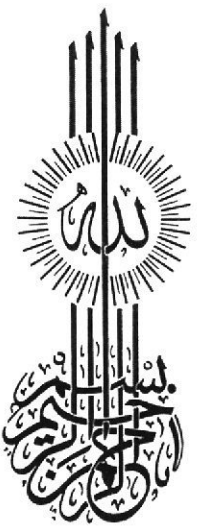
بسم الله الرحمن الرحيم

طرق الاستخلاص المحسن للبترول

تأليف

الدكتور محمد حلمى صيوح

أستاذ - هندسة مكامن البترول

كلية الهندسة - جامعة الملك سعود

الرياض - المملكة العربية السعودية

النشر العلمى والمطابع - جامعة الملك سعود

ص ب ٢٤٥٤ الرياض ١١٤٥١ المملكة العربية السعودية

مكتبة جامعة الملك سعود
الرقم العام : ٦١٨٢٨٨
مكتبه :
رقم العهدة : ١٥٦٤٦٦

ⓒ جامعة الملك سعود، ١٤١٩هـ

فهرسة مكتبة الملك فهد الوطنية أثناء النشر

صيوح، محمد حلمى
طرق الاستخلاص المحسن للبترول - الرياض.
٤٧٠ ص ١٧×٢٤سم
ردمك: ٧ - ٦١٤ - ٠٥ - ٩٩٦٠ (جلد)
٥ -٦١٥ - ٠٥ - ٩٩٦٠ (غلاف)
١ - البترول - تكرير ٢ - البترول - صناعات ا - العنوان
ديوي ٥٣, ٦٦٥ ١٨/١٣٤٦
ردمك: ٧ - ٦١٤ - ٠٥ - ٩٩٦٠ (جلد)
٥ -٦١٥ - ٠٥ - ٩٩٦٠ (غلاف)

رقم الإيداع: ١٨/١٣٤٦

حكمت هذا الكتاب لجنة متخصصة، شكلها المجلس العلمى بالجامعة، وقد وافق المجلس على نشره بعد اطلاعه على تقارير المحكمين فى اجتماعه الحادى والعشرين للعام الدراسى ١٤١٣/١٤١٤هـ والمنعقد فى ١٤١٣/١٢/٢هـ الموافق١٩٩٣/٥/٢٣م

النشر العلمي والمطابع ١٤١٩هـ

شكـــر

الشكر لله سبحانه وتعالى الذي مكنني من إتمام هذا الكتاب بلغة القرآن العظيم، وأدعو الله أن ينفع به طلاب العلم والمعرفة.

وأشكر كل من أسهم بالمساعدة أثناء إعداد هذا الكتاب وأخص بالشكر كل من الدكتور محمد بن سعود البليهد رئيس قسم هندسة النفط بكلية الهندسة-جامعة الملك سعود والمهندس محمد فهمي محروس بقسم هندسة النفط بجامعة الملك سعود.

كما يود المؤلف شكر دور النشر والمؤلفين التالية أسماؤهم للاستعانة ببعض الأشكال والجداول التي وردت بالكتاب:

. J. Archer and C. Wall, Petroleum engineering - principle and practice, Graham and Trotman Ltd.

. D. Shah and R. Schecter,Improved oil recovery by surfactant and polymer flooding, Academic Press, Inc.

. M. Latil et al., Enhanced oil recovery, Gulf Publishing Company.

. T. Burchfield and R. Bryant, Proceedings of the Symposium on Application of Microorganisms to Petroleum Technology,U.S. Department Commerce.

. Secondary and Tertiary Recovery Processes, Interstat Oil Compact Comm.

. E. Donaldson, et al. (Eds.) Enhanced oil recovery process and operation - II, Elsevier Science Publisher.

. E. Craig, The reservoir engineering aspects of waterflooding, SPE of AIME.

. H. Slider, Worldwide petroleum reservoir engineering methods, PennWell Publishing Company.

. H. Van Poolen, Fundamentals of enhanced oil recovery, PennWell Publishing Company.

. J. Zajic, (Eds.) Microbial enhanced oil recovery, PennWell Publishing Company.

. S. M. Farouq Ali. Design of Thermal Recovery Projects.

إهداء

إلى زوجتي ولأبنائي محمد وعمر وفاطمة الزهراء

المقدمة

إن البحث عن مصادر جديدة للبترول واستنباط تقنية حديثة وتسخيرها لاستخلاص المزيد من الزيت الخام المتجمع في مكامن البترول، هي الشغل الشاغل للجيولوجيين والمهندسين في شركات البترول العاملة في مختلف أنحاء العالم بهدف تأمين الاحتياجات المتزايدة من البترول، عصب الصناعة الحديثة والمصدر الأساسي للطاقة في عصرنا الحالي.

وبالرغم من التقنيات الهائلة في مجال إنتاج البترول وطرق تحسين العائد فإن معدل الاستخلاص الأولي والثانوي يتراوح بين ٣٠ إلى ٤٠ بالمائة من المخزون الأصلي للزيت في باطن الأرض، أي أن حوالي ثلثي البترول تقريبًا يبقى في المكمن. ومنذ فترة وجيزة نسبيًا، كانت هذه الكميات الهائلة من الزيت الخام تكاد تكون في حكم المفقود كليا، لأن استخراجها لم يكن عملاً اقتصاديًا بالنسبة للأسعار السائدة، وأيضًا بالنسبة للتقنية الموجودة ضمن نطاق صناعة البترول ونتيجة الارتفاع الكبير في أسعار الزيت فإن الدراسات العلمية والبحوث والمشروعات الصناعية على أساليب المرحلة الثالثة في عمليات استخلاص الزيت الخام تجري على قدم وساق لتطوير تقنيات الاستخلاص في جميع أرجاء العالم.

وتعتبر أساليب الاستخلاص الحرارية في الوقت الحاضر، أضمن الأساليب وأكثرها استخدامًا في استخلاص الزيت المتخلف في مكامن البترول وتعمل هذه

العمليات على إضافة المزيد من الحرارة للإقلال من لزوجة الزيت. وقد تضمن الكتاب شرحًا مفصلاً عن حقن البخار والاحتراق الموضعي وهما من أساليب التقنية الأساسية في عملية الاستخلاص الحرارية.

وقد أثبت غاز ثاني أكسيد الكربون أنه أفضل الغازات من الناحية الاقتصادية وأكثرها فعالية في استخلاص المزيد من الزيت الخام. وتعرض الكتاب بالشرح المفصل لعمليات استخلاص الزيت بواسطة ثاني أكسيد الكربون والهيدروكربونات السائلة والغازية.

ولا يزال عدد كبير من مهندسي البترول والعلماء ورجال الأبحاث يعملون على تطوير طرق استخلاص الزيت المتخلف بعد العمليات الأولية والثانوية باستخدام المحاليل الكيميائية مثل محاليل البوليمر والسيرفاكتنت والمحاليل القلوية. ولقد استعرض الكتاب هذه الطرق بكثير من التفصيل والتوضيح.

ومن أحدث الطرق لاستخلاص المزيد من الزيت الخام طريقة حقن البكتيريا. وهناك عدد من المشروعات المتشعبة الأطراف في هذا المجال قيد التنفيذ في مواقع الحقول وفى المختبرات في بلدان كثيرة من العالم. وأسهم الكتاب في شرح أساسيات هذه الطريقة وتطبيقها في حقول البترول.

كما تضمن الكتاب مدخلاً أساسيا لعالم البترول ومبادئ جيولوجية عامة، واستعرض بعض خواص الصخور وموائع مكامن الزيت التي ترتبط بطرق استخلاصه. وتناول الكتاب أيضًا طريقة استخلاص الزيت في المرحلة الثانوية باستخدام الماء والغاز.

أما الأجزاء الأخيرة من الكتاب فقد شملت معايير تطبيق طرق استخلاص الزيت المختلفة وخاصة المنطقة العربية، وكذلك تطبيق هذه الطرق في العالم اليوم، حيث أصبحت بعض الدول رائدة فى مجال استخلاص الزيت المتخلف في مكامن البترول.

كما شمل الكتاب في نهايته ثبتًا للمصطلحات العلمية باللغتين العربية والإنجليزية.

هذا وسيظل العالم متلهفًا للمزيد من البترول بهدف المحافظة على المنجزات الهائلة التي تحققت في مختلف مناحي الحياة. وسيصبح بالإمكان تطوير وسائل الاستخلاص الحديثة لاستخراج كميات إضافية هائلة من الزيت الخام والتي ستسهم في استمرار توفير الرخاء والرفاهية للإنسانية جمعاء.

ونأمل أن يكون هذا الكتاب نافعا لطلاب العلم في جميع الجامعات بالعالم العربى الكبير، وأن يكون مفيداً للمشتغلين بصناعة البترول بصفة عامة والمهندسين بصفة خاصة. والله ولي التوفيق.

المؤلف

طرق الاستخلاص المحسن للبترول

المحتويات

الصفحة

شكر هـ

إهداء ز

المقدمة ط

المحتويات م

الفصل الأول : مدخل إلى عالم البترول وطرق استخلاصه..... ١

(١ , ١) نبذة تاريخية ١

(١ , ٢) المصائد البترولية..... ٥

(١ , ٣) مكامن البترول ١٠

(١ , ٤) موائع مكمن البترول ١٢

(١ , ٥) سريان الموائع فى المكمن ١٥

(١ , ٦) عمليات استخلاص الزيت الأولية ١٨

(١ , ٧) عمليات استخلاص الزيت الثانوية ١٩

(١ , ٨) عمليات استخلاص الزيت الثلاثية ٢٠

الصفحة

الفصل الثانى: بعض الخصائص البتروفيزيائية للاستخلاص المحسن للزيت ٢٥
(١ , ٢) المقدمة ٢٥
(٢ , ٢) مسامية ونفاذية الصخر ٢٥
(٣ , ٢) الضغط الشعري ٣١
(٤ , ٢) تبلل الصخر ٣٨
(٥ , ٢) النفاذية النسبية ٥٠
(٦ , ٢) درجة تشبع المائع المتبقية (أو المتخلفة) ٥٣
أمثله محلولة و تمارين ٥٩
الفصل الثالث: استخلاص الزيت الثانوي بواسطة الغمر بالماء وحقن الغاز ٦٣
(١ , ٣) المقدمة ٦٣
(٢ , ٣) إزاحة الزيت بالغمر بالماء ٦٥
(٣ , ٣) تخطيط وتطبيق مشروعات الاستخلاص الثانوي ... ٧٩
(٤ , ٣) الطرق الرئيسية للتنبؤ بسلوك مكمن متعدد الطبقات ٨٢
(٥ , ٣) حقن الغاز ٨٧
(٦ , ٣) العوامل التي تؤثر على عمليات الاستخلاص الثانوي وحفظ الضغط ٩٣
أمثله محلولة و تمارين ٩٩
الفصل الرابع: استخلاص الزيت بواسطة البكتيريا ١٠٣
(١ , ٤) المقدمة ونبذة تاريخية ١٠٣
(٢ , ٤) النمو البكتيري ١٠٨
(٣ , ٤) أشكال وتصنيف البكتيريا ١١١
(٤ , ٤) استخدام البكتيريا في الاستخلاص المحسن للزيت .. ١١٥
(٥ , ٤) التطبيقات الحقلية للاستخلاص الميكروبي للزيت ... ١٢٩

الصفحة

الفصل الخامس: استخلاص الزيت بالغمر بمحاليل البوليمر ١٤١
(٥ , ١) المقدمة ١٤١
(٥ , ٢) البوليمرات ١٤٢
(٥ , ٣) النسبة الحركية ١٤٥
(٥ , ٤) ميكانيكيات الغمر بالبوليمر ١٤٥
(٥ , ٥) التحلل الكيميائي والأحيائي والميكانيكي للبوليمر . . ١٥٦
(٥ , ٦) العوامل التي تحدد إمكانية استخلاص الزيت بالغمر
بمحاليل البوليمر ١٥٦
(٥ , ٧) تطبيقات حقلية ١٦٦
(٥ , ٨) عناصر تخطيط مشروع الغمر بالبوليمر في مكمن
بترولي ١٧١
أمثلة محلولة وتمارين ١٧٢
الفصل السادس: الغمر المائي بالقلويات ١٧٥
(٦ , ١) المقدمة ١٧٥
(٦ , ٢) خواص السوائل والصخور ١٧٦
(٦ , ٣) ميكانيكيات الإزاحة ١٧٩
(٦ , ٤) العوامل المطلوبة فى الغمر القلوى ١٩٠
(٦ , ٥) تطبيقات حقلية ٢٠٠
الفصل السابع: استخلاص الزيت بواسطة محاليل السيرفاكتنت ٢٠٣
(٧ , ١) المقدمة ونبذة تاريخية ٢٠٣
(٧ , ٢) نبذة كيميائية عن محاليل السيرفاكتنت ٢٠٦
(٧ , ٣) التجمعات الجزئية في محاليل السيرفاكتنت ٢٠٧
(٧ , ٤) مقارنة بين المستحلبات الدقيقة ومحاليل الميسلر ٢٠٩
(٧ , ٥) نظريات تكوين المستحلبات الدقيقة ٢١٢

الصفحة

(٦ ,٧) الاتزان الطوري في أنظمة المستحلبات الدقيقة ٢١٤
(٧ ,٧) وصف وتصميم عملية الإزاحة ٢١٨
(٨ ,٧) خصائص عامة للمراحل الإنتاجية لعملية الإزاحة .. ٢٢٤
(٩ ,٧) ميكانيكية الإزاحة ٢٢٥
(١٠ ,٧) حساب عائد الزيت في الغمر بمحاليل البوليمر والسيرفاكتنت ٢٤٥
(١١ ,٧) تصميم معملى لعملية الإزاحة ٢٤٩
(١٢ ,٧) تطبيقات حقلية ٢٥١
أمثله محلولة و تمارين ٢٥٦
الفصل الثامن : استخلاص الزيت بالإزاحة الامتزاجية ٢٦١
(١ ,٨) المقدمة ونبذة تاريخية ٢٦١
(٢ ,٨) الدفع بالامتزاج ٢٦٢
(٣ ,٨) الغمر بكتلة امتزاجية ٢٦٣
(٤ ,٨) الامتزاجية الديناميكية الحرارية ٢٦٤
(٥ ,٨) تصميم عملية الإزاحة ووصفها ٢٦٥
(٦ ,٨) ميكانيكيات الإزاحة ٢٧٣
(٧ ,٨) تطبيقات هذه العملية ٢٧٤
الفصل التاسع : الغمر بثاني أكسيد الكربون ٢٧٧
(١ ,٩) المقدمة ونبذة تاريخية ٢٧٧
(٢ ,٩) أنواع الغمر بثاني أكسيد الكربون ووصفها ٢٧٩
(٣ ,٩) تأثيرات ثانى أكسيد الكربون في موائع وصخور المكمن وعلاقتها بتحسين كفاءة الاستخلاص ٢٧٩
(٤ ,٩) تكوين جبهة الامتزاج ٢٨٦
(٥ ,٩) قياس الامتزاجية في المعمل ٢٨٦
(٦ ,٩) بعض العلاقات لأقل ضغط امتزاجي ٢٨٩
(٧ ,٩) التطبيقات الحقلية لثاني أكسيد الكربون ٢٩١

الصفحة

الفصل العاشر: استخلاص الزيت بالبخار والماء الساخن ٢٩٥
(١٠,١) المقدمة ونبذة تاريخية ٢٩٥
(١٠,٢) خصائص الزيت ٢٩٦
(١٠,٣) خصائص الماء ٢٩٧
(١٠,٤) خصائص الصخر ٢٩٨
(١٠,٥) خصائص البخار ٢٩٨
(١٠,٦) الفقد في الحرارة ٢٩٩
(١٠,٧) الغمر بالبخار ٣٠٦
(١٠,٨) التنشيط الدوري بالبخار ٣٠٩
(١٠,٩) انتشار الجبهة الحارة ٣١١
(١٠,١٠) الإزاحة بواسطة البخار المشبع ٣١٥
(١٠,١١) حساب عائد الزيت ٣١٦
(١٠,١٢) مولدات البخار والأنابيب ومعالجة المياه المستعملة . ٣١٩
(١٠,١٣) تطبيقات حقلية ٣٢٢
(١٠,١٤) إكمال آبار الحقن والإنتاج ٣٢٤
(١٠,١٥) بعض مشكلات التشغيل ٣٢٥
(١٠,١٦) الغمر بالماء الساخن ٣٢٩
(١٠,١٧) تطبيقات حقلية ٣٣١
أمثلة محلولة وتمارين ٣٣٣
الفصل الحادى عشر: استخلاص الزيت بالاحتراق الموضعي ... ٣٣٧
(١١,١) المقدمة ونبذة تاريخية ٣٣٧
(١١,٢) الاحتراق الأمامي ٣٣٩
(١١,٣) محتوى الوقود ٣٤٢
(١١,٤) قياس الاتحاد العنصري في الاحتراق ٣٤٣
(١١,٥) خطوات التصميم الأساسي لمشروع الاحتراق الأمامي الجاف ٣٤٧

الصفحة

(١١,٦) الاحتراق المعكوس ٣٤٧
(١١,٧) الاحتراق المبلل ٣٤٩
(١١,٨) تطبيقات حقلية ٣٥١
أمثلة محلولة وتمارين ٣٥٦
الفصل الثانى عشر: معايير تطبيق طرق الاستخلاص المحسن للزيت ٣٥٩
(١٢,١) المقدمة ٣٥٩
(١٢,٢) معايير تطبيق الطرق المختلفة ٣٦٢
(١٢,٣) تطبيق طرق الاستخلاص المحسن لبعض الحقول العربية ٣٧٤
الفصل الثالث عشر: الاستخلاص المحسن للزيت اليوم في العالم ٣٨١
(١٣,١) المقدمة ٣٨١
(١٣,٢) أساسيات الاستخلاص المحسن للزيت ٣٨٢
(١٣,٣) العوامل العامة التي يجب أن تؤخذ في الاعتبار لطرق الاستخلاص المحسن ٣٨٣
(١٣,٤) تقويم الاحتياطي وتطوير الحقل البترولي ٣٨٦
(١٣,٥) الاستخلاص المحسن للزيت حول العالم اليوم ... ٣٩١
(١٣,٦) كيف نسيطر على عمليات الاستخلاص المحسن للزيت ٤٠٤
المراجع
ثبت المصطلحات ٤١٥
أولا : عربي - إنجليزي ٤١٥
ثانيا : إنجليزي - عربي ٤٣٩
كشاف الموضوعات ٤٦٣