خواص موائع المكامن البترولية

تأليف

إميل جي. بورسيك

Emil J. Burcik

أستاذ البترول وهندسة الغاز الطبيعي

جامعة ولاية بنسلفانيا

ترجمـــــة

أ. د. طارق بن فارس الفارس أ. د. إبراهيم بن صالح المعتاز

قسم الهندسة الكيميائية

كلية الهندسة - جامعة الملك سعود

النشر العلمي والمطابع - جامعة الملك سعود

ص.ب ٦٨٩٥٣ - الرياض ١١٥٣٧ - المملكة العربية السعودية

ح جامعة الملك سعود، ١٤٢١هـ (٢٠٠٠م)

هذه ترجمة عربية مصرح بها لكتاب:

Properties of Petroleum Reservoir Fluids

By: Emil J. Burcik

Copyright ©1979 by International Human Resources Development Corporation.
Original Copyright ©1957 by John Wiley & Sons.

فهرسة مكتبة الملك فهد الوطنية أثناء النشر

إميل جي. بورسيك

خواص موائع المكامن البترولية/طارق بن فارس الفارس، إبراهيم بن صالح المعتاز - الرياض.

٣٢٥ ص، ١٧×٢٤ سم

ردمك: ٠-١١٩-٣٧-٩٩٦٠

١ - البترول - صناعات ٢ - البترول - تكرير أ - الفارس، طارق فارس (مترجم) ب - المعتاز، إبراهيم صالح (مترجم) ج - العنوان

ديوي ٦٦٥,٥ ٢١/٠٧٧٠

رقم الإيداع: ٢١/٠٧٧٠

حكمت هذا الكتاب لجنة متخصصة شكلها المجلس العلمي بالجامعة، وقد وافق المجلس العلمي على نشره - بعد اطلاعه على تقارير المحكمين - في اجتماعه الرابع عشر للعام الدراسي ١٤١٤/١٤١٥هـ، الذي عقد بتاريخ ١٤١٤/١١/٦هـ الموافق ١٩٩٤/٤/١٧م.

النشر العلمي والمطابع ١٤٢١هـ

مقدمة المترجمين

يسرنا أن نقدم للمكتبة العربية ترجمة لكتاب خواص موائع المكامن البترولية Properties of Petroleum Reservoir Fluids ليكون في متناول المهندسين المهتمين بهندسة المكامن والعاملين في حقول هندسة البترول بصفة عامة، سواء المبتدىء منهم أو المتخصص، لاحتواء الكتاب على مفاهيم أساسية وخواص رئيسة عن زيوت المكامن وغازاتها.

ونأمل أن يعطي الكتاب دفعة إيجابية لحركة تعريب العلوم بصفة عامة، والعلوم الهندسية بشكل خاص، جازمين أن لغتنا العربية قادرة على استيعاب شتى مجالات العلوم وإبرازها بالشكل والمضمون الملائمين. داعين أن يقيض الله للأمة الإسلامية رجالا أمناء على لغة الإسلام، ساعين على رفعة شعوبهم والنهوض بهم في مجالات العلوم والتقنية كافة.

ولقد بذلنا ما في وسعنا من جهد في صياغة الأسس العلمية وقواعدها بلغة عربية سهلة، راعينا فيها المضمون العلمي مع الحفاظ على قواعد النحو والصرف. ورأينا أنه من المفيد إدراج أسماء الأعلام ومصطلحات القوانين العلمية باللغة الإنجليزية جنبا إلى جنب مع ترجمتها العربية، وقد أوردنا المعادلات الكيميائية بصورتها الأصلية لأنها باتت مما تعارف عليه الناس على مختلف لغاتهم، فأصبحت كالمصطلح العام يشوهه نقله من لغة إلى أخرى.

نرجو أن نكون قد وفقنا في هذا العمل، وأن نكون قد أدينا شيئا ولو يسيرا للغتنا ومجتمعنا، وفق الله كل ساعٍ للخير.

المترجمـــان

مقدمة لمنشورات مؤسسة
تطوير المصادر الإنسانية العالمية

أعادت مؤسسة تطوير المصادر الإنسانية العالمية - International Human Resources Development Corp., IHRDC طبع هذا الكتاب للحاجة الماسة إليه في مجموعة المقررات الهندسية عن المكامن، ولأهميته في تقديم أسس خواص المكامن الصخرية والسائلة. ولقد نشرت مؤسسة جون وايلي John Wiley & Sons, Inc. هذا الكتاب في عام ١٩٥٧م (صدرت الطبعة الثانية في عام ١٩٦١م). وتم نقل حقوق الطبع للمؤلف الذي وافق على السماح لنا بنشره عندما نفذ من الأسواق لسنوات عديدة. إن أساس المحافظة على البترول والحصول على أعلى عائد منه يعتمد على التطبيق الملائم لهندسة المكامن. ويقدم هذا الكتاب عرضا منهجيا لأسس هندسة المكامن بطريقة منظمة خلال قراءته. وكثير من مهندسي المكامن في الصناعة اليوم يستخدمون هذا الكتاب كمقدمة لهندسة المكامن، ونأمل أن يكون الحال كذلك في المستقبل.

نبذة عن المؤلف

دكتور إميل جي بورسيك Emil J. Burcik أستاذ البترول وهندسة الغاز الطبيعي في جامعة ولاية بنسلفانيا له سمعة ممتازة في الجامعة لتدريسه مقررات في هندسة المكامن. ولقد كان الدكتور بورسك عضوا في هيئة التدريس بجامعة أوكلاهوما، وقبل ذلك كان أستاذا زائرا في جامعة زوليا Zulia بفنزويلا، وفي جامعة ترندهيم Trondheim بالنرويج. وبعد حصوله على الدكتوراه من معهد كاليفورنيا التقني حصل على خبرة صناعية في مؤسسة بروكتر وجامبل Proctor and Gamble وخبرة حكومية في

مكتب المناجم الأمريكي وذلك قبل التحاقه في القطاع الأكاديمي. وللدكتور بورسك العديد من المؤلفات التقنية إلى جانب هذا الكتاب المتداول بشكل كبير.

مقدمة المؤلف

تتغير خبرات هندسة البترول دائمًا، ليس فقط بوجود الطرق والتقنيات الحديثة، بل أيضا بسبب التغير الاقتصادي الدائم. وعلى كل حال، فإن هناك بعض المفاهيم الأساسية التي تشكل الدعائم الرئيسة التي يعتمد عليها في هندسة البترول. والغرض من هذا الكتاب هو وصف المفاهيم الأساسية التي تتعلق بموائع المكامن.

إن موائع المكمن عادة هي خليط معقد من المواد الهيدروكربونية يوجد في الحالتين السائلة والغازية تحت ضغوط عالية ودرجات حرارة عالية نسبيا. ولما كان التنبؤ بسلوك المكمن البترولي عند إنتاجه بالطرق المتاحة من الأمور المهمة، فإنه من اللازم معرفة سلوك موائع المكمن كدالة لدرجات الحرارة والضغط. إن كثيرًا من القوانين الخاصة بأنظمة الموائع البسيطة النموذجية معروفة، ولكن عند التعامل مع المخاليط المعقدة الموجودة في المكامن البترولية نواجه معضلة وهي معرفة، حيود سلوكها عن السلوك النموذجي. إن هذا الكتاب يصف - ليس فقط - خواص السوائل النموذجية، بل - أيضا - يعرض العلاقات الواجب استخدامها لإيجاد حل أكثر واقعية لهذه المعضلة.

إن المفاهيم الرئيسة في هندسة البترول لم تكتشف وتطبق بالضرورة من قبل المهندسين، بل إنها قد استعيرت بدرجة كبيرة من العلوم الأساسية كالرياضيات، والفيزياء، والكيمياء. وقد تم بدرجة كبيرة تطوير المفاهيم الأساسية التي تقوم بوصف سلوك سائل المكمن الكيميائي والفيزيائي، وبالتالي فإن الكثير من المعلومات الواردة في متن هذا الكتاب يمكن اعتبارها بحق جزءًا من علم الكيمياء الفيزيائية. وعلى أية حال، فليس من الضروري وجود معرفة سابقة للأسس الفيزيائية والكيميائية لفهم

محتوى هذا الكتاب، وذلك لأنني قد حاولت إيضاح المبادئ الأساسية الضرورية كلما دعت الحاجة إلى ذلك.

لقد نبع الكتاب من خلال ملاحظاتي التي قمت بإعدادها وتطويرها خلال السنوات الست الماضية. إن محتوى هذا الكتاب يغطي مقررا فصليا في هندسة البترول في جامعة ولاية بنسلفانيا. وهذا المقرر مع مقرر آخر يعني بالخواص الجوهرية للصخور المكمنية ولأنظمة الصخور الحاوية على المائع يشكلان متطلبا للمقررات المتقدمة في هندسة المكامن. وهذه المقررات تعد بمثابة مقدمات للأسس المهمة التي ينبغي على الطالب استيعابها، والتمكن منها قبل أن يصبح في مقدوره الشروع في دراسة الأنظمة الأكثر تعقيدا قبل دراسة المخاليط المعقدة.

لقد تم وضع بعض الأسئلة في نهاية كل باب كمحاولة لتوضيح الأسس التي تمت مناقشتها بطريقة أكثر شمولا. وأشعر أنه من المفيد للطالب أن يحل هذه المسائل لوجود كثير من الأسس المهمة في حلها. ولفائدة مستخدمي الكتاب، ممن لم تتح لهم وسائل التعليم التقليدية، فقد وضعت إجابات لبعض الأسئلة في نهايتها.

أشكر زملائي وطلابي القدامى الذين ساعدوا على إظهار هذا الكتاب. إن اقتراحاتهم ونقدهم كانت عاملا مساعدا قيما، وبوجه خاص أشكر الدكتور جون سي. كالهون John C. Calhoun، والدكتور ديفيد تي. أوكس David T. Oakes لاقتراحاتهما القيمة ومساعدتهما في إعداد هذا الكتاب.

إميل جي بورسيك

Emil J. Burcik

المحتويات

الموضوع	الصفحة
مقدمة المترجمين	هـ
مقدمة لمنشورات مؤسسة تطوير المصادر الإنسانية العالمية ونبذة عن المؤلف	ز
مقدمة المؤلف	ط
الفصل الأول: خواص الترسبات البترولية الموجودة في الطبيعة	
مجموعة البرافينات	٢
تسمية المركبات	٦
الخواص الكيميائية والفيزيائية للبرافينات	٨
الهيدروكربونات غير المشبعة	٩
الخواص الكيميائية والفيزيائية للهيدروكربونات غير المشبعة	١٢
الهيدروكربونات النافثينية	١٢
الهيدركربونات العطرية	١٣
زيت البترول	١٦
الغاز الطبيعي	١٩
القاروالأسفلت	١٩
المنتجات البترولية	٢٠
المراجع	٢٢

أسئلة ٢٣

الفصل الثاني: سلوك الغازات

قوانين الغاز التام ٢٥
كثافة الغاز التام ٣٠
مخاليط الغازات ٣١
العلاقة بين النسبة المئوية المولية والنسبة المئوية الحجمية ٣٢
العلاقة بين النسبة الوزنيةالمئوية والنسبة المولية المئوية ٣٣
مفهوم الوزن الجزيئي الظاهري ٣٥
الكثافة النوعية للغاز ٣٦
تعيين الكثافة النوعية للغاز معمليا ٣٧
قانون دالتون للضغوط الجزئية ٤١
الغازات غير التامة ٤٢
المراجع ٥٩
أسئلة ٥٩

الفصل الثالث: السلوك الطوري للسوائل

علاقات الضغط والحجم ودرجة الحرارة للسوائل ٦٥
الضغط البخاري للسوائل ٦٦
الضغط البخاري كدالة لدرجة الحرارة ٦٧
قياس الضغط البخاري ٧٠
معادلة كلاوزيز - كلابيرون ٧٤
حرارة التبخير ٧٧
المراجع ٧٨

أسئلة ٧٩

الفصل الرابع: السلوك الطوري النوعي لأنظمة الهيدروكربونات

الأنظمة ذات المكون الواحد ٨٢
الأنظمة ذات المكونين ٩٣
الأنظمة متعددة المكونات ١١٢
الشكل الخاص بعلاقة الضغط ودرجة الحرارة لنظام متعدد المكونات ١١٤
قاعدة الطور لجبس (Gibbs) ١١٦
المراجع ١١٩
أسئلة ١٢٠

الفصل الخامس: السلوك الطوري الكمي

المحاليل النموذجية ١٢٣
الضغط البخاري للمحلول السائل النموذجي ١٢٥
حساب تركيب السائل والبخار لنظام ذي مكونين في منطقة الطورين ١٢٩
طريقة بديلة لحساب ضغط نقطة الفقاعات لنظام نموذجي ذي مكونين ١٣٢
حساب ضغط نقطة الندى لنظام ذي مكونين ١٣٤
الحساب بافتراض سلوك المحلول النموذجي لأنظمة متعددة المكونات ١٣٧
المحاليل غير النموذجية ١٤١
مفهوم ثوابت الاتزان ١٤١
أمثلة لاستخدام ثوابت الاتزان ١٥٤
حساب ضغط نقطة الفقاعات وضغط نقطة الندى باستخدام ثوابت الاتزان ١٥٨
قانون هنري ١٦٤
المراجع ١٦٥

أسئلة ١٦٦

الفصل السادس خواص موائع المكمن

خواص الموائع الهيدروكربونية..... ١٧٢
معامل التكوين الحجمي للغاز ١٧٢
قابلية ذوبان الغاز ١٧٥
تقدير غاز المحلول ١٨١
معامل التكوين الحجمي للزيت..... ١٨٦
تقدير قيمة معامل التكوين الحجمي ١٩١
معامل التكوين الحجمي لطورين (μ) ٢٠٧
لزوجة موائع المكمن (μ_g/μ_o) ٢١٠
خواص المائع لماء مكمن الزيت ٢١٩
تركيب ماء مكمن الزيت..... ٢٢٠
قابلية ذوبان الغاز الطبيعي في الماء الحبيس ٢٢١
معامل التكوين الحجمي للماء ٢٢٥
لزوجة الماء الحبيس ٢٢٨
طرق تعيين خصائص موائع المكمن معمليا ٢٣١
تعيين المعامل Z ٢٣٦
تعيين لزوجة الموائع ٢٤٠
المراجع..... ٢٤٥
أسئلة ٢٤٥

الفصل السابع: التطبيقات الأولية لخواص موائع المكمن

معادلة توازن المادة لمكمن ثابت الحجم ليس له غطاء غازي أولي ٢٤٩

معادلة عامة لتوازن المادة لمكامن لها غطاء غازي أولي وتتأثر باندفاع الماء نحوها.. ٢٥٢
معادلة توازن المادة لمكمن ينتج فوق ضغط التشبع ٢٥٦
معادلة تشبع المكمن ٢٥٨
قانون دارسي..... ٢٥٩
معادلة نسبة إنتاج الغاز إلى الزيت ٢٧١
التنبؤ بسلوك مكمن الزيت ٢٧٥
المراجـع ٢٨٤
أسئلة..... ٢٨٤

الملاحـــــق

الملحق رقم (أ): الرموز والمختصرات..... ٢٨٩
الملحق رقم (ب): الخصائص الفيزيائية والديناميكية الحرارية للميثان..... ٢٩٣
الخصائص الفيزيائية والديناميكية الحرارية للإيثان..... ٢٩٣
الخصائص الفيزيائية والديناميكية الحرارية للبروبان ٢٩٥
الخصائص الفيزيائية والديناميكية الحرارية للبيوتان العادي..... ٢٩٦
الخصائص الفيزيائية والديناميكية الحرارية للبنتان العادي ٢٩٧
الملحق رقم (ج): تحويل الكثافة API إلى كثافة نوعية ٢٩٨
ثبت المصطلحات ٣٠١
أولاً: عربي - إنجليزي ٣٠١
ثانياً: إنجليزي - عربي ٣١١
كشاف الموضوعات ٣٢١