

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 Гірництво та нафтогазові технології
Освітня програма Буріння нафтових і газових свердловин

ЗАТВЕРДЖУЮ

Гарант освітньої програми
геології

Харченко М.О.

« 21 » 09 2026 року

Завідувач кафедри буріння та

Винников Ю.Л.

« 21 » 09 2026 року

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему Аналіз та удосконалення методів гідроізоляції шламових амбарів у нафтогазовій галузі

Пояснювальна записка

Керівник

к.т.н., доцент

кафедри буріння та геології

Матяш О.В.

посада, наук. ступінь, ПІБ

підпис, дата

Консультант за 1 розділом

к.т.н., доцент кафедри буріння та геології

А.М. Ягольник

посада, наук. ступінь, ПІБ, підпис

Консультант за 2 розділом

К.т.н., ст. викл. кафедри буріння та геології

О.В. Матяш

посада, наук. ступінь, ПІБ, підпис

Консультант за 3 розділом

К.т.н., ст. викл. кафедри буріння та геології

О.В. Матяш

посада, наук. ступінь, ПІБ, підпис

Дата захисту 22.09.2026 р.

Полтава, 2026

Виконавець роботи

студент група 601-НБ

Гольонко Володимир Олександрович

студент, ПІБ

підпис, дата,

Національний університет
«Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»

Навчально-науковий інститут: Нафти і газу
Кафедра: Буріння та геології
Освітньо-кваліфікаційний рівень: Магістр
Спеціальність: 185 Нафтогазова інженерія та технології
Освітня програма: Буріння нафтових і газових свердловин

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри буріння та геології
Винников Ю.Л.

« 3 » 09 2025 року

ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТА

Гольонко Володимир Олександрович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Аналіз та удосконалення методів гідроізоляції шламових амбарів у нафтогазовій галузі

2. Керівник роботи доц. кафедри буріння та геології, доц., к.т.н. Матяш О.В

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навч. закладу від « 3 » 09 2025 року № 1015-Ф/О

3. Строк подання студентом роботи 22.09.2025р.

4. Вихідні дані до роботи

1. Нормативно-технічна література, періодичні видання, патенти на винаходи за темою роботи.

2. Проекти на влаштування свердловин (за необхідності).

3. Геологічні звіти за профілем роботи (за необхідності)

5. Зміст роботи (перелік питань, які потрібно розробити)

Анотація

Вступ

1. Аналітичний огляд літературних джерел та сучасного стану досліджуваної проблеми

2. Обґрунтування об'єкта дослідження, вихідних даних та методів розв'язання поставлених задач.

3. Дослідження, розрахунки та експериментальне обґрунтування прийнятих технічних рішень.

Загальні висновки по роботі

Список використаних джерел

Додатки (за необхідності)

6. Перелік графічного матеріалу

Презентація із основними результатами кваліфікаційної роботи

7. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1	К.Т.Н., доц. Ямальник А.М.		
2	К.Т.Н., доц. Малець О.В.		
3	К.Т.Н., доц. Малець О.В.		

8. Дата видачі завдання 3.09 2025р

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Етапи підготовки	Термін виконання
1	Аналіз літературних джерел та сучасного стану проблеми	13.11.24 - 02.12.24
2	Формування мети, задач, обґрунтування об'єкта і предмета дослідження	03.12.24 - 16.12.24
3	Виконання основної частини роботи (розрахунки / експерименти / аналіз)	17.12.24 - 28.12.24
4	Узагальнення результатів, формування висновків	29.12.24 - 05.01.25
5	Оформлення та узгодження кваліфікаційної роботи	06.01.25 - 12.01.25
6	Попередній захист кваліфікаційної роботи	13.01.25 - 15.01.25
7	Захист кваліфікаційної роботи	19.01.25 - 23.01.25

Студент

(підпис) Гольцов Р.О
(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис) Малець О.В.
(прізвище та ініціали)

ЗМІСТ

АНОТАЦІЯ	3
ANOTATION	4
ВСТУП.....	5
INTRODUCTION.....	8
РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ СУЧАСНОГО СТАНУ ТА НАУКОВИХ ОСНОВ ГІДРОІЗОЛЯЦІЇ ШЛАМОВИХ АМБАРІВ. МЕТА ТА ЗАДАЧІ ДОСЛІДЖЕННЯ	10
1.1 Екологічні аспекти буріння свердловин та утворення бурового шламу.....	10
1.2 Класифікація бурових розчинів і характеристика їх компонентного складу	12
1.3 Сучасні підходи до гідроізоляції шламових амбарів	20
1.4 Висновки до розділу 1. Мета та задачі дослідження.....	24
РОЗДІЛ 2 ТЕХНОЛОГІЧНІ ТА КОНСТРУКТИВНІ ОСОБЛИВОСТІ ШЛАМОВИХ АМБАРІВ	26
2.1 Конструкція та принцип роботи шламового амбару.....	26
2.2 Вимоги до проектування і будівництва шламових амбарів	27
2.3 Експлуатація та моніторинг технічного стану амбарів.....	31
2.4 Рекультивація територій після використання шламових амбарів	34
2.5 Висновки до розділу 2	37
РОЗДІЛ 3 УДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДІВ ГІДРОІЗОЛЯЦІЇ ТА ПОВОДЖЕННЯ З ВІДХОДАМИ БУРІННЯ	39
3.1 Варіанти поводження з відходами буріння та їх екологічна оцінка.....	39
3.2 Хімічний склад бурового шламу та його вплив на довкілля	41
3.3 Методи знешкодження, транспортування і переробки бурових відходів.....	46
3.4 Матеріали для гідроізоляції шламових амбарів: характеристика та порівняльний аналіз	48
3.5 Техніко-економічне обґрунтування вибору матеріалів для гідроізоляції	53
3.6 Висновки до розділу 3	56
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	58

GENERAL CONCLUSIONS ON THE WORK	60
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	62

АНОТАЦІЯ

Гольонко В.О. Аналіз та удосконалення методів гідроізоляції шламових амбарів у нафтогазовій галузі. Кваліфікаційна робота магістра за спеціальністю 185 «Нафтогазова інженерія та технології». – Полтава; Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка». – 2026.

Магістерська робота присвячена комплексному дослідженню ефективності методів гідроізоляції шламових амбарів, що є ключовими для екологічної безпеки та оптимізації технологічних процесів буріння.

У першому розділі проведено аналітичний огляд сучасного стану питання: розглянуто екологічні аспекти буріння та утворення бурових відходів, класифікацію бурових розчинів, їх склад і властивості, а також роль реагентів-понижників в'язкості у стабілізації промивних рідин. Визначено ключові фактори ефективності реагентів і сучасні підходи до гідроізоляції шламових амбарів.

Другий розділ присвячено конструктивним і технологічним аспектам шламових амбарів: описано принципи їх роботи, вимоги до проектування та будівництва, методи експлуатації, моніторингу та рекультивації територій після використання. Підкреслено важливість застосування сучасних гідроізоляційних матеріалів та систем контролю технічного стану амбарів для мінімізації ризиків забруднення довкілля.

У третьому розділі наведено результати експериментальної оцінки впливу реагентів ФХЛС та Desco на реологічні параметри бурових розчинів. Проведено техніко-економічне порівняння гідроізоляційних матеріалів (геомембрани, бентонітові мати), встановлено, що бентонітові мати забезпечують високу довговічність, надійну гідроізоляцію, стійкість до механічних і температурних впливів, а також економічну ефективність завдяки простоті монтажу та зменшенню капітальних витрат..

Ключові слова: свердловина, буріння, бурові розчини, шламовий амбар, понижники в'язкості, гідроізоляція, бентонітові мати, екологічна безпека.

ANOTATION

Holonko V.O. Analysis and Improvement of Methods for Sealing Sludge Pits in the Oil and Gas Industry. Master's thesis in the specialty 185 "Oil and Gas Engineering and Technologies." – Poltava; National University "Poltava Polytechnic named after Yuri Kondratyuk." – 2026.

The master's thesis is dedicated to a comprehensive study of the effectiveness of methods for sealing sludge pits, which are critical for environmental safety and the optimization of drilling technological processes.

The first chapter provides an analytical review of the current state of the issue: it examines the environmental aspects of drilling and the generation of drilling waste, the classification of drilling fluids, their composition and properties, as well as the role of viscosity-reducing agents in stabilizing drilling muds. Key factors influencing the effectiveness of these agents and modern approaches to sealing sludge pits are identified.

The second chapter focuses on the structural and technological aspects of sludge pits: it describes the principles of their operation, design and construction requirements, methods of operation, monitoring, and post-use land reclamation. The importance of using modern sealing materials and technical monitoring systems to minimize the risk of environmental contamination is emphasized.

The third chapter presents the results of experimental evaluation of the effects of FHLC and Desco reagents on the rheological parameters of drilling fluids. A techno-economic comparison of sealing materials (geomembranes, bentonite mats) is performed, showing that bentonite mats provide high durability, reliable sealing, resistance to mechanical and temperature impacts, and economic efficiency due to ease of installation and reduced capital costs.

Keywords: well, drilling, drilling fluids, sludge pits, viscosity reducers, sealing, bentonite mats, environmental safety.

ВСТУП

Актуальність теми. Під час розробки нафтових і газових родовищ після спорудження кущових основ розпочинається процес буріння свердловин, у ході якого утворюється значна кількість бурового шламу та супутніх відходів. Забруднення навколишнього середовища продуктами буріння є однією з найактуальніших екологічних проблем сучасного нафтогазового комплексу, оскільки ці відходи містять шкідливі для ґрунтів, поверхневих і підземних вод хімічні сполуки.

На етапах буріння, освоєння та експлуатації свердловин буровий шлам зазвичай накопичується у спеціальних шламових амбарах, розташованих на території бурового майданчика або поблизу нього. Ефективність утримання відходів у таких спорудах значною мірою залежить від надійності їх гідроізоляції. Неналежна гідроізоляція призводить до фільтрації бурових розчинів і токсичних компонентів у підґрунтові шари, що спричиняє деградацію ґрунтів, забруднення водоносних горизонтів і загальне погіршення екологічного стану територій нафтовидобутку.

Тому розробка та вдосконалення ефективних методів гідроізоляції шламових амбарів є важливим завданням для забезпечення екологічної безпеки виробництва в нафтогазовій галузі. Це вимагає поєднання сучасних матеріалознавчих, гідрогеологічних та технологічних підходів для створення довговічних, стійких до хімічної агресії та механічних навантажень протифільтраційних екранів.

У даній магістерській роботі розглянуто сучасні способи утилізації бурових відходів, конструктивні рішення щодо спорудження та експлуатації шламових амбарів, досліджено хімічний склад бурового шламу, а також проведено порівняльний аналіз технологій гідроізоляції. На основі аналізу визначено найбільш ефективні та економічно доцільні рішення для практичного застосування в умовах нафтогазових родовищ України, а також наведено

альтернативні екологічні методи поводження з буровими відходами, включно з технологією безамбарного буріння.

Мета роботи – є підвищення ефективності та екологічної безпеки систем гідроізоляції шламових амбарів шляхом удосконалення методів їх проектування, вибору матеріалів і технологій поводження з буровими відходами..

Основні завдання дослідження:

- 1 Проаналізувати сучасний стан проблеми утворення бурових відходів і методів їх екологічно безпечної утилізації.
- 2 Дослідити класифікацію та властивості бурових розчинів, визначити роль реагентів-понижників в'язкості у стабілізації промивних рідин.
- 3 Розглянути конструктивні особливості шламових амбарів, вимоги до їх проектування, експлуатації та рекультивації територій після використання.
- 4 Провести порівняльну оцінку ефективності сучасних матеріалів для гідроізоляції шламових амбарів (геомембран, бентонітових матів).
- 5 Виконати техніко-економічне обґрунтування вибору оптимального матеріалу для гідроізоляції з урахуванням довговічності, вартості та екологічних характеристик.

Об'єкт дослідження – процес гідроізоляції шламових амбарів у системі поводження з буровими відходами в нафтогазовій галузі.

Предмет дослідження – методи, матеріали та технічні рішення, що забезпечують надійну та екологічно безпечну гідроізоляцію шламових амбарів.

Наукова новизна роботи – обґрунтовано ефективність застосування бентонітових матів як оптимального матеріалу для створення довговічних, економічно доцільних і екологічно безпечних систем гідроізоляції шламових амбарів.

Практичне значення роботи – результати дослідження можуть бути використані при проектуванні та експлуатації шламових амбарів для мінімізації впливу бурових відходів на довкілля та зниження витрат на гідроізоляційні роботи.

Методи дослідження: аналіз наукових джерел; порівняльний аналіз; системний підхід; узагальнення; класифікація; техніко-економічне оцінювання; аналіз виробничого досвіду.

Структура і обсяг роботи. Магістерська робота складається зі вступу, трьох розділів, висновків та списку використаних джерел. Робота викладена на 67 сторінках, у тому числі 65 сторінках основного тексту, 6 рисунків, 4 таблиць, 32 використаних джерела.

INTRODUCTION

Relevance of the topic. During the development of oil and gas fields, after the construction of cluster bases, the drilling of wells begins, which generates a significant amount of drilling sludge and associated waste. Pollution of the environment by drilling products is one of the most urgent environmental problems of the modern oil and gas industry, as these wastes contain chemical compounds harmful to soil, surface, and groundwater.

At the stages of drilling, well completion, and operation, drilling sludge is usually accumulated in special mud pits located on or near the drilling site. The efficiency of waste containment in such facilities largely depends on the reliability of their waterproofing. Inadequate waterproofing leads to the infiltration of drilling fluids and toxic components into subsurface layers, causing soil degradation, contamination of aquifers, and a general deterioration of the environmental condition of oil-producing areas.

Therefore, the development and improvement of effective waterproofing methods for mud pits is an important task to ensure environmental safety in oil and gas production. This requires a combination of modern materials science, hydrogeological, and technological approaches to create durable, chemically resistant, and mechanically stable anti-filtration barriers.

This master's thesis examines modern methods of drilling waste utilization, design and operational solutions for mud pits, the chemical composition of drilling sludge, and provides a comparative analysis of waterproofing technologies. Based on the analysis, the most effective and economically feasible solutions for practical application under the conditions of Ukrainian oil and gas fields have been determined. Alternative environmentally friendly waste management approaches, including pitless drilling technology, are also presented.

The aim of the study is to improve the efficiency and environmental safety of mud pit waterproofing systems by enhancing methods of their design, material selection, and waste management technologies.

The main research objectives are:

1. To analyze the current state of the problem of drilling waste generation and methods of their environmentally safe utilization.
2. To study the classification and properties of drilling fluids and determine the role of viscosity-reducing reagents in the stabilization of drilling muds.
3. To examine the structural features of mud pits, as well as the requirements for their design, operation, and post-use land reclamation.
4. To perform a comparative assessment of the efficiency of modern waterproofing materials for mud pits (geomembranes and bentonite mats).
5. To conduct a techno-economic justification for selecting the optimal waterproofing material, taking into account durability, cost, and environmental characteristics.

Object of the study: the process of mud pit waterproofing within the system of drilling waste management in the oil and gas industry.

Subject of the study: methods, materials, and technical solutions ensuring reliable and environmentally safe waterproofing of mud pits.

Scientific novelty: the efficiency of using bentonite mats as the optimal material for creating durable, cost-effective, and environmentally safe waterproofing systems for mud pits has been substantiated.

Practical significance: the research results can be applied in the design and operation of mud pits to minimize the environmental impact of drilling waste and reduce the costs of waterproofing works.

Research methods: analysis of scientific sources; comparative analysis; systems approach; generalization; classification; techno-economic evaluation; analysis of operational experience.

Structure and scope of the thesis: the master's thesis consists of an introduction, three chapters, conclusions, and a list of references. The work comprises 67 pages, including 65 pages of main text, 6 figures, 4 tables, and 32 references.

РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ СУЧАСНОГО СТАНУ ТА НАУКОВИХ ОСНОВ ГІДРОІЗОЛЯЦІЇ ШЛАМОВИХ АМБАРІВ. МЕТА ТА ЗАДАЧІ ДОСЛІДЖЕННЯ

1.1 Екологічні аспекти буріння свердловин та утворення бурового шламу

Буріння нафтових та газових свердловин є високотехнологічним, але потенційно екологічно небезпечним процесом [1]. Одним із ключових джерел негативного впливу на навколишнє середовище є утворення та подальше поводження з буровим шламом (шламом) та відпрацьованими буровими розчинами (ВБР). Ці відходи є неминучим супутником процесу розкриття надр і вимагають ретельного контролю та належної утилізації чи ізоляції.

Буровий шлам – це дисперсна суміш подрібненої гірської породи, що виноситься на поверхню циркулюючим буровим розчином, а також залишки самого бурового розчину (із вмістом хімічних реагентів) та пластових флюїдів (вода, нафта, газ), що потрапили у свердловину [2, 3]. Його склад варіюється залежно від геологічних умов, типу використовуваного бурового розчину (на водній, нафтовій або синтетичній основі) та глибини буріння.

Основні компоненти бурового шламу:

1. Гірські породи (вибурена порода): Переважно глини, піски, вапняки, що складають до 80-90% об'єму шламу. Самі по собі вони є інертними, але їхній вплив посилюється через забруднення іншими компонентами [3].

2. Буровий розчин: Залишки рідини, які покривають частинки породи. У залежності від типу розчину, вони можуть містити:

- Барити (BaSO_4) та гематит (Fe_2O_3) як обважнювачі.
- Полімери, бентоніти, хімічні реагенти для регулювання в'язкості, фільтрації та стабілізації стінок свердловини [4].
- У випадку розчинів на нафтовій основі (РОНО) та синтетичній основі (РОСО), шлам забруднений вуглеводнями, які є найбільш токсичним компонентом, що викликає особливе занепокоєння [5].

Екологічна небезпека, пов'язана зі шламом та ВБР, реалізується у разі порушення цілісності систем його зберігання, найчастіше – шламових амбарів (шламосховищ). Витік або інфільтрація відходів спричиняє комплексний негативний вплив на основні компоненти природного середовища:

1. Забруднення ґрунту та земельних ресурсів

Інфільтрація фільтрату шламу в ґрунт призводить до його хімічного забруднення [6]. Особливу небезпеку становлять солі важких металів, нафтопродукти та підвищена мінералізація (солі хлоридів, сульфатів), які містяться у ВБР [7]. Це призводить до:

- Зміни фізико-хімічних властивостей ґрунтів: Підвищення кислотності або лужності, погіршення аерації та водно-фізичних характеристик.
- Пригнічення або загибель рослинного покриву: Висока концентрація солей і вуглеводнів є токсичною для більшості сільськогосподарських культур та природної рослинності, роблячи ділянки непридатними для використання на десятиліття [8].

2. Забруднення поверхневих та підземних вод

Це, мабуть, найбільш критичний аспект. Шламові амбари, які не мають належної гідроізоляції або чия ізоляція пошкоджена, є прямими джерелами забруднення водних об'єктів [9].

- Підземні води: Фільтрат, проникаючи через товщу ґрунту, досягає водоносних горизонтів. Забруднювачі (нафтопродукти, солі, важкі метали) можуть мігрувати на значні відстані, роблячи джерела питної води непридатними [10]. Дослідження підтверджують, що навіть після рекультивації ділянок, підвищена мінералізація ґрунтових вод може зберігатися роками [7].

- Поверхневі води: Переповнення амбарів під час сильних опадів або прориви дамб можуть призвести до скиду забруднених стоків у річки, озера та болота, викликаючи масову загибель водних організмів та порушення гідробіоценозів [11].

3. Вплив на атмосферне повітря та біоту

Незважаючи на те, що основний вплив зосереджений на ґрунті та воді, випаровування з амбарів може призводити до викидів летких органічних сполук (ЛОС), включаючи вуглеводні (наприклад, бензол, толуол), та сірководень (H₂S) [12]. Це створює локальне забруднення повітря та може мати негативний вплив на здоров'я населення та дику фауну в зоні впливу. Крім того, негороджені амбари можуть стати пасткою для птахів та дрібних тварин, особливо коли поверхня покрита нафтовою плівкою.

У зв'язку з високим ризиком, у нафтогазовій галузі впроваджуються жорсткіші екологічні стандарти та вимоги до поводження з буровими відходами. Сучасна практика вимагає мінімізації обсягів шламу, що зберігається в амбарах, шляхом його зневоднення, хімічної нейтралізації та подальшої утилізації (наприклад, термічна десорбція, змішування з цементом для будівництва доріг, захоронення на спеціалізованих полігонах) [1, 13].

Проте, використання шламових амбарів, особливо на етапі буріння, залишається поширеною, хоча й тимчасовою, практикою в багатьох регіонах. Це підкреслює критичну важливість надійних та ефективних методів їхньої гідроізоляції як основного бар'єра між небезпечними відходами та навколишнім середовищем. Саме це обумовлює необхідність детального аналізу та удосконалення технологій гідроізоляції, про що йтиметься у наступних розділах [14].

1.2 Класифікація бурових розчинів і характеристика їх компонентного складу

У процесі буріння свердловин на ділянках видобутку корисних копалин утворюється велика кількість стічних вод, рідких відходів, шламу. Для зберігання матеріалів використовуються спеціальні амбару-відстійники. Конструкція таких шламосховищ захищає ґрунтові води від проникнення токсичних відходів, забезпечує знезараження та безпечно поховання перероблених мас. Багато амбарів, побудовані наприкінці 1990-х і на початку

2000-х років, зі своїм завданням не справляються через погану гідроізоляцію.

Однією з найважливіших екологічних завдань при розробці нафтових родовищ є захист навколишнього середовища від забруднення буровим шламом, що утворюється, і використовуються в процесі буріння матеріалами і хімічними реагентами, що мають різний ступінь токсичності.

Бурові відходи представлені такими основними видами: відпрацьовані бурові розчини (ОБР), бурові стічні води (БСВ) та їх відстій, буровий шлам (БШ) та ін.

Буріння свердловин супроводжується дисперсійним руйнуванням гірських порід, утворенням бурового шламу та видаленням його промивною рідиною. Для руйнування та винесення зруйнованої породи зі стовбура свердловини застосовують бурові розчини, які подаються спеціальними насосами в труби і, вийшовши з долота через спеціальний отвір для промивання, підхоплюють вибурену породу, кидаючись на поверхню.

При бурінні, крім ОБР і БШ, утворюються БСВ, які утворюються в результаті споживання значної кількості природної води при бурінні нафтових свердловин.

Забруднені стічні води утворюються в процесах обмиву виробничих площ та бурового обладнання, охолодження штоків бурових насосів, а також при витоках технічної води на вузлах приготування бурових розчинів при освоєнні свердловин, ліквідації ускладнень та ін [1].

Бурові стічні води, внаслідок їх високої рухливості та акумулюючої здатності до забруднюючих речовин, є небезпечним відходом при бурінні, здатним забруднити великі зони гідро-і літосфери.

За складом БСВ, як правило, є багатокомпонентними системами. Забруднюючі властивості бурових стічних вод залежать від хімічних реагентів, застосовуваних для приготування і обробки бурових розчинів, і складу порід, що розбурюються [1].

При бурінні свердловин шарошечними долотами, що охолоджуються буровим розчином, відбувається винесення на поверхню землі бурового шламу

[2]. Буровий шлам, поряд з ВП та нафтою, включає всі хімічні реагенти, що застосовуються для приготування бурових розчинів. зразки шламу можуть містити до 0,8 - 7,5% нафти та 15% органічних сполук (нафтопродуктів, хімічних реагентів) [1].

З кожним роком зростає кількість нових введених у дія свердловин і збільшується прохідка в експлуатаційному бурінні, отже, зростають і обсяги відходів бурового шламу, що утворюється в ході цього виробничого процесу.

Життєвий цикл бурового шламу може бути довгим (розміщується в шламових амбарівах), а також коротким, наприклад, за рахунок його вивезення та подальшого використання, наприклад, при виробництві будівельних матеріалів.

За початок життєвого циклу бурового шламу можна прийняти час старту обертання бурильної колони. Схематично життєвий цикл можна як блок-схеми, як представлено рисунку 1.1.

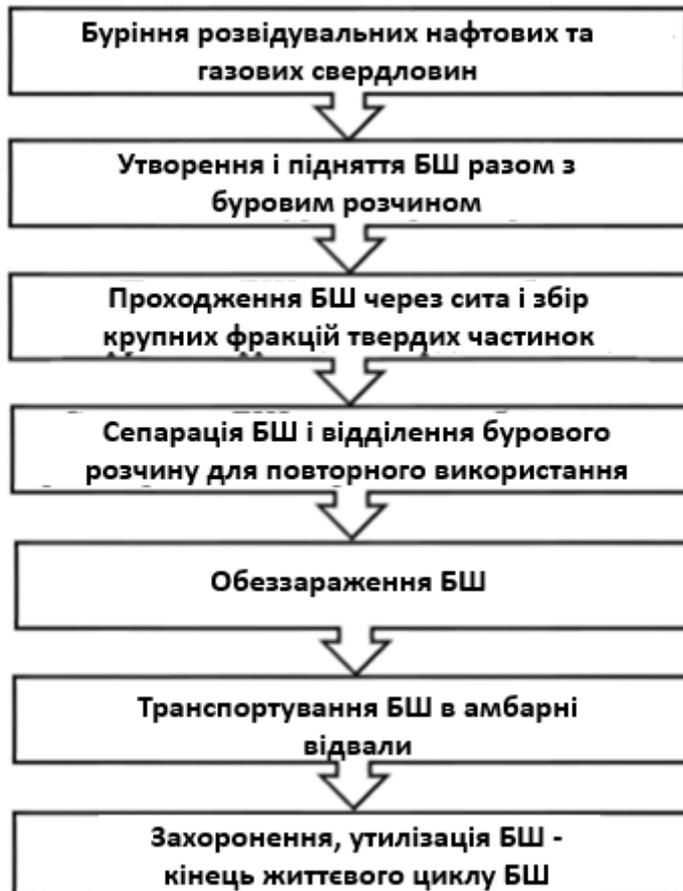


Рисунок 1.1 - Блок-схема життєвого циклу бурового шламу.

При ліквідації амбару настає кінцевий цикл бурового шламу. однак, поховання відходів буріння можуть спричинити суттєву шкоду навколишньому середовищу та потребує значних витрат. У світовій практиці застосовуються інші способи утилізації бурового шламу, які дозволяють мінімізувати обсяги, знизити розміри платежів за розміщення відходів та підвищити екологічну безпеку будівництва свердловин [8].

Відомі такі основні напрями утилізації відходів буріння: фізичний, хімічний, фізико-хімічний, термічний та біологічний.

Найбільш поширеними способами знешкодження шламу є гідрофобізація, екстракційний та термічний методи [9]. Метод гідрофобізації полягає в обробці шламу високомолекулярними водонерозчинними речовинами, різко зменшуючими дифузію з шламу в воду органічних сполук та перешкоджають утворенню каламуті. Токсичність шламу у своїй зменшується вдесятеро.

Екстракційний метод – процес вилучення з шламу органічних речовин за допомогою розчинників. Застосовується метод зневоднення залишків ОБР шляхом додавання коагулянтів та флокулянтів (сульфату алюмінію та полімерів). Процес переведення в тверду масу здійснюється за допомогою матеріалу-затверджувача, наприклад, деревної золи, котловане-відстійнику. Далі вміст котловану розподіляється на поверхні ґрунту та перемішується з поверхневим шаром оброблених земель. Метод широко застосовується у провінції Альберта (Канада).

Недоліки методу - можливість просочування органічних речовин, хлоридів та токсичних металів у ґрунтові води, а також їх біоаккумуляція у рослинах [10].

За кордоном найчастіше на промислах використовують методи знешкодження шламу та вилучення органічних речовин, розроблені фірмою Baroid. Шлам після проходження через вібросита промивається водою з добавкою розчинника у промивному пристрої. Допрацьована схема може застосовуватись і для морських установок. У цій схемі шлам з вібросит надходить у мийний пристрій, в якому розпорошується разом з відмивним розчином і далі скидається в систему з двох труб, заповнену водою. Нафта і

розчинник при проходженні шламу через воду спливають і відкачуються за допомогою насоса, який повертає нафту у водонафтовий сепаратор. Відсепарована нафта надходить для повторного використання [10]. Фірмою Baroid також розроблені установки, які дозволяють очищати БШ, забруднений рідиною для промивання на нафтовій основі, за допомогою триступінчастого промивання різними розчинниками в закритій системі Unitired Solids Control. Фірмою Baroid випускаються і автономні установки «Енвейро-флок» та «Енвейрофікс». Установки змонтовані автомобільними причепами. Відходи відкачують у спеціальну ємність-мішалку, обробляють коагулянтном і флокулянтном, після чого захоронюють дома або вивозять на спеціально відведену ділянку [11]. Термічні методи знешкодження БШ є дуже ефективними, але завжди економічно рентабельними. Обробка шламу за високих температур (до 500 °С) дозволяє повністю звільнитися від органічних сполук і отримати тверді відходи. Технологічний процес фірми Faster Wheeler Energy Corporated передбачає обробку шламу у випарниках до повного видалення вологи. Зважені тверді частинки залишаються в нафті. Після цього проводиться сепарація до повного відділення сухого твердого і вільного від нафти продукту. Шлам, оброблений таким чином, може бути використаний як добрива, паливо, ґрунт. Близько 70 підприємств США, а також інших країн застосовують цей метод [11].

Фірмою West Group Int. з метою прожарювання шламу для випалювання вуглеводнів розроблено двокамерну піч. Пекти може використовуватися і на морських установках. Основною робочою частиною печі є вертикальний циліндр, виготовлений з вогнетривких матеріалів. За допомогою перфорованої газорозподільної пластини циліндр розділений на верхню та нижню камери, герметичність забезпечує двошарова конструкція. У нижній камері знаходиться займистий пристрій. Вентилятор подає у верхню камеру, яка є основною зоною горіння, повітря у суміші з невеликою кількістю палива. Коли вміст вуглеводнів у шламі знижується нижче рівня, необхідного підтримки робочої температури, впорскується нафта чи дизельне паливо. При перегріві зони горіння до неї впорскується вода. Шлам, звільнений від вуглеводнів разом з вихлопними

газами, збирається у вирві Вентурі, в яку подається вода для очищення та охолодження вихлопних газів. Фірмою Delta Unifiltr розроблено автоматизовану установку, в якій висушування шламу здійснюється під тиском [10]. Метод скидання ОБР у свердловини, що не використовуються, застосовується у разі відсутності небезпеки забруднення неглибоко залягаючих водоносних горизонтів. Даний метод заборонено в таких штатах США, як Колорадо, Арізона, Мічиган і Флорида, в інших штатах застосування методу лімітується рядом вимог, що належать до глибини спуску обсадних колон і літології геологічного розрізу свердловин, що не використовуються. Фірми Shell і International Drilling Fluids пропонують замість цементних сумішей закачувати в затрубний простір обсадних колон буровий розчин, що затверджується. Такий метод був використаний на родовищі Аугер. Фірма Shell UK Exploration and Production, що розробляє родовище в Північному морі, також використовує метод закачування свердловини бурового шламу. Попередньо тверда фаза бурового розчину відокремлюється за допомогою віброситу та доводиться до консистенції глинистого бурового розчину. Метод підходить для пластів, у яких немає природних тріщин або розломів [11, 12]. Одним з напрямів вирішення проблеми ліквідації шламових амбарів є поховання рідких бурових відходів у поглинаючі горизонти, які залягають нижче прісноводних і не мають з ними гідродинамічного зв'язку. Гідророзрив порід та відновлення прийомистості свердловин виробляють за допомогою цементувального агрегату. Як рідина гідророзриву застосовуються рідкі відходи буріння. Реалізація даного методу в інших регіонах не завжди можлива, оскільки потребує наявності у розрізі пластів з високими властивостями ємності [12].

Цікавим є технологія знешкодження нафтовмісних відходів із застосуванням препарату «Еконафт». Препарат «Еконафт» є сумішшю негашеного вапна з модифікаторами. При змішуванні препарату із шламом оксиди лужноземельних металів утворюють з водною фазою гідроксиди, які адсорбують органіку та інші шкідливі речовини, утворюючи стійку при зберіганні порошкоподібну масу. Частинки вапна з модифікаторами утворюють

гранули, «капсулюючи» органіку та важкі метали. Дослідження показали, що оброблений препаратом "Еконафт" шлам достатньо стійкий: при зберіганні протягом 3 років промивна вода містить шкідливі речовини не більше ГДК. оброблений препаратом шлам може бути похований на місці його утворення шляхом пошарового розміщення в амбарі. Після нанесення на поверхню шламу шару родючого ґрунту відбувається посів фітомеліорантів. Є позитивний досвід застосування обробленого шламу у дорожньому будівництві [13].

Одним із найпростіших методів утилізації бурового шламу може бути його використання на полігонах токсичних або твердих побутових відходів як інертний матеріал при пошаровому розміщенні відходів. Для зниження токсичності бурового шламу можливе його змішання з ґрунтом або торфом.

Згодом відбулося розширення мінерально-сировинної бази та паливно-енергетичних ресурсів, і як наслідок збільшилися обсяги бурових робіт з пошуку та розвідки корисних копалин. Оскільки подальше збільшення кількості розвідувальних та експлуатаційних свердловин, а також обсягів видобутку корисних копалин відкритим способом нерозривно пов'язане з порушенням екологічної рівноваги, то захист навколишнього середовища та охорона надр набувають важливого народно-господарського значення.

Необхідність розробки нових систем гідроізоляції була продиктована критичним станом інженерних конструкцій. вона з найбільших аварій на шламосховищах сталася у 2016 році у Первоуральську, де внаслідок замулювання дренажних труб рідкі відходи піднялися та потрапили у річку Чусову. Керівництво об'єкта знало про поганий стан гідроізоляції, але не встигло вжити необхідних заходів. Другий серйозний випадок трапився на Ачинському глиноземному комбінаті. Зі шламового амбаріва підприємства в ґрунт просочилися неочищені стоки, що забруднили ділянки сільгосппризначення свинцем, калієм, нікелем, фосфором.

Також з метою зменшення забруднення навколишнього середовища нафтогазовидобувним комплексом ведуться розробки і впроваджуються нові природозберігаючі технології. впроваджується безамбарне буріння, що дозволяє

значно знизити обсяги промислових відходів.

Поняття безамбарне буріння має на увазі систему з високим ступенем очищення бурових розчинів, яка задовольняє екологічним вимогам завдяки відсутності скидання рідких та твердих відходів у навколишнє середовище.

Метою безамбарного буріння є максимальне вилучення твердої фази за мінімальних втрат рідкої фази.

Технологія безамбарного буріння дозволяє проводити очищення забрудненої промивної рідини, що надходить зі свердловини, на спеціальних установках без використання котлованів-відстійників. У цьому випадку цикл повторного водоспоживання стає замкнутим, знижується парк ємності. Для дотримання природоохоронних вимог для очищення застосовується спеціально розроблений токсикологічний контроль. Екологічно позитивним фактором є також скорочення землевідведення під амбару, виключаються порушення навколишнього природного середовища при їх будівництві та експлуатації, фільтрація забруднювачів у горизонти, що підстилають. Для очищення бурового розчину від шламу використовують комплекс різних механічних пристроїв: вібраційні сита, гідроциклінні шламовідділювачі (піско- та илоотделители), сепаратори, центрифуги. Крім того, у найбільш сприятливих умовах перед очищенням від шламу буровий розчин обробляють реагентами-флокулянтами, які дозволяють підвищити ефективність роботи очисних пристроїв [14]. Незважаючи на те, що система очищення складна і дорога, в більшості випадків застосування її рентабельне внаслідок значного збільшення швидкостей буріння, скорочення витрат на регулювання властивостей бурового розчину, зменшення ступеня ускладненості стовбура, задоволення вимог захисту навколишнього середовища середовища.

Висока токсичність відходів буріння доведена провідними науковими інститутами та вченими. При бурінні та експлуатації нафтогазових свердловин утворюються у великій кількості токсичні та небезпечні відходи. При бурінні свердловин для приготування бурових розчинів використовуються хімічні реагенти, які відносяться до речовин III – IV класу токсичності, які є дуже

небезпечними для навколишнього середовища. Під час розробки родовищ для інтенсифікації видобутку вуглеводнів використовують концентровані розчини різних кислот, поверхнево-активних речовин, інгібіторів та інших. У процесі експлуатації свердловин трапляються викиди нафти, конденсату. Попадання цих речовин у водоймища, ґрунт, ґрунтові води є екологічно небезпечним [3, 4].

І все-таки, найбільш доступним шляхом ліквідації відходів буріння та експлуатації свердловин є поховання. Практикують ліквідацію відходів у спеціально відведених місцях, глибоких підземних горизонтах. Поховання у спеціально відведених місцях передбачає використання для цього спеціальних споруд, занедбаних кар'єрів тощо. така ліквідація потребує значних транспортних витрат. тому вона вважається економічно недоцільною. В основному практикують збирання та зберігання виробничо-технологічних напіврідких відходів буріння безпосередньо в земляних котлованах – шламових амбарівах на території кущового майданчика.

Очевидно, що недостатня гідроізоляція відстійників призводить до забруднення навколишнього середовища та серйозних фінансових втрат для підприємств. Тому при будівництві нових шламосховищ і в процесі реконструкції старих використовують гідроізоляційні матеріали різної густини. Матеріали мають протифільтраційну здатність, захищають гідроізоляційні прошарки від механічних пошкоджень, виявляють стійкість до дії активних хімічних речовин.

В даний час можна стверджувати про докладну вивченість області утилізації відходів буріння в літературі і на практиці. Зарубіжний досвід було розглянуто з робіт Пола Т. Вільямса, Джона А. Вейла, А.С. Ріда, Д. Л. Метьюса, М.С. Бруно.

1.3 Сучасні підходи до гідроізоляції шламових амбарів

Проблема інфільтрації фільтрату бурових відходів у ґрунти та водоносні горизонти, детально розглянута в попередньому розділі, зробила необхідним

радикальне переосмислення методів гідроізоляції шламових амбарів. Традиційне використання виключно мінеральних бар'єрів (ущільнених глиняних екранів) виявилось недостатньо надійним для захисту довкілля від хімічно агресивних та високомінералізованих фільтратів, типових для нафтогазової галузі [1]. Сучасний підхід базується на застосуванні композитних систем із залученням високотехнологічних геосинтетичних матеріалів, що забезпечують багаторівневий захист.

Ключовим елементом сучасних гідроізоляційних систем є геосинтетичні матеріали – продукти, виготовлені з полімерів, що використовуються в контакті з ґрунтом, каменем та іншими геоматеріалами [2]. Вони забезпечують безпрецедентно низьку водопроникність, високу хімічну стійкість та довговічність.

Геомембрани (ГМ) є найбільш ефективним гідроізоляційним бар'єром. Це полімерні листи дуже низької проникності, які слугують головним бар'єром для рідких відходів. Найбільш поширеними у нафтогазовій галузі є:

1. Поліетилен високої густини (HDPE): Характеризується чудовою хімічною стійкістю та механічною міцністю. Його висока кристалічність забезпечує стійкість до розчинників і вуглеводнів, що є критичним для амбарів, забруднених буровими розчинами на нафтовій основі (РОНО) [3].

2. Поліетилен низької густини (LLDPE): Хоча має дещо меншу хімічну стійкість порівняно з HDPE, він є більш гнучким. Ця гнучкість дозволяє йому краще адаптуватися до нерівностей основи та підвищує його стійкість до деформацій та проколів, що є важливим для амбарів зі складною геометрією [4].

Встановлення ГМ вимагає суворого контролю якості зварних швів, оскільки будь-яке порушення цілісності (отвори, розриви, неякісне зварювання) стає домінантним шляхом міграції забруднювачів, а швидкість фільтрації через дефект може бути на порядки вищою, ніж через сам полімерний матеріал [5]. Забезпечення хімічної сумісності ГМ з агресивними компонентами фільтрату шламу є обов'язковим етапом проєктування.

Геосинтетичні глиняні мати (ГГМ) є сучасним інженерним матеріалом, який складається з тонкого шару природного натрієвого бентоніту, укладеного між двома шарами геотекстилю (тканим і нетканим) і прошитого або скріпленого адгезивом [6]. При гідратації бентоніт набухає, утворюючи низькопроникний глиняний бар'єр, який має водопроникність, порівнянну з товстим (0,5–1 м) шаром ущільненої глини [7].

Роль ГГМ у сучасних шламових амбарах є двоякою:

1. Основний бар'єр: Може використовуватися як самостійний гідроізоляційний шар, особливо для амбарів із менш токсичними відходами, або як заміна традиційного ущільненого глиняного екрану (УГЕ) завдяки простоті монтажу та стабільній якості.

2. Резервний/дренажний шар: Найчастіше ГГМ розміщують безпосередньо під геомембраною, формуючи композитний екран. У цій конфігурації ГГМ виконує функцію самолікування (self-healing), блокуючи витік, що може виникнути через невеликі проколи чи дефекти в ГМ [8].

Найбільш надійним і рекомендованим сучасним підходом до гідроізоляції амбарів є створення композитного екранування (Composite Liner). Цей підхід поєднує переваги як синтетичних, так і мінеральних бар'єрів, забезпечуючи максимальну стійкість та надійність.

Типова сучасна конструкція гідроізоляційного екрану (від дна амбара до ґрунту) виглядає так:

1. Захисний шар (Дренажно-захисний ґрунт): Захищає верхню геомембрану від механічних пошкоджень, спричинених обладнанням або твердими частинками шламу.

2. Основна геомембрана (ГМ): Забезпечує практично нульову фільтрацію.

3. Геосинтетичний глиняний мат (ГГМ) або Ущільнений глиняний екран (УГЕ): Слугує другим бар'єром. Ефективність композитного екрану (ГМ над ГГМ/УГЕ) пояснюється тим, що глина, будучи гідратованою, створює високий гідравлічний опір, який інгібує (уповільнює) потік фільтрату через

дефекти в ГМ [9]. Тобто, навіть якщо в ГМ є прокол, щільний контакт з глиняним шаром зменшує швидкість витoku до мінімуму, оскільки фільтрату потрібно пройти через шар глини, а не просто витекти у повітряний проміжок [10].

4. Вирівнювальний шар/Основа: Геотекстиль або піщаний шар, що захищає ГГМ/УГЕ від пошкоджень з боку основи.

Застосування такої двошарової або тришарової системи є глобальним стандартом для об'єктів підвищеної екологічної небезпеки (до яких належать шламові амбари нафтогазової промисловості), що підтверджується міжнародними інженерними настановами [11].

Незважаючи на домінування геосинтетички, відбувається постійне удосконалення і мінеральних бар'єрів та пошук нових, економічно вигідних методів гідроізоляції:

1. Модифіковані глиняні суміші

Для підвищення хімічної стійкості глиняних екранів до агресивних фільтратів (особливо високосольових розчинів, які можуть призводити до зсідання бентоніту та втрати його бар'єрних властивостей), використовують модифіковані бентоніти [12]. Це можуть бути суміші бентоніту з полімерними добавками (наприклад, поліакрилатами), які покращують його опірність до високої мінералізації та гарантують стабільність набухання навіть у жорстких хімічних умовах [13]. Такі модифікації дозволяють глиняним компонентам композитних екранів ефективніше виконувати свою роль резервного бар'єру.

2. Технології розпилюваних покриттів

В останні роки зростає інтерес до використання технологій розпилюваної гідроізоляції, таких як полісечовина (Polyurea). Полісечовина є швидкотвердіючим еластомером, який наноситься методом гарячого напилення [14].

– Переваги: Створення безшовного, монолітного покриття з високою еластичністю (до 300–400%), що дозволяє матеріалу витримувати значні деформації ґрунтової основи без руйнування. Має відмінну хімічну стійкість та надшвидке введення в експлуатацію.

– Застосування: Хоча полісечовина є дорожчою за традиційні геомембрани, вона є ефективною для ремонтних робіт, ізоляції вертикальних стінок або для амбарів, де неможливе зварювання стандартних полімерних листів через складну форму або наявність вже існуючих комунікацій.

Аналіз літературних джерел підтверджує, що сучасні підходи до гідроізоляції шламових амбарів повністю відійшли від практики використання одного, нерезервованого бар'єру. Домінуючою тенденцією є інтеграція:

– Геомембран (ГМ) як первинного, хімічно стійкого бар'єру.
– ГГМ або УГЕ як вторинного, гідравлічно ефективного резервного шару, що блокує витік через потенційні дефекти в ГМ.

Таким чином, удосконалення методів гідроізоляції спрямоване на підвищення імовірності бар'єрної цілісності шляхом створення дубльованих (композитних) систем, що є єдиним надійним способом мінімізації екологічних ризиків буріння.

1.4 Висновки до розділу 1. Мета та задачі дослідження

1 Процес буріння нафтових і газових свердловин супроводжується утворенням значних обсягів бурового шламу та відпрацьованих розчинів, що становлять потенційну екологічну загрозу для ґрунтів, поверхневих і підземних вод. Основним фактором ризику є недостатня гідроізоляція шламових амбарів, яка призводить до фільтрації токсичних компонентів у навколишнє середовище.

2 Для зменшення екологічного впливу відходів буріння впроваджуються технології їх утилізації та знешкодження – фізичні, хімічні, термічні й біологічні методи, а також сучасні підходи, як-от безамбарне буріння, що дозволяють мінімізувати обсяги шламу та знизити ризики забруднення природних ресурсів.

3 Зарубіжний досвід і сучасні дослідження підтверджують ефективність комплексного підходу до поводження з буровими відходами, який

включає вдосконалення систем гідроізоляції, повторне використання очищених матеріалів і впровадження екологічно безпечних технологій буріння.

4 Аналіз літературних джерел свідчить, що традиційні методи гідроізоляції шламових амбарів із застосуванням лише ущільнених глиняних екранів не відповідають сучасним вимогам екологічної безпеки. Сучасна практика перейшла до використання композитних гідроізоляційних систем, які поєднують синтетичні (геомембрани, геосинтетичні глиняні мати) та мінеральні бар'єри, забезпечуючи багаторівневий захист від інфільтрації фільтрату бурових відходів.

5 Перспективним напрямом розвитку технологій гідроізоляції є використання полімерно-модифікованих бентонітів та розпилюваних еластомерних покриттів (зокрема полісечовини), що дають змогу підвищити хімічну стійкість, гнучкість і довговічність ізоляційних систем. Такий інтегрований підхід формує основу для створення екологічно безпечних і надійних шламових амбарів у нафтогазовій галузі.

Мета роботи – є підвищення ефективності та екологічної безпеки систем гідроізоляції шламових амбарів шляхом удосконалення методів їх проектування, вибору матеріалів і технологій поводження з буровими відходами..

Основні завдання дослідження:

- Проаналізувати сучасний стан проблеми утворення бурових відходів і методів їх екологічно безпечної утилізації.
- Дослідити класифікацію та властивості бурових розчинів, визначити роль реагентів-понижників в'язкості у стабілізації промивних рідин.
- Розглянути конструктивні особливості шламових амбарів, вимоги до їх проектування, експлуатації та рекультивації територій після використання.
- Провести порівняльну оцінку ефективності сучасних матеріалів для гідроізоляції шламових амбарів (геомембран, бентонітових матів).
- Виконати техніко-економічне обґрунтування вибору оптимального матеріалу для гідроізоляції з урахуванням довговічності, вартості та екологічних характеристик.

РОЗДІЛ 2 ТЕХНОЛОГІЧНІ ТА КОНСТРУКТИВНІ ОСОБЛИВОСТІ ШЛАМОВИХ АМБАРІВ

2.1 Конструкція та принцип роботи шламового амбару

На сучасному етапі розвитку нафтогазової промисловості технологічні процеси буріння свердловин передбачають збирання, тимчасове зберігання та часткову утилізацію бурових відходів у спеціально спроектованих шламових амбарах, розташованих безпосередньо на території бурового майданчика.

Відповідно до чинних екологічних та технологічних регламентів, кількість і обсяг шламових амбарів визначається обсягом бурових робіт. Зазвичай на один кущовий майданчик, де буриться до восьми свердловин, передбачається будівництво одного амбару. Якщо кількість свердловин перевищує десять, облаштовується кілька амбарів, що забезпечують роздільне накопичення відходів різних типів – бурового шламу, відпрацьованого бурового розчину та технологічних стоків [5].

Об'єм шламового амбару визначається з урахуванням розрахункової кількості відходів буріння, яка залежить від глибини свердловин, об'єму промивальної рідини, типу бурового розчину та прийнятої технології. За літературними даними, питомий обсяг відходів становить у середньому 500–800 м³ на одну свердловину [1].

За конструктивним виконанням амбари можуть бути односекційними або двосекційними.

– У літній період перевага надається двосекційним амбарам, що дозволяють здійснювати попереднє відстоювання та відведення поверхневих або дощових вод.

– У зимовий час зазвичай застосовуються односекційні конструкції, що спрощують експлуатацію та зменшують тепловтрати [6].

Конструктивні рішення шламових амбарів залежать від гідрогеологічних та інженерно-геологічних умов ділянки. Залежно від призначення та тривалості експлуатації, шламові амбари можуть бути:

- земляними (викопаними у глинистих породах);
- облицьованими бутовим каменем, залізобетонними плитами або бетонним покриттям;
- сталевими резервуарами або бетонними ємностями при високих екологічних вимогах.

Найпоширенішими є земляні амбари у глинистих породах, оскільки природна глина виконує функцію природного гідроізоляційного бар'єра. Проте відсутність додаткового облицювання або ізоляції у таких конструкціях підвищує ризик інфільтрації токсичних компонентів бурового шламу у підґрунтові води, що вимагає вдосконалення гідроізоляційних рішень.

Глибина шламових амбарів зазвичай становить 2–4 м, при цьому дно виконується з ухилом до приямка для збору рідкої фази. У процесі експлуатації відбувається розшарування бурових відходів: важкі тверді частки осідають на дно, а легка рідинна фаза може бути частково відкачана для повторного використання або подальшої утилізації.

Конструкція шламового амбару визначається не лише технологічними вимогами буріння, але й екологічними критеріями безпеки, які передбачають мінімізацію негативного впливу на навколишнє середовище шляхом вдосконалення гідроізоляційних та утримуючих систем.

2.2 Вимоги до проектування і будівництва шламових амбарів

Будівництво шламового амбару планується на стадії підготовчих робіт до буріння свердловин і виконується відповідно до чинних екологічних та будівельних нормативів України. Проектування таких споруд здійснюється з урахуванням вимог до захисту ґрунтів, поверхневих і підземних вод від

забруднення, а також до забезпечення надійності та безпечної експлуатації протягом усього періоду функціонування.

1. Основні етапи спорудження шламового амбару

Роботи зі зведення шламового амбару включають такі етапи:

- підготовка будівельного майданчика, зокрема відсипання основи привізним мінеральним ґрунтом та планування поверхні бульдозером;
- розробка котловану амбару з формуванням дна та укосів відповідно до проєктних ухилів;
- влаштування гідроізоляційного шару (глиняного, бентонітового або синтетичного типу);
- копання дренажної траншеї або протифільтраційної канави по периметру;
- закріплення гідроізоляційного матеріалу по укосах і бортах;
- обвалування периметру амбару мінеральним ґрунтом висотою не менше 0,5 м;
- огороження амбару та нанесення попереджувальних знаків;
- проведення контрольних випробувань гідроізоляції на герметичність перед початком експлуатації.

2. Актуальні нормативно-правові документи України

Проектування, будівництво та експлуатація шламових амбарів повинні здійснюватися відповідно до чинних національних стандартів і нормативів України, зокрема:

1. ДБН В.2.4-2-2005 «Гідротехнічні споруди. Основні положення проектування» (чинний у частині вимог до протифільтраційних споруд).
2. ДБН В.2.5-75:2013 «Каналізація. Зовнішні мережі та споруди» – щодо вимог до споруд для тимчасового зберігання рідких відходів.
3. ДСТУ ISO 14001:2015 «Системи екологічного управління. Вимоги та настанови щодо застосування» – екологічні аспекти діяльності.

4. ДСТУ 8750:2017 «Відходи буріння. Загальні технічні вимоги до поводження» – класифікація, вимоги до збору, транспортування та розміщення відходів.

5. Закон України «Про відходи» № 187/98-ВР (зі змінами 2023 р.) – щодо поводження з небезпечними відходами.

6. Постанова КМУ № 446 від 13.03.2022 р. «Про затвердження Порядку поводження з відходами буріння, видобування та збагачення корисних копалин» – визначає порядок тимчасового зберігання та рекультивації ділянок.

7. ДСТУ Б В.2.1-2-96 «Основи та фундаменти споруд» – вимоги до стійкості ґрунтів при зведенні котлованів.

Зазначені документи замінюють застарілі радянські РД 39-113-94, РД 51-1-96, ВРД 39-1.13-057-2002, що втратили чинність на території України.

3. Конструктивні вимоги

При будівництві шламового амбару в заторфованих або заболочених умовах допускається відсипання майданчика без зняття торф'яного шару. Ущільнений торф виконує функцію додаткової гідроізоляції. Укоси стін виконуються під кутом не більше 45° , а висота обвалування повинна становити не менше 0,5 м.

По зовнішньому периметру передбачається протифільтраційна канава, в яку укладається поліетиленова мембрана або бентонітовий мат для запобігання фільтрації бурового фільтрату у навколишнє середовище (рис. 2.1).

4. Функціональні особливості конструкції

З метою підвищення ефективності осадження твердих часток та зменшення об'єму відходів, у конструкції амбару передбачається поглиблення («кишеня») в дні котловану. Це дає змогу концентрувати буровий шлам в одній ділянці, спрощуючи відбір і транспортування відпрацьованого бурового розчину для подальшої переробки чи утилізації.

Скидання відходів здійснюється через герметичні лотки безпосередньо з бурової установки. Попереднє очищення виконується за допомогою вібросит, піско- та іло-відділювачів, гідроциклонів, а за необхідності – дегазаторів. Для

зменшення вмісту рідкої фази застосовуються методи хімічної коагуляції та відстоювання.

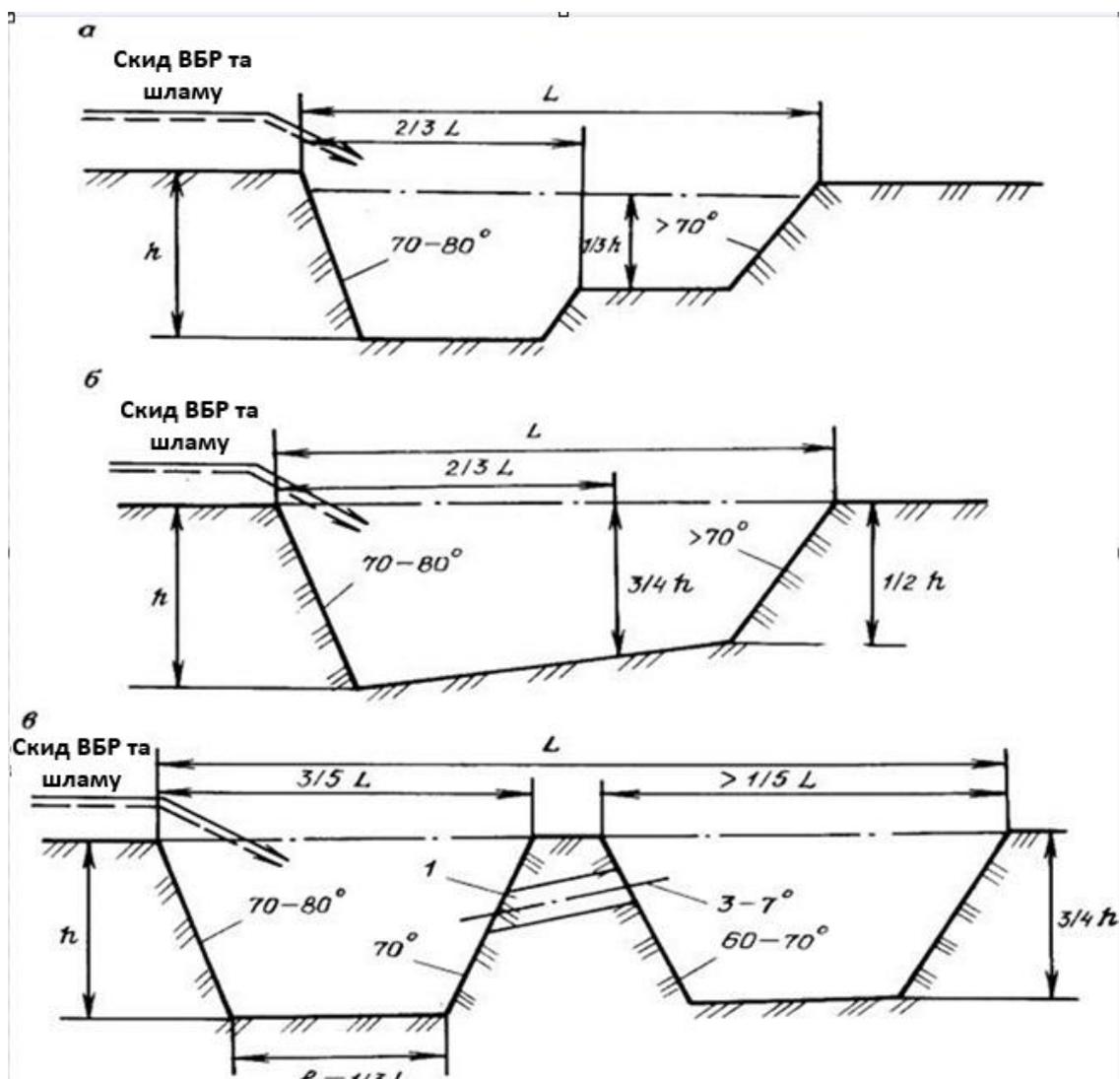


Рисунок 2.1 - Профілі шламового амбарів (поперечний розріз):
а - з уступом (з "кишенею"); б - з пологі дном; в - двосекційний з переточний трубою у тілі перемички

5. Екологічна безпека та контроль

Амбари, зведені без застосування ефективних гідроізоляційних матеріалів, є потенційними джерелами хімічного забруднення ґрунтів і підземних вод. Тому обов'язковим є:

- проведення моніторингу стану ґрунтів і водоносних горизонтів у зоні впливу амбару;

- облаштування дренажної системи для збору фільтрату;
- ведення журналу обліку надходження і вивезення бурових відходів;
- розробка плану рекультивації після завершення експлуатації амбару.

Сучасні вимоги до проектування і будівництва шламових амбарів в Україні базуються на принципах екологічної безпеки, мінімізації впливу на довкілля та забезпеченні повної ізоляції бурових відходів від природних об'єктів. Перехід на стандарти ДСТУ ISO 14001:2015 і ДСТУ 8750:2017 дозволяє впроваджувати європейські практики поводження з відходами буріння та сприяє формуванню системи екологічно орієнтованого буріння.

2.3 Експлуатація та моніторинг технічного стану амбарів

Ефективна експлуатація шламових амбарів є одним із ключових етапів екологічно безпечного буріння свердловин. Її основна мета полягає у забезпеченні герметичності, стабільності конструкцій і мінімізації ризику потрапляння бурових відходів у навколишнє середовище.

1. Організація експлуатації шламового амбару

Після завершення будівельних робіт шламовий амбар проходить перевірку на щільність та водонепроникність гідроізоляційного шару, а також на відповідність розрахунковим геометричним параметрам. До початку експлуатації здійснюється геодезичне обстеження для уточнення об'єму, що використовується для накопичення бурових відходів.

Під час експлуатації шламового амбару проводяться такі роботи:

- контроль стану укосів, обвалувань і дренажних каналів;
- перевірка цілісності гідроізоляційного покриття (геомембрани, бентонітового шару тощо);
- регулярний облік кількості та складу відходів буріння, що надходять;
- відкачування та утилізація надлишкової рідкої фази бурових відходів;
- проведення лабораторного аналізу води зі спостережних свердловин поблизу амбару.

Моніторинг екологічного стану здійснюється відповідно до ДСТУ ISO 14001:2015 «Системи екологічного управління» та ДСТУ 8750:2017 «Відходи буріння. Загальні технічні вимоги до поводження».

2. Розрахунок обсягів бурового шламу та відходів буріння

Розрахунок обсягів відходів, які накопичуються у шламовому амбарі, виконується на стадії проектування з урахуванням геологічних умов та глибини буріння. Обсяги приймаються з резервом (у бік завищення) для уникнення переповнення під час роботи.

Об'єм бурового шламу розраховується по формулі:

$$V_{\text{бш}} = K_p \cdot 0,785 \cdot K_k \cdot D^2 \cdot L, \quad (2.1)$$

де $V_{\text{бш}}$ - обсяг бурового шламу, м³;

K_p - коефіцієнт розуцільнення, 1,2;

$V_{\text{п}}$ – обсяг вибуреної породи, м³;

K_k – коефіцієнт кавернозності;

D - діаметр свердловини, м;

L - довжина інтервалу буріння, м.

Обсяг відпрацьованого бурового розчину визначається відповідно до "Регламент організації робіт з охорони навколишнього середовища при будівництві свердловин".

Об'єм утворення твердої фази відпрацьованого бурового розчину визначається за формулою:

$$V_{\text{обр}} = 1,2 \cdot V_{\text{п}} \cdot K_1 + 0,5 \cdot V_{\text{ц}}, \quad (2.2)$$

де: $V_{\text{обр}}$ - обсяг відпрацьованого бурового розчину, м³; $V_{\text{п}}$ - обсяг свердловини, м³;

K_1 - коефіцієнт, що враховує втрати бурового розчину, що йде зі шламом при очищенні на вібросит - 1,052;

$V_{ц}$ - обсяг циркуляційної системи бурової установки згідно [15]. Маса відпрацьованих бурових розчинів визначається по формулі:

$$M_{обр} = \rho \cdot V_{обр}, \quad (2.3)$$

Бурові стічні води утворюються на віброситах при промиванні породи, що витягується із свердловини, охолодженні бурових насосів, змивці бурового розчину, розлитого при виконанні спускопідйомних операцій.

Загальний обсяг відходів (V), що накопичуються в шламовому амбарі за весь період будівництва розвідувальної свердловини, розраховується за формулою:

$$V = V_{бш} + V_{обр} + V_{бсв} \cdot 1,1, \quad (2.4)$$

де $V_{бш}$ - обсяг бурового шламу, m^3 ;

$V_{обр}$ - обсяг відпрацьованого бурового розчину, m^3 ;

$V_{бсв}$ - обсяг бурових стічних вод, m^3 .

3. Моніторинг технічного стану амбару

Моніторинг шламових амбарів проводиться на всіх етапах їх життєвого циклу – від заповнення до рекультивації. Він включає:

1. Візуальний контроль стану гідроізоляції, укосів, дамб і переливних пристроїв;
2. Інженерно-геологічний моніторинг – контроль за осіданням ґрунтів і стійкістю схилів;
3. Гідрогеологічний контроль – спостереження за станом підземних вод через мережу моніторингових свердловин (визначення хімічного складу, вмісту солей, нафтопродуктів, важких металів);
4. Екологічний моніторинг повітря та поверхневих вод у межах санітарно-захисної зони;

5. Лабораторний аналіз проб бурових відходів для визначення токсикологічних показників згідно з ДСТУ 3910-99 та ДСТУ ISO 5667-10:2005.

За результатами моніторингу складається акт технічного стану амбару, у якому фіксуються:

- відхилення від проєктних параметрів;
- обсяги накопичених відходів;
- технічний стан гідроізоляційних матеріалів;
- рекомендації щодо ремонтних або утилізаційних робіт.

4. Екологічна безпека під час експлуатації

З метою запобігання негативному впливу на довкілля в процесі експлуатації амбару необхідно:

- забезпечити відведення дощових і талих вод за межі амбару;
- запобігати переповненню ємності шляхом періодичного контролю рівня шламу;
- проводити регулярне ущільнення осаду для зменшення його об'єму;
- уникати потрапляння сторонніх матеріалів або побутових відходів до амбару;
- організувати щорічну перевірку герметичності гідроізоляційних систем.

Усі дані щодо експлуатації, моніторингу та утилізації відходів заносяться до Журналу обліку шламових амбарів, форма якого узгоджується з вимогами Порядку ведення екологічного контролю за відходами буріння (Постанова КМУ №446 від 13.03.2022 р.).

2.4 Рекультивація територій після використання шламових амбарів

Після завершення робіт по буріння виробляється рекультивація, яка включає в себе технічну та біологічну рекультивації.

Для зниження впливу на ґрунтово-рослинний покрив у період рекультивації об'єкта проектом передбачено такі заходи:

- проїзд будівельної техніки допускається лише у межах смуги відведення земель;
- використання справних, пожежобезпечних транспортних та будівельно-монтажних засобів;
- заправка спецтехніки виробляється тільки з автозаправника у спеціально обладнаному місці;
- застосування будівельних матеріалів, які мають сертифікат якості;
- організований збір, зберігання та утилізація виробничих відходів та відходів споживання для виключення можливості забруднення земель.

Земельна ділянка, що відводиться в тимчасове користування, після закінчення робіт рекультивується. Рекультивація земель включає два етапи: технічний і біологічний.

Перед початком робіт з ліквідації шламових амбарів виконуються такі роботи:

- уточнення даних щодо інженерно-технічного стану шламових амбарів (вимірюються параметри – ширина, довжина, висота, протяжність обвалування та перемичок, крутість зовнішніх та внутрішніх укосів);
- проводиться оцінка стану елементів амбарів (наявність опливів, тріщин, промоїн у тілі обвалування тощо);
- відзначається товщина шару води та рідкого шламу, площа поверхні обсохлого шламу, наявність нафтового забруднення, наявність захаращеності та забрудненості амбарів, майданчиків свердловин та прилеглої до них території.

Роботи по технічній рекультивації шламових амбарів включають:

1. осадження твердої фази для прискорення осадження твердої фази використовуються коагулянти (10% розчини $Al_2(SO_4)_3$. Коагулянт вноситься до амбару у вигляді розчину з розрахунку 1,0-1,2 кг на 1 м³ рідини, рівномірно розподіляється по поверхні рідкої фази).

Процес осадження та ущільнення твердої фази протікає 10 днів, при цьому

алюміній переходить у форму нетоксичних та нерозчинних у воді гідроксиду.

2. відкачування рідкої фази. Після всіх робіт підготовчого етапу рекультивації проводиться відкачування рідкої фази з амбару за допомогою агрегату ЦА-320 в автоцистерни з подальшим вивозом на очисні споруди виробничих стоків родовищ.

При значеннях рН рідкої фази в амбарі $< 5,6$ і $> 7,8$ проводять нейтралізацію рідкої фази шламового амбару, з подальшим вивозом на найближчі очисні споруди виробничих стоків.

Нафтопродукти, що є в незначних кількостях у бурових відходах, локалізуються у вигляді плівки на поверхні рідкої фази, яка відкачується і вивозиться на утилізацію.

3. Влаштування геотекстильного полотна. Розмотує рулон упоперек амбару, починаючи з боку кущового майданчика по системі тросів. Довжина смуги геотекстилю повинна дорівнювати ширині амбару з урахуванням укосів, із запасом на його закріплення методом обойми. Укладання наступних смуг проводиться внахлест 0,3 м;

4. Заповнення верхньої частини амбару привізним ґрунтом екскаватором;

5. Засипання і пошарове трамбування або вирівнювання вибоїн, що непередбачено виникли в процесі виконання робіт, бульдозером;

6. Планування верху земляного полотна шламового амбару;

7. Нанесення торфопіщаної суміші 2:1. Привізний ґрунт для рекультивації (пісок) транспортується з кар'єрів, які розташовані на родовищі. Торф використовується після виторфування, виробленого на інших майданчиках родовища

Роботи по біологічній рекультивації шламових амбарів включають:

- передпосівна обробка ґрунти;
- висів і закладення насіння;
- посадку саджанців.

Біологічна рекультивація проводиться в літні час.

Безпосередньо на поверхні земляного полотна шламової амбари проводиться посів трав-меліорантів. Трав'янисті рослини покращують структуру, повітропроникність ґрунтів. вони поглинають біологічно небезпечні продукти розпаду нафти та нафтопродуктів, перешкоджають вимиванню з рекультивованого шару ґрунту елементів мінерального живлення. Кореневі виділення та продукти розкладання трав сприяють розвитку багатовидової ґрунтової біоти, що сприяє самоочищенню ґрунтів.

Для попередження нерівномірного та зайвого заглиблення насіння при сівбі відразу після боронування проводиться коткування котками вагою 75 - 100 кг.

2.5 Висновки до розділу 2

1 Шламові амбари є ключовим елементом екологічної безпеки бурових робіт, оскільки забезпечують локалізацію, тимчасове зберігання та часткову утилізацію бурових відходів без потрапляння забруднюючих речовин у навколишнє середовище. Найефективнішими вважаються двосекційні земляні амбари з гідроізоляцією, що дають змогу здійснювати попереднє відстоювання та мінімізувати фільтраційні втрати.

2 Проектування й будівництво шламових амбарів повинно здійснюватися відповідно до чинних нормативів України (ДБН, ДСТУ, Закон України «Про відходи»), з урахуванням гідрогеологічних умов, обсягів бурових робіт і вимог екологічної безпеки. Використання сучасних гідроізоляційних матеріалів і моніторингових систем суттєво знижує ризики забруднення ґрунтів та підземних вод, забезпечуючи надійність споруди протягом усього терміну експлуатації.

3 Ефективна експлуатація шламових амбарів ґрунтується на систематичному контролі технічного стану споруди, цілісності гідроізоляції та веденні екологічного моніторингу. Дотримання вимог ДСТУ ISO 14001:2015 та ДСТУ 8750:2017 забезпечує зменшення ризику потрапляння бурових відходів у

навколишнє середовище та підвищує екологічну безпеку бурових робіт.

4 Регулярний технічний, гідрогеологічний і екологічний моніторинг дозволяє своєчасно виявляти дефекти гідроізоляції, осідання ґрунтів або порушення герметичності. На основі результатів спостережень складається акт технічного стану амбару, що є підставою для планування ремонтних або рекультиваційних робіт, спрямованих на продовження терміну безпечної експлуатації.

5 Дотримання режиму експлуатації, запобігання переповненню, відведення поверхневих вод і ведення облікової документації згідно з постановою КМУ №446 від 13.03.2022 р. забезпечують мінімізацію впливу бурових відходів на довкілля та формують основу для подальшої безпечної рекультивації територій.

РОЗДІЛ 3 УДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДІВ ГІДРОІЗОЛЯЦІЇ ТА ПОВОДЖЕННЯ З ВІДХОДАМИ БУРІННЯ

3.1 Варіанти поводження з відходами буріння та їх екологічна оцінка

Будівництво свердловин для пошуку, розвідки та видобутку нафти й газу неминуче супроводжується утворенням значних обсягів бурових відходів – бурового шламу (БШ), відпрацьованого бурового розчину (ОБР) та бурових стічних вод (БСВ). Їх склад і токсичність залежать від типу бурового розчину, геологічних умов і технологічних процесів буріння, тому правильна організація поводження з ними є критично важливою для запобігання екологічному забрудненню.

Основні варіанти поводження з відходами буріння включають:

1. Вивезення та централізоване розміщення на спеціалізованих полігонах.

Найпоширеніший традиційний метод, що передбачає транспортування бурового шламу та відпрацьованого розчину на промислові полігони або підприємства з обробки відходів. Бурові стічні води (БСВ) підлягають очищенню та утилізації відповідно до вимог екологічного законодавства. Екологічна оцінка: метод забезпечує локалізацію забруднення, проте супроводжується високими логістичними витратами, ризиком вторинного забруднення під час транспортування та значним споживанням територій під полігони.

2. Утилізація (переробка) бурових відходів. Використовуються технології механічного, фізико-хімічного або термічного очищення бурового шламу та розчинів. Отримані продукти переробки можуть застосовуватись для:

- рекультивації земель і технічного відновлення родючого шару;
- відсіпання бурових майданчиків, під'їзних шляхів або дамб;

– використання як вторинної сировини в будівельних матеріалах (після стабілізації). Екологічна оцінка: утилізація є екологічно доцільною, оскільки зменшує кількість небезпечних відходів і сприяє повторному використанню ресурсів, проте вимагає сучасного обладнання та попередньої оцінки токсикологічних властивостей шламу.

3. Тимчасове розміщення у шламових амбарах (шламонакопичувачах). Відходи буріння накопичуються безпосередньо на буровому майданчику в спеціально облаштованих амбарах, що дозволяє здійснювати попереднє відстоювання, часткове зневоднення та очищення. Після завершення буріння амбари підлягають очищенню, а ділянки – рекультивації. Екологічна оцінка: метод зручний у технологічному плані, але при відсутності ефективної гідроізоляції існує високий ризик інфільтрації токсичних компонентів у ґрунті та підземні води. Тому сучасні проекти передбачають використання багат шарових ізоляційних систем – глиняних екранів, геомембран або бентонітових матів.

4. Рециркуляція бурового розчину та води. Часткове або повне очищення відпрацьованого бурового розчину за допомогою вібросит, центрифуг, дегазаторів і хімічних реагентів з подальшим повторним використанням у процесі буріння наступних свердловин. Екологічна оцінка: найбільш ефективний з погляду ресурсозбереження та зменшення утворення відходів, але потребує впровадження закритих систем очищення та спеціалізованих установок для регенерації компонентів розчину.

5. Інноваційні методи поводження з буровими відходами. До сучасних напрямів належать плазмова деструкція, термічна нейтралізація, біотехнологічна рекультивація, використання сорбентів і полімерних стабілізаторів. Такі методи дозволяють досягти практично повного знешкодження шкідливих компонентів і відновлення екологічного стану територій.

Раціональне поводження з буровими відходами повинно базуватись на принципах ієрархії поводження з відходами – запобігання, мінімізація, повторне

використання, утилізація, безпечне захоронення. Впровадження технологій замкненого циклу буріння, систем очищення та повторного використання бурових розчинів дозволяє значно знизити антропогенне навантаження на довкілля, скоротити обсяги небезпечних відходів і забезпечити відповідність вимогам міжнародних стандартів, таких як ISO 14001:2015 та ДСТУ 8750:2017.

3.2 Хімічний склад бурового шламу та його вплив на довкілля

Нафтова промисловість є одним із затребуваних виробництв світової економіки. Але, як і будь-яке виробництво, воно утворює велику кількість відходів. При видобутку, транспортуванні, переробці нафти, повз кінцеві нафтопродукти, залишається частина не перероблених фаз нафти.

Ці відходи, за своєю природою токсичні, через вміст нафти. Попадання в навколишнє середовище, нафту впливає на тваринний світ та рослини, людей.

Федеральний класифікаційний каталог відходів поділяє нафтові відходи по класам на 3 і 4 клас небезпеки. Виходячи з змісту в відході нафти, відповідно 15 % і більше відноситься до помірного, 3 класу небезпеки.

Відходи, що містять нафтопродукти або утворюють при технологічному процесі з нафтопродуктами та нафтою, називаються бурові шлами. Бурові шлами – це фізико-хімічні речовини, що мають складну структуру, що складаються з нафти та нафтопродуктів, механічних домішок, мінералізованої води. Співвідношення речовин може бути різним через природу походження.

Бурові шлами є досить стійкою трикомпонентною системою: олія – вода – важка домішка. При тривалому зберіганні у відкритих амбарах, шлам утворює шари, при якому верхній шар через низьку щільність - нафтозамазучений шар, середній шар складається з мінералізованої води, нижній шар, донний мул або донний осад. Властивості шарів шламу в амбарі представлені в таблиці 3.1

Таблиця 3.1 - Властивості шарів шламу

Параметр	Верхній шар	Середній шар	Нижній шар
Щільність, г/м ³ при 20 °С	0,885-0,988	0,988-1,05	1,05-1,53
Зміст води, %	≤ 20	≈90 %	≈35
Зміст нафти, %	81-98	≤ 10	10-44

Як видно з таблиці, верхній шар за властивостями близька до сирій початкової нафти, але під впливом атмосферних опадів сонячних променів випаровуються легкі фракції нафти, води, шлам перетворюється на пастоподібну менш в'язку форму.

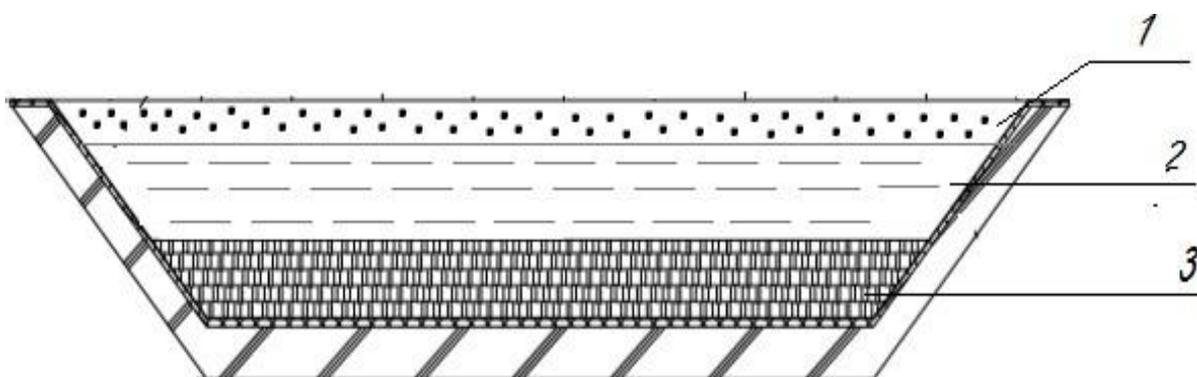


Рисунок 3.1 - Поділ шламу по шарам

1. нафтозамазувальний шар; 2. водо-мінералізований шар; 3. донний осад

У залежності від сезонних температур, фізико-хімічних властивостей шламових амбарів, атмосферних опадів, розташування та потужність плаваючих водонафтових шарів може змінюватися по порах року.

за повз зміст нафти в бурових шламах міститься безліч важких металів. Це з вмістом у бурових шламах відпрацьованих бурових розчинів при видобутку на свердловині нафти, як і хімічних компонентів під час переробки нафти. У таблиці 3.2 представлений компонентний склад важких металів, що містять бурові шлами.

Таблиця 3.2 – Кількісне утримання важких металів у бурових шламах у %

№ проби	Fe 10 ⁻¹	Zn 10 ⁻³	V 10 ⁻³	Ni 10 ⁻²	Cu 10 ⁻⁴	Cr 10 ⁻³	Mn 10 ⁻⁴
1	2,8	4,7	9,5	4,2	1,3	1,8	2,4
2	2,5	4,3	9,2	2,8	1,9	1,6	3,2
3	2,7	3,2	4,3	1,4	3,4	2,4	1,3
4	1,8	3,6	8	3,2	4,2	0,8	1,7
5	3	2,9	5,4	6,4	3,4	1,9	3,5
6	3,5	3,2	7,3	4,3	2,5	1,5	1,8

Як видно з таблиці, у бурових шламах містяться токсичні важкі метали великої кількості. Повз метали в бурових шламах міститься велика кількість сірки, хлоридів.

На підставі комплексних фізико-хімічних досліджень встановлено, що бурові шлами містять у складі значну кількість нафтопродуктів, які є переважно важкими фракціями нафти.

Вплив бурового шламу на природні компоненти середовища обумовлено токсичністю вуглеводнів, що видобуваються, та їх супутників, великою різноманітністю хімічних речовин, що використовуються в технологічних процесах, недостатньою екологічною безпекою процесів.

Для забруднюючих речовин, присутніх у нафтовідходах, характерна висока розчинність у воді та леткість, крім того, вони є розчинниками і можуть концентрувати інші речовини. Все це становить небезпеку контакту нафтовідходів з природним середовищем, особливо з екологічними системами. У санітарно-гігієнічному відношенні бурові шлами є слабоакумулюючими речовинами, що викликають незначні пошкодження клітин печінки та серця.

При техногенному впливі нафтовідходів проявляється значна зміна природного стану геоекологічного середовища, зниження його природної захищеності підземних вод, активізація геохімічних та геомеханічних процесів, зміна природного мікробіоценозу.

Зі вмістом легких фракції корелюють інші характеристики нафти: асфальтенів, кількість смол та вуглеводневий склад. З зменшенням вмісту легкої фракції її токсичність знижується, але зростає токсичність ароматичних сполук, відносний вміст яких зростає.

Накопичення рідких нафтових відходів на виробничих територіях може призвести до інтенсивного забруднення ґрунту, повітря та ґрунтових вод.

Забруднення повітря відбувається внаслідок випаровування вуглеводнів від поверхні шламового амбару, ґрунт забруднюється за рахунок зливу з амбарів надлишку мінералізованої води з великою концентрацією хлоридів та сульфатів, що не безпечно для верхніх прісноводних горизонтів.

Вегітаційно-польовими дослідженнями представлено, при попаданні в ґрунт нафтошляму, які містять шкідливі токсичні для землі ґрунтів сольові компоненти (іони хлору, натрію, сульфат-іони, гідрокарбонат-іони), нафта і нафтопродукти, які різко погіршують усі властивості ґрунтів і помітно зменшується врожай. сільгоспкультур. Було показано, що при вмісті у складі шламу більше 15% нафти і нафтопродуктів навіть на родючих чорноземах врожайність сільгоспкультур падає практично до нуля, і ґрунт не відновлюється на протязі від 3 до 6 років.

При попаданні нафти в ґрунтогрунти у ґрунтовому покриві відбуваються зміни, що призводять до погіршення найважливіших фізико-хімічних показників. Найбільш суттєві зміни спостерігаються у морфологічних властивостях ґрунтів. Внаслідок закупорки капілярів ґрунту нафтою сильно порушується аерація, створюються анаеробні умови, порушується окислювально-відновний потенціал.

Граничний вміст нафти та нафтопродуктів у ґрунті не повинен перевищувати 0,1 г/кг ґрунту. У разі перевищення, очікується прояв згубної дії, вказаного токсиканту на ґрунти, у рослинному співтоваристві відзначається мутогенез.

Таким чином, з представлених даних видно, що нафтовмісні відходи становлять надзвичайну небезпеку для природних систем. Звідси випливає, що необхідно суворо контролювати вміст нафтопродуктів у навколишньому

середовищі, а при розміщенні таких відходів особливу увагу приділяти таких токсичних компонентів, парафінів нафт, смол, іонів важких металів і хлоридів.

Складність у тому, що немає певного єдиного складу бурового шламу. Склад бурового шламу залежить від походження, від родовища видобутку нафти, від «старіння» в амбарі під впливом температур, опадів, тиску.

При класифікації необхідно виявити загальні властивості бурового шламу. Але, як показано практика, склад бурового шламу варіюється. Виходячи з цього відсутня єдина затверджена класифікація. При різній класифікації можна буде поєднати по одиничних властивостях бурового шламу. Класифікація за агрегатним стану нафтовідходів представлена на рисунку 3.2.

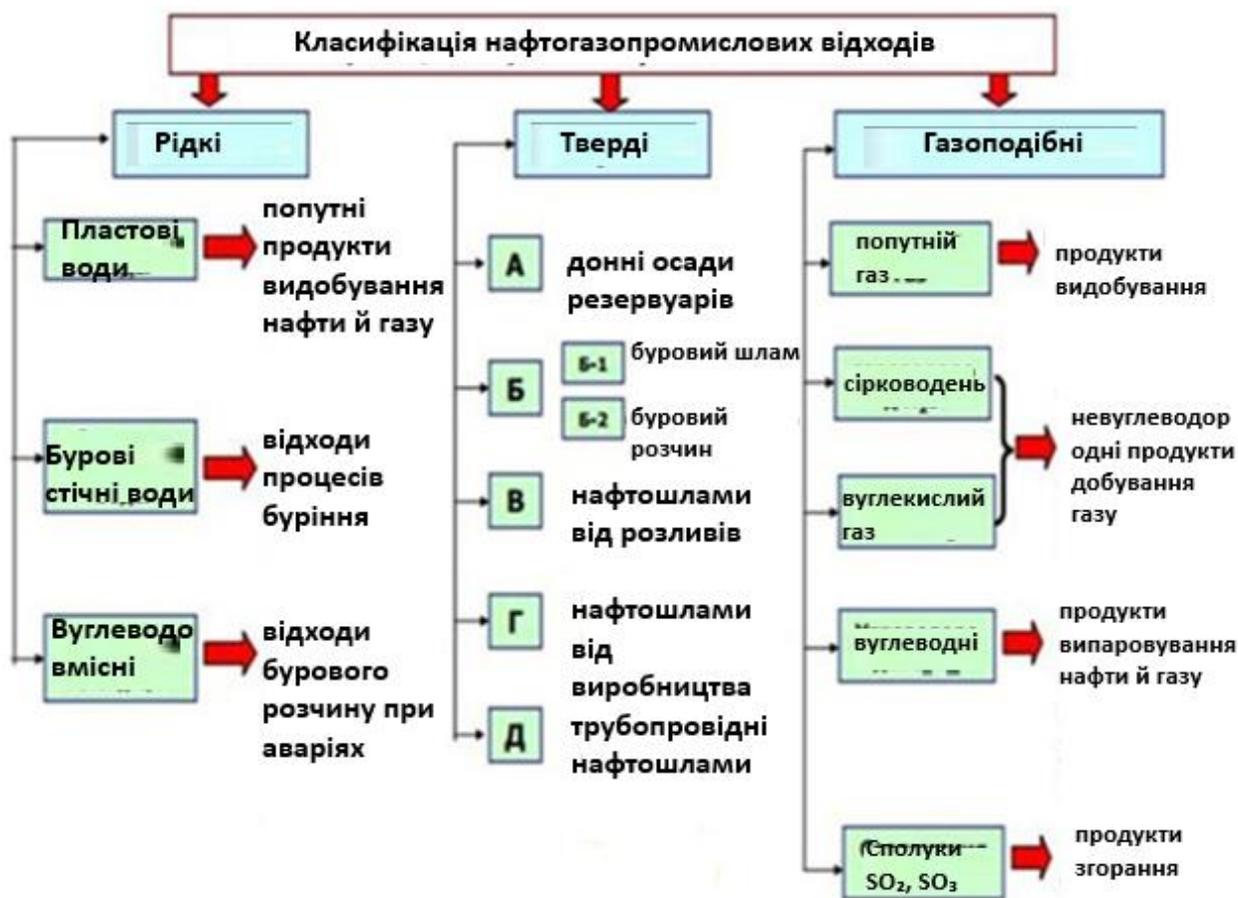


Рисунок 3.2 - Класифікація бурових шламів по агрегатному станом

Але при зберіганні бурового шламу в амбарі, легкі фракції нафти випаровуються і випаровуються в атмосферу, важкі парафінові фракції осідають у нижні шари.

3.3 Методи знешкодження, транспортування і переробки бурових відходів

Вивезення та розміщення БШ та ОБР, а також очищення БСВ на спеціалізованому підприємстві передбачає наявність у відносній близькості від району проєктованих робіт спеціального полігону для розміщення промислових відходів та підприємства з очищення стічних вод. У разі відсутності спеціальних полігонів та підприємств із очищення стічних вод, які здатні прийняти відповідні обсяги відходів буріння, такий варіант поводження з відходами розглядати не варто.

Відомі спеціальні методи та технології переробки БШ та ОБР призначаються, в першу чергу, для БШ, які відносяться до класу небезпеки вище IV, містять нафтопродукти вище встановлених нормативів, продукти відпрацювання свердловин та інших небезпечних речовин.

Технології, які використовуються для перетворення відходів на корисні продукти, зазвичай, вимагають великих витрат як матеріальних, так і енергетичних порівняно з економічним ефектом від підсумкового використання продукту, що є результатом переробки відходів. Пропоновані на ринку технології в кінцевому підсумку призводять або до утворення значної кількості вторинних відходів від знешкодження бурових шламів, які в свою чергу визначають необхідність планування самостійних способів поводження з цими відходами, або утворення таких обсягів продукції, які не можуть бути затребувані і розміщуються в навколишньому середовищі навалом без місця розміщення, або вимагають необґрунтовано високих витрат матеріальних і фінансових коштів. Для знешкодження БШ та ОБР буде потрібно їх вивезення на спеціалізовані підприємства, які мають установки з переробки шламів, або транспортування на майданчик будівництва громіздких і складних у конструктивному виконанні установок для утилізації відходів.

Транспортування відходів буріння спричинить додаткове навантаження на природні системи район будівництва (викиди в атмосферу від працюючого

транспорту, посилення фактора постійного занепокоєння тваринного світу та ін.). У зв'язку з вищевикладеним, метод переробки бурового шламу та відпрацьованого бурового розчину для отримання продукції, доцільний з огляду його економічною і екологічною неефективності і не розглядається як оптимальний варіант

Буровий шлам, що надходить у шламову амбаріву, складається з ВП, зволоженою буровим розчином. Гірська порода руйнується та подрібнюється за допомогою породоруйнуючого інструменту (бурового долота) та виноситься на денну поверхню буровим розчином. Потім, після відкачування стічних вод зі шламового амбаріву здійснюється консолідація бурового шламу.

Можливість розміщення бурового шламу та відпрацьованого бурового розчину в шламових амбаріву обґрунтовується їх малою небезпекою для навколишнього природного середовища (як правило бурові шлами та відпрацьовані бурові розчини відносяться до IV класу небезпеки). При реалізації наміченої діяльності з будівництва та експлуатації шламової амбаріву передбачається низка обов'язкових заходів щодо безпеки щодо запобігання забруднення компонентів довкілля. За умови виконання проектних рішень та передбачених заходів щодо захисту навколишнього середовища, подальше будівництво і експлуатація шламового амбаріву не припускає порушення екологічної ситуації загалом .

Перевага такого методу з точки зору екології підтверджена багаторічною практикою застосування технології знешкодження (затвердіння за допомогою цементу або цементного пилу) відходів буріння та подальшого їх розміщення в шламовому амбаріву, а також показниками моніторингу, які свідчать про відсутність негативного впливу на навколишнє середовище.

Бурові стічні води рекомендується очищати із застосуванням коагулянту та методу гравітаційного очищення (відстоювання). Після цього проводиться відкачування освітленої рідкої фази з шламонакопичувача в проміжну ємність, де здійснюється нейтралізація кальцинованої содою. очищені води можуть бути перевезені на інші будівельні майданчики та використані у технологічному

процесі.

Виходячи з представлених вище варіантів поводження з відходами буріння, слід висновок, що найбільш прийнятним, як з економічної, так і з точки зору екології є варіант при якому БШ та ОБР розміщуються в шламовому амбарі з подальшою рекультивацією. БСВ рекомендується очищати та використовувати в технологічному процесі будівництва наступних свердловин. Також необхідно зазначити, що згідно з РД 39-133-94 "Інструкція з охорони навколишнього середовища при будівництві свердловин на нафту і газ на суші", при спорудженні шламонакопичувача та при поводженні з відходами буріння повинні бути враховані всі природоохоронні аспекти.

3.4 Матеріали для гідроізоляції шламових амбарів: характеристика та порівняльний аналіз

У багатьох довідкових виданнях основне призначення шламових амбарів або шламосховищ позначено як збирання та зберігання рідких відходів, стічних вод та шламу, які утворюються в ході буріння свердловини. Насправді, основне призначення цих озброєнь полягає в захисту довкілля. Враховуючи, що шламова амбарівка – це чудовий могильник для відходів, отриманих у ході буріння, їх будівництво має бути проведене з урахуванням усіх нормативів та правил, які сьогодні передбачаються як вітчизняними, так і міжнародними стандартами. Потрібна надійна та ефективна ізоляція шламосховища за допомогою найсучасніших гідроізоляційних матеріалів. Щоб токсичні речовини не потрапили в ґрунтові води та ґрунт, треба уникати фільтрації рідкої шламової фази.

Матеріали для створення протифільтраційного екрану в шламових амбарівках повинні характеризуватись високими механічними та гідроізоляційними властивостями у поєднанні з хімічною стійкістю до кислот та лугів.

Розглянемо найпоширеніші способи гідроізоляції при будівництві

шламових амбарів.

У низці регіонів застосовується глинізація дна і стін сховищ – штучне заповнення глиною порожнин і великих тріщин у масиві порід чи ґрунті. Цей спосіб був запропонований і здійснений в СРСР ще в 1928 році, і з давніх-давен його продовжують застосовувати на території країни. проте глинізація не дає належного результату, до того ж цей спосіб досить трудомісткий та нетехнологічний.

Варто зазначити, що у радянський період поняття «захист навколишнього середовища» не було поширене. Тому протікання амбарів -відстійників сприймалося не як загроза екології, а як супутні витрати виробництва.

Порівняно новим матеріалом для гідроізоляції басейну-відстійника є геомембрана.

Вона поділяється за типом сировини на геоплівку, виготовлену з поліетилену низького тиску та високої щільності (HDPE або ПНД) та геоплівку, виготовлену з поліетилену високого тиску та низької щільності (LLDPE або ПВД).

Геомембрана HDPE (Hi Density Polyethylene) характеризується підвищеною міцністю та стійкістю до агресивних хімічних речовин, що дозволяє використовувати геоплівку ПНД на рівних підставах великої площі: полігонах побутових та промислових відходів (твердих та рідких), захисту поверхонь з будь-якого матеріалу, зведення резерву.

97,5% геомембрани HDPE становить поліетилен високої щільності, 2,5% доводиться на сажаю, антиокислювачі і стабілізатори високої температури

Геомембрана LLDPE (Linear Low-Density Polyethylene) має більшою еластичністю, що зберігається навіть при дуже низьких температурах, і використовується для будівництва на слабких основах і ґрунтах, що просаджують, в районах сейсмічної активності, а також для забезпечення гідроізоляції підземних об'єктів.

Використання геомембрани LLDPE у заходах, пов'язаних з розміщенням та утилізацією відходів, забезпечує повну локалізацію токсичних речовин в

певною зоні і запобігання їх проникнення у доквілля, а відповідно і негативного впливу на екологію.

За всіх своїх переваг вона не позбавлена недоліків. Ці недоліки носять порівняльний характер - при використанні матеріалу припустимо, у ландшафтному будівництві вони не матимуть такого критичного значення, як при використанні в промислових проектах. Інший приклад: порушення гідроізоляції штучного ставка не призведе до таких значних негативних наслідків для навколишнього середовища, як порушення гідроізоляції шламового амбаріва.

Основним недоліком геомембран як гідроізоляція при будівництві шламового амбаріва є багатоетапний монтаж. Спочатку необхідно провести підготовчі роботи та планування поверхні. Потім потрібно створити та ущільнити піщану подушку. На подушку укладається геотекстиль. І тільки після цього проводиться укладання геомембрани. У деяких випадках для додаткового захисту гідроізоляції поверх неї укладається шар щебеню.

Багатоетапність значно збільшує час проведення робіт та їх вартість. Необхідність використовувати додаткові рулонні та насипні матеріали (доставка яких може виявитися скрутною, особливо якщо йдеться про шламосховище поруч із буровою вежею) додатково підвищує вартість. І чим складніший процес, тим вища ймовірність помилки.

Технологія укладання геомембрани:

- підготовка поверхні до укладання геомембрани (корчовка пнів, вирубування чагарника);
- планування поверхні, копка котловану при влаштуванні штучного резервуара;
- будову піщаної подушки з наступним ущільненням, монтаж захисного прошарку (геотекстильного полотна товщиною не менше 3мм);
- розподіл рулонів геомембрани по будівельній майданчику;
- зварювання рулонів геомембрани з допомогою гарячого повітря або ручним екструдером;

– перевірка герметичності зварних швів стисненим повітрям чи візуально.

Технічні недоліки у геомембрани також є. Насамперед, це відносно низька міцність на прокол. У геомембрани з лінійного поліетилену низької густини (LLDPE) цей показник дорівнює 800 Н, з поліетилену високої густини (HDPE) - 1150 Н.

Бентонітові мати - рулонний водонепроникний матеріал, який складається з гранул бентонітових глин, що з'єднуються голкопробивним способом.

Бентонітова глина - це матеріал природного походження, який відрізняється тим, що може застосовуватися чи не всюди. основною складовою його є монтморилоніт. Саме завдяки йому вона набуває таких видатних властивостей гідروفільності і набухання.

Крім цього, даний матеріал має такі характеристики:

- очищення води;
- здатність перешкоджати механічному дії;
- прийом будь-якої форми без використання будь-яких складних механізмів;
- затримання не тільки токсинів, але і вологи.

Бентонітовий мат є голкопробивним каркасом із волокон поліпропілену, з тканиною структурою з одного боку, а з іншого – нетканою. Гранули бентоніту рівномірно розподілені між собою та зафіксовані всередині каркасу виробу, як показано на рисунку 3.3.

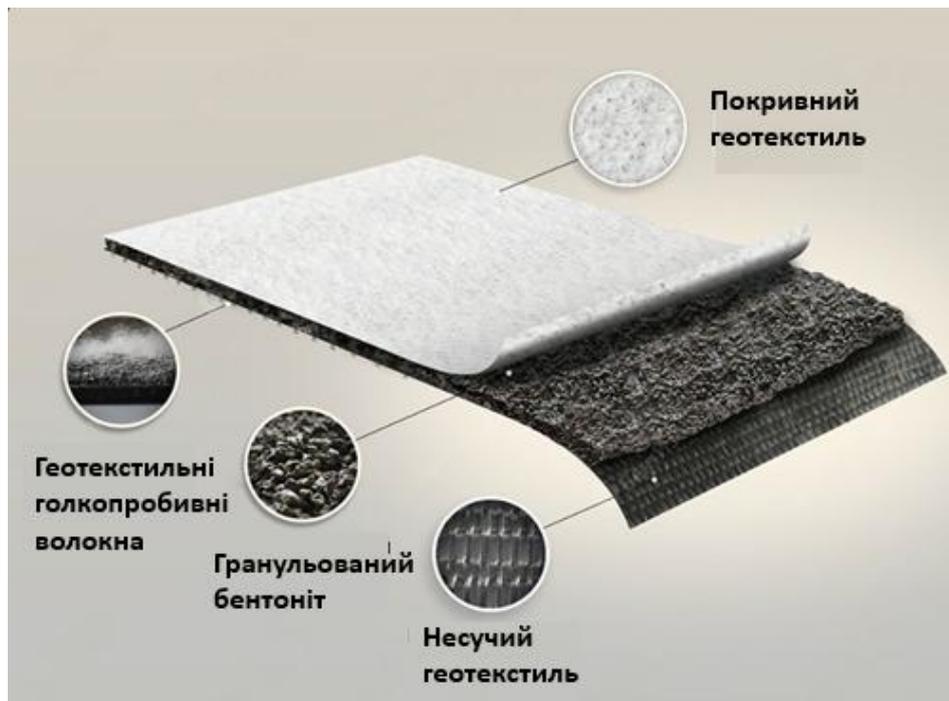


Рисунок 3.3 - Склад бентонітового мату

Переваги:

- вступаючи во взаємодія з водою бентонітова глина збільшує свій обсяг, відновлюючи при цьому гідроізоляційні властивості при будь-яких механічних ушкодженнях (проколи, проростання тощо);
- протифільтраційний екран, виконаний з бентонітових матів, має вищі гідроізоляційні властивості на відміну від екранів з полімерних геомембран, коефіцієнт фільтрації 10⁻¹¹-10⁻¹² м/сек. характеризує досить низьку водопроникність;
- бентонітові мати витримують гідростатичний тиск до 7 атм, при укладанні по них може пересуватися важка техніка;
- природна бентонітова глина, яка є основним унікальним компонентом гідроізоляційного матеріалу;
- досить велика економія часу, коштів та трудових ресурсів (при більшою ефективності гідроізоляції) в порівнянні з іншими аналогічними матеріалами обумовлюється простотою технології укладання матеріалу;
- довговічність (період експлуатації бентонітових матів дорівнює строку служби споруди).

3.5 Техніко-економічне обґрунтування вибору матеріалів для гідроізоляції

Матеріали для створення протифільтраційного екрану в шламових амбарах повинні характеризуватися:

- високими механічними і гідроізоляційними властивостями;
- хімічної стійкістю до кислотам і лугам для винятки зараження ґрунту та ґрунтових вод;
- простотою монтажу;
- найбільшою економічною вигодою.

Технічне порівняння типів гідроізоляції ША наведено у таблицях 3.3, 3.4.

Таблиця 3.3 – Технічне порівняння типів гідроізоляції ША

Тип гідроізоляційного матеріалу	Переваги/недоліки матеріалу
Глина	Переваги
	1. Дешевизна матеріалу. 2. Не потрібно кваліфікованих робітників. 3. Висока ступінь гідроізоляційної захисту, за умови якісного виконаного екрана.
	Недоліки
	1. Пристрій не рентабельно, при віддаленості глиняного кар'єру понад 20 км. 2. Пред'являються підвищені вимоги до однорідності і коефіцієнтом ущільнення ґрунту. 3. Термін служби до 5 років з незмінними показниками водопроникності.
	Переваги
	1. Абсолютна ізоляція за умови відсутності дефектів. 2. Гнучкість (Температура склювання -20 °С). 3. Стійкість до хімічному дії. 4. Тріщиностійкість.
	Недоліки

Геосинтетичний матеріал	<ol style="list-style-type: none"> Неминучі дефекти при виробництво, монтажі та експлуатації. Потрібно професійна зварювання швів. Схильна температурним деформаціям при експлуатації та укладання. Додатково потрібно укладання нетканого геотекстиль.
Бентонітові мати	<p>Переваги</p> <ol style="list-style-type: none"> Здатність до «самолікування» ушкоджень при механічних впливах. Необмежену кількість циклів заморожування/відтавання, гідратація/дегідратація. Витримує гідростатичний тиск до 7 атм. Необмежений термін експлуатації. Простота укладання, низькі трудовитрати. Можливість укладання до при температурі до -50 °С.
	<ol style="list-style-type: none"> Можливість руху будівельної техніки і робітників по покладеному матеріалу. <p>Недоліки</p> <ol style="list-style-type: none"> Залежність якості матеріалу від виробника. обов'язкова наявність привантажувального шару з тиском на бентонітовий мат не менше 2кПа.

Таблиця 3.4 – Порівняння показників протифільтраційних екранів

Показник порівняння	Глина	Геосинтетичний матеріал	Бентонітові мати
Матеріал			
Температура монтажу	Не нижче +5°C до +45°C	Не нижче +5°C до +25°C	від -45°C до +45°C
Ступінь гідроізоляційно й захисту	Низька	Висока	Висока
Стійкість при деформаціях споруди	Висока	Низька	Висока
Термін служби ізоляції	До 5 років із постійними показниками водопроникності	10-15 років	Не обмежений *порівняємо з терміном експлуатації споруди
Трудомісткість	Висока	Висока	Низька
Вимоги до кваліфікації	Низька	Висока	Низька
Показник порівняння	Глина	Геосинтетичний матеріал	Бентонітові мати
Матеріал			
робітників			

Економічне порівняння влаштування гідроізоляції ША з геосинтетичних матеріалів та бентонітового мату показано на рисунку 3.4. Глиняний протифільтраційний екран був виключений з подальшого порівняння з огляду на те, що його вартість повністю залежить від віддаленості глиняного кар'єру.

Дані, прийняті для економічного порівняння

- захисний шар пісок - 0,3 м;
- 2 шару геотекстилю (для пристрої гідроізоляції з геомембрани);
- підстилаючий шар піску - 0,1 м (для влаштування гідроізоляції з геомембрани);
- вартість геомембрани завтовшки 1,5 мм з доставкою (площа = 1000 м²);
- вартість бентонітових матів і гранул з доставкою (площа = 1000 м²).

В результаті проведеного техніко-економічного порівняння можна зробити висновки про те, що найбільш високотехнологічним та економічно вигідним гідроізоляційним матеріалом для застосування при будівництві шламового амбару є бентонітовий мат. Він поєднує в собі довговічність мінеральних матеріалів та технологічність полімерних. Незважаючи на те, що бентоніт є природним сорбентом і виконує функції детоксикації, матеріал повністю безпечний як для навколишнього середовища, так і для будівництва. Монтаж матеріалу не потребує спеціальної високої кваліфікації персоналу та дорогого обладнання. Відсутня залежність укладання матеріалу від температурних режимів. Так ж його низька вартість дозволяє суттєво скоротити капітальні вкладення у будівництво, утримання та ремонт споруд.

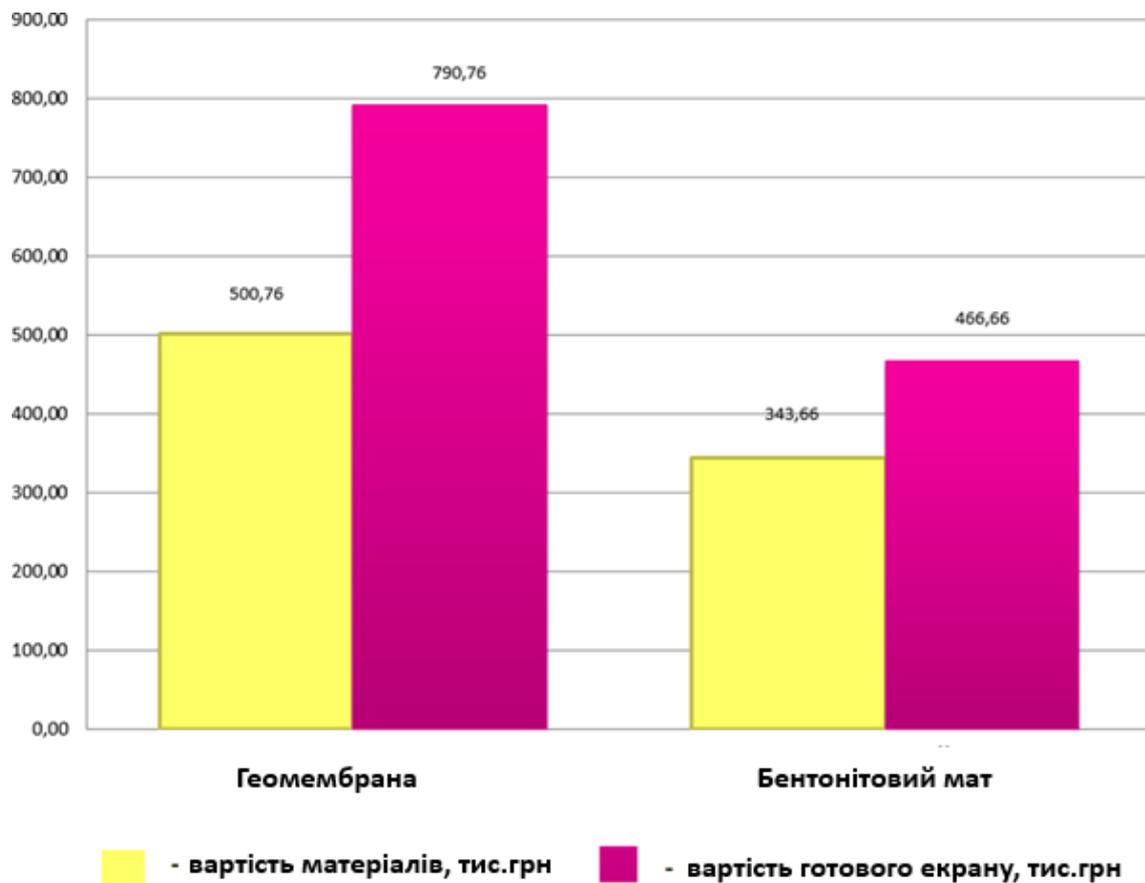


Рисунок 3.4 - Економічне порівняння влаштування гідроізоляції ША з геосинтетичних матеріалів та бентонітового мату

3.6 Висновки до розділу 3

1 Бурові відходи, включаючи шлам, відпрацьований розчин та стічні води, є токсичними та здатні забруднювати ґрунт, воду і повітря. Рациональні методи поводження з ними – утилізація, рециркуляція та сучасні інноваційні технології – дозволяють мінімізувати екологічний вплив та повторно використовувати ресурси. Очищення бурових стічних вод з використанням коагулянтів та гравітаційного відстоювання дозволяє зменшити концентрацію нафтопродуктів до <50 мг/л і повторно використовувати до 80–90% води у технологічному процесі буріння.

2 Хімічний склад бурових шламів, що містить важкі метали, нафтопродукти та солі, робить їх небезпечними для екосистем і сільськогосподарських ґрунтів. Контроль вмісту токсичних компонентів та

використання герметичних амбарів або замкнутих систем очищення є необхідним для запобігання довготривалому забрудненню. Бурові шлами класу IV небезпеки при правильному розміщенні у шламових амбарах із цементуванням забезпечують стабільність концентрацій токсичних компонентів на рівні <10% від гранично допустимих значень у ґрунті протягом 10 років.

3 Найбільш ефективним та екологічно прийнятним методом поводження з буровими відходами є розміщення БШ та ОБР у шламових амбарах із подальшою рекультивацією, а очищення БСВ та повторне використання у технологічному процесі дозволяє зменшити негативний вплив на довкілля і уникнути додаткового навантаження під час транспортування. Використання шламових амбарів дозволяє локалізувати понад 95% відходів буріння та зменшити викиди нафтопродуктів у ґрунт та воду до рівня <5 мг/л.

4 Використання сучасних гідроізоляційних матеріалів, таких як геомембрани (HDPE, LLDPE) та бентонітові мати, забезпечує надійний захист шламових амбарів від фільтрації токсичних речовин у ґрунт та підземні води. Зокрема, коефіцієнт фільтрації бентонітових матів становить 10^{-11} – 10^{-12} м/с, що забезпечує практично повну локалізацію токсичних компонентів, а їх експлуатаційний термін необмежений.

5 Техніко-економічний аналіз показав, що бентонітові мати є найбільш ефективним матеріалом для гідроізоляції шламових амбарів, оскільки поєднують довговічність (термін служби споруди), високу гідроізоляційну здатність (низький коефіцієнт фільтрації), стійкість до механічних впливів (витримують гідростатичний тиск до 7 атм) і широкий температурний діапазон монтажу (від -45 °C до $+45$ °C).

6 Використання бентонітових матів забезпечує економічну вигоду завдяки простоті монтажу (низька трудомісткість), відсутності потреби в спеціальному обладнанні та висококваліфікованому персоналі, а також можливості монтажу при температурах до -50 °C. Це дозволяє скоротити капітальні вкладення у будівництво, утримання та ремонт споруд на 15–20% порівняно з геосинтетичними матеріалами.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

У роботі вирішено важливу науково-технічну задачу забезпечення ефективної та екологічно безпечної гідроізоляції шламових амбарів із використанням сучасних матеріалів і технологій поводження з буровими відходами.

1 Будівництво та експлуатація нафтових і газових свердловин супроводжуються утворенням значних обсягів бурового шламу, відпрацьованих розчинів та стічних вод, що містять токсичні компоненти (важкі метали, нафтопродукти, солі) і можуть забруднювати ґрунти, поверхневі та підземні води. Рациональне поводження з ними — утилізація, рекультивація та повторне використання очищених матеріалів — дозволяє мінімізувати негативний вплив на довкілля. Наприклад, очищення БСВ дозволяє повторно використовувати до 80–90% води та зменшувати концентрацію нафтопродуктів до <50 мг/л.

2 Ефективність шламових амбарів безпосередньо залежить від надійної гідроізоляції. Сучасні матеріали, такі як геомембрани (HDPE, LLDPE) та бентонітові мати, забезпечують багаторівневий захист від фільтрації токсичних речовин у ґрунт і підземні води. Коефіцієнт фільтрації бентонітових матів становить 10^{-11} – 10^{-12} м/с, а геомембрани витримують проколи до 800–1150 Н, що гарантує надійність конструкції при різних механічних навантаженнях.

3 Розміщення бурових шламів та відпрацьованих розчинів у герметичних амбарах із подальшою рекультивацією дозволяє локалізувати понад 95% відходів і зменшити викиди нафтопродуктів у ґрунт і воду до <5 мг/л. Дотримання нормативів (ДБН, ДСТУ, Закон України «Про відходи») та регулярний екологічний і технічний моніторинг підвищують безпеку та довговічність споруди.

4 Техніко-економічний аналіз показав, що бентонітові мати є оптимальним матеріалом для гідроізоляції шламових амбарів. Вони поєднують довговічність (експлуатаційний термін необмежений), високу гідроізоляційну

здатність, стійкість до механічних впливів (витримують гідростатичний тиск до 7 атм) та широкий температурний діапазон монтажу (від $-45\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $+45\text{ }^{\circ}\text{C}$).

5 Простота монтажу, низька трудомісткість та відсутність потреби у спеціальному обладнанні та висококваліфікованому персоналі дозволяють скоротити капітальні витрати на будівництво, утримання та ремонт споруд на 15–20% порівняно з геосинтетичними матеріалами, роблячи їх оптимальним вибором з точки зору техніки, економіки та екології.

6 Комплексний підхід, що включає сучасні гідроізоляційні матеріали, контроль технічного стану амбарів, рекультивацію та повторне використання очищених матеріалів, забезпечує максимальну екологічну безпеку та мінімізацію ризиків забруднення навколишнього середовища протягом усього терміну експлуатації бурових споруд.

GENERAL CONCLUSIONS ON THE WORK

The work solves an important scientific and technical problem of ensuring effective and environmentally safe waterproofing of slurry pits using modern materials and technologies for handling drilling waste.

1 The construction and operation of oil and gas wells is accompanied by the formation of significant volumes of drilling mud, spent solutions, and wastewater containing toxic components (heavy metals, petroleum products, salts) that can contaminate soil, surface water, and groundwater. Rational management of these materials — disposal, reclamation, and reuse of purified materials — minimizes the negative impact on the environment. For example, BSW purification allows up to 80–90% of water to be reused and reduces the concentration of petroleum products to <50 mg/L.

2 The effectiveness of sludge pits directly depends on reliable waterproofing. Modern materials such as geomembranes (HDPE, LLDPE) and bentonite mats provide multi-level protection against the filtration of toxic substances into the soil and groundwater. The filtration coefficient of bentonite mats is 10^{-11} – 10^{-12} m/s, and geomembranes can withstand punctures of up to 800–1150 N, which guarantees the reliability of the structure under various mechanical loads.

3 Placing drilling sludge and spent solutions in sealed barns with subsequent recultivation allows localizing more than 95% of waste and reducing oil product emissions into the soil and water to <5 mg/l. Compliance with standards (DBN, DSTU, Law of Ukraine “On Waste”) and regular environmental and technical monitoring increase the safety and durability of the structure.

4 A technical and economic analysis has shown that bentonite mats are the optimal material for waterproofing slurry barns. They combine durability (unlimited service life), high waterproofing capacity, resistance to mechanical stress (withstand hydrostatic pressure up to 7 atm), and a wide installation temperature range (from –45 °C to +45 °C).

5 Ease of installation, low labor intensity, and no need for special equipment or

highly qualified personnel reduce capital costs for construction, maintenance, and repair of structures by 15–20% compared to geosynthetic materials, making them the optimal choice from a technical, economic, and environmental standpoint.

6 A comprehensive approach, including modern waterproofing materials, monitoring of the technical condition of barns, recultivation, and reuse of cleaned materials, ensures maximum environmental safety and minimizes the risks of environmental pollution throughout the entire life cycle of drilling facilities..

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Білецький В.С. Основи нафтогазової інженерії: підруч. для студ. спец. 185 «Нафтогазова інженерія та технології» / Білецький В.С., Орловський В.М., Вітрик В.Г.; НТУ «ХПІ», ХНУМГ ім. О.М. Бекетова. – Полтава: ТОВ «АСМІ», 2018. – 415 с.
2. Боровик М. В., Гордійчук М. В., Кобзар Ю. Б., Ліхван В. М. Термосолестійкі бурові розчини для буріння глибоких свердловин з АВПТ // Розвідка та розробка нафтових і газових родовищ. – 2013. – № 4(49). – С. 149–158.
3. 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.
4. 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.
5. Ґрунтоцементні сховища для токсичних відходів буріння та експлуатації нафтогазових свердловин [Текст] : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.23.02 / Тимофєєва Катерина Анатоліївна ; Полтав. нац. техн. ун-т ім. Юрія Кондратюка. - Полтава, 2016. - 22 с. : рис., табл.
6. Дослідження впливу на навколишнє середовище місць зберігання нафтошламів: вебсайт: <http://elar.nung.edu.ua/bitstream/123456789/2067/1/1088p.pdf>
7. Дудля М.А. Промивальні рідини в бурінні [Текст] : підруч. для студ. вищ. навч. закл. / М. А. Дудля ; Держ. вищ. навч. закл. "Нац. гірн. ун - т". - Вид. 3-тє, допов. - Д. : НГУ, 2011. - 542 с
8. Загибайло , Г.Т. Промивка свердловин [Текст] / Г.Т. Загибайло, С.М. Башлик . – К.: Знання України, 2006. – 200 с.

9. Зменшення негативного впливу на довкілля відходів діяльності нафтогазового комплексу методом біодеструкції: вебсайт: [http://www.kdu.edu.ua/GV_jurnal/GV_2_2015\(16\)/163.pdf](http://www.kdu.edu.ua/GV_jurnal/GV_2_2015(16)/163.pdf)

10. Класифікатор відходів : вебсайт: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0029588-99#Text>

11. Коровяка Є.А. Прогресивні технології спорудження свердловин: монографія [Електронний ресурс] / Є.А. Коровяка, А.О. Ігнатів ; М-во освіти і науки України, Нац. техн. ун-т «Дніпровська політехніка». Електрон. текст. дані. – Дніпро: НТУ «ДП», 2020. – 166 с.

12. Мислюк , М.А. Буріння свердловин [Текст]: довідник / М.А. Мислюк, І.Й. Рибчич , Р.С. Яремійчук . – К.: Інтерпрес ЛТД, 2002. – Т. 2 . – 303 с.

13. Орловський В. М., Білецький В. С., Вітрик В. Г., Сіренко В. І. Бурові промивальні рідини та тампонажні суміші: Підручник. – Полтава: ПолтНТУ, 2006. – 296 с.

14. Петрук В. Г., Васильківський І. В., Кватернюк С.М., Турчик П.М., Іщенко В.А., Петрук Р.В. Управління та поводження з відходами. Частина 2. Тверді побутові відходи : навч посіб. Вінниця, 2015. - С. 100

15. Політучий О.І. Буріння нафтових і газових свердловин: навч. посібник / О.І. Політучий. – Полтава: НУ «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка», 2021. – 170 с.

16. Промивальні рідини в бурінні: Підручник для студентів спеціальностей 184 «Гірництво» та 185 «Нафтогазова інженерія та технології» / Є.А. Коровяка, Ю.Л. Винников, А.О. Ігнатів, 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.

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

18. Тимофєєва К. А. Спосіб виконання гідроізоляції амбарів-накопичувачів відходів при будівництві свердловин на нафту та газ / К. А.

Тимофєєва // Будівельні матеріали, вироби та санітарна техніка. - 2013. - Вип. 50. - С. 112-117. - Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/bmvs_2013_50_23

19. Яремійчук Р. С., Качмар Ю. Д., Семак О. С. Відкриття, розвідка та експлуатація нафтових і газових родовищ. – Львів: Центр Європи, 2003. – 450 с.

20. Austin E.H. Drilling engineering handbook. Springer Science & Business Media, 2012. 300 p.

21. Bourgoyne A.T., Millheim, K.K., Chenevert, M.E., Young, F.S. Applied Drilling Engineering. Society of Petroleum Engineers, 2014. 1707 p.

22. Caenn R., Darley H.C.H., Gray G.R. Composition and Properties of Drilling and Completion Fluids. Gulf Professional Publishing; 6th edition, 2011. 720 p.

23. Gabolde G., Nguyen J.P. Drilling Data Handbook. Editions Technip; 8th edition, 2006. 600 p.

24. Guan Z., Chen T., Liao H. Theory and Technology of Drilling Engineering. Springer; 1st edition, 2020. 789 p. 27. Lopez J.C., Lopez J.E., Javier F. Drilling and blasting of rocks. CRC Press Taylor & Francis, 2017. 408 p.

25. Jeffery W.H. Deep Well Drilling: The Principles and Practices of Deep Well Drilling, and a Hand Book of Useful Information for the Well Driller. Palala Press, 2018. 538 p. 32.

26. Jiang Zhen, Yun cable. Anshan Iron ore waste rock field ecological environment governance plan and technical method [J]. Jiangxi Journal of Agricultural Sciences. Environ Sci Technol. 2003;37(14):3152–3157

27. Mitchell R.F., Miska S.Z. Fundamentals of Drilling Engineering (Spe Textbook Series). Society of Petroleum Engineers, 2010. 696 p.

28. Ochrona środowiska w aspekcie źródeł energii [Text] / N. Dudła, W. Gorecki, G. Piwniak i inni. – Kraków: Wyd. Tow. Geosynoptyków GEOS, 1996. – 261 s.

29. Sharma K.K., Sharma L.K. A Textbook of Physical Chemistry, 6th Edition. Vikas Publishing, 2016. 864 p.

30. Speight, J.G. Rules of Thumb for Petroleum Engineers. Wiley-Scrivener; 1st edition, 2017. 762 p.