Development of Smart Drilling Fluids for Tight Carbonate Reservoirs: Rheology, Filtration, and Flow Modeling and Simulation of Chemical and Physicochemical Interactions and Formation Damage Characteristics



This Doctoral thesis discussion is arranged by SUN's
Engineering faculty,Petroleum and Mining Engineering Department.
(DPME)

eng.soran.edu.iq

Abstract

Nanoparticles are materials that possess unique properties due to their high specific surface area. A revision to highlight the implication of nanoparticles in petroleum industry is necessary. This dissertation deals with the synthesis of green uncoated and polymer-coated green magnetite nanoparticles (MNPs). The MNPs were characterized and assessed as rheology and filtration loss modifiers for water-based drilling fluids. The effect of temperature, alkaline type, and aging time (0-48h) were evaluated. The experiments were run at different temperature degrees starting from ambient till 80 oC for three different drilling fluids types (base, uncoated green MNPs, polymer-coated MNPs. Based on RSM software the optimum MNPs content was 0.92 wt.%. Thus, 0.92 wt.%. MNPs were coated with polymer to analyze its effect on drilling mud rheology and filtration. The results confirmed that best values for plastic viscosity, apparent viscosity, yield point, gel strength (10 sec), gel strength (10 min), mud thickness, and sag index were 13.77 cP, 69.69 cP, 89.87 lb/100ft2, 86.75 lb/100ft2, 128.38 lb/100ft2, ≤ 1 mm, and 0.511, respectively. Most of those values could be reached using an optimum formulation involving 0.92 wt.% MNPs at ambient temperature. Increasing the temperature displays a decrease in the rheological properties, while increasing the aging time displays an increase in them. Three different drilling fluid types (base, uncoated green MNPs, polymer-coated MNPs were prepared. Drilling fluids with MNPs showed insignificant changes in the investigated properties with increasing temperature, in particular with those incorporated with polymer-coated MNPs compared to the water-based drilling fluids. From the filtration test results, drilling fluid formulated with polymer-coated green MNPs with different alkaline types exhibited the lowest mud cake thickness and filtration volume, and the spent caustic could replace NaOH as pH controller. The flow models for all the formulated fluids showed non-Newtonian; pseudo-plastic shear-thinning flow behavior. The flow behavior of fluids incorporated with the uncoated and polymer-coated green MNPs and spent caustic could be described precisely using

the Herschei-Bulkley flow model. Whereas, the Bingham plastic flow model described the fluid systems incorporated with uncoated and polymer-coated green MNPs and NaOH. The base fluids incorporated with the two alkaline types were fitted with the Casson model.

To ensure the wellbore stability and minimize the formation damage, a non-destructive X-ray computed tomography (CT) scan images and high-resolution quantitative measurement of CT numbers method were used to characterize the deposited filter cake, and hence evaluating the formation damage. From the static test results, notable reduction in the filtrate drilling fluids volume and mud cake thickness to 40.9 and 46.6%, respectively was recorded using 0.92 wt.% of MNPs content to drilling fluids. However, increasing MNPs content to 2 wt.%, increased the filtrate volume and mud cake thickness by 3.23 and 33.3%, respectively. This is due to the MNPs agglomeration and settlement, thus, optimum MNPs content should be selected for achieving best mud cake thickness with lowest filtration volume. CT scan profile images show a two layers of mud cake produced from water-based drilling fluids having 0.92 wt.%. This was the optimum concentration of the MNPs that cause a minimum filtration volume, mud cake thickness, and pore spaces within the structure of mud cake. At this concentration, the CT numbers (CTN) show a high CTN and uniform compacted thin mud cake structure (0.75 mm). The produced thin mud cake layer reveals the precipitation or exchanging of elemental/mineral composition during fluid-solid interaction. These results confirms that green uncoated MNPs could help in avoiding or reducing the formation damage, driving away drilling fluid from the formation, and finally improving borehole stability.

A new dynamic HPHT filtration loop was designed to study the formation damage of carbonate cores by flooding drilling fluids incorporated with green magnetite chitosan-coated and uncoated green magnetite NPs. Control drilling fluid samples were tested for comparison purposes. After circulating the drilling fluid through the loop, the produced mud cakes and core samples were analyzed by CT scanners, which capture a series of X-ray images from different angles around the sample and mud cake. The CT

scan data were combined with the HIPAX and Radiant viewer digital image processing (v2.4.6). The variation of the CT number of mud cake samples under different content of green uncoated MNPs and polymer-coated MNPs were analyzed, and hundreds of 3D images and CTN measurements as cross-sectional and longitudinal-section profiles were used. The integrated analyses of dynamic tests, using the water-based mud, revealed that the porosity and permeability areas experienced a reduction of 47.62% and 85.63% respectively. This reduction occurred because the water-based mud lacking any magnetic nanoparticles to form a compact and thin mud cake. As a result, the core was washed by the water-based mud, causing a migration of numerous drilling fluid particles into the core and their accumulation within the pore spaces. While the incorporation of 0.92 wt.% green uncoated MNPs content (optimum content) to the base mud results in the formation of stable mud cake on the core face. The porosity and permeability reduction for this drilling fluid type were only 10 and 27.11% respectively.

پوختە

نانۆماددە ئەو ماددانەن کە خاوەنی تایبەتمەندی ناوازەن بەهۆی زۆری ڕووبەر و کاریگەرییە زۆرەکانیانەوە. نانۆماددە بەکارهێنانی جۆراوجۆریان هەیە لە بواڕە جیاوازەکاندا لەوانە پیشەسازی نەوت و گاز وەک زیادکەر. لەم تۆێژینەوەدا باس لە دروستکردنی نانۆگەردیلەی سەوزی موگناتیسی بێ پۆشراو و پۆلیمر ڕووپۆشکراو دەکات. نانۆ ماددە بەکاردێت بۆ گۆڕینی ڕیۆلۆژی و ونبوونی شلەی هەلکەندن لەسەر بنەمای ئاو تایبەتمەند کرا و هەڵسەنگێندرا. دیاریکردنی باشترین جۆری شلەکانی هەلکەندن MNPsەکانی بۆ بەدەستهێنانی شلەی هەلکەندنی کارایی بەرز لەڕووی چڕی، ڕیۆلۆژی، ونبوونی شلەی هەڵکەندن و تایبەتمەندییەکانی شلبوونەوە لەخۆگرتبوو. کاریگەری پلەی گەرمی (ژوروە و 80 سیلیلیزی)، ئەلکالی، جۆر، و کاتی مانەوە (0-48 کاتژمێر) لەسەر تایبەتمەندییەکان هەڵسەنگێندرا. ئەنجامەکان پشتڕاستیان کردەوە کە چەسپاوی پلاستیک، چەسپاوی دیار، خاڵی بەرهەمهێنان، هێزی جێڵ (10 چرکە)، هێزی جێڵ (10 خولەک)، ئەستووری قوڕ، و پێوەرەکانی شلبوونەوە بریتیە لە: , lb/100ft2 89.87, lb/100ft2 86.75, cP 69.69, MNPs 0.92% لە پلەی گەرمی ژوور بەدەستبهێنرێت. زیادکردنی پلەی گەرمی کەمبوونەوەی بەهاکان نیشان دەدات لە کاتێکدا زیادکردنی کاتی مانەوە ≤ 1 mm، lb/100ft2 128.38 13.77 cP و 0.511، بە دواییەکدا. زۆربەی ئەو بەهایانە دەتوانرێت بە بەکارهێنانی

زیادبوونی بەهاکان نیشان دەدات. شلەی هەلکەندن بەMNPs گۆڕانکارییەکی کەمی لە تایبەتمەندییە لێکۆڵینەوەکاندا نیشان دا لەگەڵ بەرزبوونەوەی پلەی گەرمی بە تایبەتی ئەوانەی لەگەڵ MNPs ی پۆلیمر پۆشراودا تێکەڵکراون بە بەراورد لەگەڵ شلەی هەلکەندن لەسەر بنەمای ئاو. لە تاقیکردنەوەکانەوە شلەی هەلکەندن کە بە MNPs سەوزە پۆلیمر پۆشراوەکان بە جۆرە ئەلکالییە جیاوازەکان پێکهاتووە کەمترین ئەستووری کێکی قوڕ و قەبارەی ونبوبونی شلەی هەڵکەندن نیشانداوە، و waste alkali دەتوانێت جێگەی NaOH بگرێتەوە وەک کۆنترۆڵکەری pH. مۆدێلی لێشاوی هەموو مۆدێلی هەموو شلە نانیوتۆنی نیشان دا؛ هەڵسوکەوتی لێشاوی ئەو شلانەی کە لەگەڵ MNPs سەوزە ڕووپۆشنەکراوەکان و پۆلیمر-ڕووپۆشکراوەکان و waste alkali بەکارهێنراودا تێکەڵکراون دەتوانرێت بە وردی بە بەکارهێنانی مۆدێلی لێشاوی هێرشێ-بولکلی وەسف بکرێت. لە کاتێکدا، مۆدێلی لێشاوی پلاستیکی بینگهام باسی لە سیستەمی شلەکان دەکات کە لەگەڵ MNPs سەوزە ڕووپۆشنەکراوەکان و پۆلیمر-ڕووپۆشکراوەکان و NaOH تێکەڵکراون. شلە بنەڕەتییەکان کە لەگەڵ دوو جۆری ئەلکالیدا یەکگرتوو بوون لەگەڵ مۆدێلی کاسۆندا وەسف دەکرێت. وێنەی سکانی تۆمۆگرافی کۆمپیوتەریی تیشکی ئێکس (CT) بە بەرزی ژمارەکانی سی تی بەکارهێنران بۆ خەملاندنی قەبارەی ونبونی شلەی هەڵکەندن، تایبەتمەندی ئەستوری کێکی قوڕ، وە هەڵسەنگاندنی زیانەکانی پێکهاتە کە بەهۆی جۆرە جیاوازەکانی شلەی هەلکەندنەوە دروست بووە.

HPHT داینامیکی دیزاین کرا بۆ لێکۆڵینەوە لە زیانەکانی پێکهاتەی کاربۆنی لە ڕێگەی چونەناوەوەی شلەکانی هەلکەندن کە لەگەڵ NPی ماگناتیسی سەوزی ڕووپۆشکراوی چیتۆسان و ڕوپۆشنەکراوی سەوزدا تێکەڵکراون. نمونەکانی شلەی هەلکەندن بۆ مەبەستی بەراوردکردن تاقیکرانەوە. دوای سووڕانەوەی شلەی هەلکەندنەکە لە ڕێگەی لوپەکەوە،ئەستوری کێکی قوڕاوی بەرهەم هێنراو بە سی تی سکانەر شیکرانەوە، کە زنجیرەیەک وێنەی تیشکی ئێکس لە گۆشەی جیاوازەوە لە دەوری نمونەکە و ئەستوری کێکی قوڕ دەگرن. داتاکانی سی تی سکان لەگەڵ وێنەی دیجیتاڵی HIPAX Radiant v2.4.6) تێکەڵ کران. گۆڕانی ژمارەی سی تی نموونەکانی ئەستوری کێکی قوڕ لە ژێر چڕیی جیاوازی MNPs و بەبێ چڕیی MNPs شیکرایەوە، و سەدان وێنەی سێ ڕەهەندی بەکارهێنران. کەمبوونەوەی بەرچاو لە قەبارەی قوڕی ونبونی شلەی هەڵکەندن و ئەستووری کێکی قوڕ بۆ 40.9 و 46.6%، بە دوای یەکدا بە بەکارهێنانی 0.92 wt.% لە چڕیی MNPs بۆ شلەکانی هەلکەندن تۆمارکرا. بەڵام زیادکردنی چڕیی MNPs بۆ 2 wt.%، قەبارەی ونبونی شلەی هەڵکەندن و ئەستووری کێکی قوڕ بە ڕێژەی 3.23 و 33.3% زیاد دەکات. پرۆفایلی سی تی سکان دوو چین لە کێکی قوڕ نیشان دەدەن کە لە شلەی هەلکەندن لەسەر بنەمای ئاو بەرهەم هێنراوە کە 0.92 wt.% ی هەیە. ئەمە چڕیی گونجاوی MNPs بوو کە دەبێتە هۆی کەمترین قەبارەی ونبونی شلەی هەڵکەندن ، ئەستووری کێکی قوڕ، و بۆشایی کونیلەکان لەناو پێکهاتەی ئەستوری کێکی قوڕدا. لەم چڕییەدا، ژمارەکانی سی تی (CTN) ماددەیەکی چڕی بەرز نیشان دەدەن، و پێکهاتەی کێکی قوڕی تەنک و یەکسان و چڕکراوە (0.75 ملم). چینە تەنکەکەی کێکی قوڕاوی بەرهەم هێنراو ئاڵوگۆڕی پێکهاتەی توخمی/کانزاکان لە کاتی کارلێکی شلە-ڕەقدا ئاشکرا دەکات. ئەم ئەنجامانە

پشتڕاستی دەکەنەوە کە MNPs دەتوانن یارمەتیدەر بن لە دووركەوتنەوە یان کەمکردنەوەی زیانەکانی پێکهاتن، دوورخستنەوەی شلەی هەلکەندن لە پێکهاتەکە، و لە کۆتاییدا باشترکردنی سەقامگیری چاڵەکان.

المخلص

مواد النانوية هي مواد تمتلك خصائص فريدة نظرًا لمساحة سطحها العالية وتأثيراتها الكمية. المواد النانوية لها تطبيقات متنوعة في مجالات مختلفة بما في ذلك صناعة البترول والغاز كمضافات. يتعامل العمل الحالي مع تحضير جسيمات المغنتيت الخضراء النانوية غير المطلية و تلك المغلفة بالبوليمر (MNPs)و تشخيصها وتقييمها كمعدلات للخصائص الريولوجية وفقدان الترشيح لسوائل الحفر القائمة على الماء. تم تحديد التصميم الأمثل لتركيبة مزيج سوائل الحفر ، حيث تم تحديد اداء سوائل الحفر من حيث الكثافة ، وخصائص الانسيابية ، وفقدان الترشيح ، و زمن التقادم قبل الاستخدام و الترهل . م تقييم نوع سائل الحفر و تأثير درجة الحرارة (من درجة حرارة الغرفة - 80 درجة مئوية) ، نوع المادة القلوية ، ، ووقت التقادم (6-48 ساعة) على الخواص المدروسة. أكدت النتائج أن القيم المثلى GS ، YP، AP ، PV 10) ثوان) ، 10) GS دقائق) ، سمك كعكة الطين ، ومؤشر الترهل كانت, lb/100ft2 89.87, lb/100ft286.75, cP 69.69, cP 1 mm ≤ lb/100ft2 128.38 13.77, و 0.511على التوالي. يمكن الوصول إلى معظم هذه القيم باستخدام التركيبة المثلى التي تتضمن 0.92٪ MNPs في درجة الحرارة الغرفة. ظهر ان زيادة درجة الحرارة تسبب انخفاضًا في القيم بينما تؤدي زيادة وقت التقادم إلى زيادة في القيم. أظهرت موائع الحفر مع MNPs تغيات طفيفة في الخواص التي تم فحصها مع زيادة درجة الحرارة على وجه الخصوص مع تلك المدمجة MNPs المغلفة بالبوليمر مقارنة بسوائل الحفر المرجعية. من الاختبارات ، أظهر سا ئل الحفر المصنوع من MNPs الخضراء المطلية بالبوليمر مع أنواع قلوية مختلفة أقل كثافة وحجم الترشيح ، ويمكن أن تحل كاوية مستخلصة من مخلفات عمليات تصفية النفط محل هيدروكسيد الصوديوم كمتحكم في الأس الهيدروجيني. أظهرت نماذج التدفق لجميع الموائع المركبة أنه غير نيوتوني مع سلوك تدفقي من نوع البلاستيكي الزائف. يمكن وصف سلوك تدفق السوائل المدمجة مع MNPs الخضراء غير المطلية والمغلفة بالبوليمر وباستخدام المادة الكاوية المستخلصة من مخلفات عمليات تصفية النفط باستخدام نموذج تدفق Herschei-Bulkley. بينما يصفنموذج بينغهام أنظمة السوائل المدمجة مع NPs الخضراء غير المطلية والمغلفة بالبوليمر باستخدام NaOH. اما نموذج كاسون فقد وصف سلوك تدفق السوائل المرجعية وباستخدام النوعين من المادة الكاوية .

تم استخدام صور المسح المقطعي المحوسب بالأشعة (CT) غير المدمرة والقياس الكمي عالي الدقة لطريقة أرقام التصوير المقطعي لتقدير حجم المرشح ، وتوصيف كعكا ت الطين المترسبة ، وبالتالي تقييم تلف التكوين الناجم عن أنواع مختلفة من عينات طين الحفر.

تم تصميم حلقة ترشيح HPHT ديناميكية جديدة لدراسة أضرار تكوين الكربونات عن طريق إغراق سوائل الحفر المدمجة مع المغنتيت الأخضر غير المطلية و تلك المطلية ببوليمر الكيتوسان . تم اختبار عينات سائل الحفر لأغراض المقارنة. بعد تدوير سائل الحفر خلال الحلقة ، تم تحليل كعكات الطين والعينات الأساسية بواسطة ماسحات التصوير المقطعي ، والتي تلتقط سلسلة من صور الأشعة السينية من زوايا مختلفة حول العينة وكعكة الطين. تم دمج بيانات المسح المقطعي المحوسب مع HIPAX و Radiant viewer معالجة الصور الرقمية (v2.4.6). تم تحليل التباين في عدد الصور المقطعية لعينات كعكة الطين تحت تركيز مختلف من MNPs ، واستخدمت مئات الصور ثلاثية الأبعاد كملف تعريف مقطعي.

تم تسجيل انخفاض ملحوظ في حجم طين الحفر المرشح وسمك كعكة الطين إلى 40.9 و 46.6٪ على التوالي باستخدام 0.92٪ بالوزن من تركيز MNPs لسوائل الحفر. ومع ذلك ، فإن زيادة تركيز MNPs إلى 2٪ بالوزن أدى إلى زيادة حجم المرشح وسمك عجينة الطين بنسبة 3.23 و 33.3٪ على التوالي. تُظهر صور ملف المسح المقطعي المحوسب طبقتين من كعكة الطين الناتجة من سوائل حفر وكان 0.92 %.wt هو التركيز الأمثل لـ MNPs الذي تسبب في الحد الأدنى من حجم الترشيح ، وسمك كعكة الطين ، ومساحات المسام داخل بنية كعكة الطين. تُظهر أرقام CTN مادة عالية الكثافة ، وهيكل كعكة طينية رقيق مضغوط وموحد (0.75 مم). تكشف طبقة كعكة الطين الرقيقة الناتجة عن ترسيب أو تبادل التركيب الأولي / المعدني أثناء التفاعل بين السائل والصلب. تؤكد هذه النتائج أن NPs يمكن أن تساعد في تجنب أو تقليل تلف التكوين ، وإبعاد سائل الحفر من التكوين ، وأخيراً تحسين استقرار البئر.

ئەندامانی لیژنەی تاوتێکردن			
ناو	نازناوی زانستی	زانکۆ	پلەی ئەندامیەتی
د.کەمال عودیشۆ	پرۆفیسۆر	سۆران	سەرۆک و ئەندام لیژنە
د.ئەحمد سالّح	پ. یاریدەدەر	سلیمانی	ئەندام
د. محمد نامیق	پ. یاریدەدەر	ئەمریکی دهوک	ئەندام
د. ئومید رحمانی	پ. یاریدەدەر	سۆران	ئەندام
د. رزگار عبدالکەریم	پ. یاریدەدەر	سۆران	ئەندام

د. ابتسام مصطفى كمال	پرۆفیسۆر	سۆران	ئەندام و سەرپەرشتیار
د. نمام محمد صالح	پ. یاریدەدەر	سۆران	ئەندام و سەرپەرشتیار

About Soran University

Soran University (SUN) is located in the city of Soran, which is about a two-hour drive north-east of Erbil (Arbil, Hewlér), the capital of the Kurdistan Region of Iraq (KRIQ). The city is flanked by the famous Korek, Zozik, Henderén, and Biradost mountains. The medieval mountain village of Rewandiz (Rawanduz, رەواندز) is a stone-cast away, and the two cities share this lovely, harmonious upland. While waiting for its green, environmentally friendly building to be erected on a hilltop overlooking the cities of Soran and Rewandiz, its existing city campus has been meticulously set out to accommodate the lovely natural landscape. The new campus will be the first of its type, being walkable, balanced, powered by renewable energy, and compliant with all international environmental regulations. There are 5 Faculties in SUN; Faculty of Arts (FAAR), Faculty of Science (FSCN), Faculty of Education (FEDU), Faculty of Law, Political Science, and Management (FLAW/PSM), and Faculty of Engineering (FENG). Also, there is SUN research centre. Moreover, at SUN, there is a Language Center. SUN signed many Memoranda of Understandings (MoU) with many International Universities,

How to get here

Soran University (SUN) is located in the heart of the city of Soran. The main city campus is easily found on Google Maps for direction.