THERMAL METHODS FOR ENHANCED OIL RECOVERY AND THEIR ENVIRONMENTAL IMPACT

الأساليب الحرارية لتعزيز استخراج النفط وتأثيرها البيئي

Shadi Mohamad Alkhateeb
PhD student at Sukhoi State Technical University of Gomel

Abstract: *The global demand for oil has significantly increased in recent years, corresponding to the substantial industrial boom. Since oil is a non-renewable energy source, and because traditional methods of oil production in most of the world's producing fields yield only 30-40% of the initial oil reserves in the layers, it is essential to search for more effective methods to enhance oil production. Although thermal methods are relatively old and highly effective for producing heavy and high-density oil, they have significant environmental drawbacks. This report will address these drawbacks and discuss the latest technologies used to mitigate this pollution.*

Keywords: *Thermal methods, Enhanced oil recovery, Environmental pollution.*

شادي محمد الخطيب
طالب دكتوراه جامعة سوخوي التقنية الحكومية

الخلاصة : لقد زاد الطلب العالمي على النفط بشكل كبير في السنوات الأخيرة، وهو ما يتوافق مع الطفرة الصناعية الكبيرة. وبما أن النفط مصدر للطاقة غير متجدد، ولأن الطرق التقليدية لإنتاج النفط في أغلب حقول الإنتاج في العالم لا تنتج سوى 30-40% من احتياطيات النفط الأولية في الطبقات، فمن الضروري البحث عن طرق أكثر فعالية لتعزيز إنتاج النفط. وعلى الرغم من أن الطرق الحرارية قديمة نسبيا وفعالة للغاية لإنتاج النفط الثقيل وعالي الكثافة، إلا أنها تنطوي على عيوب بيئية كبيرة. وسوف يتناول هذا التقرير هذه العيوب ويناقش أحدث التقنيات المستخدمة للتخفيف من هذا التلوث.

الكلمات المفتاحية : الأساليب الحرارية، استخلاص النفط المعزز، التلوث البيئي.

د. نيكولاي الكسندروفيتش ديميانينكو
أستاذ مشارك بجامعة سخوي الحكومية التقنية

Nikolai Alexandrovich Demyanenko
PhD, Associate Professor, Sukhoi State Technical University of Gomel

Scientific Supervisor

المشرف العلمي

Introduction

This report seeks to elucidate the most important thermal methods used to enhance oil production, the conditions and circumstances of their application, their environmental impact, and some procedures that can be implemented to mitigate this negative impact, thereby increasing their efficiency.

Results and discussion

Thermal technologies are widely used in the field of enhanced oil recovery due to their high reliability and efficiency, especially for extracting high-viscosity oil.

One of the advantages of using thermal technologies is that they can be applied in most reservoirs regardless of reservoir conditions. The heat effect extends deeply into the reservoir by conduction, which influences the layer even in areas with weak or no direct contact with the heat source and low permeability, unlike other enhanced oil recovery methods that require direct contact with the affecting medium [1-2].

Thermal methods have been specifically applied to extract high-viscosity oil from layers with low permeability, as well as later for shale oil and bitumen.

Experimental data have shown that thermal recovery processes are more suitable for application in reservoirs characterized mainly by porosity ranging from 20% to 35%, permeability between 500 and 10,000 millidarcies, temperature below 80 degrees Celsius, and oil viscosity greater than 1000 millipascal seconds. Consequently, results indicate that thermal recovery is generally suitable for reservoirs with medium to high permeability and porosity, medium to high depth, relatively large thickness, moderate to low temperature, and high viscosity of heavy oil.

Thermal methods alter the properties of the oil in the reservoir, such as density and viscosity, making it easier to move within the layer, thus increasing production and yield.

Thermal enhanced oil recovery methods are divided into aqueous methods, which rely on the injection of hot water or steam, and non-aqueous methods that supply the reservoir with thermal energy without injecting water or its derivatives. These include in-situ combustion, electrical heating (resistance heating, induction heating, microwave heating), and electromagnetic heating.

Aqueous methods are highly effective in extracting viscous oil; however, they have drawbacks related to significant heat loss during the movement of hot water or steam inside the well from the surface to the producing layer, high consumption of fresh water, and considerable fuel consumption required to heat the water on the surface, resulting in increased carbon dioxide emissions and air pollution.

In-situ combustion and other thermal methods are considered to be less fuel-consuming and less polluting to the environment [3].

Given the global trend towards reducing carbon emissions, it is essential to direct heating processes to maintain high efficiency while reducing environmental risks.

Conclusion

To reduce the significant environmental pollution resulting from heating water and generating steam for injection into the reservoir, the focus has shifted to heating using electricity and electromagnetic waves. These technologies are considered inexpensive compared to traditional heating methods, less harmful to the environment, and less resource-intensive. Additionally, there are no restrictions on their use at various depths and thicknesses of the layers. The use of electromagnetic heating techniques combined with the injection of certain types of nanoparticles that respond to these waves has shown very promising results. These particles can be controlled and directed via the electromagnetic field, resulting in higher efficiency

المقدمة

يسعى هذا التقرير إلى إلقاء الضوء على أهم الطرق الحرارية المستخدمة لتعزيز إنتاج النفط، وشروط وظروف تطبيقها، وأثرها البيئي، وبعض الإجراءات التي يمكن تنفيذها للتخفيف من هذا الأثر السلبي وبالتالي زيادة كفاءتها.

النتائج والمناقشة

تستخدم التقنيات الحرارية على نطاق واسع في مجال الاستخلاص المعزز للنفط بسبب موثوقيتها وكفاءتها العالية، وخاصة لاستخراج النفط عالي اللزوجة.

ومن مزايا استخدام التقنيات الحرارية أنها يمكن تطبيقها في معظم المكامن بغض النظر عن ظروف المكمن. ويمتد تأثير الحرارة عميقًا في المكمن عن طريق التوصيل، مما يؤثر على الطبقة حتى في المناطق ذات الاتصال المباشر الضعيف أو غير المباشر بمصدر الحرارة والنفاذية المنخفضة، على عكس طرق الاستخلاص المعزز للنفط الأخرى التي تتطلب الاتصال المباشر بالوسط المؤثر[1-2].

وقد تم تطبيق الطرق الحرارية على وجه التحديد لاستخراج النفط عالي اللزوجة من طبقات ذات نفاذية منخفضة، وكذلك لاحقًا لزيت الصخر الزيتي والبتومين.

وقد أظهرت البيانات التجريبية أن عمليات الاستخلاص الحراري أكثر ملاءمة للتطبيق في المكامن التي تتميز بشكل أساسي بمسامية تتراوح من 20٪ إلى 35٪، ونفاذية تتراوح بين 500 و 10000 ملي درجي، ودرجة حرارة أقل من 80 درجة مئوية، ولزوجة زيت أكبر من 1000 ملي باسكال ثانية. وبالتالي، تشير النتائج إلى أن الاستخلاص الحراري مناسب بشكل عام للخزانات ذات النفاذية والمسامية المتوسطة إلى العالية، والعمق المتوسط إلى العالي، والسمك الكبير نسبيًا، ودرجة الحرارة المتوسطة إلى المنخفضة، واللزوجة العالية للنفط الثقيل.

تعمل الطرق الحرارية على تغيير خصائص النفط في الخزان، مثل الكثافة واللزوجة، مما يسهل حركته داخل الطبقة، وبالتالي زيادة الإنتاج والعائد.

تنقسم طرق الاستخلاص الحراري المعزز للنفط إلى طرق مائية، تعتمد على حقن الماء الساخن أو البخار، وطرق غير مائية تزود الخزان بالطاقة الحرارية دون حقن الماء أو مشتقاته. وتشمل هذه الطرق الاحتراق في الموقع، والتسخين الكهربائي (التسخين بالمقاومة، والتسخين بالحث، والتسخين بالميكروويف)، والتسخين الكهرومغناطيسي.

تعتبر الطرق المائية فعالة للغاية في استخراج النفط اللزج؛ ومع ذلك، لها عيوب تتعلق بفقدان الحرارة الكبير أثناء نقل الماء الساخن أو البخار داخل البئر من السطح إلى طبقة الإنتاج، والاستهلاك العالي للمياه العذبة، واستهلاك الوقود الكبير المطلوب لتسخين المياه على السطح، مما يؤدي إلى زيادة انبعاثات ثاني أكسيد الكربون وتلوث الهواء [3].

يعتبر الاحتراق في الموقع والطرق الحرارية الأخرى أقل استهلاكًا للوقود وأقل تلويثًا للبيئة. نظرًا للاتجاه العالمي نحو تقليل الانبعاثات الكربونية، فمن الضروري توجيه عمليات التسخين للحفاظ على الكفاءة العالية مع تقليل المخاطر البيئية.

الخاتمة

لتقليل التلوث البيئي الكبير الناتج عن تسخين المياه وتوليد البخار لحقنه في الخزان، تحول التركيز إلى التسخين باستخدام الكهرباء والموجات الكهرومغناطيسية. تعتبر هذه التقنيات غير مكلفة مقارنة بأساليب التسخين التقليدية، وأقل ضررًا بالبيئة، وأقل استهلاكًا للموارد. بالإضافة إلى ذلك، لا توجد قيود على استخدامها على أعماق وسمك مختلف للطبقات. أظهر استخدام تقنيات التسخين الكهرومغناطيسي جنبًا إلى جنب مع حقن أنواع معينة من الجسيمات النانوية التي تستجيب لهذه الموجات نتائج واعدة للغاية. يمكن التحكم في هذه الجسيمات وتوجيهها عبر المجال الكهرومغناطيسي، مما يؤدي إلى كفاءة أعلى

Literature المراجع والمصادر

1. Alkhateeb, Sh. M. The latest technologies used to increase oil production from depleted layers with poor permeability [Электронный ресурс] / Sh. M. Alkhateeb ; scientific supervisor N. A. Demianenko // E.R.A – Современная наука: электроника, робототехника, автоматизация : материалы I Междунар. науч.-техн. конф, студентов, аспирантов и молодых ученых, Гомель, 29 фев. 2024 г. / Гомел. гос. техн. ун-т им. П. О. Сухого [и др.] ; под общ. ред. А. А. Бойко. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2024. – С. 189–191.
2. AL-Khateeb, Sh. The Future Prospects of the Oil Industry Using Artificial Intelligence / Sh. AL-Khateeb, M. F. S. H. AL-Kamali // Стратегия и тактика развития производственно-хозяйственных систем : сб. науч. тр. / М-во образования Респ. Беларусь, Гомел. гос. техн. ун-т им. П. О. Сухого, Ун-т им. Аджинкья Д. Я. Патила ; под ред. М. Н. Андриянчиковой. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2023. – С. 172–174.
3. Poroshin, V. D. Development of oil and gas fields: a textbook / V. D. Poroshin, S. V. Kozyreva, S. L. Poroshina. - Gomel: GGTU named after P. O. Sukhoi, 2024. - 399 p.