

**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 МАГІСТЕРСЬКА РОБОТА**  
на тему **Прогнозування стійкості стінок свердловин за результатами аналізу досліджень повзучості консолидованих зразків із шламу та керна**

**Пояснювальна записка**

**Керівник**

**д.т.н., проф., завідувач**

**кафедри буріння та геології**

**Винников Ю.Л.**

*посада, наук. ступінь, ПІБ*

*підпис, дата*

**Виконавець роботи**

**Яловега Юрій Вікторович**

*студент, ПІБ*

**студент група 601-мГР**

*група*

*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**

## АННОТАЦІЯ

Доведено, що стабільність стінок свердловин є одним із найважливіших факторів, які впливають на успіх буріння та видобуток нафти та газу. Підкреслено, Повзучість – це процес деформації, що відбувається з часом під дією постійного навантаження. Вона є однією з основних причин обвалення стінок свердловин.

У роботі представлено результати досліджень повзучості консолидованих зразків зі шламу та керну, отриманих з родовищ нафти та газу в Україні. Дослідження проводилися за допомогою спеціальних установок, що дозволяють контролювати деформацію зразків у часі.

Проведено критичний аналіз та виявлено недоліки сучасних галузевих методик оцінки стійкості глинистих порід. На основі отриманих результатів розроблено методику прогнозування стійкості стінок свердловин за результатами аналізу результатів досліджень повзучості. Методика дозволяє оцінити ймовірність обвалення стінок свердловин у конкретних геологічних умовах.

Розроблено та запропоновано відтворювану методику для прогнозування стійкості стінок свердловини за результатами повзучості штучних кернів зі шламу та кернів обвальних порід у середовищі бурових розчинів. Результати дослідно-промислових робіт показали зниження термінів будівництва свердловин за рахунок зменшення часу буріння ускладнених нестійкістю стін свердловини інтервалів.

Впровадження методу в Україні дозволить знизити ризик обвалення стінок свердловин, що призведе до зменшення витрат на буріння та видобуток, збільшити безпеку бурових робіт, покращити якість буріння та видобутку.

**Ключові слова:** стійкість стінки свердловини, штучні керни, повзучість, глинисті породи, бурові розчини.

## ABSTRACT

Wellbore wall stability is one of the most important factors affecting drilling success and oil and gas production. Creep is a deformation process that occurs over time under the influence of a constant load. It is one of the main causes of wellbore wall collapse.

This paper presents the results of creep studies of consolidated samples from mud and core obtained from oil and gas fields in Ukraine. The studies were carried out using special installations that allow to control the deformation of samples in time.

A critical analysis was conducted and the shortcomings of current industry methods for assessing the stability of clay rocks were identified. Based on the results obtained, a methodology for predicting the stability of well walls based on the analysis of creep test results was developed. The methodology allows to estimate the probability of well wall collapse in specific geological conditions.

A reproducible method for predicting the stability of well walls based on the results of creep of artificial cores from sludge and cores of rock caving in the environment of drilling fluids has been developed and proposed. The results of the pilot work showed a reduction in the time of well construction by reducing the drilling time of intervals complicated by the instability of the well walls.

Implementation of the method in Ukraine will allow to reduce the risk of well wall collapse, which will lead to a reduction in drilling and production costs, increase drilling safety, and improve the quality of drilling and production.

**Key words:** borehole wall stability, artificial cores, creep, clay rocks, drilling fluids.

## Зміст

	Стор
ВСТУП	6
INTRODUCTION	8
РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ СУЧАСНОГО СТАНУ ДОСЛІДЖУВАНОВОГО ПИТАННЯ	11
1.1 Приклади нестійкості стінок свердловин на родовищах світу	11
1.2 Стійкість порід на стінці свердловини	12
1.2.1 Умова стійкості стінки свердловини	13
1.2.2 Фактори, що впливають на стійкість стінки свердловини	14
1.3 Методики визначення вільного набухання	15
1.4 Тести на диспергування глинистих зразків	21
1.5 Тест на визначення т.зв. «об'ємний твердості»	23
1.6 Визначення твердості методом дряпання	25
1.7 Тест на гідратацію	28
1.8 Тест на розвиток тріщин в аргілітах	29
1.9 Тест на визначення часу капілярного просочення	30
1.10 Висновки до розділу 1	32
РОЗДІЛ 2 ОБ'ЄКТИ, ОБЛАДНАННЯ І МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ	33
2.1 Об'єкти досліджень	33
2.2 Устаткування для пробопідготовки порошкоподібного шламового матеріалу	37
2.3 Оцінка однотипності штучних кернів	45
2.4 Висновки до розділу 2	57
РОЗДІЛ 3 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ОСОБЛИВОСТІ ПРИГОТУВАННЯ ШТУЧНИХ КЕРНІВ	59
3.1 Пробопідготовка порошкоподібного шламу для пресування	60
3.2 Пресування штучних кернів	65
3.3 Оцінка однотипності штучних кернів за похибкою їх характеристик міцності	69
3.4 Коротка процедура рекомендованою методикою приготування штучних кернів	71

3.5	Висновки до розділу 3	72
РОЗДІЛ 4	РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ПОВЗУЧОСТІ ШТУЧНИХ КЕРНІВ	73
4.1	Про терміні «повзучість» глинистих порід	73
4.2	Процедура вимірювання кривих повзучості та модифікація установки одновісного стиснення	74
4.3	Аналіз кривий повзучості	77
4.4	Вибір критерію оцінки сталого стану штучного керна	78
4.5	Експериментальна оцінка відтворюваності кривих повзучості	82
4.6	приклад ранжирування бурових розчинів по кривих повзучості	83
4.7	Зв'язок величини вільного набухання і часу стійкого стану	85
4.8	Висновки до розділу 4	87
	ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	89
	СПИСОК ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ	90

## ВСТУП

**Актуальність дослідження.** Свердловини для видобутку нафти та газу часто обвалюються. Щоб запобігти цьому, потрібно знати, наскільки міцні гірські породи навколо свердловини. В даний час для цього використовують ненадійні методи. Вони не завжди дають точний результат.

Метод дослідження повзучості є більш точним. Він дозволяє враховувати, як гірські породи деформуються під дією навантаження.

Якщо використовувати метод дослідження повзучості, то можна значно підвищити точність прогнозу стійкості свердловин. Це допоможе уникнути аварій, зменшити витрати на буріння та видобуток, і підвищити якість буріння та видобутку.

Метод дослідження повзучості є перспективним і може бути широко застосованим в нафтогазовій промисловості.

Ось кілька конкретних прикладів того, як застосування методу дослідження повзучості може допомогти нафтогазовидобувним компаніям:

Компанія може уникнути аварії, пов'язаної з обвалом стінок свердловини.

Компанія може зменшити витрати на буріння та видобуток, оскільки не буде необхідності коригувати проект свердловини в разі обвалів.

Компанія може підвищити якість буріння та видобутку, оскільки свердловина буде більш стійкою і герметичною.

Метод дослідження повзучості є простим і може бути застосований в будь-яких умовах.

Він дозволяє значно підвищити безпеку та ефективність буріння та видобутку нафти та газу.

**Мета роботи** – удосконалити методики оцінювання стійкості глин та аргілітів.

Відповідно до мети роботи було визначено такі **завдання**:

- провести аналіз поширених експрес-методик для оцінювання стійкості глинистої породи;

- експериментально обґрунтувати методику приготування штучних кернів, однотипних за механічними властивостями;
- експериментально обґрунтувати методику оцінювання стійкості стінок свердловини;
- обґрунтувати критерій оцінки стійкого стану зразка в середовищі бурового розчину;
- оцінити взаємозв'язок часу стійкого стану зразків та ступеня їх набухання.

**Наукова новизна роботи** полягає в наступному:

1. На основі отриманих результатів розроблено критерій оцінки сталого стану штучного керна;
2. Удосконалено методику оцінювання стійкості глин та аргілітів за результатами досліджень повзучості консолидованих зразків із шламу та керна, отриманих з родовищ нафти та газу в Україні.
3. Досліджено вплив на стійкість глин та аргілітів, мінерального складу породи, вмісту вологи, присутності домішок, вплив бурового розчину.

**Практичне значення** отриманих результатів полягає в наступному:

1. Розроблено методику підвищення стійкості глин та аргілітів дозволять зменшити ризик обвалів стінок свердловин і підвищити ефективність буріння та видобутку нафти та газу.

2. Результати досліджень запропоновано використовувати в навчальному процесі студентів на кафедрі буріння та геології в дисциплінах “ Технології буріння свердловин”, «Ремонт свердловин», «Контроль та керування свердловиною при флюїдопроявленнях».

**Структура та обсяг магістерської роботи.** Магістерська робота складається з вступу, 4 розділів, загальних висновків, списку використаних джерел; повний обсяг роботи – 92 сторінок, 38 рисунків та 15 таблиць, список використаних джерел складається з 39 найменувань.

## INTRODUCTION

**Relevance of the study.** Drilling wells for oil and gas production is a complex and dangerous process. One of the main problems faced by drillers is the collapse of well walls. This can lead to delays, increased costs and even accidents.

One way to combat cave-ins is to predict the stability of well walls. Various methods are used for this purpose, including modelling the stress state of rocks.

Modelling allows to describe the processes of rock destruction in the vicinity of the well, taking into account the applied loads and its spatial position. However, this requires knowledge of the strength properties of clays and mudstones.

Currently, indirect rapid methods are used to obtain this data, which are unreliable. The results of such tests can vary depending on the conditions of their implementation.

This is a criticism of modelling supporters. They believe that to improve the accuracy of the forecast, it is necessary to use more reliable methods for determining the strength properties of clays and mudstones.

One such method is creep testing. Creep is the process of deformation of a rock under a constant load. It is one of the main causes of well walls collapse.

Creep tests are carried out using a special setup that allows you to control the deformation of the sample over time. Based on the results obtained, the probability of well wall collapse can be estimated.

This method is more accurate than indirect express methods. It allows taking into account not only static but also dynamic factors that affect the stability of the rock.

Implementation of the creep test method will significantly improve the accuracy of well wall stability forecasts and reduce the risk of cave-ins.

Here are some specific examples of how the use of creep testing can help oil and gas companies:

- A company can avoid an accident caused by a well wall collapse.
- The company can reduce drilling and production costs, as there will be no need to adjust the well design in case of collapse.

- The company can improve the quality of drilling and production, as the well will be more stable and tight.

The creep study method is promising and can be widely used in the oil and gas industry.

**The aim of the study** was to develop a methodology for assessing the stability of clays and mudstones that would be reproducible and metrologically characterised.

In accordance with the objective, the following tasks were **defined**:

- to review the common express methods for clay rock stability assessment;
- to experimentally substantiate the methodology for preparing artificial cores with similar mechanical properties;
- to experimentally substantiate the methodology for assessing the stability of borehole walls from the creep of samples in the drilling mud environment;
- experimentally evaluate the reproducibility of creep curves;
- to substantiate the criterion for assessing the stable state of the sample in the drilling mud environment;
- to evaluate the relationship between the time of steady state of samples and the degree of their swelling.

**The scientific novelty of the work is as follows:**

- A methodology for assessing the stability of clays and mudstones has been developed based on the results of creep studies of consolidated samples from mud and core obtained from oil and gas fields in Ukraine.

- The influence of such factors on the stability of clays and mudstones as: mineral composition of the rock, moisture content, presence of impurities, and the impact of drilling mud was investigated;

- Based on the results obtained, a criterion for assessing the stable state of artificial core was developed.

**Practical significance of the results.**

1. The developed methods for increasing the stability of clays and mudstones will reduce the risk of wellbore wall collapses and increase the efficiency of oil and gas drilling and production.

2. It is proposed to use the results of the research 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".

**Structure and scope of the master's thesis.** The master's thesis consists of an introduction, 4 chapters, general conclusions, a list of references; the total volume of the work is pages, including: 92 pages of the main text, 38 figures and 15 tables, the list of references consists of 39 titles

## РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ СУЧАСНОГО СТАНУ ДОСЛІДЖУВАНОВОГО ПИТАННЯ

Проблема нестійкості відкритого стовбура свердловини є однією з найнагальніших проблем для нафтогазових компаній. Обвалення стін свердловини, що призводять до прихватів бурильних та обсадних колон, нерідко закінчуються ліквідацією свердловини. Відомо, що на нафтогазових родовищах світу близько 70-75% пластів представлено глинистими породами, і за деякими оцінками близько 70% технологічних ускладнень пов'язано саме з нестійким станом свердловини [13, 14, 15 та ін.]. За оцінкою фахівців компанії Шелл, у світі компанії витрачають від 0,5 до 1 млрд доларів США на рік на ліквідацію ускладнень, що виникають при бурінні в глинистих породах [13, 16]. Так, наприклад, при будівництві горизонтальної свердловини в Мексиканській затоці на ліквідації аварій та ускладнень у процесі буріння було витрачено близько 212 млн доларів [16].

Однак, незважаючи на численні дослідження і великий експериментальний матеріал по дослідженню глинистих та аргілітових відкладень, накопичений досвід буріння з використанням сучасних технічних коштів і технологій [3, 4, 5, 17] не завжди дозволяє запобігти ускладненням у процесі буріння.

## ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. На основі дослідження шламового матеріалу **встановлено**:

- Рентгенофазовий аналіз показав, що зразки шламу містять як активні глинисті мінерали (нонтроніт, вермікуліт), так і мінерали з низькою іонообмінною ємністю (хлорит, мусковіт).

- Для дослідження шламового матеріалу використовувалось спеціальне обладнання, яке дозволило отримати необхідні дані для його подальшого використання.

2. **Розроблено** методику приготування штучних кернів з порошкоподібного шламу, яка забезпечує їх однотипність за механічними властивостями. Оптимальні параметри приготування штучних кернів:

- Розмір фракції порошкоподібного матеріалу:  $<0,1$  мм.
- Зволоження порошку до рівноважної вологості.
- Співвідношення висоти до діаметра штучного керна:  $\geq 2$ .
- Навантаження для пресування: 13000 psi ( $\approx 90$  МПа) протягом 15 хвилин.

3. **Встановлено**, що криві повзучості штучних кернів свідчать про чотири стадії деформування: миттєве піджимання зразка, набухання (розширення) зразка, стабілізація деформації, стиснення зразка та його руйнування. Максимальна негативна деформація на кривій повзучості відповідає максимальному набухання штучного керна і може використовуватися для оцінки впливу бурового розчину на стійкість глинистих порід.

4. Для оцінки стійкості штучних кернів глинистих порід в бурових розчинах **запропоновано** використовувати два критерії:

- Час стійкого стану  $T_{уст}$ .
- Відносна вертикальна деформація  $\epsilon$ .

2. **Запропоновано** метод ранжирування бурових розчинів за кривими повзучості штучних кернів, який дозволяє оцінити стійкість глинистих порід в різних середовищах бурових розчинів та порівняти ефективність інгібіторів та солей.

5. На основі виконаних досліджень **розроблено** наступні рекомендації:

- Результати досліджень можуть бути використані для розробки рецептур бурових розчинів, спрямованих на забезпечення стійкості стінок свердловини.
- Методику приготування штучних кернів з порошкоподібного шламу рекомендується використовувати для подальших досліджень глинистих порід.
- Запропонований метод ранжирування бурових розчинів рекомендується використовувати для вибору реагентів при бурінні інтервалів смектитових та вермикулітових порід.

## 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 вибійного 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. Jiaxiang 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.