

جمهورية العراق

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

جامعة تكريت / كلية العلوم

قسم علوم الارض التطبيقية

مقالة بعنوان :

طرق حقن المياه في الحقول النفطية، حقل نفط كركوك كمثال

تقدم به الطالب:

سيف الدين ضامن عليوي مطلق

## 1. المقدمة:

عند إنتاج النفط والغاز المصاحب له من حقول النفط الجديدة تكون آبار الإنتاج في ذروة نشاطها وطاقاتها الانتاجية ويكون الضغط في المكمن او الخزان النفطي في ذروته كذلك. ومع استمرثار الانتاج من المكمن ينخفض الضغط فيه مما يقلل الطاقة الانتاجية لآبار النفط بسبب انخفاض جريان النفط الى قعر تلك الآبار من المناطق المحيطة بها مما يتطلب حفر آبار اخرى في مناطق جديدة من الحقل [1].

ومع استمرار انتاج النفط والغاز المصاحب من الحقل يستمر انخفاض الضغط الموجود في مكمن النفط الذي يشكل القوة اللازمة لدفع النفط الى اعلى البئر مما يتطلب ايجاد طرق اخرى للتعويض عن الضغط المفقود لإدامة ابقاء الضغط في المكمن مستقرا وبالتالي ادامة الانتاج من المكمن بصورة سلسلة قدر الامكان.

هناك طرق مختلفة لإدامة انتاج النفط اهمها حقن الماء أو الغاز الطبيعي او غازات اخرى كالنتروجين أو ثاني أوكسيد الكربون.

ان حقن الماء او الغاز يساعد على ابقاء الضغط في المكمن مستقرا كما يساعد على ازاحة ودفع النفط الذي في طريقه الى آبار الانتاج القريبة ومنها الى معدات الانتاج على سطح الارض [2]، وسنتطرق الى شرح طريقة حقن المياه في بحثنا هذا.

## 2. عمليات استخلاص النفط:

يؤدي الاستخلاص التدريجي للنفط من خلال آبار الإنتاج إلى تقليل ضغط الخزان بسبب تبديد الطاقة الأولية. هذه الحقيقة بالإضافة إلى مقاومة تدفق السوائل في الخزان المترجمة إلى قوى لزجة وشعيرية في الوسط المسامي تسبب فقدان إنتاجية الآبار [3]. وبناء على ذلك تم استخدام مجموعة من طرق استعادة النفط لتحسين كفاءة الاستعادة مع استكمال الطاقة الأولية للخزان. حيث قسمت عمليات استعادة النفط إلى ثلاث فئات وهي: استعادة النفط الأولية والثانوية والمحسنة [4].

يتضمن الاستخلاص الثانوي للنفط إدخال الطاقة في الخزان عن طريق حقن نوع واحد من السوائل (الغاز أو الماء) تحت الضغط حيث أن الطاقة المضافة تعزز إزاحة النفط وتوفر انتعاشا إضافيا بمعدلات متزايدة [5].

بصورة عامة فإن طرق الإنتاج التقليدية تنتج حوالي 30٪ من الحجم الأولي للنفط الموجود، والنفط المتبقي حوالي 70 ٪ لذلك يتم استخدام الطرق المحسنة لاستخراج حيث النفط تتضمن طرق الاستخلاص المحسنة للنفط أي طريقة مطبقة لاستعادة المزيد من النفط من الخزان أكثر من تلك التي لن يتم الحصول عليها عن طريق الاسترداد الأولي أو الثانوي[6].

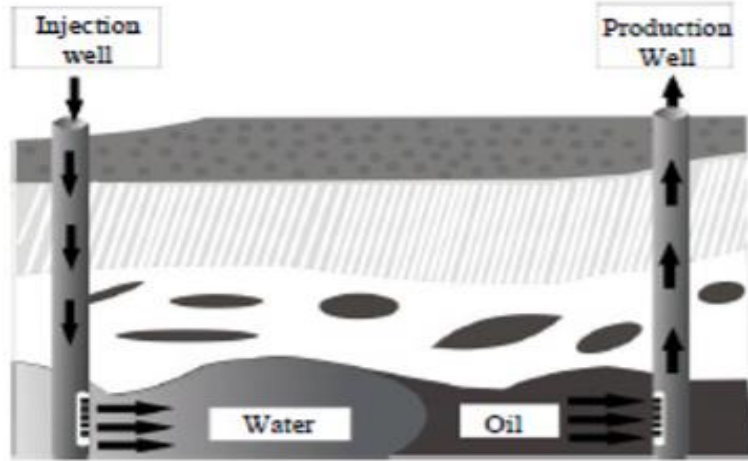
### **3.حقن المياه:**

تعتبر هذه الطريقة ذات كلفة منخفضة وهي إحدى الطرق المميزة في الحفاظ على الضغط المكمني، ويتم حفر آبار الحقن بين الآبار المنتجة للنفط بشكل نوعي، على سبيل المثال في حالة وجود 4 آبار يتم حفر بئر حقن فيما بينها وبحيث يكون على مسافة متساوية عن جميع الآبار الأربعة المنتجة.

ويتم حقن الماء لغرض دفع النفط باتجاه الآبار المنتجة مع مراعاة الدقة في بئر الحقن من حيث المسافة بين بئر الحقن والآبار الأخرى المنتجة ومعدل الحقن والضغط اللازم لتحقيق الإزاحة المطلوبة للنفط بواسطة الماء المحقون شكل رقم (1).

ويستمر حقن الماء لحين ظهور كميات عالية من الماء في النفط المنتج ، أو أن تصبح عملية حقن الماء غير مجدية اقتصادياً. ولأن لزوجة الماء أقل من لزوجة النفط فأن الماء سيتغلغل في النفط ويصل الى البئر المنتج ، ويتجاوز كمية كبيرة من النفط تاركاً إياها خلفه مما يجعل من الصعب استخلاصها وإنتاجها. لذا يجب أن يكون المهندسون حذرين جداً في تحديد كمية الماء المحقون ومراعاة خصائص المكمن والصخور والسوائل المكمنية لتجنب هذه الحالة.

ويتم تحسين هذه العملية بتحسين الماء المحقون وذلك بتغيير لزوجة الماء لتصبح أعلى من لزوجة النفط .حيث أن هذا سيؤدي تحسين قابلية التحرك للنفط ، وجعل الحد الفاصل بين النفط والماء Oil/water Contact أكثر استقراراً شكل رقم (2) ، وتجنب تغلغل الماء في البئر المنتجة ويتحقق ذلك بإضافة مواد بوليمرية معينة الى الماء المحقون[7].



شكل رقم (1): عملية حقن الماء.



شكل رقم (2): الحد الفاصل بين النفط والماء.

#### 4. مصادر الماء:

تعتبر مصادر المياه ونوعيتها من الأمور الهامة التي يجب أخذها بعين الاعتبار للتخطيط من أجل مشروع حقن المياه في الطبقات حيث أن المتطلبات الأساسية لحقن المياه في الطبقات بعد تحقيق شروط تطبيق هذه الطريقة والأخذ بالاعتبار عدة عوامل هي [8]:

1. توفر المياه بكميات كافية خلال فترة عمر المشروع، إن كمية المياه اللازمة لمشروع الحقن تختلف تبعاً لنوعية المشروع المطلوب تنفيذه وبشكل عام فإن الاحتياجات الكلية من الماء تتراوح بين (150-170)% من حجم المسامات في الطبقة المراد الحقن فيها وبما انه يتم إعادة حقن الماء المنتج والراجع فإن كمية الماء اللازمة للحقن تكون بحدود (50)% من الحجم المسامي للمكمن النفطي.
2. خلوها من المواد الصلبة الغير منحلة أو المواد العالقة.
3. استقرارها كيميائياً وكونها غير فعالة نسبياً مع المركبات والعناصر الموجودة في منظومة الحقن حيث أن المواد المسببة للتآكل والمحتوى العالي من المواد الصلبة ووجود المواد الغريبة في المياه تؤخذ بعين الاعتبار أثناء تصميم وتنفيذ عمليات الحقن.

وبالتالي تقسم مصادر المياه إلى:

#### 1. مصادر المياه العذبة:

ويتوفر لدينا في هذا النوع المصادر التالية:

##### أ. المصادر السطحية:

وتتمثل بمياه الجداول والأنهار والبحيرات وتستخدم على نطاق واسع في عمليات الحقن إلا أن لها سلبيات أيضاً وهي :

1. شح المياه إضافة إلى أن هذه المياه غير مؤمنة صيفاً .
  2. غناها بـ ( $O_2$ ) وتحمل العديد من المواد العالقة بالإضافة إلى أنواع مختلفة من العضويات .
  3. اختلاف تركيبها على مدار السنة وبالتالي تحتاج لتكاليف باهظة عند المعالجة .
- ب. المياه السطحية (الآبار التجميعية):

حيث تمتاز هذه المياه بتكاليف معتدلة للضخ وبتصفية طبيعية للمياه وبالتالي تكاليف أقل للمعالجة .

##### ت. الطبقات تحت سطحية :

يتوفر بعض الماء في المقاطع الجيولوجية وبكميات كافية لكنها بحاجة إلى حفر آبار.

## 2. مصادر المياه المالحة:

يتوفر لدينا في هذا النوع المصادر التالية :

أ. المصادر الجوفية:

عند توفر طبقات الماء المالح بجوار مشروع الحقن فإنه يجب تجهيز آبارها بنفس طريقة إنهاء آبار المياه العذبة وهنا يوجد فائدة من استخدام الماء المالح لأغراض الحقن في المناطق التي تكون الطبقة حساسة للماء العذب حيث يكون ذو مردود عالي وتكاليف معتدلة للضخ ولكن المصاريف تظهر في حفر الآبار التي تكون ذات أعماق كبيرة أحياناً بالإضافة إلى احتواء هذه المياه على كميات ملحوظة من  $(H_2S)$  و  $(SO_2)$  حيث يتطلب ذلك نفقات من أجل المعالجة.

ب. مصادر البحار والمحيطات:

توجد بكميات متوفرة بشكل كبير وتمتاز بتكاليف منخفضة لأعمال التطوير والضخ وينصح بأن يتم حفر آبار قليلة العمق بدلاً من سحبها مباشرة حيث تتم تصفية المياه طبيعياً وكون معدلات التآكل عالية يفضل استخدام موانع التآكل.

ت. المياه الطبقيّة:

حيث أن هذه المواد تكون مرافقة للنفط المنتج فيتم فصلها بواسطة محطات المعالجة ومن ثم يتم إعادة حقنها في آبار الحقن إلا أن احتواء هذه المياه على مواد أكالة بالإضافة إلى الترسبات التي تترافق مع هذه المياه أدى إلى وجود مصاريف إضافية من أجل المعالجة لهذه المياه.

## 5. خصائص عمليات حقن المياه:

نقوم بحقن المياه وذلك للوصول إلى الأهداف التالية [8]:

1. رفع الضغط الطبقي عن الحالي والمحافظة عليه.

2. رفع مستويات السوائل السكونية / الستاتيكية / والديناميكية.
3. رفع عامل الإزاحة من جراء تغيير اتجاه التيارات الارتشاحية.
4. تحسين ظروف عمل الآبار الميكانيكية وانتقال المكن إلى نظام عمل أكثر فاعلية.
5. التخلص من المياه المنتجة مع النفط والتي تؤثر على البيئة وذلك بحقنها ثانية.

## **6. حقن نفط كركوك كمثال: [2]**

### **1.6 حقن الغاز أولاً وحقن الماء لاحقاً**

تم اكتشاف هذا الحقل الذي يمتد من شمال نهر الزاب الصغير ليستمر باتجاه الجنوب الغربي ماراً بمدينة كركوك لينتهي في جنوب غربها بطول قدره 105 km وعرض بمعدل 3.2 km في 13 تشرين الاول 1927 والذي يقع مكن نفطه على عمق 700 متر تقريباً.

لقد كان انتاج النفط خلال العشرين سنة الاولى من عمر الحقل يستخرج بصورة تلقائية تحت ضغط المكن نفسه. ومع ارتفاع معدلات الانتاج من 80,000 برميل باليوم في الثلاثينيات الى ما يقارب 700,000 برميل باليوم في منتصف الخمسينيات من القرن الماضي حدث انخفاضاً في ضغط المكن يقدر بحوالي 260 باوند على الانج المربع مما تطلب معالجة ذلك في عام 1957 بضخ الغاز في المكن من حقل باي حسن المجاور لمنع عدم حدوث انخفاضات اضافية في المكن غير ان حقن الغاز كان علاجاً مؤقتاً لحين الاستعاضة عنه بحقن الماء المستمر.

لذلك تقرر المباشرة بتنفيذ مشروع حقن الماء على نهر الزاب الصغير بطاقة مليون برميل باليوم التي تساوي طاقة انتاج الحقل المخطط لها والذي تم انجازه وتشغيله في كانون الاول 1961.

لقد نجح المشروع نجاحاً كبيراً في منع حدوث اي انخفاضات اضافية في ضغط المكن لا بل قام مع مر السنين بتقليص انخفاض ضغط المكن الاصلي من 260 باوند/انج<sup>2</sup> الى حوالي 185 باوند/انج<sup>2</sup> في منتصف السبعينيات من القرن الماضي.

## 2.6 منشآت مشروع حقن الماء في حقل كركوك:

لقد تطلب تحقيق المشروع القيام بإنجاز المنشآت التالية:

1. تهيئة خمس آبار لحقن المياه في المكن.
2. تشييد محطة ضخ على نهر الزاب تحتوي على سبع وحدات ضخ كهربائية ضخمة لسحب المياه من النهر وضخها الى خزانات التصفية.
3. مد خط انابيب قطر 20 عقدة من كل وحدة من وحدات الضخ النهرية الى خزانات التصفية.
4. تشييد ستة خزانات لمعالجة المياه بقطر 100 قدم وارتفاع 20 قدما وبطاقة 200,000 برميل باليوم لكل منها.

## 3.6 خزانات التصفية والمصافي الرملية لمشروع حقن الماء:

1. تشييد 60 وعاء افقيا يحتوي كل منها على رمال ناعمة لتصفية المياه القادمة من خزانات المعالجة.
2. تشييد محطة ضخ لحقن المياه النقية في آبار الحقن تحتوي على ثلاث وحدات ضخ توربينية طاقة كل منها 6,000 حصان قادرة على ضخ 10,000 غالون بالدقيقة.
3. مد خمسة خطوط انابيب قطر 20 عقدة من محطة الضخ التوربينية الى آبار الحقن الخمسة لحقن الماء في مكن النفط .
4. مد خط انابيب لنقل الغاز من محطة باي حسن الجنوبية لتزيد الوحدات التوربينية بالوقود.
5. تشييد غرفة سيطرة مركزية للمشروع.



## المصادر العربية والاجنبية:

1. Alvarado, V. and Manrique, E., 2010. Enhanced oil recovery: field planning and development strategies. Elsevier, Gulf Professional Publishing, Burlington, USA
2. العناز غانم، كتاب العراق وصناعة النفط والغاز في القرن العشرين الصادر باللغة الانكليزية عن دار نشر جامعة نوتتكهام البريطانية في ايار 2012.
3. Rosa, A. J. C., R. S.; Xavier, J. A. D., 2006. Petroleum Reservoir Engineering. Editora Interciência. Rio de Janeiro, Brazil (In Portuguese)
4. Donaldson, E.C., Chilingarian, G.V. and Yen, T.F., 1989. Enhanced oil recovery II: processes and operations. Developments in Petroleum Science, 17B, Elsevier science publishing, Amsterdam, Netherlands
5. Teknica Petroleum Services Ltda., 2001. Enhanced oil recovery. Alberta
6. Terry, R.E., 2001. Enhanced Oil Recovery. In Encyclopedia of Physical Science and Tchnology, 3rd Edition, vol. 18. Robert A. Meyers Ed., Academic Press, 2001, pp 503518
7. Water Injection for Oil Recovery by using Reservoir Simulation via CFD
8. www.oilgastoday.com