دراسة تأثير حقن CO_2 على عامل الإزاحة في حقل السويدية

إعداد المهندس : أحمد عقل سعيد

المشرف على الأعمال في 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 وهي استخدامCO_2 في عمليات الإزاحة لهذه الدراسة .

من أجل ذلك حضر نموذج لنفط السويدية الطبقي محققاً اللزوجة والكثافة المطلوبتين بإضافة النفط المفصول عنه الغاز والمأخوذ من إحدى محطات التجميع في الحقل إلى الكيروسين بنسب مختلفة وأجريت عمليات الإزاحة على العينات المشبعة بالنفط المحضر بواسطة غاز CO_2 بنسب مختلفة منه .

كلمات مفتاحية (عامل المردود النفطي ، استثمار، حقن ، الضغط الطبقي ، عمليات تحسين استعادة النفط ، الإزاحة ، النفط الطبقي)

The Studying of the effect of co_2 injection on the displacement factor in AL Swaydia field

Summary

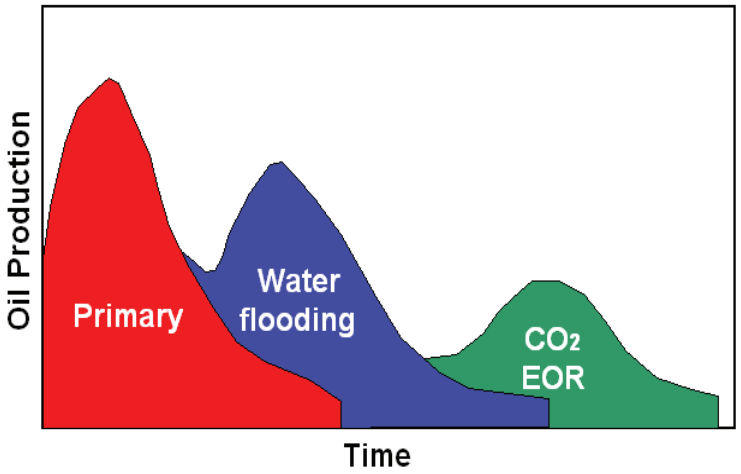
It was proved practically that the factor of oil recovery of some carbon reservoirs oil doesn't exceed 30% , so it is necessary to search for other methods which enable to invest these reservoirs at high recovery factor .Now in Swaydia field, water injection is used behind the contact zone to keep the 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 co_2 in displacement processes of this study. For this , model to layer Swaydia oil was prepared in laboratory examiner viscosity and density by adding the oil that gas was separated it and taken from one of field collecting stations to kerosene in different ratios. Displacement processes were done on the Samples that was saturated by oil prepared by co_2 in different ratios .

Key words (factor of oil recovery, invest, injection, layer pressure, enhanced oil recovery (EOR) processes, displacement, layer oil)

1-1- مقدمة :

تقسم عادة طرائق إنتاج النفط إلى ثلاث مجموعات اعتمادا على الزمن الذي تطبق فيه على الحقول النفطية،يمثل الشكل(1-1): الطرق المختلفة لإنتاج النفط ، وبالتالي نميز:

الإنتاج الأولي للنفط – الإنتاج الثانوي للنفط – الإنتاج الثالثي للنفط.



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

1-2- هدف البحث: يهدف البحث لمعرفة تأثير نسبة CO_2 المحقونة على عامل الازاحة في حقل السويدية عند استخدام العينات الصخرية الاسطوانية.

1-3-تأثير غاز ثاني أكسيد الكربون على الصفات الفيزيائية للنفط الطبقي:

1-انتفاخ النفط : يعني انتفاخ النفط زيادة ظاهرية في حجمه من خلال ذوبان

ثاني أكسيد الكربون فيه.يعتمد معامل الانتفاخ على الضغط ودرجة الحرارة وتركيب النفط الخام الشكل (1-2) ، يعتبر انتفاخ النفط من الأمور الهامة لسببين :

1- يؤدي إلى زيادة ظاهرية في درجة تشبع الفراغات المسامية بالنفط (ظاهرة التوضع) وبالتالي يزداد الضغط في الفراغات المسامية مما يؤدي إلى دفع كميات النفط المتبقية إلى آبار الإنتاج.

2- يدفع الماء خارج الفراغات المسامية فتزداد النفوذية الفعالة للنفط وتصبح الطبقة أكثر ملاءمة لتمرير النفط . [8]

الشكل (1-2) تأثير الضغط والحرارة على معامل انتفاخ النفط

وبناءً على الأبحاث التي تم إجراؤها من قبل فرانك ت.هـ. تشونغ و نوماس.ي.بورشفيد فإن انتفاخ النفط لدى ذوبان غاز ثاني أكسيد الكربون فيه يمكن أن يقيم بالعلاقة التجريبية التالية:

$$SF = 1 + 6.2335E - 4 \times Rs \quad (1\text{-}1)$$

أما الباحثان(2006) Emera and Sarma فقد حددا عامل الانتفاخ SF اعتماداً على ذوبانية CO_2 والحجم الجزئي للنفط والتي تساوي النسبة بين كتلة النفط Mw وكثافة النفط عند الدرجة 15.5 (الكثافة النوعية للنفط) ، حيث بنيت العلاقات اعتماداً على نوعية النفط ثقيلاً كان أم خفيفاً :

1- من أجل النفط الثقيل ($Mw \geq 300$)

$$SF = 1 + 0.3302Y - 0.8417Y^2 + 1.5804Y^3 - 1.074Y^4 - 0.0318Y^5 + 0.2155Y^6 \quad (2-1)$$

حيث أن :

$$Y = 1000 \times (((\gamma / Mw) \times Sol(molefraction))^2)^{EXP(\gamma/(Mw)/Mw)}$$

من أجل النفط الخفيف(Mw<300)

$$SF = 1 + 0.04811Y - 0.9928Y^2 + 1.6019Y^3 - 1.2773Y^4 - 0.48267Y^5 + 0.066711Y^6 \quad (3-1)$$

[2]

2-الكثافة:إن تغير كثافة النفط لدى تشبعه بغاز ثاني أكسيد الكربون ليس واحداً، ففي البداية يلاحظ زيادة بسيطة لكثافة المزيج بقيمة% (1,9-2,1) و ذلك ضمن مجال الذوبانية الكبيرة لغاز ثاني أكسيد الكربون ومن ثم يلاحظ انخفاضها .

تعطى كثافة النفط المشبع بـCO_2 بالعلاقة التالية:

$$\rho_o = \frac{\rho_{osc} + \frac{Rso \cdot M}{2130,3}}{Bo} \quad (4-1)$$

حيث أن :

ρ_o – كثافة النفط المشبع (Lb / Ft^3) . M– الوزن الجزيئي للغاز .

ρ_{osc} – كثافة النفط الميت وتساوي $\rho_{osc} = 62,4\left(\frac{141,5}{131,5 + API}\right)$ (5−1)

Bo– معامل حجم النفط المتشكل وهو النسبة بين الحجم بالظروف الطبقية مقدرا بالبرميل والحجم بالظروف السطحية مقدرا بـ : STB أي برميل نفط سطحي (bbL / STB).

Rso– ذوبانية الغاز وتقدر بالقدم المكعب القياسي (SCF) لكل برميل نفط سطحي (STB) و تعطى بالعلاقة التالية :

$$Ros = \frac{(Yco2)\cdot(379,4)}{(1-Yco2)\cdot(Moil)/(\rho osc)\cdot(5,615)} \quad (6-1)$$

حيث أن :

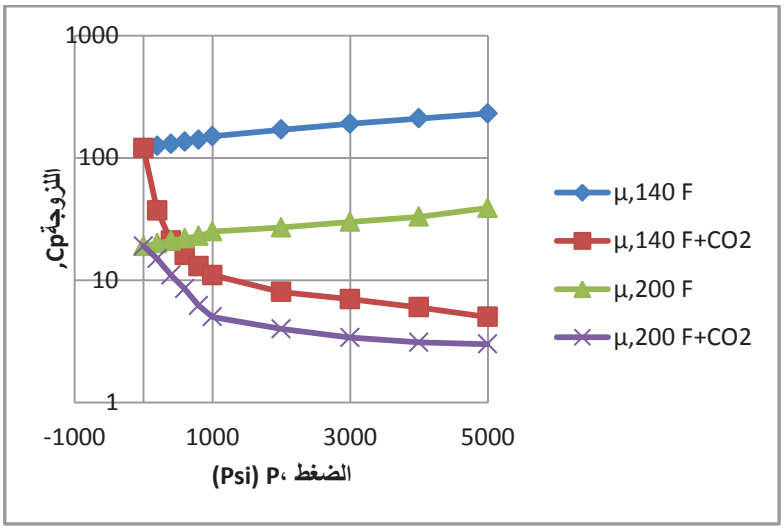
Yco_2– الكسر المولي لثاني أكسيد الكربون في المزيج (نفط –CO_2) .

Moil– الوزن الجزيئي للنفط .

3–اللزوجة : تظهر الأبحاث التجريبية الكثيرة أن لزوجة النفط تتناقص لدى تشبعه بغاز ثاني أكسيد الكربون وتكون قيمة التناقص أكبر كلما كانت لزوجة النفط الأولية أكبر . [8] .

يتعلق معدل انخفاض لزوجة النفط نتيجة ذوبان غاز ثاني أكسيد الكربون فيه بالإضافة إلى تركيب النفط الخام الأولي بالضغط والحرارة الشكل رقم (1–

3).كذلك يبين الشكل(1-3)أن لزوجة النفط المشبع بـ ثاني أكسيد الكربون عند الضغط 1000 Psi تنخفض من 120 Cp إلى 10 Cp في الدرجة 140 ^{o}F بينما تنخفض من 18 Cpإلى 6 Cp في الدرجة200 ^{o}F. [8].



الشكل (1-3) تغير لزوجة النفط بتغير الضغط عند درجات حرارة مختلفة بوجود CO_2 وبدون وجوده

تعطى لزوجة النفط المشبع بغاز ثاني أكسيد الكربون بعلاقة ي . ي . دونيوشكين التالية :

$$\mu o = A(q) \times \mu t^{b(q)} \qquad (7-1)$$

حيث أن:

μt : لزوجة النفط الأولية (CP) . A(q),b(q) : ثوابت تجريبية يحسبان كما يلي :

$$A_{(q)} = 022/\left[022 + (q^*)^2\right] \qquad (8-1)$$

$$b_{(q)} = \left[0.362/(0.28 + q^*)\right] \times 0.295 \qquad (9-1)$$

q*: النسبة الوزنية لـ CO_2 في النفط .

كما يمكن استخدام العلاقة التالية لتحديد لزوجة النفط لدى ذوبان غاز CO_2 فيه :

$$\mu_o = 6 \times EXP(-41866 \times C_M) \qquad (10-1)$$

حيث أن : C_M : النسبة الكتلية لغاز CO_2 في الطور النفطي .

1-4- تأثير غاز CO_2 على الخواص الارتشاحية للصخور:

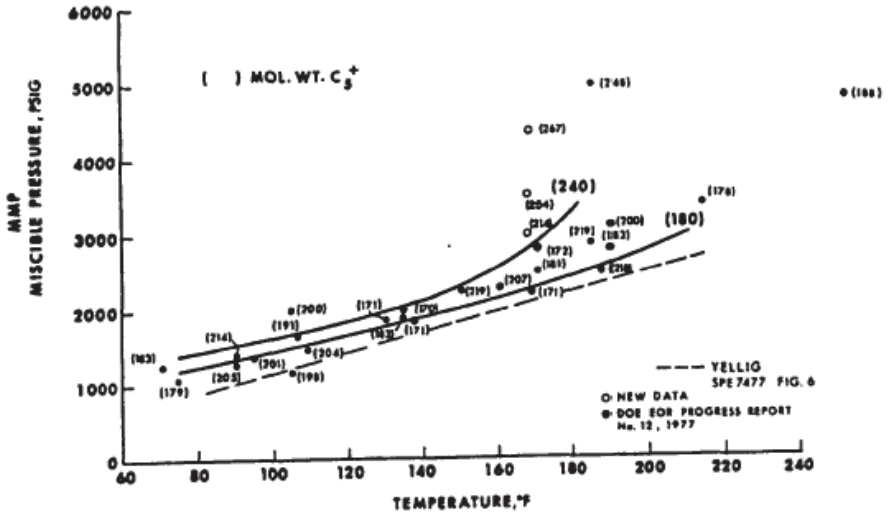
يشكل مزيج الماء وCO_2 حمض الكربون الخفيف الذي يثبت الغضار ويمنعه من الانتفاخ بتأثير المياه ، وبالتالي يساهم في التقليل من انخفاض نفوذية الصخور الغضارية . يُحسّن الحمض المتشكل فعالية عملية الحقن وذلك بسبب الانحلال الجزئي للصخور ، مما يؤدي إلى زيادة نفوذية الصخور الكربوناتية ، ويتم ارتفاع النفوذية النسبية للنفط بوجود CO_2 نتيجة تغير التوتر السطحي على الحد الفاصل نفط ـ CO_2 ومن جهة أخرى نتيجة لذوبان وامتزاز المركبات في الطبقة الحدية وأيضاً نتيجة لتشكل مواد مقللة للتوتر السطحي عند جبهة الإزاحة ، وهكذا فإنّ غازCO_2 ينشط عملية الإزاحة الشعريّة للنفط بالماء . إنّ لهذه الظاهرة أهمية كبيرة لدى استخدام CO_2 ضمن المكامن المسامية المتشققة والتي يُعتبر ضمنها التغلغل الشعري العنصر الأهم في ميكانيكيّة إزاحة النفط .يعطي وجود غاز CO_2 ضمن القنوات المسامية والشقوق القدرة على زيادة سماكة الطبقة

المائيّة الفاصلة ما بين الجسم الصلب والنفط ، مما يقلل شد النفط إليه ، وهذا بدوره يؤدي إلى تحسين إزاحته من الطبقة ، كذلك فإن تخفيض التوتر السطحي على الحد الفاصل نفط ـ ماء يساعد على زيادة قوى الالتصاق للماء مع الصخر نسبة إليها بالنسبة للنفط ، مما يؤدي إلى إعطاء الماء القدرة على طرد النفط عن سطح الصخر .[8]

1-5 ضغط الامتزاج الأصغري (MMP): ضغط الامتزاج الأصغري هو أصغر ضغط يتم عنده امتزاج الغاز والسائل مع كل من النفط والماء ونحصل منه على أعلى مردود. وقد جرت محاولات عدة من قبل عدد من الباحثين لتحديد ضغط الامتزاج الأصغري ، وذلك لأنّ حدوث الامتزاج ضروري جداً لكي تتم الإزاحة ضمن الطبقة لأن غاز المحقون إذا انتشر في الطبقة ولم يتم الامتزاج تكون عملية الحقن غير مُجدية، ولكي يتم الامتزاج فإنّه يتطلب شروطاً محددة من الضغط وحرارة والسمة العامة لمعظم الدراسات تشير إلى أنه بزيادة كثافة النفط فإنّ ضغط الامتزاج الأصغري (MMP) يزداد وبشكل عكسي عند تقليل محتوى تبخير الهيدروكربونات في النفط الخام .[3]

أشارت دراسات كل من [Josendal & Holm &YELLIG] إلى أنّ ضغط الامتزاج الأصغري تابع لحرارة المكمن وتركيب النفط حسب الشكل(1-4) كما أشارت الدراسة المذكورة أعلاه إلى أنّ الامتزاجية تابعة أيضاً للوزن الجزيئي للنفط وخاصّة الكسر C_5^+ ،وأشاروا إلى أنّ النفط الأثقل يتطلب ضغط امتزاجي أصغري أكبر مع زيادة C_5^+ . وإذا كان غاز CO_2 المحقون يحوي بعض الشوائب مثل الميتان أو النتروجين فإنّ ضغط الإمتزاج الأصغري يزداد ويتناسب مع زيادة الشوائب وكمثال

على ذلك فإنّ ضغط الامتزاج يزداد من 1200 psi إلى 2000 psi عندما تكون نسبة الميتان هي 20% في غاز الحقن وبوجود غاز الآزوت يمكن أن يرتفع ضغط الامتزاج إلى 4200 psi ، أمّا غاز كبريت الهيدروجين فإنّه يخفّض من ضغط الامتزاج ولكن بمقدار صغير . [4]



الشكل(1-4) يبين ضغط الامتزاج الأصغري كتابع لدرجة الحرارة وتركيب النفط.

1-6- أسس تحسين استعادة النفط باستخدام غاز CO_2 :

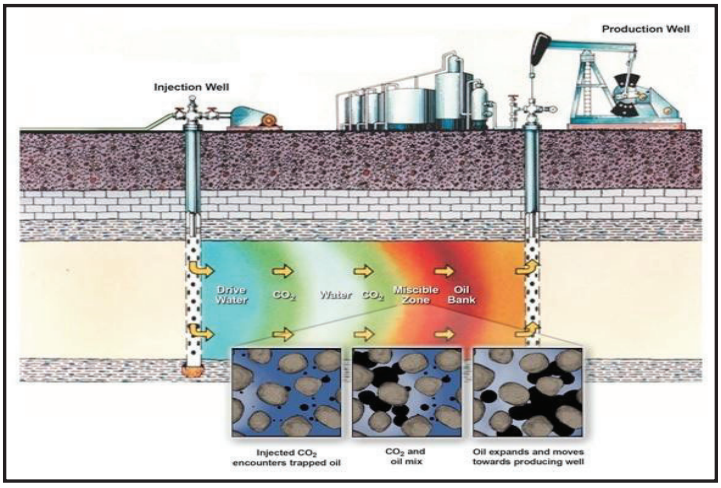
يبقى عادة أكثر من نصف المحتوى الأصلي للنفط في المكمن في مكانه في الطبقات وذلك بعد الإنتاج الثانوي للنفط. يكون النفط المتبقي كقطرات مبعثرة في فراغات صخور المكمن أو يشكل غشاءً حول الحبيبات الصخريّة. يشكل حقن CO_2 في المكمن شروطاً إيجابيّة ليحسّن من استعادة النفط. وتتضمن هذه الشروط:

1- تقليل القوى الشعرية التي تمنع جريان النفط عبر فراغات المكمن وذلك بإنقاص التوتر السطحي للنفط.

2- زيادة حجم النفط(انتفاخ النفط) وتقليل لزوجته.

3- حدوث تحولات طورية في النفط تزيد من سيولته.

4 - المحافظة على الخصائص الحركيّة الملائمة للنفط ولغاز CO_2 بهدف تطوير الفعالية الحجمية للإزاحة. يبين الشكل(1-5) آلية تفاعل CO_2 مع النفط المتبقي الموجود في صخور المكمن.



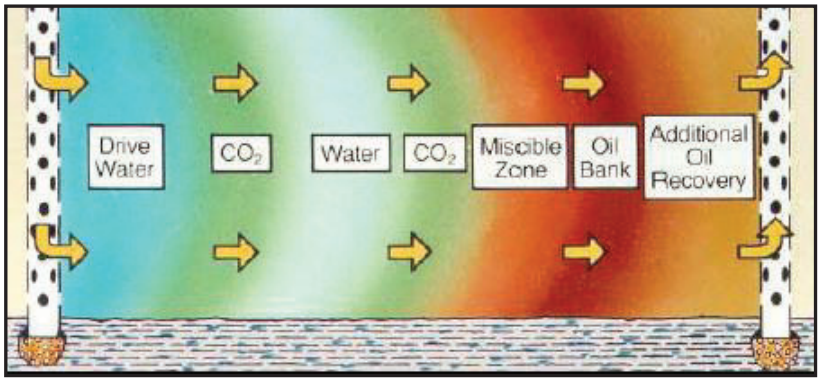
الشكل(1-5) آلية تفاعل CO_2 مع النفط المتبقي الموجود في صخور المكمن.

يملك غاز CO_2 الميل للحركة بشكل أسرع من النفط ضمن المكمن . وحتّى تكون عملية الاستعادة فعّالة يجب أن يكون لكل من CO_2 والنفط ذات الحركيّة؛ حيث أنّ الحركيّة لكل طور تعتمد على نفوذيته الفعّالة والتي تحدد لزوجته وكمية وجود

الموائع الأخرى التي تمنع جريانه.توجد طريقتان لإزاحة النفط في الاستثمار المدعم باستخدام غاز CO2هما:

الإزاحة الامتزاجيّة والإزاحة اللاامتزاجيّة حيث تعتمد إمكانية تطبيق كل منهما على شروط المكمن. [1]

1-7- طريقة الإزاحة الامتزاجية باستخدام(CO_2):عند شروط المكمن من الضغط ودرجة الحرارة وتركيب النفط؛ فإنّ غاز CO_2 يمكن أن يكون ممتزجاً مع النفط وهذا يعني أنّ CO_2 يختلط مع النفط الخام بكل النسب ويشكلان سائلا أحادي الطور، نتيجة لهذه العملية يزداد حجم النفط وتنخفض لزوجته وتقلّ تأثيرات التوتر السطحي وهذا بالنتيجة يطوّر من قدرة النفط على الجريان خارج المكمن، يوضح الشكل عملية الإزاحة الامتزاجية للنفط باستخدامCO_2 (1-6).



الشكل(1-6)مخطط يبين عملية الإزاحة الامتزاجية للنفط باستخدامCO_2

يتأثر امتزاج غازCO_2 في النفط الخام بشكل قوي بالضغط ويجب تحقيق ما يسمى ضغط الامتزاج الأصغري (MMP) .

عندما يمتزج غاز CO_2 امتزاجا كاملاً مع النفط، تصبح عند هذا الضغط كثافة غاز CO_2 مساوية لكثافة النفط الخام. تعتمد قيمة ضغط الامتزاج الأصغري على تركيب النفط الخام وعلى شروط المكمن من الضغط ودرجة الحرارة. وبالتالي فإنّ عملية الإزاحة الامتزاجيّة باستخدام غاز CO_2 يمكن تطبيقها فقط عندما يُحقن غاز CO_2 عند ضغط أعلى من ضغط الامتزاج الأصغري(MMP) والذي يجب أن يكون أقل من ضغط المكمن وهكذا فإنّ معرفة ضغط الامتزاج الأصغري هي مطلب أساسي لتطبيق عملية الإزاحة الممتزجة في الحقول النفطيّة. يمكن أن يُقاس ضغط الامتزاج الأصغري في الوقت الحاضر تجريبيّاً أو بتطبيق المعادلات التجريبيّة بإتقان جيد .يمكن استعادة كل النفط الموجود على تماس مع CO_2 نظريّاً ، ولكن عمليا تكون كمية النفط الاضافية المنتجة بحدود20%–5 من النفط الأصلي. إنّ الأسباب التي تؤثر على استعادة النفط تتضمن:

1–الحاجة لمسافة محدودة لجريان CO_2 ضمن المكمن قبل تحقيق الامتزاجية الكاملة.

2–الجريان المستقر (تشكل ظاهرة الأصابع اللزجة) والذي ينتج عن سهولة جريان غاز CO2 مقارنة مع النفط مما يقود إلى احتجاز النفط.

3–الاختراق المبكر لغاز CO_2 والناتج عن الجريان غير المستقر الناتجة تأثيرات الجاذبية والناتجة عن الفروق الهامة في الكثافة بين CO_2 والنفط أو الناتج عن النفوذية العالية لصخور المكمن والتي تؤدي إلى العزل الطوري.

4–حاجة CO_2 لتحريك المياه التي تُركت خلف الغمر المائي.

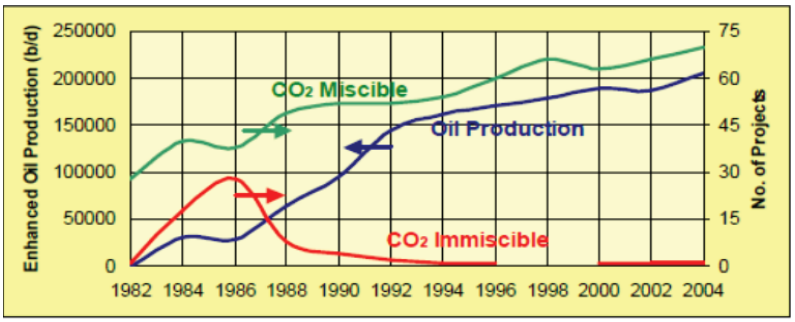
لمنع ظهور الجريان غير المستقر ولتقليل مقدار CO_2 المستخدم في العملية يُلجأ إلى حقنه بالتناوب مع المياه [1].

1-8-مقارنة بين طريقتي الإزاحة الامتزاجية واللاامتزجية لـ(CO_2):

يمثل الشكل (1-7) عدد من المشاريع التي تعمل على الإنتاج المدعم للنفط ويلاحظ منه تفوق الولايات المتحدة الأميركية في عدد المشاريع التي أجريت وفق الإزاحة الامتزاجية على الدول الواردة في هذه الدراسة، كما يُظهر الشكل تفوق الإزاحة الامتزاجة على الإزاحة اللاامتزاجية من جهتي عدد المشاريع التي طُبقت عليها وكذلك الإنتاجية التراكميّة من النفط .[1]

يبين الجدول (1-1) مقارنة بين عدد من البلدان من ناحية تطبيقها لطريقتي الإزاحة الامتزاجية واللاامتزاجية:

البلد	نوع المشروع	عدد المشاريع	معدل الإنتاج b/d
الولايات المتحدة الأمريكية	امتزاجي لا امتزاجي	70 1	502775 102
كندا	امتزاجي	2	7200
تركيا	لا امتزاجي	1	6000
ترينيداد	لا امتزاجي	5	313



الشكل(1–7) يبين تقييم عدد من مشاريع الاستثمار المدعم باستخدام حقن غاز CO_2 في الولايات المتحدة الأمريكية.

تتجلى أهمية استخدام CO_2 في عمليات EOR عندما يمتزج مع النفط بانتفاخ النفط وانخفاض لزوجته وانخفاض التوتر السطحي بين الطورين ، وتحميض التشكيلات الكربوناتية وتحسين النفوذية النسبية لكل مائع والتخلص من التوتر السطحي بين CO_2 والنفط الخام ، ويقلل من التشبع بالنفط المتبقي في الكسح الحجمي الفعال ، كما يحسن المردود بواسطة دفع الغاز المنحل ،وأنه يقوم باستخلاص المركبات الثقيلة من النفط حتى C_{30} مقارنة مع بعض الغازات . أما عندما لا يتم الامتزاج وعند حقن CO_2 فإنه يؤدي لرفع ضغط الخزان وحصول تبادل جزئي بين النفط والغاز وهذا يؤدي لزيادة عامل الازاحة في البداية ثم يتناقص بعد ذلك بسبب الحركية العالية للغاز واللزوجة والكثافة المنخفضتين لغاز CO_2 مقارنة مع النفط تشكل الأصابع اللزجة وهيمنة الجاذبية وهذا يؤدي لانخفاض عامل الازاحة .وأهم الطرق المتبعة لحقن CO_2 :

1–الحقن المتناوب . 2 –الحقن المستمر . 3– الحقن الدوري.

طريقة الحقن المتناوب:تعتمد الفعالية الإجمالية لعملية(EOR)على تأثيرات الكسح

الميكروسكوبي والماكروسكوبي في المكمن. اللذان يتعلقان بالكسح الأفقي والعمودي . حيث أن الكسح الأفقي يعتمد على معدل النسبة الحركية بين الطور المزيح والطور المزاح ، بينما يعتمد الكسح الشاقولي على الفرق في الكثافة بين السوائل المحقونة والسوائل المزاحة ،حظيت الولايات المتحدة الأمريكية بالتطبيق الأكبر لهذه العملية بمشاركة وصلت لما يقارب62.7% تلتها كندا بنسبة 15.3%، وكانت هذه الطريقة تطبق على اليابسة بنسبة88%.[5]

الحقن المستمر: تنجز هذه العملية بعد الحقن المائي ، تتجلى قوة استخدامه بفعالية الازاحة الميكروسكوبية الناتجة عن الحجم المضاعف لـ CO_2 في الحقن المستمر. لكن المشاكل الأساسية فيها هي الحاجة الكبيرة لكمية CO_2 المطلوبة ، النسبة الحركية غير المرغوبة له التي تسبب في تشكيل ما يسمى الأصابع اللزجة ، اختلاف الكثافة بينه وبين النفط التي تسبب ما يسمى العزل الجاذبي وعامل المردود هو 15%من النفط الأولي[6]

الحقن الدوري: طُورت هذه الطريقة لتكون الخيار البديل لحقن البخار في خزانات النفط الثقيل بحيث تخفض اللزوجة بشكل كاف لتحريك النفط إلى آبار الإنتاج وتعتبر هذه العملية البديل لعمليات الدفع المستمر، تشمل هذه العملية مرحلة حقن CO_2 ثم فترة حفظ تتم عملية الحقن الدوري بآلتين الحقن المستمر والحقن المتناوب [7] .

1-9- لمحة موجزة عن حقل السويدية : 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 . يعتبر النفط الموجود من النوع المتوسط إلى الثقيل وأهم مواصفات هذا النفط موضحة في الجدول (1–2) .

الجدول (1–2) 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
درجة الحرارة C,	15.5	78

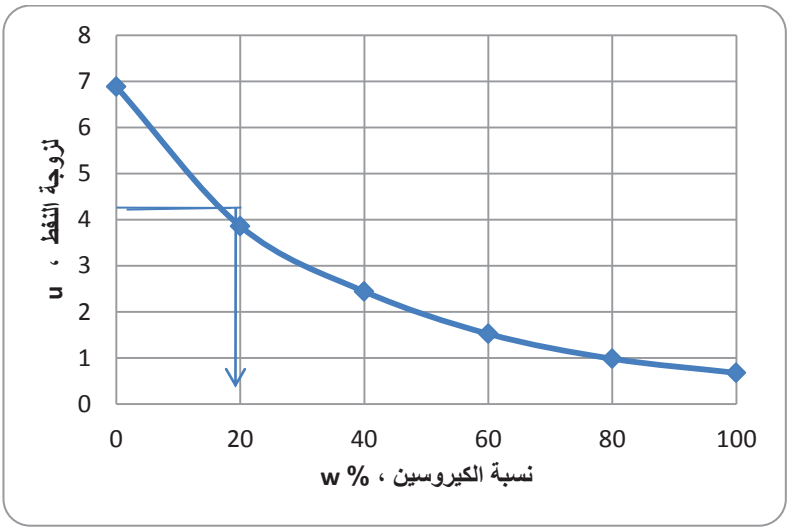
1-10-1- تحضير النفط بالمواصفات الفيزيائية المشابهة لنفط حقل السويدية:

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 ($78\ ^oC=172.4^oF$) حتى تم التوصل إلى الكثافة واللزوجة المناسبتين ،جدول (1-3) .

الجدول (1-3) 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 Cp 4 عند حرارة الطبقة ، لذلك نجد من خلال الشكل (1-8) أن نسبة الكيروسين هي (18.8 %gr) .



الشكل(1-8)العلاقة بين نسبة الكيروسين ولزوجة النفط المحضر

1-10-2- 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 (1-4) التالي :

الجدول (1-4) نتائج القياسات المخبرية للصفات الفيزيائية الوسطية للعينات الصخرية

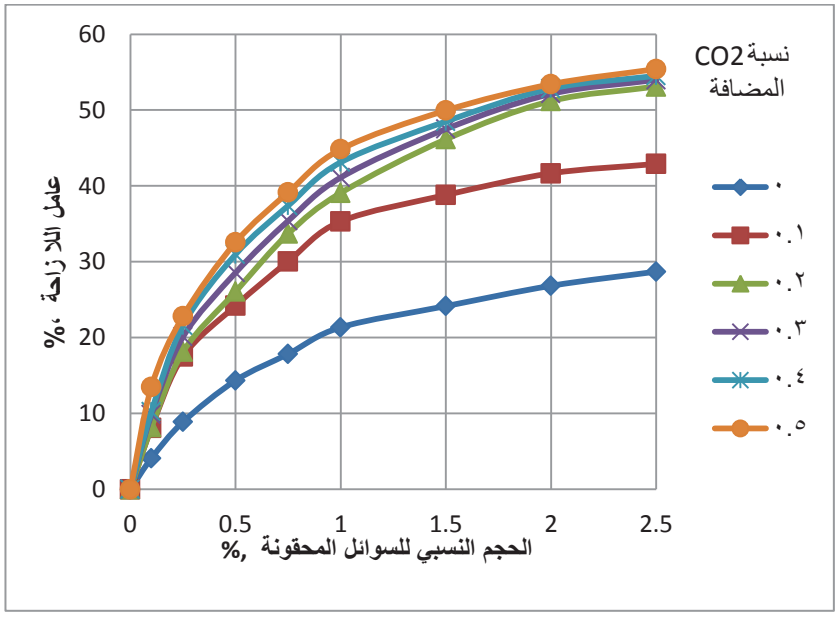
نوع العينات / الصفات المدروسة	العينات الأفقية	العينات العمودية
المسامية ،%	22.72	20.58
النفوذية المطلقة باستخدام الغاز ،mD	23.3	16.20
النفوذية المطلقة باستخدام السائل ،mD	7.807	2.8
كمية المياه المترابطة ، %	23.59	47.13

1-10-3-نتائج حقن غاز ثاني أكسيد الكربون:

طُبقت إحدى طرق استثمار النفط باستخدام غاز CO_2 وهي طريقة حقن دفعة من غاز بنسبٍ مختلفة من حجم الفراغات المسامية ثمّ الماء على عينات صخرية حقيقية من حقل السويدية الذي ينتج النفط منه من طبقة الماسيف ، وتمت عمليات الازاحة على محطة حقن تم تصنيعها محلياً وكان الطول الكلي للعينات 13 Cm ، وكانت نتائج الحقن كما هي مبينة في الجدول(1-5) والشكل (1-9) .

جدول(1–5): نتائج حقن غاز CO_2 مع الماء

الحجم النسبي للسوائل المحقون	نسبة CO_2 المحقون إلى حجم الفراغات المسامية%					
	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5
0	0	0	0	0	0	0
0.1	4.1	8.1	8.18	9.85	10.23	13.51
0.25	8.88	17.51	18.13	20.1	21.61	22.81
0,5	14.35	24.21	26.06	28.56	30.98	32.56
0.75	17.84	30.05	33.7	35.4	37.4	39.14
1	21.36	35.32	39.08	41.11	43.12	44.83
1.5	24.15	38.8	46.15	47.5	48.5	49.95
2	26.83	41.66	51.19	52.13	52.83	53.41
2.5	28.7	42.9	53.1	53.98	54.51	55.41



الشكل (1–9) عامل الإزاحة بالعلاقة مع الحجم النسبي للمياه المحقونة عند حقن CO_2 بنسبة مختلفة من حجم الفراغات المسامية

النتائج والمقترحات

1- يزداد عامل الإزاحة مع زيادة نسبة CO_2 المحقونة حتى النسبة 20% من حجم الفراغات المسامية (عامل الإزاحة 53.1%) وبعد ذلك نجد أن الزيادة تصبح صغيرة جداً بسبب ظاهرة العبور(تجاوز الغاز للنفط) .

2- يلاحظ من منحنيات الإزاحة عند حقن CO_2 والماء ثباتية في المنحني عند النسب العالية للحقن النسبي للسوائل الكلية وهذا يعود إلى قيام غاز CO_2 بدوره في إزاحة النفط من العينات عند المرحلة الأولى من الحقن مما يؤكد دوره الايجابي الكبير في ذلك من حيث تأثيره على خواص النفط كما ذكر سابقاً وتحسين ظروف انفصاله عن سطح الصخر من خلال تشكيل مواد مخفضة للتوتر السطحي غير ثابتة عند جبهة الإزاحة .

3- إن التأثير الايجابي لغاز CO_2 على عملية المردود والمتمثل بانتفاخ النفط وتخفيض كل من اللزوجة والتوتر السطحي الذي يجعل النفط يغير شكله ويتحرك داخل الفراغات المسامية بشكل أسهل واستخلاص المركبات الخفيفة كل هذا أدى إلى زيادة تشبع الفراغات المسامية بالنفط وخلق جبهة نفطية أكثر حركية مسببة زيادة عامل الإزاحة .

وبناءً على ذلك نقترح :

1-حقن CO_2 بنسبة 20% من حجم الفراغات المسامية ثم يتابع الحقن بالماء حتى نسبة الحقن الكلي 250% .

2- دراسة التأثير المشترك لـ CO_2 ومواد أخرى كمخفضات التوتر السطحي أو المواد القلوية على عامل الإزاحة .

4- إجراء عمليات إزاحة مخبريه على نموذج صخري ذو 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-Emera, M.K., Sarma, H.K. Genetic Algorithm (GA) – based correlations offer More Reliable Prediction of CO_2 Oil Physical Properties, Canadian International Petroleum Conference, Calgary, Alberta, Canada, June 13 – 15, 2006.

3– Johnson, J.P. and Pollin, J.S., Measurement and Correlation of CO2 Miscibility Pressures; SPE 9790, presented at the 1981 SPE/DOE Joint Symposium on Enhanced Oil Recovery held in Tulsa, Oklahoma, April 5-8, 1981.

4-Holm, L.W. and Josendal, V.A.: "Mechanisms of Oil Displacement By Carbon Dioxide," paper SPE 4736 presented at the 1974 SPE-AIME Improved Oil Recovery Symposium, Tulsa, OK, April 22-24.

5-IMMISCIBLE AND MISCIBLE GAS-OIL DISPLACEMENTS IN POROUS MEDIA(in the Craft and Hawkins Department of Petroleum Engineering).

6- Huang, E.T.S. and Holm, L.W.: "Effect of WAG Injecfion and Rock Wettability on Oil Recovery During CO2 Flooding," paper SPE 15491 presented at the 1986 SPE Annual Technical Conference and Exhibition, New Orieans, LA, October 5-8.

7- Sankur, V. and Emanuel, A.S.: "A Laboratory Study of Heavy Oil Recovery With CO2 Injection," paper SPE 11692 presented at the 1983 SPE California Regional Meeting, Ventura, CA, March 23-25.

2- المراجع باللغة العربية :

8- . د.م. عبد الأحد، جورج- د.م. نوفل ، عماد- بحث دراسة التأثير المتبادل بين النفط الطبقي الثقيل والمواد المخفضة للتوتر السطحي و CO_2 1997 .جامعة البعث .