

Acknowledgments

First of all, I *thank Allah* S.W.T. for giving me health, strength, ability and determination to complete this work.

I am heartily grateful to my supervisors, Dr. Omer Badwi Abu Albasher and Dr. Tagwa Ahmed Musa, for their continuous encouragement, guidance, fruitful discussion with keen scientific insight and tremendous patience throughout all the stages of the study.

I would like to thank my colleagues in OEPA, Petrodar, GNPOC, and Sudapet, for their suggestions and comments in the subject of this research.

Special thanks to all our staff members of Petroleum Engineering Department in Petrodar Operating Company, who made available their support in a number of ways.

My special gratitude is endless to my friends Ali, Osama, Sami, and Yasir for generously providing continuous encouragement throughout this thesis.

I am indebted to my mother, brothers, sister, father -in-law, mother -in-law, sister-in-law, and all my endeared family for their care and encouragement until the final stage of my thesis.

I would like to express my true appreciation to my wife Khadiga and my son Khalid whose unconditional love, care and support was my real source of inspiration, hope and strength to go on and never give up.

Finally, I owe my deepest gratitude to all of those who supported me in any respect during the completion of the project and all those who made this thesis possible.

Dedication

This work is dedicated to the soul of my father, who passed on a true devotion to make the education of his children a success;

To my mother, in a sincere recognition of her love, care and selflessness;

To my wife Khadiga and to my son Khalid, without whose caring support this theses have never been possible;

To the souls of martyrs for the issue of Islam

Abstract

This research focuses on several important issues of reservoir characterization and data integration for water flooding in compartmentalization sand stone reservoir. The goal of reservoir characterization is to estimate the spatial distribution of the reservoir properties, e.g., permeability and porosity, by proper integration of all types of data available (either static or dynamic), putting into consideration the integration of production history data, Geophysical & Geological data, and well test data in this work.

The main objective of this research is to assess / evaluate the feasibility of water flooding in compartmentalizing sandstone reservoir to provide pressure support and sweep oil out of the pore space to improve oil production. And to validate this assumption of reservoir characterization was put in consideration to improve the accuracy in defining the dynamic relationships between all factors (rock properties, fluid properties, and reservoir data). In order to achieve best water flooding practices.

In determining the suitability of a given reservoir for water flooding, these factors are considered: reservoir geometry, lithology, Reservoir depth, porosity, permeability (magnitude and degree of variation), continuity of reservoir rock properties, magnitude and distribution of fluid saturations, fluid properties, relative permeability relationships, and primary reservoir driving mechanisms.

Reservoir characterization procedure considering all above mentioned factors have been applied to one pool of P field in Block 7E– Sudan (Compartmentalized sandstone reservoir) which supports and confirms the findings of this research. Actual reservoir Characterization applied on water flooding program to determine ultimate recovery and improve timing of production events, such as initial water breakthrough and peak production.

P field is composed of P fault block and F fault block generally with an anticline background. The stratigraphic section is comprised of sandstones and clay stones. The target is Yabus and Samaa formation of lower Paleocene. Yabus and Samaa formations are sub-divided into 9 zones. Oil reservoirs are of edge water or bottom water in P field. Multi-pays are distributed in the field. Generally the oil pools in Yabus and Samaa I are stratified with edge water, Samaa II and Samaa III are massive with bottom water.

Interpretation methodology was developed and applied to pilot water injection for F Fault Block reservoir; several parameters were included, mainly related to the geological model,

dynamic model and operational conditions. A general methodology used in simulation work is organized in several steps based on three levels. To achieve optimum water injection design for P field (F Fault Block) various simulation sensitivity runs were conducted based on four key points: injection rate, timing of water injection, injector bottom hole pressure, and injection zone connection.

The most important conclusion of this work is that the results of the simulation sensitivity runs demonstrate that water injection is more favorable depletion method in terms of the stability period of oil production and cumulative oil recovery. Analysis has shown that pressure drawdown is only slight due to the support of edge water in Yabus VI reservoir, and water cut will increase quickly after water injection, therefore declining oil rate mostly suspected, and it is demonstrated that the feasibility of compartmentalizing sandstone reservoir for water flooding while intensive reservoir characterization process is considered.

التجريد

يركز هذا البحث على العديد من الموضوعات المهمة التي تتعلق بتحديد خصائص المكمن وتكامل بيانات الغمر المائي داخل المكامن الرملية المجزأة. إن الهدف من تحديد هذه الخواص هو تقدير التوزيع الحيزي لخصائص المكمن، على سبيل المثال، النفاذية والمسامية، وذلك بالتكامل الدقيق لجميع أنواع البيانات المتاحة (إما الساكنة أو المتحركة)، مع الأخذ في الاعتبار في هذا البحث تكامل بيانات تاريخ الإنتاج والبيانات الجيوفيزيائية والجيولوجية ونتائج اختبارات الآبار.

الهدف الاساسى لهذا البحث هو تقييم جدوى الغمر المائي في المكامن الرملية المجزأة لدعم ضغط المكمن وإستخراج النفط من الحيز المسامي وذلك لتحسين الإنتاج النفطي. وللوصول لهذا الهدف تم اخذ خصائص المكمن في الاعتبار لتحسين مستوى الدقة في تعريف العلاقات الديناميكية بين جميع العوامل (خصائص الصخور، خصائص الموائع، وبيانات المكمن) وذلك للوصول لأفضل الطرق المتبعة في الغمر المائي.

لتحديد ملائمة مكمن معين للغمر المائي أو المحافظة على الضغط فيه، هنالك عدة عوامل توضع في الاعتبار وهي: هندسة المكمن وعلم الصخور، عمق المكمن ومساميته ونفاذيته (الحجم ودرجة الاختلاف)، إضافة الى استمرارية خصائص الصخور المكمنية وآليات الدفع الابتدائية لدى المكمن.

تم تحديد خصائص المكمن باعتبار جميع العوامل السابق ذكرها لأحد أحواض حقل P بمربع 7E - بالسودان (مكمن رملي مجزأ) والذي يدعم ويؤكد نتائج هذا البحث. تم تحديد الخصائص الفعلية للمكمن "بصورة تطبيقية" على برنامج الغمر المائي لتحديد الاستخلاص الاقصى وتحسين توقيت فعاليات الإنتاج كالاختراق المائي الابتدائي وذروة الإنتاج.

يتألف حقل P من مربع فالق P ومربع فالق F وبصفة عامة بطية محدبة. كما يتكون القطاع الطبقي من صخور رملية وصخور طينية. إن التكوين المستهدف هو يابوس وسماء (عصر الباليوسين الأدنى) والتي قسمت الى 9 طبقات فرعية. تعتبر المكامن بهذه التكوينات ذات مياه جانبية أو قاعية في حقل P حيث تتوزع الأغذية خزانات المياه بالحقل. تتسم الأحواض النفطية في يابوس وسماء 1 عموماً بالمياه الجانبية، بينما سماء 2 وسماء 3 تمتلئ بالمياه القاعية.

لقد تم تطوير وتطبيق منهجية التفسير على حقن المياه الاستدلالي لتركيبي إف؛ وقد تضمن ذلك العديد من العوامل وبصورة أساسية تلك المتعلقة بالنموذج الجيولوجي والنموذج الديناميكي، إضافة لاعتبارات عمليات الحقن.

تم استخدام منهجية عامة في عمل المحاكاة انتظمت في عدة خطوات قائمة على ثلاث مستويات.

ومن أجل تحقيق تصميم الحقن المائي الأمثل لحقل بي (تركيبي إف)، تم عمل دورات متعددة لحساسية المحاكاة بناءً على أربع نقاط أساسية: معدل الحقن، توقيت الحقن المائي، ضغط قاع بئر الحقن، إضافة لرابط الطبقة التي يتم فيها الحقن.

من أهم استنتاجات هذا البحث هي أن نتائج نشاطات حساسية المحاكاة وضحت أن الحقن المائي يعد

الطريقة المفضلة للاستنزاف فيما يتعلق بفترة استقرار الإنتاج النفطي وكمية النفط التراكمي. كما وضح التحليل أن انخفاض الضغط طفيف جداً نسبة لدعم المياه الجانبية في مكن يابوس 6، وأن معدل إنتاج المياه سيزيد بسرعة بعد حقن المياه، وعليه فإن معدل نقصان إنتاج النفط سيكون متوقعاً. كما اتضحت جدوى الغمر المائي في المكامن الرملية المجرأة حال تكثيف عملية تحديد خصائص المكن بصورة كبيرة.