

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

Навчально-науковий інститут нафти і газу  
Кафедра буріння та геології  
Спеціальність 184 Гірництво

До захисту

Гарант освітньої програми  
Харченко М.О.  
«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2023 року

Завідувач кафедри буріння та геології  
Винников Ю.Л.  
«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2023 року

**МАГІСТЕРСЬКА РОБОТА**

на тему Попередження руйнування стінок свердловини при бурінні  
крихких осадових та метаморфічних гірських порід

**Пояснювальна записка**

**Керівник**  
К.т.н., доцент Ягольник А.М.  
посада, наук. ступінь, ПІБ

підпис, дата,

**Виконавець роботи**  
Мальчик Владислав Олегович  
студент, ПІБ

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

**Консультант за 4 розділом**

посада, наук. ступінь, ПІБ, підпис

Дата захисту \_\_\_\_\_

Полтава, 2024

## ЗМІСТ

<u>ВСТУП</u> .....	
<u>РОЗДІЛ 1</u> .....	
<u>АНАЛІЗ СУЧАСНОГО СТАНУ ПРОБЛЕМИ БУРІННЯ СВЕРДЛОВИН У КРИХКИХ ГІРСЬКИХ ПОРОДАХ</u> .....	
<u>1.1 Проблеми стійкості стовбура свердловини при бурінні крихких осадових та метаморфічних гірських порід</u> .....	
<u>1.2 Аналіз сучасних уявлень про принципи моделювання і розрахунку процесів руйнування гірських порід</u> .....	
<u>1.3 Аналіз умов моделювання гірських порід-колекторів</u> .....	
<u>1.4 Аналіз фізичної моделі пісковика</u> .....	
<u>1.5 Деформаційно-просторова стабільність і характер руйнування гірських порід</u> .....	
.....	
<u>Висновки до розділу 1</u> .....	
<u>РОЗДІЛ 2</u> .....	
<u>АНАЛІЗ ГЕОЛОГІЧНОЇ БУДОВИ ТА РОЗРОБКИ НАРІЖНЯНСЬКОГО РОДОВИЩА</u> .....	
<u>2.1 Загальні відомості про геологічну будову родовища</u> .....	
<u>2.2 Аналіз розробки та експлуатації родовища</u> .....	
<u>2.3 Об'єкти розробки</u> .....	
<u>2.5 Техніка і технологія видобутку газу</u> .....	
<u>Висновки до розділу 2</u> .....	
<u>РОЗДІЛ 3</u> .....	
<u>УПРОВАДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ЗАПОБІГАННЯ РУЙНУВАННЯ СТІНОК СВЕРДЛОВИНИ ПРИ БУРІННІ КРИХКИХ ГІРСЬКИХ ПОРІД</u> .....	
<u>3.1 Геомеханічні особливості руйнування крихких осадових та метаморфічних гірських порід при бурінні свердловин</u> .....	
<u>3.2 Аналіз комплексної стабілізуючої домішки Ol-Save для застосування при бурінні крихких гірських порід</u> .....	

<u>3.3 Аналіз лабораторних досліджень застосування стабілізуючої домішки Ol-Save .....</u>	
<u>3.4 Лабораторні дослідження застосування стабілізуючої домішки Ol-Save для застосування при бурінні крихких гірських порід Наріжнрянського родовища</u>	
<u>Висновки до розділу 3.....</u>	
<u>РОЗДІЛ 4 .....</u>	
<u>ТЕХНОЛОГІЇ І ТЕХНІЧНІ ЗАСОБИ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЕКСПЛУАТАЦІЇ СВЕРДЛОВИН З НЕСТІЙКИМИ КОЛЕКТОРАМИ .....</u>	
<u>4.1 Стійкість колекторів та забезпечення стабільності привибійної зони пласта за допомогою фільтрів .....</u>	
<u>4.2 Використання сучасних хімічних композицій для кріплення порід у привибійній частині пласта .....</u>	
<u>4.3 Розроблення рекомендацій з попередження скупчення твердої фази на вибої свердловини і ліквідації піщаних корків у свердловинах з нестійкими колекторами .....</u>	
<u>4.4 Обґрунтування діаметра насосно-компресорних труб і колони гнучких труб, витрати промивального агента для промивання піщаного корка на вибої свердловини .....</u>	
<u>4.5 Обґрунтування діаметра стовбура свердловини в інтервалі продуктивного пласта з нестійкими породами .....</u>	
<u>4.6 Технологія створення гравійної набивки у привибійній зоні свердловини</u>	
<u>Висновки до розділу 4.....</u>	
<u>ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ .....</u>	
<u>СПИСОК ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ.....</u>	

## АНОТАЦІЯ

Робота присвячена попередженню руйнування стінок при бурінні свердловин у крихких осадових та метаморфічних гірських породах.

У роботі проведено аналіз зміни напруженого стану масиву гірських порід, розкритого свердловиною, можна побачити, що стійкість її стінок залежить від геостатичного тиску гірської породи; гідростатичного тиску бурового розчину, коефіцієнта бокового стиснення та взаємодії між буровим розчином та стінкою породи. Показано, що робота свердловин, для яких характерне осипання в процесі буріння, вже в процесі експлуатації ускладнюється руйнуванням привибійної зони з утворенням на вибоях глинисто-піщаних пробок. Приведена геолого-промислова характеристика Наріжнянського родовища, та проаналізовано колекторські властивості слабозцементованих пластів. Визначені проблеми, що призводять до накопичення піску на вибої свердловин. Проведений аналіз ефективності використання комплексної стабілізуючої домішки Ol-Save для застосування при бурінні крихких гірських порід.

Ключові слова: буровий розчин, руйнування стінки свердловини, гірські породи, буріння свердловин

## **ABSTRACT**

The work is devoted to preventing the destruction of the walls when drilling wells in fragile sedimentary and metamorphic rocks.

The work analyzes the change in the stress state of the array of rocks, opened with a well, it can be seen that the stability of its walls depends on the geostatic pressure of the rock; hydrostatic drilling pressure, lateral compression coefficient and interaction between the drilling solution and the rock wall. It is shown that the work of wells, which are characterized by shattering in the drilling process, is already complicated by the destruction of the gibbing zone with the formation of clay-sand plugs. The geological-industrial characteristics of the Naryzhnyansky deposit is given, and the collector properties of poorly cemented layers are analyzed. Identified problems that lead to the accumulation of sand on the wells. The analysis of the efficiency of the use of a complex stabilizing admixture of OL-SAVE for use in drilling brittle rocks.

**Keywords:** drilling solution, destruction of the well wall, rocks, drilling wells

## ВСТУП

### **Актуальність роботи**

На сьогоднішній день значна кількість газових та газоконденсатних родовищ України перебувають на завершальній стадії розробки і відповідно такі родовища мають низький пластовий тиск і велику кількість проблем із цим пов'язаних. Деякі нові поклади, що вводяться в експлуатацію, мають аномально низькі пластові тиски, нестійкі колектори та ін.

На кожному етапі освоєння нафтогазового родовища часто виникають ускладнення у вигляді прихоплень бурильних, обсадних колон, осипання нестійкої стінки свердловини тощо. Зазначені ускладнення, як правило, є результатом порушення стійкості стінок свердловин, що практично повсюдно трапляється під час буріння в глинах і аргілітах. А з огляду на збільшення глибин і zenітних кутів свердловин, що буряться, подібні ускладнення спостерігаються все частіше. Нині кількість заходів для прогнозування та попередження проблем нестійкості глинистих порід значно збільшилася.

Наріжнянське газоконденсатне родовище розташоване на території Валківського району Харківської області і приурочено до північної бортової зони Дніпровсько-Донецької западини. На родовищі існує проблема накопичення на вибої піску внаслідок нестійких колекторів привибійної зони пласта. Оскільки на родовищі планується буріння свердловини проведемо дослідження щодо запобігання руйнування пласта колектора при бурінні.

**Метою дослідження** є попередження руйнування стінок при бурінні свердловин у крихких осадових та метаморфічних гірських породах.

### **Задачі дослідження:**

1. Провести аналіз напруженого стану масиву гірських порід, розкритого свердловиною.
2. Дослідити ефективність застосування бурових розчинів та домішок до них для запобігання руйнуванню стінок свердловин при бурінні.
3. Провести дослідження комплексної стабілізуючої домішки для застосування при бурінні крихких гірських порід.
4. Провести впровадження технологій захисту стінок свердловин при бурінні проектних свердловин Наріжнянського ГКР.

**Об'єктом дослідження** є руйнування нестійкого колектора та процеси фільтрації у привибійній зоні свердловини.

**Предметом дослідження** є удосконалення технології буріння свердловин шляхом введення комплексної стабілізуючої домішки.

**Методи дослідження.** У ході виконання магістерської роботи використовувались аналітичні, теоретичні методи дослідження та аналіз промислових матеріалів, моделювання.

#### **Наукова новизна**

Удосконалено склад полімер-калієвого бурового розчину шляхом застосування комплексної стабілізуючої домішки Ol-Save при використанні у слабозцементованих гірських породах. Визначено, що ефективною є додавання домішки від 2 до 5 %.

#### **Прикладна цінність одержаних результатів**

Проведено дослідження ефективності технологій запобігання осипанню крихких гірських порід при бурінні свердловин Наріжнрянського родовища.

**Апробація результатів досліджень.** Основні положення магістерської роботи схвалені на 75 науково-практичній конференції викладачів, аспірантів та студентів НУШП імені Юрія Кондратюка;

**Структура і обсяг роботи.** Магістерська робота містить 87 сторінок основного тексту та складається із вступу, чотирьох розділів, висновків та списку використаних джерел.

## ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

Робота присвячена попередженню руйнування стінок свердловин при бурінні у крихких гірських породах. Виконавши магістерську роботу, можна зробити наступні висновки:

1. Проведено аналіз зміни напруженого стану масиву гірських порід, розкритого свердловиною, можна побачити, що стійкість її стінок залежить від геостатичного тиску гірської породи; гідростатичного тиску бурового розчину, коефіцієнта бокового стиснення та взаємодії між буровим розчином та стінкою породи. Ефективним способом запобігання осипанню є використання спеціальних домішок до бурового розчину на основі тонкодисперсних органічно-мінеральних домішок полімерного чи бітумного типу, наприклад: Алеврон, GIP-POWER, Ol-Save.

2. Показано, що робота свердловин, для яких характерне осипання в процесі буріння, вже в процесі експлуатації ускладнюється руйнуванням привибійної зони з утворенням на вибоях глинисто-піщаних пробок, а технології, які застосовуються не завжди забезпечують стабільну експлуатацію свердловин. У слабозцементованих колекторах темп зміни депресії тиску на пласт відіграє вирішальну роль у запобіганні руйнування привибійної зони свердловини.

3. Приведена геолого-промислова характеристика Наріжнрянського родовища, та проаналізовано колекторські властивості слабозцементованих пластів. Визначені проблеми, що призводять до накопичення піску на вибої свердловин. Рекомендовано при бурінні проектної свердловини №50 використання спеціальних домішок для запобігання руйнування стінок свердловини.

4. Проведений аналіз ефективності використання комплексної стабілізуючої домішки Ol-Save для застосування при бурінні крихких гірських порід. Реагент має в складі високомолекулярні з'єднання полімерного та бітумного типу, та використовується при проходженні слабозцементованих глинистих та піщаних гірських порід схильних до осипання.

5. Дослідження дії бурових розчинів із вмістом домішки Ol-Save проводився на зразках штучного керну, що складаються із 50% глини та 50%

піску, який відбирався із експлуатаційних свердловин Наріжнрянського родовища. Зразки витримувались у розчині з різною концентрацією домішки, після чого піддавались руйнуванню. Результати показують, що найефективнішою для умов проведення досліджень є концентрація домішки OI-Save у складі полімер-калієвого бурового розчину складає від 2 до 5 %.

6. Проведено розрахунки вибору товщини і проникності гравійної набивки у привибійній зоні експлуатаційних свердловин з нестійкими колекторами, при яких попереджається винесення піску із пласта у експлуатаційну свердловину після буріння. Рекомендовано також спосіб кріплення карбамідними смолами на родовищі як доповнення до кріплення ПЗС піщаними фільтрами із гравійною набивкою.

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Андрусяк А.М. Удосконалення рецептур інгібованих бурових промивальних рідин для розкриття продуктивних пластів / А.М. Андрусяк, Є.Я. Коцкулич // Матер. міжнар. наук.-техн. конф. «Нафтогазова енергетика». – Івано-Франківськ: ІФНТУНГ, 2013.– С. 519-521.
2. Бейзик О.С. Буровий розчин для якісного розкриття продуктивних горизонтів / О.С. Бейзик, М.І. Оринчак // Розвідка та розробка нафтових і газових родовищ. – 2009. – №1(30). – С.88-92.
3. Богославець В.В. Вибір оптимальних рецептур бурових розчинів для розкриття нафтових пластів: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук: спец. 05.15.10 «Буріння свердловин» / В.В. Богославець. – Івано-Франківськ, 2014. – 19 с
4. Бойко В.С. Підземний ремонт свердловин / В.С.Бойко. – Івано-Франківськ: ІФНТУНГ, 2009. – 587 с.
5. Бурові промивальні рідини : конспект лекцій / уклад. Е.В. Колісніченко. – Суми : СумДУ, 2013. – 76 с.
6. Васильченко А.О. Методологія оцінки впливу окремих реагентів та їх сумішей на відновлення проникності порід-колекторів / А.О. Васильченко // Нафтова і газова промисловість. – 2007. – № 4. – С. 18 – 19.
7. Васильченко А.О. Новий безглинистий буровий розчин з підвищеними інгібуючими властивостями / А.О. Васильченко, О.В. Кустурова // Проблеми нафтогазової промисловості: зб. наук. пр. – К., 2005. – С.146-150.
8. Пат. 3512 Україна, МКИ Е21В43/00. Спосіб розробки багатопластового газового родовища / М.Б. Харитонов, Р.С. Яремійчук, О.В. Бачеріков, І.А. Франчук, В.М. Ясюк, Р.М. Ільницький. – Заявл. 27.04.2004. Опубл. 15.11.2004. Бюл. №11. – 3 с.
9. 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.

10. Драчук О.Г. Аналітичне оцінювання ефективності вітчизняних малогабаритних кумулятивних перфораторів: зб. наук. пр. – К.: УкрДГРІ, 2011. – № 2. – С. 200–206.
11. Іванків О.О. Новітні методи розкриття та освоєння пластів з аномально низькими пластовими тисками (АНПТ) / О.О.Іванків, В.М.Світлицький, М.М.Яворський, А.А.Писаренко // Науковий вісник ІФНТУНГ.– 2007.–№ 2(16).– С. 48-53.
12. Інтенсифікація припливу вуглеводнів у свердловину / Кочмар Ю. Д., Світлицький В.М., Синюк Б.Б., Яремійчук Р.С. – Львів: Центр Європи, 2005. – Кн. 2. – 414 с.
13. Карп І.М. Стан і перспективи розвитку нафтогазового комплексу України / І.М. Карп, Д.О. Єгер, Ю.С. Зарубін. – К.: Наук. думка, 2006. – 309 с.
14. Коновалова Л.Н. Физика пласта: учебное пособие. – Ставрополь: Изд-во СКФУ, 2016. – 120 с.
15. Коцкулич Я.С. Бурові промивні рідини / Я.С. Коцкулич, М.І. Оринчак, М.М. Оринчак. – Івано-Франківськ: Факел, 2008. – 500 с.
16. Коцкулич Я.С. Закінчування свердловин / Я.С. Коцкулич, О.В. Тищенко. – К.: Інтерпрес ЛТД, 2004. – 366 с.
17. Коцкулич, Я.С. Аналіз ефективності промивальних рідин для первинного розкриття продуктивних пластів / Я.С. Коцкулич, Є.Я. Коцкулич // Науковий вісник Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу. – 2012. – № 1. – С. 21-28.
18. Кошелев В.Н. Обеспечение качественного вскрытия продуктивных пластов в условиях аномально низких пластовых давлений / В.Н.Кошелев, С.Н.Шишков // Нефтяное хозяйство. – 2007. – № 6. – С. 38 – 41.
19. Крупський Ю.З. Новий малоглинистий полімерний розчин для розкриття тріщинуватих і набухаючих піщано-глинистих колекторів та об'єктів з аномально низькими пластовими тисками / Ю.З. Крупський, М.Х.Імамов, І.Б.Губич. // Нафт. і газ. пром-сть. – 2011. – №1. – С. 17-20.
20. Куксов В.А. Новые технологии промывочных жидкостей для первичного вскрытия / В.А. Куксов // Нефть и газ. – 2004. – № 9. – С. 16 – 18.

21. Кунцяк Я.В. До питання кольматації проникних пластів під час використання безглинистих промивальних родин / Я.В. Кунцяк, Ю.В. Лубан, С.В. Лубан, Я.І. Кулик // Нафтогазова галузь України. - 2013. - № 4. - С. 10-14
22. Марухняк В.М. [та ін.] Геолого-технічні проблеми розкриття горизонтів з аномально низькими пластовими тисками та гранулярними колекторами в Західному регіоні України // Мінеральні ресурси України. – 2005. – № 1. – С. 35-37.
23. Михайлюк В.Д. Використання поверхнево-активних речовин на родовищах ВАТ «Укрнафта» / В.Д. Михайлюк, М.І. Рудий // . – Галич: Галицька друкарня Плюс, 2009. – 400 с.
24. Михайлюк В.Д. Нові технології обробки приви́бійної зони пласта з використанням поверхнево-активних речовин / В.Д. Михайлюк, М.І. Рудий // Стан і перспективи розробки родовищ нафти і газу України”: збірник наукових праць наук.-практ. конф., 18–21 листопада 2003 року – Івано-Франківськ, 2003. – С. 209 – 210.
25. Моделювання геологічної будови покладів нафти і гідродинаміки процесів їх розробки / за ред. Д.О. Єгер. – Львів; К., 2005. – 364 с.
26. Науково-дослідна робота «Проект розробки наріжнлянського ГКР», 2008р. – 237 с.
27. Нагорний В.П. Новітні свердловинні геотехнології освоєння корисних копалин / В.П. Нагорний, В.В. Кулик, С.Т. Звольський [та ін.] // Наука та інновації. – 2011. – Т. 7, № 3. – С. 39–44.
28. Лубан Ю.В. Про вплив промивних рідин, інгібованих хлоридом магнію, на якість розкриття продуктивних горизонтів / Ю.В. Лубан // Нафтова і газова промисловість. - 1998. -№6. -С.21 –23.
29. Шидловський А. К. Паливно-енергетичний комплекс України на порозі третього тисячоліття: Українські енциклопедичні знання. / А.К. Шидловський, М.П. Ковалко – Київ, 2010. – 398с.
30. Clements W. R. Horizontal Wells Pose Special Hydraulic Design Considerations. Petroleum Engineer International, Nov., 1989. p. 32 - 41.

31. Crouse P. C. Horizontal drilling spurs optimism. World Oil. Vol. 212. № 2. p. 35 - 37.
32. 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.
33. Нестеренко М.Ю. Методичні аспекти визначення ємнісних параметрів на зразках гірських порід / М.Ю. Нестеренко, Г.П. Боднарчук // Мінеральні ресурси України. – 2012. – № 1. – С. 30-32.
34. Smith M.B., Hannah R.R. High-permeability fracturing: the evolution of a technology// J.Petrol.Technol.-1996. - V.48.- № 6.- P. 628-633.
35. Thomas E. Suhy, SPE; Thomas E. Suhy, SPE, BJ Coiltech, Ramon P. Harris, Jr., SPE, National Fuel “Application of Polymer Specific Enzymes to Clean Up Drill-In Fluids”, paper SPE – 51094, 1998.
36. Kalfayan, L. (2008) Production Enhancement with Acid Stimulation. 2nd edn. Tulsa, Oklahoma: PennWell Corporation.
37. McLeod, H. Q. (2007) ‘Matrix Acidizing’, in Lake, L. W. and Clegg, J. D. Petroleum Engineering Handbook: Production Operations Engineering. Richardson, TX, USA: Society of Petroleum Engineers, pp.275-321.
38. Microbial Formation Damage (2012) available at: [http://www.corex.co.uk/microbial\\_formationdamage.php](http://www.corex.co.uk/microbial_formationdamage.php) (Accessed: 05 March 2018)
39. Darwin V. Ellis Well Logging for Earth Scientists. 2nd Edition / Darwin V. Ellis, Julian M.Singer. – Dordrecht, The Netherlands : Springer, 2008. – 692 p.
40. Garrels RM, MacKenzie FT (1971) Evolution of sedimentary rocks. W. W. Norton, New York
41. Glover, P Petrophysics MSc course notes. University of Leeds, UK, 2000