتر السطحي غير المتأينة non ionic surfactants:

لا تتشرد هذه المواد عند انحلالها في الماء وتنتج عن اتحاد أكسيد الايتيلين مع المواد الهيروفوبية التي تحتوي على مجموعة قطبية فيها ذرة هيدروجين سهلة الاستبدال مثل الحموض الدسمة وأميداتها. ألكيلات الفينول ، الحموض الدسمة العليا ، وتستخدم في الأوساط المعتدلة والحمضية والقلوية وفي المحاليل الملحية وهي تمتز بصورة أقل على سطح الصخر .



الشكل(9) يبين تصنيفات مقلات التوتر السطحي مع أمثلة عليها"[2,4,10]"

- شروط تطبيق عمليات حقن مقلات التوترالسطحي"[7]":

إن العوامل التي تساعد على استخدام مخفضات التوتر السطحي أو ما يسمى شروط تطبيق الطريقة موضحة بالجدول التالي:

الجدول (2) يبين شروط تطبيق عمليات الإستثمار بإستخدام مقلات التوتر السطحي"[7]"

API > (20- 30)
Oil Saturation > 25 %
μ< 50 cp
Temperature less than 150 C° (302°F)
K >10 md
Oil Composition : Light intermediates
Lithology : Sandstone preferred **تفضل التشكيلات الرملية على الكربوناتية المعقدة التركيب**
عدم وجود فوالق وشقوق وصدوع ضمن المكمن
No gas gap

6- مسح مرجعي لنتائج أبحاث استخدام طرقحقن مقلات التوتر السطحي عالمياً"[2,4,5,10,14]":

- بيّن(*Anita,K.Mohanty*)أن المواد الفعالة سطحياً الأنيونية (مقلات التوتر السطحي السالبة) تستطيع تغيير قابلية التبلل لسطوح الكالسيت في ظروفٍ مبللةٍ بالماء متوسطة، وبشكلٍ أفضل من المادة الفعالة سطحياً الكاتيونية، كما بينا أيضاً أن كل السطوح الكربوناتية (الصخر الكلسي- الدولوميت- الماربل- الكالسيت) تسلك سلوكاً متشابهاً بالنسبة لتبدل قابلية التبلل مع المواد الفعالة سطحياً الأنيونية، ومن جهةٍ أخرى بينا أيضاً أنه يمكن تخفيض امتزاز المواد الفعالة سطحياً السولفونية بشكلٍ واضح عن

طريـق إضـافة (Na_2CO_3 أو$NaOH$)لأن إضـافتهما يمكـن أن يغيـر طاقـة($Zeta$) للكالسيت إلى قيمةٍ سالبة.

- أشار($P.D.Berger$) في دراسته إلى تطوير نوع جديد من المواد الفعالة سطحياً يمكن أن يستخدم بتراكيز منخفضة جداً للحصول على توتر بين سطحي شديد الانخفاض من أجل طبقات الصخر الكلسي والرملي حيث يمكن أن تستخدم هذه المواد الفعالة سطحياً في عمليات حقن البوليمير– حقن مخفضات التوتر – الحقن الممتزج /قلوي ومقلل توتر سطحي وبوليميري(ASP)، وكمضافات في حقن الماء، وأشار أيضاً إلى أن هذه الأنواع الجديدة من المواد الفعالة سطحياً تتميز عن المواد الفعالة سطحياً التقليدية بالميزات التالية:

مستويات تركيز منخفضة– تحمّل الملوحة– تقليل مشاكل التآكل والترسبات الملحية القشرية.

- كما بين($Alain\ \ Zaitoun,PaulBerger$) أيضاً تطوير مادة فعالة سطحياً أنيونية جديدة تعطي انحلالية في المياه ذات الملوحة العالية وبذات الوقت توتر بين سطحي منخفض.
- بيّن($A.Seethepalli,B.Adibhatla$) أنه يمكن تقليل أو كبح امتزاز المواد السولفوناتية بشكلٍ واضح بإضافة المواد القلوية.
- استنتج ($W.xu,S.C.Ayirala$) أن تأثير المواد الكيميائية الفعالة سطحياً على التوتر بين السطحي (نفط/ماء) وقابلية التبلل في أنظمة (نفط خام– مياه طبقية– الصخر) في شروط الخزان مهمةً جداً في عمليات الاستثمار المدعم للنفط، ووجدا من خلال بحثهما(قياس التفاعلات السطحية الناتجة عن المواد الفعالة سطحياً في الشروط المكمنية) أن (IFT–Interfacial Tension) الديناميكي (نفط/ ماء) تابع قوي لتركيب النفط وللحرارة، وأظهر ارتباط ضعيف مع الضغط، كما استنتجا أيضاً أن تغيير قابلية التبلل بواسطة المواد الفعالة سطحياً يمكن أن ينتج عنه إنتاج نفط مدعم عن طريق تخفيض كل من الضغط الشعري وقوى الالتصاق.

- أظهرت النتائج المخبرية للباحثان (*Krumrine,Paul.H*) أن للمواد الكيميائية القلوية تأثيرين كبيرين هما: تخفيض(*IFT*) بشكلٍ أكبر. وتخفيض احتجاز وامتزاز المادة الفعالة سطحياً وهذا ما يقود إلى إنتاج كميات أكبر من النفط المتبقي .
- أشار (*HKrumrine,Paul.*) إلى أن كل مادة قلوية تسلك سلوكاً مختلفاً ولكن جميعها قادرة على دعم تأثير المعالجة بالمواد ذات الفعالية السطحية، إضافة لما سبق فقد وجدا أن إضافة سيليكات الصوديوم إلى نظام حقن المواد الفعالة سطحياً يُعطي أفضل أداء بسبب قدرته على منع احتجاز هذه المواد.
- في بحثه عن تقييم الليغنوسلفونات كمادة ممتزة للتضحية بها في عمليات حقن المواد الفعالة سطحياً أشار (*Hong,S.A,Bac,J.H*)إلى أن الفاقد بالمادة الفعالة سطحياً يمكن أن يُخفض بشكلٍ بارز(أكثرمن*50%*) إذا أجريت معالجة أولية عن طريق الغسيل الأولي بالليغنوسلفونات.
- بين الباحث (*MarcBaviere*) في دراسته عن سلوك سلفوناتالأوليفين(*AOS*) في درجات الحرارة والقساوة العالية كمادة من المواد الفعالة سطحياً في الاستثمار المدعم للنفط أن هذه العائلة من السلفونات تعطي نتائج هامة وخاصةً عند درجات الحرارة والملوحة العالية، إضافة إلى الثباتية الكيميائية لهذا النوع من السلفونات.
- أشار(*Glinsmann,Gilbert.R*)إلى إمكانية تصميم أنظمة حقن المواد الفعالة سطحياً المائية لتوليد مستحلبات ميكروية متعددة الأطوار في الموضع كنتيجة لخلطها مع النفط المتبقي في المكمن، وتعتمد فعالية مثل هذه العملية على خواص المستحلبات الميكروية المتولدة والأطوار المرافقة لها.
- في بحثه حول تأثير الكحول على انتقال كتلة المادة الفعالة سطحياً عبر سطوح التقاء(نفط/ مياه طبقية) أوضح (*Chiang,MichaelY*) أهمية الدور المقترح للكحول في تخفيض اللزوجة بين السطحية وتنشيط اندماج الكتل النفطية في الوسط المسامي مما يقود للاستنتاج أن معدل تحقيق توترات بين سطحية منخفضة جداً على الحد الفاصل (نفط / محلول مادة فعالة سطحياً) مدعوم بشكلٍ مدهش بحضور الإيزوبوتانول مما ينتج عنه إنتاج نفطي أكبر.

7-نتائج استخدام طرق الاستثمار المدعم المنفذة والمخطط لها في حقول شركة الفرات السورية"[13,14]":

- **حقل العزبة(Elesba oil field)** :حيث أجريت فيه عمليات حقن المياه لزيادة المردود وذلك كما يلي :المياه المنتجة من الحقل هي بحدود (25.10^3 bbl/day) ،وتجتمع مع الخط القادم من حقل التيم (38.10^3 bbl/day) بخط قطره يصل إلى (10 inch) ، وبعد المعالجة الكيميائية كان يتم حقنها في آبار الحقن ،وفي الوقت الحالي لايوجد حقن لمياه نهر الفرات في هذا الحقل ولكن الخطط مستقبلاً هو استخدام خط مياه نهر الفرات من حقل العمر وذلك لزيادة فعالية الحقن .
- **حقل أزرق (Azraq oil field)**:تم استخدام طريقة حقن المياه لزيادة المردود النفطي حيث يوجد 6 آبار حقن في هذا الحقل ،وسابقا كان يتم حقن كمية من المياه تبلغ (120.10^3 bbl/day) ،ومن ثم حقن كمية (80.10^3 bbl/day)، والمياه المحقونة تأتي من محطة تنقية مركزية بالحقل (CPF) في حقل العمر بخط قطره (12 inch) .
- **حقل التنك (Tanak oil field)**:

- بدأ حقن المياه بهذا الحقل في تموز عام 2000، حيث يتم حقن المياه المفصولة عن النفط في محطة (CPF) إضافة الى المياه المعالجة في محطة المعالجة التابعة لحقل العمر.

حقل العمر (Omar oil field):

– المياه المحقونة في هذا الحقل لها مصدرين : مياه نهر الفرات ، والمياه المرافقة وحيث كانيتم معالجتها ميكانيكياً وكيميائياً في محطة معالجة المياه التابعة للحقل المذكور .

– وتتضمن المعالجة الميكانيكية نزع المواد الصلبة باستخدام نوعين من الفلاتر .

– أما المعالجة الكيميائية فتتضمن :

1– نزع الاوكسجين.2– نزع البكتيريا.

3– إضافة مانع التآكل.4– إضافة مانع تشكل القشور.

5– تجميع المعلقات باستخدام البوليميرات.

– يوجد في حقل العمر 16 بئر حقن وهي :119– 120– 126–130–188–131–133–134–136–143–145–149–154–105–107–181.

حقل سيجان (Sijan oil field):

– التحاليل المجراة لإمكانية استخدام طرق الاستثمار المدعم للنفط (EOR) أظهرت إمكانية استخدام طريقةWAG (Water Alternative Gas)في هذا الحقل وذلك على البلوك 101، تم ذلك في ورشة العمل التي اقيمت في شركة الفراتAFPC عام 2002، لكن حتى الآن لم يتم اعتماد هذه الطريقة حقلياً كإحدى طرق ال EOR حيث كان يكتفى بحقن المياه القادمة من محطة معالجة المياه في حقل العمر.

حقل الشهل (Shahel oil field):

– المياه المحقونة في هذا الحقل كان يتم استقبالها من حقل العمر عبر خط ذي ضغط تشغيل بمقدار (220 bar) وهي عبارة عن مزيج من مياه مرافقة حوالي 70% ومياه عذبة حوالي 30%،وكان معدل المياه المحقونة في حقل الشهل حوالي 25.10^3 bwpd .

8- دراسة إمكانية تطبيق طريقة حقن مقللات التوتر السطحي في حقول الفرات :

- من خلال إجراء المقاطعة بعد دراسة مؤشرات الحقول المعطاة لنا والمتوفرة ومعرفة الشروط الحدية واللازمة لاستخدام طريقة الحقن الكيميائي لمقللات التوتر نجد مايلي :

-حقل أبو حردان النفطي:

- إن إمكانية تطبيق طريقة حقن مقللات التوتر السطحي الكيميائي يتوقف على عدة عوامل تتعلق بالشروط الحدية الموضوعة سابقاً ومن أبرزها درجة الحرارة للطبقة المنتجةإذ تؤثر درجة حرارة الطبقة المنتجة تأثيراً كبيراً على مجمل الطرق الكيميائية وتحد من تطبيقها وبالنسبة للمقللات فإنها تعمل على فرط محلول المقلل وجعله كالماء وبالتالي لا يعطي المردود المرجو منه ، وبالنسبة لحقل أبو حردان النفطي فإن متوسط درجة حرارة آبار الحقل هي **185°F** وبالتالي **يعتبر الحقل مناسباً من وجهة نظر درجة الحرارة لتطبيق طريقة حقن المقللات عليه**لأن الحرارة المطلوبة التي يعمل ضمهنا مقلل التوتر بدون أي تاثير على خواصها وبالتالي مردودية عملها هي أقل من **150 °C (302°F).**

- أما الخاصية الثانية الأبرز التي تؤثر تأثيراً كبيراً فهي نسبة التشبع النفطي للطبقة المنتجة ، فهي حالياً تصل لـ**41% =S_o**وهي مناسبة حيث أنه من المفترض أن تكون نسبة التشبع الحالية للنفط أكبر من **25%** حتى تكون العملية اقتصادية .

- إن **مواصفات الطبقة النفطية** من نفوذية ومسامية وسماكة طبقة منتجة مهمة جداً لتقييم مدى فعالية تطبيق الطريقة الكيميائية المذكورة (مقللات التوتر) وتعتبر النفوذية أهم عامل يحدد فعالية تطبيق هذه الطريقة من ناحية مواصفات الطبقة النفطية ويتمتع حقل أبو حردان بنفوذية عالية تصل إلى **k=900-1300 md** ، وهي مهمة جداً علماً أن

النفوذية المتاحة للتطبيق هي**k>10 md** لذلك يمكن تطبيق هذه الطريقة الكيميائية على الحقل بشكل فعال .

– تعتبر **مواصفات النفط** هامة جداً لمدى ملائمة تطبيق الحقن القلوي على الحقول النفطية ، وكثافة ولزوجة نفط حقل أبو حردان تسمح له وبسهولة تطبيق هذه الطريقة إذ أن كثافة نفط الحقل تصل الى **API=(44–51)** وهي كمية عالية جداً إذ أن القيمة المطلوبة لتطبيق الطريقة هي **API>(20–30)** واللزوجة التي يتمتع بها نفط الحقل منخفضة تصل إلى **1.5Cp**وهي قيمة تعتبر ممتازة إذا ما قورنت بشروط اللزوجة وهي **μ< 50Cp** لتطبيق هذه الطريقة.

– إن **ليتولوجية الصخر الحامل** للنفط يلعب دوراً مهماً وبشكل غير مباشر في زيادة مردود الطبقة النفطية عند تطبيق طرائق الحقن الكيميائي حيث أن الخزانات **الكربوناتية** تختلف في تعاطيها مع طرائق الحقن الكيميائي ومنها طريقة حقن المقلات لأنها تحتوي على أملاح وشوارد ثنائية وثلاثية مثل Ca^{++} و Mg^{++} بتراكيز عالية وأحياناً عالية جداً وهي تؤثر تأثيراً سلبياً على طرائق الحقن الكيميائي فهي بالنسبة للبوليميرات مثلاً تعمل عمليات لف للجزيئات البوليميرية على بعضها البعض ويذهب دورها سدى وهي بالنسبة للمقلات أوالقلويات تعمل على زيادة الكمية الضائعة بالإمتزاز لهذه المحاليل الكيميائية وهذا بالتالي يؤدي إلى خفض المردود النفطي بشكل غير مباشر بينما الصخور **الرملية** حيادية تجاه المحاليل الكيميائية ، وبالتالي هذا عامل إيجابي يزيد من مردودية تطبيق هذه الطريقة .

– مما سبق يعتبر **حقل أبو حردان** من مجموعة حقول الفرات السورية مهم جداً لدراسة إمكانية تطبيق طريقة الحقن مقلات التوتر السطحي عليه بشكل فعّال والجدول التالي يوضح المقارنة بين مواصفات حقل أبو حردان وشروط تطبيق طريقة حقن المقلات .

الجدول(3) يوضح المقارنة بين مواصفات حقل أبو حردان وشروط تطبيق حقن المقللات

مواصفات حقل أبو حردان	شروط تطبيق حقن مقللات التوترالسطحي
API = (44-51)	API > (20-30)
μ =1.5 Cp	μ< 50Cp
k = 900-1300 md	k >10 md
S = 41%	S>25%
Sandstone	Lithology: Sandstone preferred
T = 185°F	Temperature less than (150℃)302°F

-حقل الراسين النفطي:

- بإسقاط ماتم ذكره في الفقرة السابقة على حقل أبو حردان وبالمقاطعة مابين مؤشرات حقل الراسين النفطي ومابين الشروط الحدية اللازمة لاستخدام طريقة الحقن الكيميائي (حقن مقللات التوتر السطحي) فإنه تبعاً للمواصفات الفيزيائية والمواصفات الخزنية للصخر المنتج والنفط الطبقي فإنه يمكن وبشكل جيد تطبيق طريقة حقن المقللات على هذا الحقل والجدول التالي يوضح المقارنة بين مواصفات حقل الراسين النفطي وشروط تطبيق طريقةحقن المقللات .

الجدول(4) يوضح المقارنة بين مواصفات حقل الراسين وشروط تطبيق طريقة حقن المقلات

مواصفات حقل الراسين	شروط تطبيق حقن مقلات التوترالسطحي
API = 30	API > (20-30)
μ = 6 Cp	μ<50Cp
k =1200 md	k >10 md
S = 84%	S>25%
Sandstone	Lithology:Sandstone preferred
T = 183°F	Temperature less than (150°C) 302°F

-حقل عكاش النفطي:

- بالطريقة السابقة الموصوفة يمكن تعميم ماتم ذكره على حقل عكاش النفطي من مجموعة مديرية حقول الفرات لمعرفة مدى إمكانية تطبيق الطريقة الكيميائية (مقلات التوتر السطحي) عليه من وجهة نظر المواصفات الفيزيائية والخزنية للصخر والنفط فإنه يمكن تطبيق هذه الطريقة عليه بشكل ممتاز مع تبيان أن ليتولوجية الحقل هو **ليتولوجية كربوناتية** وهذا يعيق إلى حد ما أو يقلل من المردود المرجو من تطبيق طريقة حقن المقلات، وبالتالي إذا تم أخذ هذا العامل بعين الاعتبار وإيجاد الآليات الفنية والتقنية المناسبة للحيلولة دون التأثير السلبي للشوارد والأملاح على مقلات التوترالسطحي نكون قد تجاوزنا هذا التأثير السلبي ومن هذه الآليات حقن مياه عذبة تعمل على تقليل الملوحة ضمن الطبقة وتعدلها وبالتالي نتجنب تأثيراً سلبياً كبيراً على مقلات التوتر .

الجدول (5) يوضح المقارنة بين مواصفات حقل عكاش وشروط تطبيق طريقة حقن المقلات

مواصفات حقل عكاش	شروط تطبيق حقن مقلات التوترالسطحي
API = 46	API > (20-30)
μ = 1.1 Cp	μ< 50Cp
k =1000 md	k >10 md
S = 77%	S>25%
Carbonate	Lithology:Sandstone preferred
T = 187°F	Temperature less than (150°C) 302°F

- إن مجموعة حقول شركة الفرات للنفط تتعدى **20 حقلاً** ، وبالتالي الحقول المنتقاة سابقاً هي معيار جيد للبدء بتطبيق طريقة الحقن الكيميائي المذكورة سابقاً بشكل فعّال عليها **أما الحقول الباقية فهناك عوامل ساهمت في استبعادها مثل درجة الحرارة وبعض المواصفات الخزنية للطبقة المنتجة ولذلك اقتصرنا على الحقول المذكورة سابقاً .**

النتائج والمقترحات

أولاً : النتائج :

1- تعتبر طريقة **حقن مقلات التوتر السطحي من أهم طرق الحقن الكيميائي في مجال الاستثمار المدعم للنفط** وهي تقنية لا تزال تحتفظ بدورها وأهميتها ومردودها العالي بالرغم من قدم تطبيقها على الحقول النفطية لزيادة المردود النفطي واختلاف أسعارها مع الزمن.

2- يعتبر **حقل أبو حردان** من مديرية حقول الفرات حقلاً مهماً جداً لتطبيق طريقة حقن مقلات التوتر عليه بشكل فعّال ومجدي.

3- من دراسة المؤشرات نرى أن **حقل الراسين** من الحقول الملائمة فعلياً وتقنياً ومتوافقاً بشكل جيد جداً لتطبيق طريقة حقن المقلات عليه وهو حقل ذو **طبيعة ليتولوجية رملية.**

4-إن **حقل عكاش** جيد من حيث معايير المطابقة بين المواصفات الخزنية والفيزيائية والكيميائية للطبقة والنفط علماً أنه صخر ذو **ليتولوجية كربوناتية متشققة** لكنه بمسامية ونفوذية عالية تصل لـ **1000 md** .

5- إن وجود **الصخر الرملي** كصخر منتج خازن في **حقول أبو حردان والراسين** يساهم في عمليات تحسين عامل الإزاحة ورفع المردود النفطي بشكل غير مباشر وذلك لحياديته تجاه المحاليل الكيميائية لمقلات التوتر السطحي.

ثانياً :المقترحات :

1- التركيز على **دراسة الإمكانية العملية** لتطبيق هذه الطريقة الكيميائية على الحقول المنتقاة لتدعيم الأسس النظرية التي تم ذكرها سابقاً.

2- ضرورة **إعداد دراسة اقتصادية** إذا تم أخذ القرار بإمكانية تطبيقها عملياً تتضمن الأنواع المحقونة من مقللات التوتر السطحي وحسابات تكاليفها ونسبها وتراكيزها وأحجامها المطلوبة المناسبة وتتعداها إلى الحسابات المتعلقة برؤوس المال والمعدات السطحية وتكاليف المهندسين والعاملين والفنيين.

3- إعداد دراسات بحثية متقدمة (ماجستير- دكتوراه) تتعلق بحسابات **عامل المردود النفطي للحقول المدروسة.**

4- نقترح إجراء **محاكاة رياضية** لهذه الطريقة وذلك على **موديل** يحاكي ويماثل الطبقات النفطية للحقول المنتقاة من أجل معرفة عوامل المردود النفطي بشكل أدق واختيار أفضل المعايير والنماذج التي تعطي مردوداً نفطياً أكبر.

قائمة المراجعReferences

المراجع الأجنبية:

1-A.Gurel, M.C.P.A.Mourta, T.N.C.Danta, E.L.Barros, A.A.DantesNeto, ((A review on Chemical Flooding Methods applied in Enhanced Oil Recovery)),Campus University,Brazil,2008.
2- AlainZaitoun, Claudio Fonseca,((New Surfactant for Chemical Flood in High- Salinity Reservoir)), SPE, USA, 2003.
3- AliresaPoumani,((Smart Water)), MSc. in Oil&Gas Technology, Aalborg University, Denmark, Sep.2105.
4- Anita, K.Mohanty,((Physicochemical Interactions During Surfactant Flooding Of Fractured Carbonate Reservoirs)), SPE,USA, 2004.
5- A.Seethepalli, B.Adibhatla,((Wettability Alternation During Surfactant Flooding Of Carbonate Reservoirs)), SPE, Oklahoma, USA, 2004.
6- Baviere, M., Glenat, P., Plazanet, V., and Labrid, J., ((Improved EOR by Use of Chemicals in Combination)), SPE,USA, Aug. 1995.
7-Gary A. Pope,((Overview of Chemical EOR))،Center for Petroleum and Geosystems Engineering, The University of Texas at Austin, Casper EOR workshop, USA, October 26, 2007
8- H.A.Nasr- El- Din, B.F.Hawkins, K.AGreen, ((Viscosity Behavior of Alkaline, Sufactant, Polyacrylamide Solutions Used for Enhanced Oil Rcovery)), SPE, California, USA, Feb.20-22.1991.
9-Krumrine, Paul.H,((Surfactant Flooding2: The Effect Of Alkaline Additives On Permeability And Sweep Efficiency)), SPE, USA, 1982.
10-Marc baviere,((Surfactantfor EOR: Olefin Sulfonate Behavior at High Temperature and Hardness)), SPE, USA, 1988.
11- U.S.Energy information Administration , "Monthly Energy Review" ,Table 13,USA, April,2017.

المراجع باللغة العربية

12- د.م. أحمد الشيخ حمود ، ((محاضرات في الاستثمار المدعم للنفط)) ، دبلوم هندسة حفر وانتاج النفط والغاز – جامعة البعث –سوريا، (1997).

13- تقارير ((شركة الفرات للنفط)) ، 2015.

14- د.مصعب البريدي، رسالة دكتوراه بعنوان ((استخدام طريقة الحقن الكيميائي (ASP) لزيادة عامل الإزاحة في بعض الحقول النفطية)) ، بإشراف أ.د.عماد نوفل، جامعة البعث – سوريا ، أ.د.عطيةعطية،جامعة قناة السويس ،مصر، 2010.

15- منظمة الأقطار العربية المصدرة للبترول (أوابك) ،السنة /36/ العدد 12،إدارة الشؤون الفنية، ((الاستخلاص البترولي المحسن)) ، الكويت 2010.

12-Dr.Sheick Hammoud,A., "Lectures in Enhanced Oil Recovery", Diploma of Oil &Gas Production & Drilling Engineering,ALBaath Unvercity,Homs,Syria,1997.

13- ALfurat Oil Company Reports, Reservoir Dep., 2015.

14- Dr. Baredi,M.,PhD Title" Chemical Flooding of ASP (Alkaline,Surfactant,Polymer)for Enhanced Oil Displacement Factor in Some Syrian Fields,Homs,Albaath Unv.,2010.

15- AOPEC (Arab Organization of Petroleum Export Countries),"EOR", Year36, Index.12, Technical Affairs Department, Kuwait, 2010.