

Міністерство освіти і науки України
Національний університет
«Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»

Навчально-науковий інститут нафти і газу
Кафедра буріння та геології
Освітньо-кваліфікаційний рівень магістр
Спеціальність 184 Гірництво

ЗАТВЕРДЖУЮ

Гарант освітньої програми
Харченко М.О.

«___» _____ 2023 року

Завідувач кафедри буріння та геології
Винников Ю.Л.

«___» _____ 2023 року

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему Удосконалення технології приготування бурових розчинів на вуглеводневій основі шляхом застосування ультразвукового впливу

Пояснювальна записка

Керівник

К.т.н., доц., доцент

кафедри буріння та геології

Матяш О.В.

посада, наук. ступінь, ПІБ

підпис, дата

Виконавець роботи

студент група 602-мГР

Синюшкович Володимир Іванович

студент, ПІБ

підпис, дата,

Консультант за 1 розділом

посада, наук. ступінь, ПІБ, підпис

Консультант за 2 розділом

посада, наук. ступінь, ПІБ, підпис

Консультант за 3 розділом

посада, наук. ступінь, ПІБ, підпис

Дата захисту _____

Полтава, 2023

АНОТАЦІЯ

У роботі розглядається проблема промивання горизонтальних і похило-спрямованих свердловин. Промивні рідини відіграють важливу роль у процесі буріння, забезпечуючи ефективне видалення шламу, охолодження і змащення бурового інструменту, а також запобігання руйнуванню стінок свердловини.

У роботі аналізується застосування промивних рідин для буріння горизонтальних ділянок. Встановлено, що для таких свердловин необхідно використовувати промивну рідину з високими експлуатаційними характеристиками, зокрема, з високою стійкістю до кавітації, низькою в'язкістю та хорошими миючими властивостями.

У роботі розглядаються два основних способи приготування емульсійних розчинів на вуглеводневій основі: стандартна технологія на свердловинній майданчику та альтернативна технологія з використанням ультразвукового впливу.

В результаті проведених досліджень встановлено, що альтернативна технологія приготування емульсійних розчинів має ряд переваг перед стандартною технологією, зокрема:

- підвищена стабільність емульсій до кавітації;
- знижена в'язкість емульсій;
- поліпшені миючі властивості емульсій.

Також встановлено, що частоти ультразвукових хвиль і тривалість впливу ультразвуку на параметри емульсій мають значний вплив. При оптимальному виборі цих параметрів можна істотно поліпшити якість емульсійних розчинів.

Результати досліджень, представлені в роботі, можуть бути використані для розробки ефективних технологій приготування емульсійних розчинів для промивання горизонтальних і похило-спрямованих свердловин.

Ключові слова: бурові розчини на вуглеводневій основі, ультразвуковий вплив, фізико-хімічні властивості бурових розчинів, ефективність буріння.

ABSTRACTS.

The paper deals with the problem of flushing horizontal and directional wells. Flushing fluids play an important role in the drilling process, providing effective cuttings removal, cooling and lubrication of drilling tools, as well as preventing the destruction of well walls.

The paper analyses the use of flushing fluids for drilling horizontal sections. It is established that for such wells, it is necessary to use a drilling fluid with high performance characteristics, in particular, high resistance to cavitation, low viscosity and good cleaning properties.

The paper considers two main methods of preparing hydrocarbon-based emulsion solutions: the standard technology at the well site and an alternative technology using ultrasonic impact.

As a result of the research, it was found that the alternative technology for preparing emulsion solutions has a number of advantages over the standard technology, in particular

- increased stability of emulsions to cavitation;
- reduced viscosity of emulsions;
- improved detergent properties of emulsions.

It has also been found that ultrasonic wave frequencies and the duration of ultrasound exposure have a significant impact on emulsion parameters. The optimal choice of these parameters can significantly improve the quality of emulsion solutions.

The results of the research presented in this paper can be used to develop effective technologies for the preparation of emulsion solutions for flushing horizontal and directional wells.

Key words: hydrocarbon-based drilling fluids, ultrasonic impact, physical and chemical properties of drilling fluids, drilling efficiency.

ЗМІСТ

АНОТАЦІЯ.....	2
ВСТУП	4
РОЗДІЛ 1 СУЧАСНИЙ СТАН ПИТАННЯ СПОРУДЖЕННЯ ПОХИЛО- СПРЯМОВАНИХ СВЕРДЛОВИН.....	10
1.1 Роль бурових розчинів при буріння свердловин	10
1.2 Аналіз застосування промивних рідин для буріння горизонтальних ділянок	13
1.3 Емульсії і теорія емульгування	16
1.4 Інвертні емульсійні розчини	19
1.5 Висновки до розділу 1.....	22
РОЗДІЛ 2 СПОСОБИ ПРИГОТУВАННЯ ЕМУЛЬСІЙНИХ РОЗЧИНІВ НА ВУГЛЕВОДНЕВІЙ ОСНОВІ	24
2.1 Стандартна технологія приготування розчинів на вуглеводневий основі на свердловинної майданчику.....	24
2.2 Регулювання параметрів розчинів на вуглеводневій основі	25
2.3 Альтернативна технологія приготування емульсійних розчинів.....	26
2.4 Фізичні основи кавітації	27
2.5 Ультразвукові коливальні системи на основі п'єзоелементів	30
2.6 Висновки до розділу 2	35
РОЗДІЛ 3 МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ ЕМУЛЬСІЙНИХ РОЗЧИНІВ	36
3.1 Методи оцінки властивостей	36
3.2 Аналіз застосовуваних складів емульсійних розчинів на вуглеводневій основі	46
3.3 Порядок приготування РВО	52
3.4 Висновки до розділу 3.....	52
РОЗДІЛ 4 АНАЛІЗ РЕЗУЛЬТАТІВ ЛАБОРАТОРНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ	54
4.1 Вплив способів приготування емульсій на їх технологічні параметри	54

4.2	Вплив частоти ультразвукових хвиль на кавітацію	64
4.3	Вплив тривалості впливу ультразвукових хвиль, працюючих в режимі кавітації, на параметри емульсій.....	65
4.4	Висновки по розділу 4	71
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....		72
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....		74

ВСТУП

Актуальність теми дослідження

Залучення в експлуатацію залишкових запасів на родовищах пізніш стадії розробки вимагає буріння похило-спрямованих і горизонтальних свердловин. У що склалася обстановка зароджуються нові вимоги щодо підвищення ефективності процесів буріння. На даному етапі технологічного розвитку галузі це досяжно за рахунок зниження непродуктивного часу, витрачається компаніями при ліквідації ускладнень, пов'язаних з нестабільністю стовбура свердловин, шляхом застосування розчинів на вуглеводневій основі (РВО). До переваг РВО відноситься:

- висока інгібуюча здатність і низька фільтрація, що забезпечують стійкість стовбура та мінімальне забруднення продуктивних пластів;
- стійкість до забрудненням що дає можливість його багаторазового повторного використання;
- висока змащувальна здатність, що підвищує ефективність буріння свердловин зі складним профілем.

У цих умовах розчини на вуглеводневій основі дозволяють вирішувати недосяжні для інших типів промивних рідин завдання, пов'язані з запобіганням ускладнень при проведенні свердловин та якісним розкриттям продуктивних пластів. Успішному впровадженню даного типу розчинів перешкоджають порівняно високі витрати з його приготування. В зв'язку з цим, найбільш суттєвим є розробка рішень по інтенсифікації диспергування і підвищення якості змішання компонентів приприготуванні РВО.

Мета роботи

Підвищення ефективності будівництва свердловин за рахунок формування стабільною структури бурового розчину на вуглеводневій основі з регульованими фізико-механічними властивостями методом ультразвукового впливу на стадії змішання компонентів та диспергування.

Завдання досліджень:

1. Розглянути особливості застосування РВО для буріння горизонтальних тапохило-спрямованих свердловин.
2. Проаналізувати існуючі способи приготування емульсійних розчинів на вуглеводневій основі.
3. Визначити параметри для контролю технологічних властивостей емульсійних бурових розчинів, приготовлених різними методами.
4. Розробити методику приготування розчину на вуглеводневий основі застосуванням ультразвукового впливу і виконати порівняльні дослідження емульсійних бурових розчинів, приготовлених різними методами.
5. Оцінити вплив способу приготування емульсійного бурового розчину на техніко-економічні показники буріння.

Наукова новизна роботи – обґрунтовано механізм підвищення стабільності емульсійного бурового розчину на вуглеводневій основі створенням регульованою кавітації шляхом застосування ультразвукового впливу.

Практична цінність роботи

– Розроблена методика приготування емульсійних бурових розчинів дозволяє скоротити час проведення лабораторних випробувань на стадіях проектування, для відображення в проектах на будівництво свердловин, і оперативною доопрацювання рецептур при участі в ліквідації аварій.

– Матеріали магістерської роботи запропоновано використовувати в навчальному процесі студентів на кафедрі БтаГ в дисциплінах “ Технології буріння свердловин”, «Ремонт свердловин», «Контроль та керування свердловиною при флюїдопроявленнях».

Методологія і методи досліджень

У роботі застосовувалися статистичні методи визначення впливу концентрації компонентів на електростабільність розчинів на вуглеводневій основі (РВО). Стендові та експериментальні дослідження впливу різних способів приготування на технологічні параметри розчинів на вуглеводневій основі.

Структура і обсяг роботи. Магістерська робота складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків та списку використаних джерел. Вона викладена на 77 сторінках, у тому числі 72 сторінок основного тексту, 22 рисунків, 8 таблиць, 5 сторінок списку використаних джерел (40 найменувань).

Магістерська робота виконана у Навчально-науковому інституті нафти і газу Національного університету «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка» в 2023 році під керівництвом к.т.н., доцента, доцента кафедри буріння та геології Матяша Олександра Васильовича.

INTRODUCTION

Relevance of the research topic. The involvement of residual reserves in the exploitation of fields at a later stage of development requires drilling of directional and horizontal wells. In the current situation, new requirements are emerging to improve the efficiency of drilling processes. At this stage of the industry's technological development, this can be achieved by reducing the unproductive time spent by companies in eliminating complications associated with wellbore instability by using hydrocarbon-based muds (HMBs). The advantages of the mud include:

- high inhibitory capacity and low filtration, which ensure wellbore stability and minimal contamination of productive formations;
- Resistance to contamination, which makes it possible to reuse it multiple times;
- high lubricity, which increases the efficiency of drilling wells with complex profiles.

In these conditions, hydrocarbon-based solutions allow solving tasks that are unattainable for other types of flushing fluids, such as preventing complications during well drilling and high-quality penetration of productive formations. The successful implementation of this type of solution is hampered by the relatively high costs of its preparation. In this regard, it is most important to develop solutions to intensify dispersion and improve the quality of mixing components in the preparation of mud.

Objective – To increase the efficiency of well construction by forming a stable structure of hydrocarbon-based drilling mud with adjustable physical and mechanical properties by ultrasonic exposure at the stage of mixing components and dispersing.

Research objectives:

1. To consider the peculiarities of the use of mud for drilling horizontal and directional wells.
2. To analyse the existing methods of preparing hydrocarbon-based emulsion solutions.
3. Determine the parameters for controlling the technological properties of emulsion drilling fluids prepared by different methods.

4. To develop a method for preparing a hydrocarbon-based solution using ultrasonic exposure and perform comparative studies of emulsion drilling fluids prepared by different methods.

5. To evaluate the effect of the method of preparation of emulsion drilling mud on the technical and economic indicators of drilling.

Scientific novelty of the work – The mechanism of increasing the stability of the emulsion drilling mud on a hydrocarbon basis by creating controlled cavitation by applying ultrasonic action is substantiated.

Theoretical and practical significance of the work

The developed methodology for the preparation of emulsion drilling fluids allows to reduce the time of laboratory tests at the design stages, for display in well construction projects, and for the rapid refinement of recipes when participating in the liquidation of accidents.

It is proposed to use the materials of the master's thesis in the educational process of students at the Department of BtG in the disciplines "Well Drilling Technologies", "Well Repair", "Well Control and Management in Fluid Manifestations".

Research methodology and methods

The study used statistical methods to determine the effect of component concentration on the electrical stability of hydrocarbon-based muds. Bench and experimental studies of the impact of various preparation methods on the technological parameters of the HBS.

Structure and scope of the master's thesis

Structure and scope of the work. The master's thesis consists of an introduction, four chapters, conclusions and a list of references. It is presented on 83 pages, including 75 pages of the main text, 22 figures, 8 tables, 5 pages of the list of references (43 titles).

The master's thesis was written at the Educational and Research Institute of Oil and Gas of National University "Yuri Kondratyuk Poltava Polytechnic" in 2023 under the supervision of PhD in Engineering, Associate Professor, Associate Professor of Drilling and Geology Department Oleksandr Matiash.

РОЗДІЛ 1 СУЧАСНИЙ СТАН ПИТАННЯ СПОРУДЖЕННЯ ПОХИЛО-СПРЯМОВАНИХ СВЕРДЛОВИН

1.1 Роль бурових розчинів при буріння свердловин

Однією з основних причин зниження фактичною продуктивності горизонтальних свердловин, по порівнянні з їх потенційними можливостями, є зміни природного стану нафтогазових пластів у навколосвердловинній зоні [14]. Відмінні риси буріння горизонтальних свердловин від вертикальних полягають у наступному

- збільшенні тривалості впливу бурового розчину і його фільтрату;
- зростанні кількості та інтенсивності деформацій бурильного інструменту;
- розтині більшої кількості геологічних неоднорідностей;
- ускладненню процесу буріння, закінчення і випробування свердловин.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

У роботі вирішено важливу науково-технічну задачу – формування стабільності структури бурового розчину на вуглеводневій основі з регульованими фізико-механічними властивостями методом ультразвукового впливу на стадії змішання компонентів та диспергування.

1. Аналіз застосовуваних при буріння горизонтальних ділянок промивних рідин показав, що по сукупності позитивних переваг, розчини на вуглеводневій основі є найбільш придатними для проходження похило-спрямованих свердловин та горизонтальних ділянок, інтервалів продуктивних пластів. Незважаючи на ряд переваг, застосування РВО обмежується екологічними вимогами (клас небезпеки 3 – у разі застосування як основа дизельного палива, клас небезпеки 4 – у разі застосування мінеральної олії), технологічними труднощами приготування та високою вартістю, а також, можливостями та потенціалом компаній, займаються будівництвом свердловин.

2. Виконаний аналіз існуючих способів приготування емульсійних розчинів на вуглеводневій основі показав, що час приготування 160 м³ бурового розчину із застосуванням струминного диспергатора на свердловинній майданчику складає 3 доби і вимагає створення надлишкового тиску до 10 МПа за допомогою цементувального агрегату чи бурового насоса. Необхідна розробка енергозберігаючих технологічних коштів, спрямованих на скорочення часу приготування РВО.

3. За результатами статистичного аналізу виявлено, що на електростабільність істотно впливає вмісту емульгатора та вапна. У меншій ступеня впливає водонафтове ставлення і зміст структуроутворювача. Якщо потрібно підвищити електростабільність, то спочатку треба збільшувати вмісту емульгатора, вапна, OWR і концентрацію структуроутворювача.

4. Експериментально встановлено, що вплив ультразвукових хвиль частотою 40 кГц, працюючих у режимі кавітації, застосовно для отримання емульсійних бурових розчинів РВО отримувані після 10 хв впливу ультразвуку

40 кГц в режимі кавітації, не розшаровуються як після термостаріння, так і при відсте на протягом 14 діб. Це підтверджує стабільність бурових розчинів і можливість повторного застосування при буріння свердловин. Запропоновані технологічні рішення є перспективною альтернативою існуючим рішенням в буріння і рекомендуються для подальших розробок в області приготування бурових розчинів на вуглеводневій основі.

5. Укомплектування буровий 10 установками «Булава», при скорочення тривалості приготування 160 м³ РВО з 3 до 1 добу, по порівнянні з використанням гідравлічного диспергатора, окупиться через 1 рік після початку застосування, тоді як при укомплектуванні 1 установкою окупиться через 5 років.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Винников Ю.Л. Методологія науково-дослідних робіт: конспект лекцій для студентів спеціальності 185 Нафтогазова інженерія та технології. Ступінь вищої освіти – магістр / Ю.Л. Винников. – Полтава: Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка», 2022 – 70 с.
2. Колісніченко Е.В. Бурові промивальні рідини: конспект лекцій / Е.В. Колісніченко. – Суми: СумДУ, 2013. – 76 с.
3. Політучий О.І. Буріння нафтових і газових свердловин: навч. посібник / О.І. Політучий. – Полтава: НУ «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка», 2021. – 170 с.
4. Сенюшкович М.В. Первинне розкриття та випробування продуктивних пластів: конспект лекцій / М.В. Сенюшкович – Івано-Франківськ: Факел, 2003. – 267 с.
5. Буріння свердловин: навч. посіб. / Є.А. Коровяка, В.Л. Хоменко, Ю.Л. Винников, М.О. Харченко, В.О. Расцветаєв; М-во освіти і науки України, Нац. техн. ун-т «Дніпровська політехніка». – Дніпро: НТУ «ДП», 2021. – 292 с.
6. Промивальні рідини в бурінні: Підручник для студентів спеціальностей 184 «Гірництво» та 185 «Нафтогазова інженерія та технології» / Є.А. Коровяка, Ю.Л. Винников, А.О. Ігнатов, О.В. Матяш, В.О. Расцветаєв; М-во освіти і науки України, Нац. техн. ун-т «Дніпровська політехніка», 4-те вид., доп. – Дніпро : Журфонд, 2023. – 420 с.
7. Коцкулич Я.С. Закінчування свердловин: підручник / Я.С.Коцкулич, О.В. Тищенко. – К.: Інтерпрес ЛТД, 2009. – 366 с.
8. Гошовський С.В. Ефективність сучасних технологій вторинного розкриття продуктивних горизонтів і шляхи її підвищення / С.В. Гошовський, Ю.І. Войтенко, П.О. Сорокін // Нафтова і газова промисловість. – 2013. – №2. – С. 12 – 15.
9. Світлицький В.М. Сучасні проблеми розкриття та збереження продуктивних характеристик пластів / В.М. Світлицький, О.О. Іванків,

Є.В. Вішнікін // Нафтова і газова промисловість. – 2006. – №6. – С. 16 – 18.

10. До оцінки первинного розкриття продуктивних горизонтів на родовищах України / М.А. Мислюк, І.М. Ковбасюк, В.М. Стасенко, М.В. Гунда // Нафтова і газова промисловість. – 2005. – №6. – С. 17 – 19.

11. До питання визначення відкритої пористості порід за допомогою газоволюметричного методу / М.Ю. Нестеренко, Я.А. Пилип, В.В. Іванов, Ю.М. Віхоть // Нафтова і газова промисловість. – 2011. – №2. – С. 17 – 20.

12. Нестеренко М.Ю. До питання визначення відкритої пористості порід за допомогою газоволюметричного методу / М.Ю. Нестеренко, Я.А. Пилип, В.В. Іванов, Ю.М. Віхоть // Нафтова і газова промисловість. – 2011. – №2. – С. 17 – 20.

13. Новітні методи розкриття та освоєння пластів з аномально низькими пластовими тисками / О.О.Іванків, В.М.Світлицький, М.М. Яворський, А.А.Писаренко // Науковий вісник ІФНТУНГ. – 2007. – №2(16). – С. 48 – 53.

14. Бойко В.С. Підземний ремонт свердловин / В.С. Бойко. – Івано-Франківськ: ІФНТУНГ, 2009. – 587 с.

15. Дем'яненко І.І. Проблеми і оптимізація нафтогазопошукових і розвідувальних робіт на об'єктах Дніпровсько–Донецької западини / І.І. Дем'яненко. – Чернігів: ЦНТЕІ, 2004. – 220 с.

16. Карп І.М. Стан і перспективи розвитку нафтогазового комплексу України / І.М. Карп, Д.О. Єгер, Ю.С. Зарубін. – К.: «Наукова думка», 2006. – 309 с.

17. Рудий М.І. Кислотне діяння на нафтогазовий пласт: у 2 кн. / М.І. Рудий, С.М. Рудий, С.В. Наследніков. – Івано-Франківськ: «Галицька друкарня плюс». – Кн.1. – 2011. – 482 с.; Кн.2. – 2011. – 576 с.

18. Технологія і техніка буріння / В.С. Войтенко, В.Г. Вітрик, Р.С. Яремійчук, Я.С. Яремійчук. – Львів: Центр Європи, 2012. – 708 с.

19. Ефективні конструктивно-технологічні рішення об'єктів зберігання нафти і нафтопродуктів у складних інженерно-геологічних умовах: Монографія / В.О. Онищенко, Ю.Л. Винников, М.Л. Зоценко, М.О. Харченко, І.І. Ларцева,

В.І. Бредун, Т.М. Нестеренко. – Полтава: ФОП Пусан А.Ф., 2019. – 233 с.

20. Морські бурові платформи: Перший том. Монографія / В.Д. Макаренко, С.Ю. Максимов, Ю.Л. Винников, Ю.М. Кусков, М.О. Харченко. Під ред. проф. В.Д. Макаренко. – К.: Редакційно-видавничий відділ НУБіП України. – 2020. – 420 с.

21. Дослідження впливу бурового розчину на механічні характеристики тампонажного каменю / Л.В. Бондар, Р.В. Петраш, О.В. Петраш, Н.М. Попович // Building innovations – 2020 : зб. наук. пр. за матеріалами III Міжнар. азерб.-укр. наук.-практ. конф. (1 – 2 черв. 2020 р., Баку – Полтава). – Полтава : Національний університет імені Юрія Кондратюка, 2020. – С. 61-64.

22. Принципи врахування геологічної невизначеності при стандартизації процесів буріння / Б. Цветкович, О.В. Петраш, Р.В. Петраш, К.О. Мосійчук, Р.О. Сліченко // Тези 72-ої наукової конференції професорів, викладачів, наукових працівників, аспірантів та студентів університету, присвяченої 90-річчю Національного університету «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка» (Полтава, 21 квітня – 15 травня 2020 р.). – Полтава : Національний університет імені Юрія Кондратюка, 2020. – Т. 1. – С. 217-218.

23. А.Н. Попов, А.І. Співак, Т.О. Акбулатов і ін. Технологія буріння нафтових і газових свердловин: Учеб. для вузів. Під загальною редакцією А.І. Співака. - М.: ТОВ «Надра-Бизнесцентр», 2003. - 509 с.

24. Вовк М.О. Нетрадиційні поклади вуглеводнів в Україні / М.О. Вовк, А.С. Єльченко // Тези 69-ої наукової конференції професорів, викладачів, наукових працівників, аспірантів та студентів університету (Полтава, 19 квітня - 19 травня 2017 р.). – Полтава : ПолтНТУ, 2017. – Т. 1. – С. 222-223.

25. Корнієнко М.О. Аналіз ознак алювіальних відкладів при пошуках перспективних колекторів нафти і газу / М.О. Вовк (Корнієнко) // Тези 67-ї наукової конференції професорів, викладачів, наукових працівників, аспірантів та студентів університету (Полтава, 2 квітня – 22 травня 2015 р.). – Полтава : ПолтНТУ, 2015. – С. 168-170.

26. Поліщук Ю.М., Яценко Н.Г. Важкі нафти закономірності

просторового розміщення // Нафтове господарство. - 2007. - №2. - с.110-113.

27. Вовк М.О. Класифікація комбінованих пасток вуглеводнів північних флангів Донецької складчастої споруди та Бахмутської улоговини / М.О. Вовк, М.Л. Зоценко // Молодь: наука та інновації – 2020 : матеріали VIII Ювілейної Всеукр. наук.-техн. конф. студентів, аспірантів і молодих вчених (Дніпро, 26-27 листоп. 2020 р.). – Дніпро : НТУ «ДП», 2020. – Т. 8. – С. 33-34.

28. Воєнчук М.П. Геологічна будова і нафтогазоносність солянокупольних структур Дніпровсько-Донецької западини / М.П. Воєнчук, М.О. Вовк // Академічна й університетська наука: результати та перспективи : зб. наук. пр. XII Міжнар. наук.-практ. конф., 6 груд. 2019 р. – Полтава : Національний університет імені Юрія Кондратюка, 2019. – С. 197-200.

29. Савик В.М. Використання вибірного бурового обладнання для буріння нафтових свердловин при зниженому гідростатичному тиску в стволі свердловини / В.М. Савик, П.О. Молчанов, М.М. Лях // Нафтогазова інженерія: наук.-техн. журн. – Полтава : ПолтНТУ, 2017. – Число 2. – С. 81– 88.

30. Schaaf, S., Pafitis, D., and Guichemerre, E. 2000. Application of the point the bit rotary steerable system in Directional drilling Prototype Well-Bore profiles. Presented at the SPE/AAPG Western Regional Meeting, Long Beach, California, and 19-22 June. SPE-62519-MS.

31. Abraham W. Khaemba, Dennis M. Onchiri, BHA and drilling parameters design for deviation control in directional wells-menengai experience. Proceedings of the 6th African Rift Geothermal Conference (2016), p.8

32. Wang Haige, Ge Yunhua, Shi Lin, Technologies in deep and ultra-deep well drilling: Present status, challenges and future trends in the 13th Five-Year Plan period (2016-2020). Natural Gas Industry B 4 (2017), pp. 319-326

33. Jiexiang Xia, Changxue Yang, Xingzhong Wang, Key technologies for well drilling and completion in ultra-deep sour gas reservoirs, Yuanba Gasfield, Sichuan Basin. Natural Gas Industry B 3 (2016), pp. 607-613

34. Briaud J.-L. Geotechnical Engineering: Unsaturated and Saturated Soils / J.-L. Briaud. Wiley. – 2013. – 1024 p.

35. Manjriker A. Foundation Engineering / A. Manjriker, I. Gunarante. – New York: Taylor and Francis, 2006. – 608 p.
36. Vynnykov Yu.L. Practical problems of anisotropic soil mechanics: Monograph / Yu.L. Vynnykov, A. Aniskin. – Varazdin: University North, Croatia, 2019. – 157 p.
37. Churcher P.L. Properly designed underbalanced drilling fluids can limit formation damage / P.L. Churcher // Oil and Gas J. – 1996, Vol. 94, №18. – P. 50 – 56.
38. Oil Wells Hydrate Formation Regularities / A. Liashenko, V. Makarenko, Yu. Vynnykov, O. Petrash // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 3/6 (111) 2021. – P. 19 – 24.
39. Correlation equation between physical and mechanical properties of sedimentary rocks / M. Zotsenko, Yu. Vynnykov, M. Kharchenko, M. Rybalko, A. Aniskin // Academic Journal. Series: Industrial Machine Building, Civil Engineering. – Poltava: Poltava National Technical Yuri Kondratyuk University. – 2022. – Is. 2(59)'. – P. 89 – 91.
40. The development of potassium cellulosic polymers and their contribution to the inhibition of hydratable clays / S. Palumbo, D. Giacco, M. Ferrari, P. Pirovano // SPE JADC Drilling conf. – 1989. III. – №18477. – P. 149 – 152.