

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 103 Науки про Землю

ЗАТВЕРДЖУЮ

Зараз О.В.
Михайловська О.В.

Завідувач кафедри буріння та геології

Винников Ю.Л.

« » Листопада 20 року

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему Мультидисциплінарний підхід до визначення перспективності колекторів нетрадиційного типу для видобутку нафти і газу (на прикладі візейських колекторів південно-східної частини ДІЗ)

Пояснювальна записка

Керівник

к.т.н. Михайловська О. В.

посада, наук. ступінь, ПІБ

підпис, дата

Виконавець роботи

Щербак А.А.

студент, ПІБ

група 601НЗ

підпис, дата

Консультант за 1 розділом

к.т.н. Михайловська О.В.

посада, наук. ступінь, ПІБ, підпис

Консультант за 2 розділом

старший викладач
Мазеда Ю.В.

посада, наук. ступінь, ПІБ, підпис

Консультант за 3 розділом

ст. викл. Ковч М.О.

посада, наук. ступінь, ПІБ, підпис

Консультант за 4 розділом

к.т.н. Михайловська
О.В.

посада, наук. ступінь, ПІБ, підпис

Дата захисту 20.07.2026

Полтава, 2026

Національний університет Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка
(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет, Інститут Навчально-науковий інститут нафти і газу
Кафедра Буріння та геології

Освітньо-кваліфікаційний рівень: Магістр

Спеціальність 103 Науки про Землю
(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Таран О.В.
Михайловська О.В.
Завідувач

Завідувач кафедри буріння та геології
Винников Ю.Л.

« 03 » 17 09 2025 року
В.В.В.

ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Щербак Анна Андріївна

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи) Мультидисциплінарний підхід до визначення перспективності колекторів нетрадиційного типу для видобутку нафти і газу (на прикладі візейських колекторів південно-східної частини ДДЗ)

Керівник проекту (роботи) к.г.н. Михайловська О. В.
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навч. закладу від «03» 09 2025 року № 1015-4, а

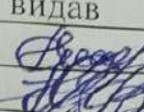
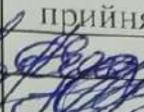
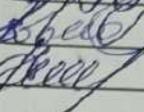
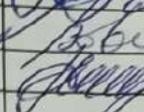
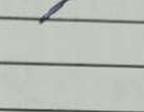
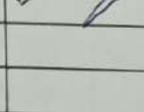
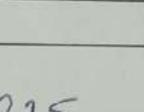
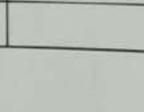
2. Строк подання студентом проекту (роботи) 06.01.2026

3. Вихідні дані до проекту (роботи) 1.Науково-технічна література, періодичні видання, конспекти лекцій. 2.Геологічні звіти 3.Графічні додатки по площі

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Розділ 1. Огляд проблем визначення перспективності колекторів нетрадиційного типу для видобутку нафти і газу. Розділ 2. Методологічні основи та підхід до дослідження керносівської та богатойської площ. Розділ 3. Оцінка перспективності та порівняльний аналіз керносівської і богатойської площ. Розділ 4. Порівняння методів досліджень рентгенофлуоресцентного аналізу (хрф) та геолого-технологічних досліджень (гтд) на прикладі свердловини орільська №1

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) паспорт на керносівський пошуковий об'єкт в колекторах нетрадиційного типу, комплексна інтерпретація хрф-даних та гдс у розрізі свердловини орільська №1, результатів геолого-технологічних досліджень та геофізичних даних у розрізі свердловини орільська №1, орільсько-брусівська ліцензія.

6. Консультанти розділів проекту (роботи)

| Розділ | Прізвище, ініціали та посада консультанта | Підпис, дата | |
|-----------|---|---|---|
| | | завдання видав | завдання прийняв |
| Розділ 1. | к.т.н. доц. Михайловська |  |  |
| Розділ 2. | ст. викл. Лазюк Ю.В. |  |  |
| Розділ 3. | ст. викл. Бобків О. |  |  |
| Розділ 4. | к.т.н. доц. Михайловська |  |  |
| | | | |
| | | | |
| | | | |

7. Дата видачі завдання

03.09.2025

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

| № з/п | Етапи підготовки | Термін виконання |
|-------|---|---------------------|
| 1 | Аналіз проблеми, формулювання мети і задач дослідження, оформлення переліку використаних джерел | 13.10.25 – 27.10.25 |
| 2 | Обґрунтування методики виконання досліджень | 28.10.25 – 10.11.25 |
| 3 | Проведення досліджень, аналіз результатів дослідження | 11.11.25 – 30.11.25 |
| 4 | Висновки і рекомендації | 01.12.25 – 15.12.25 |
| 5 | Оформлення та узгодження роботи | 16.12.25 – 05.01.26 |
| 6 | Попередні захисти робіт | 06.01.26 – 17.01.26 |
| 7 | Захист роботи | 20.01.26 – 24.01.26 |

Студент

(підпис)

Шербак А.А.
(прізвище та ініціали)

Керівник проекту (роботи)

(підпис)

Михайловська О.В.
(прізвище та ініціали)

ЗМІСТ

| | |
|---|----|
| АНОТАЦІЯ..... | 5 |
| ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ..... | 8 |
| ВСТУП | 10 |
| РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ СУЧАСНОГО СТАНУ ПЕРСПЕКТИВНОСТІ КОЛЕКТОРІВ НЕТРАДИЦІЙНОГО ТИПУ ДЛЯ ВИДОБУТКУ НАФТИ І ГАЗУ..... | 13 |
| 1.1. Основні переваги колекторів нетрадиційного типу у світовій практиці..... | 13 |
| 1.2. Аналіз колекторів нетрадиційного типу в межах ДДЗ..... | 19 |
| 1.3. Критерії й методи визначення перспективності колекторів нетрадиційного типу..... | 21 |
| 1.4. Висновки до розділу 1. Мета і завдання досліджень..... | 26 |
| РОЗДІЛ 2. МЕТОДОЛОГІЧНІ ОСНОВИ ТА ПІДХІД ДО ДОСЛІДЖЕННЯ КЕРНОСІВСЬКОЇ ТА БОГАТОЙСЬКОЇ ПЛОЩ..... | 28 |
| 2.1. Об'єкт досліджень і загальна логіка методології..... | 28 |
| 2.2. Джерела даних та принципи їх обробки..... | 31 |
| 2.3. Висновки до розділу 2..... | 34 |
| РОЗДІЛ 3. ОЦІНКА ПЕРСПЕКТИВНОСТІ ТА ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ КЕРНОСІВСЬКОЇ І БОГАТОЙСЬКОЇ ПЛОЩ..... | 35 |
| 3.1. Геологічне положення та структурно-стратиграфічні передумови перспективності..... | 35 |
| 3.2. Порівняння польових даних ГТД та лабораторного ХРФ-контролю на прикладі X свердловини №1..... | 39 |
| 3.3. Геохімічні та петрофізичні параметри..... | 42 |
| 3.4. Геомеханічні параметри та технологічна придатність горизонтів В-23, В-24-25, В-26..... | 45 |

3.5. Геолого-статистичне моделювання та ресурсна оцінка.....48

3.6. Висновки до розділу 3.....54

РОЗДІЛ 4. ПОРІВНЯННЯ МЕТОДІВ ДОСЛІДЖЕНЬ РЕНТГЕНОФЛУОРЕСЦЕНТНОГО АНАЛІЗУ (ХРФ) ТА ГЕОЛОГО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ (ГТД) НА ПРИКЛАДІ СВЕРДЛОВИНИ Х №1.....55

4.1. Свердловина Х №1, як реперний об'єкт для калібрування методів.....55

4.2. Аналітичні принципи та інформаційна ємність XRF у задачах нетрадиційних колекторів.....62

4.3. Інтерпретація геомеханічних параметрів за ГДС та XRF і їх технологічні наслідки.....65

4.4. Висновки до розділу 4.....69

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....70

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....72

ДОДАТКИ

Додаток А. Узагальнений поперечний переріз у південній частині басейну Анадарко, Оклахома, район дослідження SCOOP

Додаток Б. Схема товщин нижньовізейських відкладів ДДЗ

Додаток В. Оглядова карта поверхні фундаменту Богатойської площі

Додаток Г. Х-Брусівська ліцензія. Карта товщин В-23

Додаток Д. Результатів геолого-технологічних досліджень та геофізичних даних у розрізі свердловини Х №1

Додаток Е. Комплексна інтерпретація XRF-даних та ГДС у розрізі свердловини Х №1

Додаток Є. Паспорт на Керносівський пошуковий об'єкт в колекторах нетрадиційного типу

Додаток Ж. Тези до магістерської роботи

АНОТАЦІЯ

Щербак А. А. Мультидисциплінарний підхід до визначення перспективності колекторів нетрадиційного типу для видобутку нафти і газу (на прикладі візейських колекторів південно-східної частини ДДЗ). Кваліфікаційна робота магістра за спеціальністю 103 «Науки про Землю». Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка», Полтава, 2026.

Робота присвячена комплексному дослідженню геологічних, геохімічних, петрофізичних і геомеханічних особливостей візейських відкладів нижнього карбону Дніпровсько-Донецької западини з метою оцінки їх перспективності як колекторів нетрадиційного типу. Дослідження виконано на прикладі Керносівської та Богатойської площ південної прибортової зони, а також розрізу свердловини X №1.

У роботі застосовано інтегрований підхід, що включає аналіз даних геофізичних досліджень свердловин, лабораторні геохімічні та петрофізичні дослідження, рентгено-флуоресцентний аналіз і матеріали 2D та 3D сейсмозв'язки. Виконано порівняння інформативності рентгено-флуоресцентного методу та геолого-технологічних досліджень при оцінці мінералогічного складу та колекторських властивостей порід.

Оцінено генераційний потенціал, термічну зрілість, ємнісні й геомеханічні характеристики горизонтів В-23, В-24–25 та В-26. Обґрунтовано перспективність їх подальшого освоєння із застосуванням горизонтального буріння та багатостадійного гідравлічного розриву пласта.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: візейські відклади, нетрадиційний колектор, сланцевий газ, термічна зрілість, гідророзрив пласта, рентгено-флуоресцентний аналіз.

ABSTRACT

Shcherbak A. A. A Multidisciplinary Approach to Assessing the Prospectivity of Unconventional Reservoirs for Oil and Gas Production (Case Study of Visean Reservoirs of the Southeastern Part of the Dnieper–Donets Basin). Master's Qualification Thesis in Specialty 103 "Earth Sciences". Yuri Kondratyuk Poltava Polytechnic National University, Poltava, 2026.

The thesis is devoted to a comprehensive study of the geological, geochemical, petrophysical, and geomechanical characteristics of the Lower Carboniferous Visean deposits of the Dnieper–Donets Basin in order to assess their potential as unconventional reservoirs. The research is based on the Kernosivska and Bohatoiska areas of the southern marginal zone of the basin, as well as on a detailed analysis of the Orilska No. 1 well section.

An integrated approach was applied, combining well log data analysis, laboratory geochemical and petrophysical studies, X-ray fluorescence (XRF) analysis, and interpretation of 2D and 3D seismic data. Special attention was paid to comparing the informational value of the XRF method and geological-technological investigations in assessing mineralogical composition and reservoir properties.

The generation potential, thermal maturity, storage capacity, and geomechanical characteristics of the V-23, V-24–25, and V-26 horizons were evaluated. The prospectivity of their further development using horizontal drilling and multistage hydraulic fracturing was substantiated.

KEYWORDS: Visean deposits, unconventional reservoir, shale gas, thermal maturity, hydraulic fracturing, X-ray fluorescence analysis.

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

ДДЗ – Дніпровсько-Донецька западина

МС ГРП – багатостадійний гідравлічний розрив пласта

ГРП – гідравлічний розрив пласта

ГДС – геофізичні дослідження свердловин

ГТД – геолого-технологічні дослідження

XRF (ХРФ) – рентгено-флуоресцентний аналіз

XRD – рентгено-дифракційний аналіз

SEM/EDS – сканувальна електронна мікроскопія з енергодисперсійним аналізом

ТОС – загальний вміст органічного вуглецю (Total Organic Carbon), %

Rock-Eval – програмований піроліз органічної речовини

LECO – лабораторний метод визначення ТОС

Ro (VRo) – коефіцієнт відбивання вітриніту, %

Tmax – температура максимуму піка S₂ за даними Rock-Eval, °C

φ (пористість) – коефіцієнт пористості, %

k (проникність) – коефіцієнт проникності, мД

Sg – газонасиченість порід, %

Vclay – об'ємна частка глинистих мінералів, %

BI (Brittleness Index) – індекс крихкості порід

E – модуль Юнга, ГПа

ν – коефіцієнт Пуассона

DFIT – діагностичний тест флюїдного інжектування (Diagnostic Fracture Injection Test)

CMS-300 – комплексна установка для визначення фільтраційно-ємнісних властивостей

QElan – програмний модуль мультимінералогічного моделювання

Pulsar – нейтронно-гамма спектроскопічний каротаж

ЯМ-каротаж (NMR) – ядерно-магнітний каротаж

FMI – формувальний мікроіміджер (Formation MicroImager)

2D/3D сейсміка – дво- та тривимірні сейсмозвідувальні дослідження

heф – ефективна товщина пласта, м

A – площа газоносності, км²

GEF – коефіцієнт газового розширення

ΣC_1-C_5 – сумарний вміст вуглеводневих газів від метану до пентану

Sweet spot – ділянка пласта з оптимальним поєднанням геохімічних, петрофізичних і геомеханічних властивостей

C₃ – категорія прогнозних ресурсів

ВСТУП

Актуальність теми дослідження зумовлена необхідністю розширення ресурсної бази природного газу України за рахунок залучення нетрадиційних колекторів Дніпровсько-Донецької западини (ДДЗ), зокрема візейських органічно збагачених товщ типу сланцевий газ. В умовах виснаження більшості традиційних покладів та ускладнення геологічних умов пошуків, саме візейські відклади південної прибортової зони ДДЗ розглядаються, як один із найбільш перспективних напрямів для формування нових об'єктів дорозвідки і подальшого промислового освоєння. Разом із тим, ефективність оцінки таких товщ обмежується їхньою літологічною мінливістю, блоковою тектонікою, неоднорідністю мінералогічного складу та ультранизькою проникністю, що вимагає застосування інтегрованих підходів до аналізу геохімічних, петрофізичних і геомеханічних параметрів.

Сучасна міжнародна практика освоєння сланцевих формацій (Barnett, Woodford, Marcellus, Vaca Muerta та ін.) демонструє, що вирішальними для успішності є не лише показники генераційного потенціалу (ТОС, зрілість), а й поєднання потужності продуктивних інтервалів, прийнятної глинистості, крихкості порід і структурної цілісності, які визначають технологічну придатність до горизонтального буріння та багатостадійного гідророзриву пласта. Для візейських об'єктів ДДЗ ці критерії потребують уточнення на локальному рівні та порівняння між площами, що фактично формує науково-практичне завдання даної роботи.

Окремої актуальності набуває питання достовірності даних, які використовуються для деталізації розрізу. Польові геолого-технологічні дослідження (ГТД) забезпечують оперативну інформацію під час буріння, однак значною мірою залежать від якості шлама, впливу бурового розчину та суб'єктивності візуального опису. Натомість рентгено-флуоресцентний аналіз

(XRF) дає змогу кількісно визначати вміст основних оксидів і мікроелементів та отримувати узгоджений геохімічний профіль із високою роздільною здатністю. Тому порівняння XRF і ГТД на прикладі свердловини X №1 є важливим для обґрунтування надійної бази інтерпретації при оцінці перспективності нетрадиційних колекторів.

Метою роботи є комплексна оцінка перспективності візейських нетрадиційних колекторів у межах Керносівської та Богатойської площ південної прибортової зони Дніпровсько-Донецької западини із залученням свердловини X №1 як опорної для зіставлення методів досліджень, а також визначення найбільш перспективних інтервалів і напрямів подальших робіт.

Для досягнення поставленої мети вирішувалися такі завдання:

– проаналізувати геологічну будову та структурно-стратиграфічне положення перспективних горизонтів (В-23, В-24–25, В-26) в межах Керносівської і Богатойської площ;

– узагальнити результати геохімічних і петрофізичних досліджень (ТОС, R_o , пористість, глинистість, мінералогічний склад) та виконати порівняльний аналіз площ;

– оцінити геомеханічні передумови застосування горизонтального буріння і МС ГРП (модуль Юнга, коефіцієнт Пуассона, індекс крихкості, напружений стан);

– провести порівняння XRF та ГТД на прикладі свердловини X №1 з детальним аналізом ключового інтервалу та обґрунтувати переваги/обмеження кожного методу;

Об'єктом дослідження є процес формування, збереження та прояву колекторських властивостей органічно збагачених візейських відкладів нетрадиційного типу в умовах південної прибортової зони Дніпровсько-Донецької западини, а також особливості їх вивчення різними геолого-геохімічними методами.

Предмет дослідження геохімічні, петрофізичні, геомеханічні і структурні параметри, що визначають перспективність горизонтів В-23, В-24–25, В-26, а

також достовірність їх оцінки за даними рентгено-флуоресцентного аналізу та геолого-технологічних досліджень.

Методи дослідження включали інтерпретацію комплексу геофізичних досліджень свердловин; аналіз лабораторних даних (ТОС, Rock-Eval, мінералогія); використання рентгено-флуоресцентного аналізу для побудови хемотратиграфічних профілів і оцінки мінералогічних проксі-параметрів; обробку та зіставлення матеріалів геолого-технологічних досліджень; структурно-геологічний аналіз за сейсморозвідувальними матеріалами; порівняльний аналіз із міжнародними критеріями перспективності нетрадиційних формацій та узагальнення результатів у вигляді рейтингування перспективності.

Наукова новизна роботи полягає у:

– обґрунтуванні інтегрованого підходу до оцінки перспективності візейських нетрадиційних колекторів Дніпровсько-Донецької западини на основі поєднання геохімії, петрофізики, геомеханіки та структурного аналізу;

Практична цінність роботи полягає у:

– визначенні найбільш перспективних горизонтів та інтервалів для подальшого підтверджувального буріння на Керносівській і Богатойській площах з урахуванням геохімічних і геомеханічних критеріїв;

– формуванні рекомендацій щодо доцільності застосування XRF як опорного методу при хемотратиграфічному та петрофізичному моделюванні, а також при уточненні параметрів для дизайну МС ГРП;

– можливості використання отриманих висновків у проєктних роботах, інтерпретації ГДС і плануванні пошуково-розвідувальних заходів у межах південної прибортової зони ДДЗ.

Апробація роботи: Основні результати магістерської роботи були апробовані та представлені у вигляді наукової доповіді на XVIII Міжнародній науково-практичній конференції «Академічна й університетська наука: результати та перспективи».

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. У результаті виконаного дослідження встановлено, що візейські відклади Дніпровсько-Донецької западини, зокрема горизонти В-23, В-24–25 та В-26, характеризуються сукупністю геологічних, геохімічних і геомеханічних передумов, необхідних для формування та промислового освоєння покладів вуглеводнів у колекторах нетрадиційного типу.

2. На основі аналізу геологічної будови та структурно-стратиграфічного положення доведено, що Керносівська та Богатойська площі південної прибортової зони ДДЗ мають сприятливе структурне положення, достатню потужність продуктивних товщ і збережену структурну цілісність, що робить їх перспективними об'єктами для пошуково-оціночних і дослідно-промислових робіт.

3. За результатами геохімічних досліджень встановлено, що горизонт В-23 (рудівські верстви) є пріоритетним об'єктом, оскільки характеризується високим вмістом органічної речовини (ТОС у середньому 6–9 %), оптимальними значеннями термічної зрілості ($R_o = 0,8–1,2$ %) та ефективною товщиною 25–40 м, що свідчить про його високий генераційний і колекторський потенціал.

4. Петрофізичний аналіз показав, що візейські нетрадиційні колектори характеризуються пористістю 5–10 % та ультранизькою матричною проникністю, що є типовим для сланцевих систем. При цьому Керносівська площа в цілому має дещо кращі ємнісні характеристики порівняно з Богатойською, що підвищує її пріоритетність для подальших бурових робіт.

5. Мінералогічний склад досліджених товщ визначається підвищеним вмістом SiO_2 і карбонатної складової при помірній глинистості (10–30 %), що формує крихку мінералогічну матрицю порід. Таке поєднання забезпечує сприятливі геомеханічні умови для формування та розвитку тріщин під час проведення горизонтального буріння і багатостадійного гідророзриву пласта.

6. Геомеханічний аналіз показав, що продуктивні інтервали характеризуються індексом крихкості 45–60 %, модулем Юнга 40–55 ГПа та коефіцієнтом Пуассона 0,22–0,29, що відповідає параметрам сланцевих формацій, які успішно розробляються у світовій практиці, і підтверджує технологічну придатність горизонтів до застосування МС ГРП.

7. Порівняння рентгено-флуоресцентного аналізу (XRF) і геолого-технологічних досліджень (ГТД) на прикладі свердловини X №1 показало, що XRF забезпечує значно вищу точність, кількісну мінералогічну деталізацію та внутрішню узгодженість інтерпретації. Встановлено, що дані ГТД мають схильність до завищення глинистості й карбонатності, тоді як XRF дозволяє надійно уточнювати літологічну будову, генераційний потенціал і колекторські властивості нетрадиційних товщ.