

**Комплексне використання природних ресурсів при видобутку
вогнетривких глин відкритим способом**

ДВНЗ «Донецький національний технічний університет»
Гірничий факультет
Кафедра природоохоронної діяльності

«До захисту
допущено»
Завідувач кафедри
_____ Віктор
КОСТЕНКО
(підпис) (ініціали, прізвище)
“ ____ ” _____ 2023 р.

**ВИПУСКНА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
БАКАЛАВРА**

**на тему: «Комплексне використання природних ресурсів при видобутку
вогнетривких глин відкритим способом»**

Виконав: студент 4 курсу, групи ЕКОз-19

напряму підготовки: 101 Екологія

Владислав ТИМЧЕНКО
(прізвище та ініціали) (підпис)

Керівник доцент., докт.філ. Ольга БОГОМАЗ
(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали) (підпис)

Рецензент _____
(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали) (підпис)

Нормоконтроль:

Олексій
КУТНЯШЕНКО
(підпис)

*Засвідчую, що у цій дипломній роботі немає
запозичень з праць інших авторів без
відповідних посилань.*

Студент _____
(підпис)

Луцьк –2023

Гірничий факультет
Кафедра «Природоохоронна діяльність»
Освітньо-кваліфікаційний рівень - бакалавр
Напрямок підготовки 101 Екологія

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Завідувач кафедри, д.т.н., проф.

_____ Віктор КОСТЕНКО

_____. _____ 2023 року

ЗАВДАННЯ
на кваліфікаційну роботу бакалавра
Владислава ТИМЧЕНКО

1. Тема роботи: «Комплексне використання природних ресурсів при видобутку вогнетривких глин відкритим способом»
керівник роботи доцент., докт.філ. Ольга БОГОМАЗ
затверджені наказом вищого навчального закладу від _____

2. Строк подання студентом роботи . 10.06.2023 р _____

3. Вихідні дані до роботи: інформаційно-аналітичні матеріали Міністерства енергетики та захисту довкілля України та ін. матеріали переддипломної практики.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити): 1.Основні відомості щодо геологічних умов розташування родовищ вогнетривких глин та технології їх розробки. 2. Оцінка негативного впливу гірничодобувних підприємств на довкілля 3. Обрання можливих рішень зі зменшення негативного впливу відкритих гірничих робіт на довкілля.

4. Охорона праці на відкритих гірничих роботах.5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень): презентація на листах формату А4

6. Консультанти розділів проекту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Розділ 1	Ольга БОГОМАЗ		
Розділ 2	Ольга БОГОМАЗ		
Розділ 3	Ольга БОГОМАЗ		
Розділ 4	Ольга БОГОМАЗ		
Додаток А. Охорона праці			
Нормоконтроль	Олексій КУТНЯШЕНКО		

7. Дата видачі завдання 25.04.2022 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Найменування видів робіт	Термін виконання	Форма звітності	Відмітка наукового керівника
Розділ 1	05.05.2023	Рукопис	
Розділ 2	15.05.2023	Рукопис	
Розділ 3	21.05.2023	Рукопис	
Додаток. Охорона праці	27.05.2023	Рукопис	
Оформлення пояснювальної записки	03.06.2023	Рукопис	
Підготовка презентації	07.06.2023	Рукопис	

Науковий керівник
Студент

Ольга БОГОМАЗ
Владислав ТИМЧЕНКО

АНОТАЦІЯ

Владислав ТИМЧЕНКО. Комплексне використання природних ресурсів при видобутку вогнетривких глин відкритим способом. Випускна кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня «бакалавр» за напрямом підготовки 101 "Екологія". – ДВНЗ ДонНТУ, Луцьк, 2023.

Сторінок: 47, 4 ілюстрацій, 31 посилання.

Метою роботи є обґрунтування шляхів зниження негативного впливу на довкілля шляхом комплексного використання природних ресурсів підприємства з видобутку вогнетривких глин.

Об'єкт дослідження - вплив на довкілля кар'єру з розробки родовища вогнетривких глин.

Предмет дослідження - способи і засоби зниження негативного впливу на довкілля технологічних процесів розробки родовищ відкритим способом.

Методи досліджень: при вирішенні задач дослідження використані описовий, статистичний, математичні, картографічний методи досліджень.

Наведено відомості щодо геологічних умов розташування родовища вогнетривких глин та технології його розробки з прогресивною системою виїмки з нутряним утворенням відвалів та внутрішнім сполученням між робочими горизонтами та відвалом. Надано оцінку негативного впливу гірничодобувних підприємств на довкілля. Запропоновано технологічні рішення зі зменшення негативного впливу відкритих гірничих робіт на довкілля, такі що можна виконувати разом з видобутком.

ВОГНЕТРИВКІ ГЛИНИ, ТЕХНОЛОГІЯ ВІДКРИТИХ ГІРНИЧИХ РОБІТ, НЕГАТИВНИЙ ВПЛИВ КАР'ЄРІВ НА ДОВКІЛЛЯ, КОМПЛЕКСНЕ ВИКОРИСТАННЯ РЕСУРСІВ

ABSTRACT

Vladyslav TIMCHENKO. Complex use of natural resources in the production of refractory clays by open method. Graduation qualification work for obtaining a bachelor's degree in the field of study 101 "Ecology". – DVNZ DonNTU, Lutsk, 2023.

Pages: 47, 4 illustrations, 31 references.

The purpose of the work is to substantiate the ways of reducing the negative impact on the environment through the comprehensive use of natural resources of the refractory clay mining enterprise.

The object of the study is the impact on the environment of a quarry for the development of a refractory clay deposit.

The subject of the study is methods and means of reducing the negative impact on the environment of the technological processes of developing deposits by the open method. Research methods: descriptive, statistical, mathematical, cartographic research methods are used to solve research problems.

Information is given on the geological conditions of the location of the refractory clay deposit and the technology of its development with a progressive excavation system with the internal formation of dumps and internal communication between the working horizons and the dump. An assessment of the negative impact of mining enterprises on the environment is provided. Technological solutions to reduce the negative impact of open-pit mining on the environment, which can be implemented together with mining, are proposed.

REFRACTORY CLAYS, OPEN PIT MINING TECHNOLOGY, NEGATIVE IMPACT OF QUARRIES ON THE ENVIRONMENT, COMPLEX USE OF RESOURCES

ЗМІСТ

Розділ	Стор.
Вступ.	
1. Основні відомості щодо геологічних умов розташування родовища вогнетривких глин та технології його розробки	
1.1. Гірничо-геологічні умови залягання шару вогнетривких глин на родовищі	
1.2. Технологія розробки покладу вогнетривких глин на кар'єрі «Центральний»	
1.3. Висновки за розділом	
2. Негативний вплив гірничодобувних підприємств на довкілля	
2.1. Основні види негативного прямого впливу гірничих робіт на компоненти біосфери	
2.2. Основні види негативного опосередкованого впливу гірничих робіт на біосферу	
2.3. Висновки за розділом	
3. Обґрунтування рішень зі зменшення негативного впливу відкритих гірничих робіт на довкілля	
3.1. Способи рекультивації виробленого простору кар'єру	
3.2. Обґрунтування технічних рішень з комплексного використання природних ресурсів при видобутку глин кар'єром «Центральний»	
3.2.1. Використання виробленого простору	
3.2.2. Очищення кар'єрних вод	
3.2.3. Розміщення полігону відходів	
3.3. Висновки за розділом	
4. Охорона праці	
ВИСНОВКИ:	
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ	

ВСТУП.

Спричинені ворожою агресією воєнні дії призвели до значних жертв та руйнувань в Україні, а особливо на Донеччині. Ракетні та бомбові удари стали причиною знищення житла, промислових споруд, об'єктів інфраструктури, понівечені екосистеми. Втрати спричинені обстрілами та боями визначаються сотнями мільйонів гривень, а може мільярдів.

Після нашої перемоги постане важка, але необхідна робота з відновлення городів, населених пунктів, промислових об'єктів, доріг тощо. Що стосується Донбасу, то завдання полягає не в встановленні «всесоюзної кочегарки», а побудови принципово нової соціально-економічної структури. Він, треба припускати, стане регіоном що базується на виробництві сучасних виробів, які базуються на новітніх інноваційних технологіях. Це не повинні бути важкі матеріаломісткі виробничі установки, для побудови яких потрібні значні капітальні витрати, яких нема в країні. Але напрями перспективного розвитку доцільно визначати виходячи з наявності природних ресурсів якими багата Донеччина.

Серед таких ресурсів можна визначити групу сировини для будівельної галузі, наші надра містять значні запаси мергелів - для виготовлення цементу; глини, в тому числі вогнетривких та тугоплавких, - для виробництва цегли, фарфоро-фаянсових та вогнестійких виробів; кварцових пісків – виготовлення скла, тощо. Для післявоєнної розбудови України будівельні матеріали та виробі мають першочергове значення. В зв'язку зі сказаним, питання удосконалення технології прискореної розробки родовищ корисних копалин будівельного призначення є вельми *актуальним*. Слід прийняти до уваги, що такі технології повинні забезпечувати мінімальний вплив на довкілля при умові забезпечення низької собівартості та високої якості продукції.

Метою роботи є обґрунтування шляхів зниження негативного впливу на довкілля шляхом комплексного використання природних ресурсів підприємства з видобутку вогнетривких глини.

Об'єкт дослідження - вплив на довкілля кар'єру з розробки родовища вогнетривких глин.

Предмет дослідження - способи і засоби зниження негативного впливу на довкілля технологічних процесів розробки родовищ відкритим способом.

1. Основні відомості щодо геологічних умов розташування родовища вогнетривких глин та технології його розробки

Взагалі Донбас багатий на корисні копалини [1]. Інформаційні джерела вказують на наявність у надрах різні групи корисних копалин, а саме:

- *Горючі*: антрацит, буре вугілля, кам'яне вугілля; нафта; природний газ; сланцевий газ.
- *Рудні*: боксити, залізні руди; золото; мідні руди.
- *Рідкіснометалічні руди*: ртутні руди; свинець; срібло; сурма; уран; цинк.
- *Нерудні (неметалічні)*: алебастр, гіпс, базальт, вапняк, вохра, глини, граніт, графіт, доломіт, калійна сіль, кам'яна сіль, каолін, кварц, кварцит, кремінь, крейда, мармур, мергель, мінеральні води, пегматит, пісок, пісковик, підземні води, слюда, флюорит, фосфорити.
- *Мінерали*: мінерали породних відвалів, скам'янілості, скам'яніле дерево.

У зв'язку з нанесеною військовими діями шкодою, особливу увагу доцільно звернути на природні ресурси що необхідні для будівництва. Особливо це стосується сировини для будівельної галузі та металургії, особливо тугоплавких та вогнетривких глин. Така продукція користується постійно високим попитом і ціна на неї постійно зростає.

Тугоплавкі глинисті породи за мінеральним складом не витримані: у них присутні каолініт, галуазит, бейделіт, гідрослюди і домішки — кварц, слюда, польовий шпат та інші мінерали. Вміст глинозему в цих породах становить 18-24 %, іноді 30-32 %, кремнезему - 50-60 %, оксидів заліза - 4-6 %, іноді 7-12 %.

Вогнетривкість — властивість матеріалу (виробу) протистояти, не розплавляючись, впливу високих температур. Вогнетривкість є основною характеристикою вогнетривких матеріалів. Вогнетривкість матеріалів у межах температур 1580...2000°C визначають таким способом. З випробовуваного матеріалу виготовляють піроскопи (конуси Зегера), що мають форму трикутних зрізаних пірамід висотою 4-5 см [2]. Піроскоп у вертикальному положенні поміщають на підставці у піч і нагрівають. З підвищенням

температури піроскоп розм'якшується і нахиляється. Температуру, за якої верхній кінець піроскопа торкнеться підставки, називають вогнетривкістю даного матеріалу. Піроскоп нахиляється поступово, оскільки вогнетривкий матеріал є багатокомпонентною системою і під час нагрівання її компоненти розм'якшуються і розплавляються послідовно, починаючи з найбільш легкоплавких.

1.1. Гірничо-геологічні умови залягання шару вогнетривких глин на родовищі

За даними геологічної розвідки встановлено, що доцільним є розробка вогнетривких та тугоплавких глин на родовищі «Центральне» [3,4]. Воно являється складовою частиною Степановско-Бірючської перспективної площі яка розташована в межах північно-західної зони Донецької глиняної формації. Родовище знаходиться в Донецькій області, в плані воно має форму близьку до трапеції з розмірами в середньому 1460×1520 м. Промислові запаси корисних копалин оцінено в 10,3 млн. м³.

Поверхню перспективної ділянки покриває ґрунтово-рослинний шар потужність якого складає не менш 0,5 м. Поверхня родовища має майже горизонтальне розташування. Потужність порід що покривають глиняний поклад становить близько 18,7 м. Міцність покривних порід складає $f=2..3$ за шкалою проф. Протодьяконова. Вони придатні до розробки за допомогою бульдозерів та екскаваторів без проведення буро-вибухових робіт.

Товщина пласта тугоплавких і вогнетривких глин не має витриманого розміру і коливається в межах від 1 до 6 м, середня по площині покладу потужність пласту корисної копалини складає 3,5 м. Він має складну структуру з можливою товщиною шару піску між пластами до 2,5 м. Співвідношення розкривних порід до корисної копалини становить 5,1 м³/м³. Для розробки таких запасів необхідно виконувати селективну виїмку корисних копалин, яку ефективно можна виконувати за допомогою екскаваторами без використання буро вибухових робіт.

Виходячи з гірничо-геологічних умов, родовище має значний коефіцієнт розкриття, що на перший погляд вказує на нерентабельність його розробки, так як необхідно буде витратити значні кошти на розкриття корисних копалин. Така ситуація може призвести до збільшення собівартості видобутої сировини та зменшення конкурентоспроможності на ринку. Проте в сучасних умовах розвитку техніки, а також попиту на високоякісну продукцію із тугоплавких та вогнетривких глин, родовище є перспективним джерелом сировини. Але, зниження собівартості видобутку глин за рахунок комплексного використання природних ресурсів дозволить забезпечити стабільну та ефективну роботу підприємства.

1.2. Технологія розробки покладу вогнетривких глин на кар'єрі «Центральний»

Розробка родовищ вогнетривкої глини зазвичай включає кілька етапів:

Розвідка: це передбачає виявлення потенційних родовищ вогнетривкої глини шляхом геологічних досліджень, буріння та відбору проб.

Видобуток: після визначення родовища глина видобувається різними методами, такими як відкритий видобуток, підземний видобуток або днопоглиблення.

Одним із основних та розповсюджених способів видобутку глинистих покладів є відкритий гірничий видобуток. Цій процес зазвичай включає такі основні кроки:

- *Очищення землі*: перш ніж розпочати видобуток, поверхневий шар землі потрібно очистити від будь-якої рослинності, верхнього шару ґрунту чи інших перешкод, які можуть бути. Після цього родючий шар ґрунту бульдозерами або скреперами переміщують за межі фронту розкривних робіт, щоб не заважали їх веденню. Ґрунти складують для подальшого повернення до виробленого простору кар'єру.

- *Зняття розкривних порід*: після того, як земля очищена, розкривні породи, які є шаром матеріалу, що покриває родовище глини, видаляють. Зазвичай це робиться за допомогою важкої техніки, такої як бульдозери та

екскаватори. Зняття розкривних порід – це процес, який передбачає видалення шару матеріалу, який лежить поверх потрібного ресурсу, наприклад глини, перед тим, як розпочнеться процес видобутку. Розкривні породи можуть складатися з ґрунту, рослинності, гірських порід або інших матеріалів, а їх товщина та склад можуть змінюватися залежно від розташування та геології родовища. Процес розкриття можна проводити різними методами, залежно від розміру покладу та характеру розкривних порід. Серед поширених методів:

- Бульдозерний: бульдозери — це важкі машини, які можна використовувати для штовхання або загібання розкривного матеріалу в одну сторону від зони видобутку.
- Екскаторний: екскаватори — це машини, які використовують гідравлічну потужність для копання та видалення розкривних порід із зони видобутку.
- Вибухові роботи: у деяких випадках можна використовувати вибухові речовини, щоб розбити розкривний матеріал і полегшити його видалення.



Рис. 1.1. типовий вигляд відкритих гірничих робіт з видобутку глини відкритим способом

- *Видобуток глини:* після видалення розкривних порід глина видобувається за допомогою техніки за схемою подібною до розкривних робіт. Видобуту глину транспортують на переробний цех або склад, де її промивають, сушать і обробляють.

- *Реабілітація*: після завершення видобутку землю необхідно відновити до стану, у якому вона була до видобутку. Це передбачає відновлення рослинності, верхнього шару ґрунту та інших елементів ландшафту, які були видалені в процесі видобутку.

Видобуток відкритим способом може бути економічно ефективним способом видобутку великих обсягів глини, але він також може мати значний вплив на навколишнє середовище. Видалення розкривних порід може призвести до ерозії ґрунту, втрати середовища проживання диких тварин і порушення місцевих водних шляхів. Крім того, процес видобутку може викидати пил та інші забруднюючі речовини в повітря та воду. Як результат, від гірничодобувних підприємств часто вимагається розробляти та впроваджувати плани управління навколишнім середовищем, щоб мінімізувати цей вплив і забезпечити стале використання ресурсу.

Розробка родовищ вогнетривкої глини потребує ретельного планування та управління для забезпечення стійкості ресурсу. Необхідно враховувати екологічні аспекти, такі як землекористування, водокористування та управління відходами, а також соціальні міркування, такі як вплив на місцеві громади та культурну спадщину. Крім того, необхідно оцінити економічну життєздатність проекту, беручи до уваги такі фактори, як вартість видобутку, переробки та транспортування, а також ринковий попит на вогнетривку продукцію.

Основні положення проектних рішень щодо розробки родовища кар'єром «Центральний» створено колективом кафедри відкритих гірничих робіт Національного університету «Дніпровська політехніка» [2].

Під час обґрунтування технології відпрацювання даного родовища, виходячи з глибини залягання, розмірів та форми покладів корисної копалини було розглянуто декілька варіантів, але стала потрібною розробка суттєво нового рішення з виконання розробки родовища.

Оптимальним рішенням для розробки даного родовища, за висновком розробників проекту, є схема роботи із внутрішнім відвалоутворенням та внутрішнім сполученням робочих горизонтів з відвалом. Така схема була обумовлена великою площею родовища та незначною потужністю шару

корисних копалин. Поетапне відпрацювання родовища дозволить утримувати незначні площі земельного відводу та проводити рекультивацію відпрацьованих площ при проектній продуктивності по видобутку корисної копалини 300 тис.т/рік [4,5].

Щодо виймально-навантажувального обладнання, то для виконання заданих об'ємів корисних копалин було запропоновано використовувати дизельні екскаватори типу обернена механічна лопата в парі з автомобільним транспортом. Застосування саме такого обладнання в заданих умовах дозволяє ефективно розробляти родовище.

Загальна схема організації розкривних та видобувних робіт надана на рис.1.2.

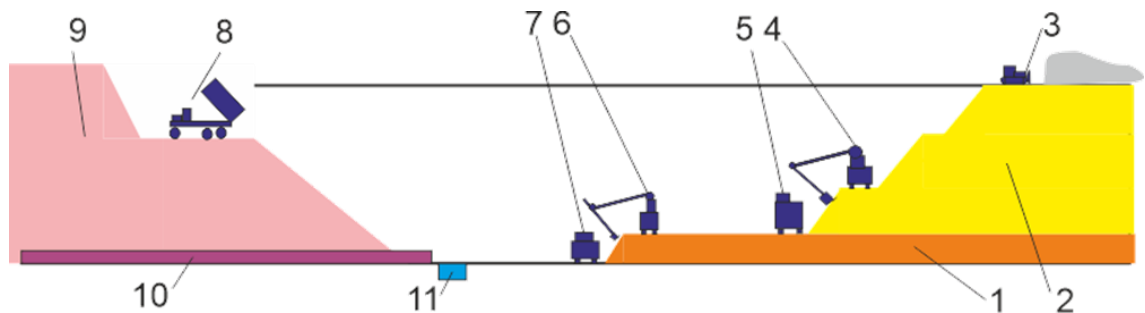


Рис. 1.2. Схема робіт з розкриття та видобутку глини на кар'єрі: 1 - шар корисної копалини; 2 - товща налягаючі порід; 3 - бульдозерне переміщення родючого шару ґрунтів за межі видобувного поля; 4, 6 - екскаватори; 5, 7 - засоби автомобільного транспорту; 8 - відсіпка вскришних порід у виробленому просторі кар'єру; 9 - сформований закладний масив; 10 – відходи четвертого класу токсичності; 11- зумпф

Реалізується така система розробки наступним чином. В першу чергу відбувається технологічна операція очищення землі. Для цього за допомогою бульдозерів типу ДЗ-17 виконують очищення поля від дерев та чагарників, а також інших перешкод (тимчасових будівель, валунів тощо). Потім верхній шар ґрунту товщиною до 0,5 м переміщують до границь видобувного стовпа та розміщують у буртах (3), до періоду рекультивації виробленого простору (див., рис.1.2).

Після очищення землі переходять до розкриття корисної копалини. З допомогою екскаваторів типу Hitachi-450 (4) з ємністю ковшу $4,0 \text{ м}^3$ вибирають породу (2) та навантажують до автосамоскидів типу BELL-B30E (5) що мають вантажопід'ємність 30 т. При початку відпрацьовування першого видобувного стовпа породу відвозять до зовнішнього відвалу. Враховуючи потужність шару вскриши більше 18 м, виїмку виконують, враховуючи розмах стріл екскаваторів, в трьох уступах. Використовуючи екскаватори з більшим об'ємом ковшу, забезпечують випереджаюче просування фронту розкривних робіт щодо очисного, і своєчасну підготовку очисного вибою. Після розвитку робіт в кар'єрі і появи виробленого простору породу розміщують у внутрішньому відвалі (9).

Після того як розкрита поверхня шару глини (1) більша ніж величина заходки $A_{\text{зах}} = 25 \text{ м}$ і на довжину лінії очисних робіт $L_{\text{оч}} = 400 \text{ м}$, починають виїмку глини за допомогою екскаваторів типу CAT-330 D або Hitachi-330 з ємністю ковшів $1,8 \text{ м}^3$. Такий розмір лопати дозволяє вести роздільний видобуток копалини різної якості, а також селективне вибирання піщового прошарку (рис.1.3).

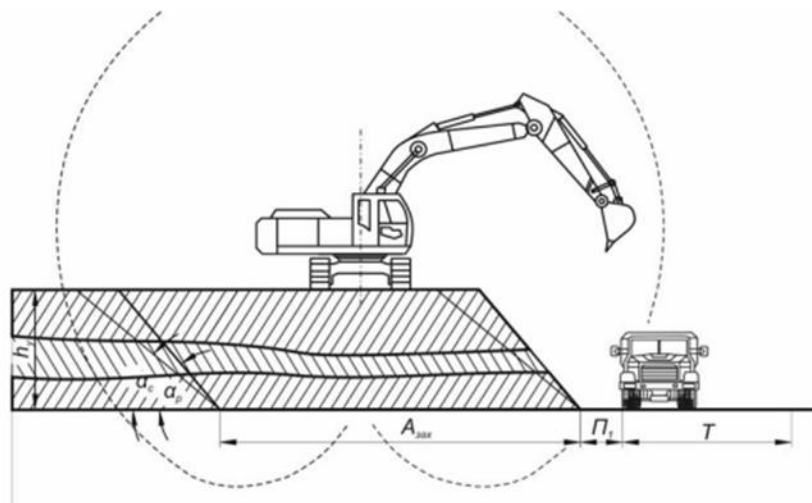


Рис.1.3. Технологічна схема [4] навантаження глини у кар'єрі «Центральний» екскаватором CAT-330D до самоскиду BELL-B30E: $A_{\text{зах}}$ - розмір заходки; Π_t - виробничий простір; T - транспортна площадка; h_t - потужність шару копалини; α_c, α_p - кути, відповідно, зсуву та природнього відкосу

Задля безпечної праці техніки, яка знаходиться на уступі, треба дотримуватися умов попередження зсуву глини. Для цього визначено безпечні кути зсуву α с які менши від кута природнього відкосу α р. Для транспортування також використовують самоскиди BELL-B30E.

Отриману при розкритті копалини породу складають шляхом розвантаження самоскидів (8) у внутрішньому відвалі (9).

Внутрішній відвал (9) доцільно також використовувати як полігон для розміщення відходів (10) не вище четвертого класу токсичності. Таким чином частково можна компенсувати пониження рівня поверхні внаслідок виїмки корисної копалини.

Кар'єр являє собою порожнечу значних розмірів що утворилась шляхом переміщення та вилучення гірських порід. Він становиться штучним вмістилищем води, яка поступає з порушених гірничими роботами водоносних горизонтів, поверхневих вод та атмосферних осадів. Для покращення умов роботи у добувному уступі, його осушення, виконують зумпф (11), який використовують також як первинний освітлювач стоків.

1.3. Висновки за розділом

- Донбас багатий на корисні копалини, а саме: горючі, рудні, рідкіснометалічні руди, нерудні (неметалічні), мінерали.
- В умовах післявоєнного створення сучасного Донецького регіону особливо важливим стає видобуток сировини для будівельної промисловості, а також для інших галузей.
- В сучасних умовах розвитку техніки, особливо металургії, попиту на високоякісну продукцію із тугоплавких та вогнетривких глин, нове родовище є перспективним джерелом сировини.
- Основні технологічні операції при відкритому способі видобутку: очищення землі, зняття розкривних порід, видобуток глини, реабілітація.
- Для кар'єру «Центральний» обрано прогресивну схему розробки з нутряним відвалоутворенням та внутрішнім сполученням робочих горизонтів з відвалом.

2. Негативний вплив гірничодобувних підприємств на довкілля

Розробка родовищ корисних копалин завжди пов'язана з впливом гірничих робіт на оточуюче середовище. Їх дія відбивається в усіх компонентах біосфери як прямим так і опосередкованим способом. Таке розмежування є досить умовним, але воно дозволяє чітко визначити шляхи подальшого удосконалення мій по зниженню впливу гірничих робіт на оточуюче середовище.

2.1. Основні види негативного прямого впливу гірничих робіт на компоненти біосфери

По-перше вплив гірничих робіт дає відзнаки до *літосфери*. Літосфера — зовнішня тверда оболонка Землі, що складається з магматичних, осадових і метаморфічних порід. Глини відносяться до осадових порід. Їх розробка веде до знищення родючих земель при будівництві кар'єрів, обладнанні проммайданчиків, складування породи у відвалах, порушення рельєфів. Все це призводить до вилучення з обігу значних площ родючих або лісових ресурсів.

Вироблений простір кар'єру являє собою величезну порожнечу підосва якої та бокові поверхні позбавлені родючого ґрунтового шару. У більшості практичних розробок площа виробленого простору сягає десятків , а іноді тисяч гектарів. Відновлення біологічного різноманіття у вироблених просторах триває десятками років. Існування таких вироблених просторів супроводжується ерозією бічних порід, зсувами, розмивами тощо. При використанні технології складування вскришних порід у вироблених просторах все одно змінюється ландшафт, поверхня закладеного масиву опущена на величину потужності корисної копалини. В наслідок зміщення підроблених поверхонь та водоносних шарів виникають болота.

Фронт видобувних робіт пересікає русла річок або водойм, автомобільні та залізничні шляхи, лінії мереж електропостачання та зв'язку. Це обумовлює необхідність перенесення або відведення перешкод, що супроводжується додатковим втручанням до екосистеми і завданням додаткової шкоди. Гірничі

роботи призводять до деформації споруд та інших об'єктів *техносфери* що знаходяться в межах земельного відводу кар'єру. Порожнечі що залишено в надрах можуть призвести до провалів на поверхні.

Гідросфера — водяна оболонка Землі також знаходиться під вагомим впливом гірничих робіт. Водовідлив з відкритих виробок сприяє формуванню та ліквідація депресійної вирви та порушенню гідрологічного режиму родовища. Крім того, таким порушенням сприяє перенесення русел річок та струмків. Зміни гідрологічного стану стосуються не тільки земельного і гірничого відводів гірничодобувного підприємства, вони розповсюджуються на сусідні простори, змінюючи стан екосистеми значного регіону.

Розчинення гірських порід у воді, витікання з обладнання олій тощо призводить до наявності хімічних сполук і нафтопродуктів у водних потоках. Також до останніх примішуються продукти руйнування порід у вигляді завислих речовин. Мінералізовані стоки кар'єру формуються з технологічних вод, необхідних для пилопридушення та інших цілей, підземних та поверхневих вод, підрізаних гірничими роботами, атмосферних осадів. Дебіт стоків є нерівномірним на протязі року, їх якість також може суттєво коливатись. Демінералізація кар'єрних стоків є складною еколого-технічною проблемою яка не вирішена в достатньої мірі.

Життєдіяльність гідробіонтів (організмів та рослин) проявляється при відкритих гірничих роботах у вигляді біозабруднення. Відстійники, освітлювачі, накоплювачі та інші елементи водовідливів мають на кар'єрах відносно невеликі глибини, вони інтенсивно прогріваються в літню пору. У воді різко знижується вміст кисню, створюються умови розвитку токсичних анаеробних організмів типу сине-зелених водоростей тощо.

Атмосфера - найбільш легка оболонка Землі, що межує з космічним простором; через атмосферу здійснюється обмін речовини й енергії з космосом.

Вихлопи з двигунів технологічного обладнання, а також емісія з масиву у виробки та фільтрація на поверхню визначає наявність газових домішок до повітря. Руйнування порід інструментами, вітром, водою та температурою

насичує повітря аерозолями (пилом). Газопиловий шлейф розноситься вітром як у просторі ведення видобувних робіт, так і далеко за межами підприємства.

Біота - стала сукупність рослин, тварин, грибів та бактерій, що об'єднані спільною територією поширення. При обладнанні промайданчиків, проведенні доріг, утворенні водойм тощо порушується біоценоз території. У вироблених просторах кар'єрів залишаються пустельні «місячні пейзажі».

Відкриті гірничі роботи призводять до повного порушення стану біоти в межах земельного відводу, але це стосується доволі просторої території навколо підприємства.

Фізичні поля, особлива форма матерії; фізична система, що володіє нескінченно великим числом мір свободи. Різновиди фізичних полів характеризуються тим, що вони здатні здійснювати певні дії на різноманітні об'єкти природи, але не мають власної маси покою.

Заглиблення гірничих виробок від поверхні супроводжується підвищенням температури порід що вміщують ці виробки. Це геотермальне тепло поступає до поверхні разом з вентиляційним повітрям, такою що відкачують водою та видобутою гірською масою. Відбувається порушення мікрокліматичних умов в екосистемі району підприємства.

Робота машин, таких як екскаватори, бульдозери, автомобілі, конвеєри та інші, а також виробничих установок - бурових верстатів, перевантажувачів, калориферів та тому подібних супроводжується шумом великої потужності. Обслуговування такої техніки потребує використання індивідуальних засобів захисту органів слуху. Робота технічних засобів супроводжується не тільки шумом, а також вібрацією, особливо при вибухових роботах, яка негативно дається взнаки на людей та біоту.

При розробці деяких видів осадових гірських порід, які утворювались з органічних залишків, спостерігається виділення метану, іноді у вибухопожежних кількостях. Часто мають місце виділення радіоактивних газів типу радону та ін.

2.2. Основні види негативного опосередкованого впливу гірничих робіт на біосферу

Негативний опосередкований вплив гірничих робіт на біосферу проявляється в широкому використанні природних ресурсів для здійснення технологічних операцій. Частина таких ресурсів споживається безпосередньо на місці ведення робіт. Інша частина виготовляється другими підприємствами в інших місцях, при тому використовуються непоправні природні ресурси, утворюються шкідливі відходи, стоки, і викиди.

Найбільш масштабним фактором опосередкованого впливу є використання *непоправних запасів енергії*. Для ведення робіт поза межами електричних мереж енергозабезпечення доступним є використання двигунів внутрішнього згоряння, дизельних та карбюраторних (бензинових). Таки двигуни є джерелами механічної енергії для геологорозвідувальних бурових верстатів, бульдозерів, самоскидів, екскаваторів, скреперів, тепловозів та іншої такого роду техніки. Вони потребують приблизно 40...100 літрів пального на 100 км пробігу, або на добу інтенсивної роботи. Негативний вплив на довкілля виражається не тільки у забрудненні повітря в кар'єрі, а також у виснажуванні непоправних запасів нафти на планеті. Тому забезпечення скорочення витрат нафтопродуктів або заміна їх іншим відтворюваним видом енергії стало актуальним питанням. Слід відмітити що витрата нафтопродуктів на хозпобутові цілі також складає як значну долю витрат так і екологічного збитку.

Іншою складовою опосередкованого впливу слід вважати значну витрату *конструкційних матеріалів* і деталей. Металеві рейки, труби, канати, арматура, запасні деталі машин, баки та каністри - все це виготовлено з металу. Металургійні заводи є найбільшим забруднювачем довкілля в Україні. Вони потребляють величезні маси коксу і руди, виробляючи дуже шкідливі шлаки, високо забруднені води, хмари токсичного диму, утворюючи теплове забруднення екосистеми.

Чимала витрата залізобетонних та цементних виробів йде на будівництво приміщень, доріг, укосів, стінок та інших споруд. Виробництво цементу пов'язано з витратами пального на цементних заводах, вироби з цементу та залізобетону потребують пропарювання або прогрівання при виготовленні. Це також витрати енергії які опосередкованого приводять до екологічних збитків.

Автомобільний транспорт та стрічкові конвеєри потребують регулярної заміни скатів та стрічок. Дорогі каучукові вироби в умовах кар'єру та при низьких температурах повітря інтенсивно вибувають з ладу.

Слід відзначити необхідність у лісоматеріалах у вигляді дощок, стійок, шпального бруса тощо. Для їх виготовлення витрачають значні об'єми сирової деревини, яку вирощують роками.

Скорочення споживання конструкційних матеріалів, заміна їх місцевими аналогами є перспективним шляхом скорочення негативного впливу на оточуюче середовище гірничих робіт з видобутку вогнетривких глин.

2.3. Висновки за розділом

- Найбільші збитки довкіллю від відкритих гірничих робіт завдає утворення виробленого простору кар'єру, який являє собою величезну порожнечу підосва якої та бокові поверхні позбавлені родючого ґрунтового шару. Відновлення біологічного різноманіття у вироблених просторах триває десятками років. Незважаючи на прийняту систему розробки з нутряним відвалом. Все одно залишається дільниця з пониженим на величину потужності глиняного шару рівнем. Така виїмка може перетворитись у болото.

- Водовідлив з відкритих виробок сприяє формуванню та ліквідація депресійної вирви та порушенню гідрологічного режиму родовища. Зміни гідрологічного стану розповсюджуються на сусідні території, змінюючи стан екосистеми значного регіону. Демінералізація кар'єрних стоків залишається складною еколого-технічною проблемою яка не вирішена в достатньої мірі.

- Вихлопи двигунів та руйнування порід утворюють газопиловий що шлейф розноситься вітром як у просторі ведення видобувних робіт, так і далеко за межами підприємства.

- При виїмкових роботах, обладнанні проммайданчиків, доріг, утворенні водойм тощо повністю порушується біоценоз території. Відтворення біорізноманіть в процесі експлуатації, а також при завершенні робіт є актуальним питанням.

- Негативний опосередкований вплив гірничих робіт на біосферу проявляється в широкому використанні таких що не встановлюються природних ресурсів для здійснення технологічних операцій. Обґрунтування економних технологічних процесів та конструкцій є необхідним.

3. Обґрунтування рішень зі зменшення негативного впливу відкритих гірничих робіт на довкілля

Відповідно до Земельного кодексу України, після ліквідації кар'єрів, місця ведення гірничих робіт, проммайданчиків, дороги тощо повинні бути відновлені в стан, придатний для подальшого використання, в тому числі для потреб сільського господарства.

Для цього повинно провести комплекс різноманітних заходів з повернення землі в стан придатний для її подальшого використання в завчасно погоджених і затверджених цілях.

3.1. Способи рекультивації виробленого простору кар'єру

Умовно розділяють рекультиваційні заходи у відношенні техногенно-порушених територій на два етапи – технічний та біологічний.

Технічний етап це комплекс робіт з переміщення та розрівнювання порід на порушених територіях для створення умов подальшого використання відновлених земель або для проведення заходів з відновлення їх родючості [6].

Біологічний етап це комплекс біотехнологічних заходів спрямованих на поліпшення родючості та інших сільськогосподарських властивостей ґрунту.

З інформаційних джерел відомі кілька способів рекультивації територій що залишають після проведення гірничих робіт, найбільш поширеними є такі як насадження лісів, влаштування посівних ланів, утворення водойм та риборозведення, створення будівельних майданчиків або рекреаційних зон [8]. Вибір конкретного способу або їх поєднання орієнтуючись на економічну доцільність рекреації, климато-біологічні умови регіону, вимог громади.

Статистичний аналіз свідчить що, найбільш поширеними способами здійснення рекультивації є:

- 1) засипання порожнеч і котлованів ґрунтом в комплексі з інертними відходами;
- 2) створення на місті виробленого простору зони рекреації з водоймою, з урахуванням зовнішнього і внутрішнього виположування укосів кар'єру;

3) вписування відновлюваної поверхні до ландшафту навколишньої місцевості;

4) створення полігону твердих побутових відходів для промислових відходів третього класу небезпеки.

Реально сталося що на територіях ліквідованих промислових підприємств відбувається природне самовідновлення флори і фауни. В якості позитиву слід відмітити що це сприяє збереженню цінної типовою для місцевості рослинності [9,10]. Недоліком способу є вельми повільний темп відновлення рослинного покриву. Тривалість відновлення біологічного різноманіття триває при сприятливих кліматичних умовах близько 10...15 років, а в складних, наприклад засушливих, умовах – понад 20 років та більше.

Найвищі вимоги пред'являють до земель які рекультивують для сільськогосподарського використання. Необхідно щоб вони мали досить велику площу де можна використовувати потужну сільгосптехніку, кут нахилу місцевості має бути в діапазоні $0... \pm 3^{\circ}$.

Загальні вимоги до ділянок що утворюються в результаті сільськогосподарського напрямку рекультивації територій гірничодобувних підприємств наступні. Ділянки слід облаштовувати з рівним спокійним рельєфом, в місцях де відсутні зсуви масивів та ерозійні явища.

Перед підготовкою земель на малопродуктивні породи повертають шар завчасно за складованого родючого ґрунту. У випадках відсутності достатньої кількості ґрунту на поверхні залишають потенційно родючі розкриті породи. В такому випадку для прискореного формування кореневого шару необхідно проводити агротехнічні та меліоративні заходи з підвищення родючості поверхневого шару порід.

Невід'ємною вимогою є необхідність після сільськогосподарської рекультивації, отримати висновки відповідних служб про відсутність небезпеки виносу рослинами токсичних речовин, що можуть нанести шкоду здоров'ю населенню та тваринам після використання відновленої території. Але слід відмітити що в певних випадках існує можливість вирощування деяких сортів технічних рослин, наприклад рапсу з якого виробляють рідке пальне, які

звільняють ґрунти від токсичних домішок. Експлуатація земель в такому напрямі дозволяє отримувати прибуток одночасно покращуючи ґрунти. В перспективі такі землі когут стати безпечними для вирощування продуктових рослин.

Суттєво менших витрат потребує лісова рекультивація. За звичай, вона зводиться до висадки на відновлених територіях саджанців листяних і хвойних дерев. При зростанні дерев певна частина порушених земель відновлюється природним шляхом. Проблема розповсюдження лісової рекультивації полягає у доволі низької приживлюваності саджанців багатьох хвойних видів. До того, дерева мають доволі низькі темпи росту, термін повного озеленення території становить 15 - 25 років.

Саджанці дерев і чагарників висаджують у попередньо приготований ґрунт на поверхні засипаної відвальними породами порожнечі виробленого простору кар'єру. Існує думка що найоптимальнішими для посадки на кар'єрах є аборигенні, для даного регіону види рослин, оскільки вони найкраще пристосовуються до умов навколишнього середовища, і виконують важливу меліоративну, ґрунтозахисну та оздоровчу роль.. Але слід також оцінити можливість насадження порід дерев, які мають велику швидкість росту і їх деревина може використовуватися в якості енергетичного ресурсу.

Автор пропонує розглянути ще один підхід до біологічної рекультивації. Розкривні породи деяких родовищ містять цінні мінерали або елементи. Вміст їх невеликий і використовувати такі породи в якості руди недоцільно. Однак, деякі види рослин мають властивості накопичувати такі речовини отримуючи їх з ґрунту. Такій підхід відкриває можливості так званого екологічного гірництва.

Відомі технологічні рішення з використання виробленого простору кар'єрів в якості полігонів для поховання відходів четвертого класу токсичності, таких як будівельні матеріали, конструктивні елементи, що вийшли з ладу, мостові переходи і т.п. У післявоєнний період такого роду відходів буде забагато і питання їх складування або поховання стане доволі гострим.

В мальовничих місцевостях, а також пов'язаних з історичними подіями або на традиційно курортно-оздоровчих територіях доцільно провадити рекреаційну рекультивацію кар'єрів, для створення баз відпочинку та занять спортом. Такий підхід до рекультивації дозволить з відносно невеликими витратами повернути порушені землі до господарського обороту, а також приносити прибуток в місцеві бюджети [11-12].

Водогосподарська рекультивація тобто, створення водойм в кар'єрних порожнечах, викликає доволі жвавий інтерес, вона відкриває можливості в подальшому різнопланово використовувати отримані об'єкти.

Водогосподарська рекультивація відкриває можливості кількох напрямів експлуатації водойм. Донбас завжди існує в умовах дефіциту води як питної, так технічної, так поливної та рибоводної. Кар'єрні водойми можуть служити водним ресурсом для потреб хімічної, металургійної, текстильної та інших галузей промисловості. Енергетика і сільське господарство є найбільшими споживачами води. При виконанні санітарно-гігієнічних вимог деякі водойми можуть служити резервуарами питної води. створення в пониженнях техногенного рельєфу водойм різного призначення. Важливим є, також, рекреаційний напрям створення водосховищ та озер з обладнанням берегової інфраструктури – пляжів, душових, на березі можуть будуватися будинки та зони відпочинку, ставки для розведення та вилову риби.

Водойми, створення у виробленому просторі ліквідованих кар'єрів, сприяють запобіганню негативного впливу завершених гірничих робіт на навколишнє природне середовище, прискоренню процесу відновлення біологічного різноманіття, а також регулюванню водного балансу між виробленим простором та оточуючими кар'єр об'єктами гідрологічної мережі.

Узагальнюючи наведену інформацію можна відмітити наступне.

Рекультивація поверхні кар'єру до сільськогосподарського стану дозволяє отримати найбільш цінний земельний ресурс. Для її проведення необхідні:

- сприятливі ґрунтово-кліматичних умови;
- невелика глибина кар'єру;
- рівнинний рельєф місцевості;

- відсутність небезпеки переносу та розповсюдження рослинами токсичних речовин.

В умовах розробки родовища глини кар'єром «Центральний» всі ці вимоги можуть бути виконані. Такий спосіб рекультивації є прийнятним.

Цінність лісових угідь знаходиться на другому місці після сільськогосподарських. Негативні сторони лісогосподарської рекультивації:

- повільні темпи росту дерев (термін повного озеленення території 15-25 років);

- низька приживлюваність саджанців хвойних дерев при нестачі вологи;

Лісогосподарська рекультивація при певних умовах, коли ставиться завдання відтворення лісів, доцільна.

Проведення робіт в напрямку створення рекреаційних зон можлива при:

- при наявності поблизу міст та крупних населених пунктів;
- постійному контролю складу води відповідно до санітарно-гігієнічних норм;

- високих вимогах до рельєфу місцевості.

Для умов розробки кар'єру «Центральний» рекреаційна рекультивація можлива, але віддаленість від населених пунктів робить її малоефективною.

Використання виробленого простору кар'єру в якості полігону ТБО пов'язано з:

- необхідністю ізоляції мембраною підшови кар'єру для запобігання забруднення ґрунту та підземних вод;

- дотримання санітарних вимог, що пред'являються до полігонів ТБО;

- виправдана лише для "сухих" кар'єрів, оскільки для обводнених кар'єрів необхідно створювати відвід води.

Можна зробити висновок, що при виконанні приведених вище умов такий спосіб використання виробленого простору кар'єру «Центральний» є можливий і може надавати певний прибуток.

Для засипки виробленого простору неглибоких кар'єру без додаткових рекреаційних заходів потрібна велика кількість відпрацьованої розкривної породи та родючого ґрунту. Для виробленого простору кар'єру «Центральний»

таких способів є недоцільним. Відновлення біологічного різноманіття відбувається дуже повільно довше ніж при лісовій рекультивації. При такому способі самовідновлення порушених територій відбудеться дуже повільним темпом, відновлення рослинного покриву затягнеться, в середньому до 50 років, навіть при наявності родючого шару і достатньої вологоти. При цьому негативний вплив виробленого простору також позначається в цей період.

3.2. Обґрунтування технічних рішень з комплексного використання природних ресурсів при видобутку глини кар'єром «Центральний»

3.2.1. Використання виробленого простору

Головна шкода вчинена відкритими гірничими роботами складається у створенні виробленого простору у вигляді котловану величезного об'єму. Його наявність негативно відбивається на всіх компонентах біосфери; літо – гідро – атмосфері, біоті та фізичних полях. Тому основна увага повинна бути направлена на локалізацію тяжких наслідків у виробленому просторі.

Відповідно до вище наведеного аналізу можливих варіантів використання виробленого простору можливими є кілька видів рекультивації: сільськогосподарський, лісовий, поховання відходів, створення водойм. Припадає на думку що можливе одночасне застосування всіх названих способів на одному кар'єрі, тобто комплексне використання його виробленого простору.

Основною технологічною операцією при всіх поіменованих способах є заповнення порожнечі виробленого простору гірською масою.

Виходячи з того що загальний об'єм W (м^3) гірничого відводу кар'єру складається з його площини S (м^2) помноженої на потужність шару поріж яка підлягає виїмці H (м):

$$W = S * H$$

де $H = h_{\text{гр.}} + h_{\text{р}} + h_{\text{гл.}}$;

$h_{\text{гр.}} = 0,5$, м – потужність родючого шару ґрунту;

$h_{\text{р}} = 18,7$, м – потужність розкривних порід;

$h_{\text{гл}} = 3.5, \text{м}$, - потужність пласту глини

$S = 1460 \cdot 1520, \text{м}^2$, - розмір площини родовища

Після підстановки маємо:

$W = (1460 \cdot 1520) \cdot (0.5 + 18.7 + 3.5) = 50\,375\,840, \text{м}^3$, це загальний об'єм порід що будуть вийняті при розробці кар'єру. Але частина об'єму у вигляді корисної копалини буде вивезена за межі кар'єру, за оцінками геологічної служби об'єм корисної копалини складає $W_{\text{кор}} = 10\,300\,000 \text{м}^3$. Це свідчить про те що порожнина виробленого простору буде не заповненою приблизно на 20%.

Слід, також, врахувати що при виїмці першого видобувного стовпа частина розкривної породи буде за складована у зовнішній відвал, на благоустрій проммайданчика, доріг тощо. Об'єм таких порід може скласти близько 1..2% від W .

Поверхня виробленого простору, після засипки розкривними породами і відновлення родючого шару ґрунту, повинна співпадати з рівнем що існував до початку гірничих робіт. Слід враховувати що відділені від гірського масив породи розрихлені і займають об'єм на 15...20% більший чим у недоторканому масиві. Тому насипання уступів слід вести до рівня вищого ніж поверхня оточуючого простору. Необхідно, також, провадити утримування шарів свіжонасипаної породи катками або автотранспортом. Також, повинна відбутись природня усадка порід, і тільки після її завершення можливо будувати на закладеному просторі споруди та будівлі. До того можливо створення тимчасових установок та споруд які не втрачають стійкості від деформацій основи.

Відновлення флори на нанесеному на закладку ґрунті також має деякі складності. В результаті переміщення до буртів, а після повернення на закладку порушується структура родючого шару, знищуються насіння та коріння рослин, та підземна фауна (хробаки, землерийки, кроти тощо). Порушеною є, також, система капілярів тріщин і пор, а забруднення глинистими частинами порушує водопроникливість цього шару. Тому виникає проблема забезпечення його водою, створення структурних порожнеч та пор. На додаток доцільно нагадати про небезпеку інтенсивного заселення таких розрихлених ґрунтів

карантинною рослиною амброзією, яка не має в Донбасі природних ворогів і швидко захоплює всі не ущільнені площі. Надійним засобом боротьби з амброзією може бути густе засівання площини травами що можуть конкурувати з нею та попереджувати її розростання.

Важливим моментом у справі комплексного використання природних ресурсів при експлуатації, а також після завершення видобувних робіт є поводження з водними ресурсами. В роботі запропоновано два шляхи використання води, а саме це очищення та демінералізація за допомогою вищих водних рослин та накопичення води протягом цілого року для використання у сільськогосподарських та інших цілей в теплий період. Щодо системи очищення і де мінералізації вона представлена нижче.

Розглянуто можливість використання виробленого простору кар'єру для депонування промислових, комунальних та інших видів відходів. Про це сказано нижче.

В загалі технологія комплексного використання виробленого простору кар'єру представлена на **рис.3.1**.

До виробленого простору кар'єру розкривні породи (2) перевозять самоскидами від уступів де їх виймають екскаваторами (див.рис.1.2). Довжина розкривних уступів перевищує довжину лінії очисних робіт ($L_{оч} = 400\text{м}$) на поточні розміри ухилів бортів кар'єру. Для спрощення системи розробки та зменшення транспортних шляхів передбачено обладнання та використання нутряних шляхів по бортах (9) кар'єру. Відсипку провадять уступами (6) висотою до шістьох метрів, ширина визначається розмірами простору необхідного для раціонального та безпечного маневрування самоскидів. Вирівнювання робочої площадки уступу виконують за допомогою бульдозеру. Висоту закладного масиву доводять до відмітки що більша відмітки рівня природньої поверхні на три-чотири метри.

Це обумовлено тим, що відбита від масиву порода розпушується, коефіцієнт роз рихлення складає $k_p = 1,1 \dots 1,2$. В подальшому відбувається доволі швидке ущільнення і осідання масиву та опускання породної поверхні до природного рівня. Після осідання закладного масиву на його поверхню за допомогою бульдозеру пересовують раніш за складований в бурти родючий ґрунт (1). В цей період доцільно облаштувати заселену гідро біонтами неглибоку водойму (3). Її призначення полягає в тому що неї насосами подають попередньо освітлені кар'єрні води, що накопичуються в зумпфі (див. **рис. 1.2**) розташованому на рівні видобувного уступу нижче підшови (8) шару глини. У водоймі (3) відбувається очищення і часткова демінералізація кар'єрного стоку який можливо в подальшому використовувати для зрошення відновленої площини (1), або накопичення в великій водоймі (4).

Створення водойми (4) є доцільним з міркувань компенсації дефіциту закладної маси що утворився внаслідок вилучення корисної копалини. Як раніше було вказано різниця між W та $W_{\text{кор}}$ налічує близько 22%, що складає близько 11 млн.м³. Такого об'єму можуть становити штучно створені водойми у виробленому просторі, виходячи з того що решта закладної маси повинна забезпечувати створення поверхні на рівні з природної. Штучні водойми доцільно використовувати як накопичувальні ємності для збору атмосферних осадів протягом року. Подання води до них може бути організовано не тільки насосами з чаши діючого кар'єру, а також з відновленої такої що рекультивують поверхні. Для цього слід надати відповідний ухил та водовідвідні канавки для стоку надлишкової води після таїння снігу, ливнів тощо. Витрачання води відбувається влітку для потреб зрошення. Можлива організація рекреаційних зон на околицях водойм. Тоді можна з'єднувати дві та більше водойм з сусідніх виїмкових стовпів.

Вироблений простір кар'єру доцільно використовувати у якості полігону для розміщення відходів (7). За надання такої послуги гірничодобувне підприємство може отримувати платню, знижуючи собівартість основного продукту – глини.

3.2.2. Очищення кар'єрних вод

Кар'єрні води містять різного виду домішки і розчини: завислі речовини й механічні домішки, що складаються переважно з дрібних частинок породи і деревини; розчинені речовини, представлені, в основному, хлоридами, карбонатами та сульфатами; солі важких металів, можуть бути присутні в кар'єрних водах внаслідок вилуговування з гірських порід; органічні домішки (нафтопродукти, феноли) що є продуктами втік з двигунів та гідравлічних систем; біологічні забруднювачі (бактерії).

Кар'єрні води є багатокомпонентною системою, до складу якої входять розчинені в неї гази, мінеральні та органічні речовини, а також нерозчинні компоненти що знаходяться у зваженому стані. За величиною водневого показника рН кар'єрні води, за звичай, поділяють на три класи: кислі (рН нижче 6.5), нейтральні (6.5 - 8.5) і лужні (рН більше 8.5). За ступенем мінералізації розрізняють прісні води (сухий залишок до 1000 мг/л), солонуваті (1000...3000 мг/л), засолені (3000...10000 мг/л) і солені (понад 10000 мг/л).

Відомі кілька методів і способів видалення з води різних забруднень: механічні, хімічні, фізико-хімічні та біологічні технології.

При механічному очищенні води допомогою різних фільтрів, сит, ґрат з води вловлюють різні нерозчинені грубодисперсні частинки. Сучасні установки дозволяють вловлювати до 75% механічних домішок.

За звичай механічний спосіб доцільно застосовувати на первичному етапі очищення води. Він не дозволяє позбавити воду від мікроскопічних і розчинених домішок і видалити небезпечні хімічні речовини.

При хімічному очищенні води певні хімічні реагенти вступають в реакцію з різними домішками після чого утворюється нерозчинний осад. Решта розчину має менш шкідливі властивості.

Задля фізико-хімічного очищення використовують процеси окиснення, екстракції, флокуляції коагуляції. В результаті цих процесів вода позбавляється від неорганічних забруднювачів, а також органічних домішок, що погано окислюються.

Загальним недоліком наведених способів очищення: механічного, хімічного, фізико-хімічного є низька економічна ефективність, що пов'язано з вартістю реагентів та енергомісткістю обладнання.

Кар'єрні води характеризуються значним солевмістом, тому для опріснення і знесолення води доцільно застосовувати: методи іонного обміну, термічного впливу (випаровування), електродіалізу, зворотного осмосу.

Вельми чисту воду можна отримувати використовуючи метод іонного обміну, технічно система надійна, якість її роботи не залежить від ступіню мінералізації вихідної рідини, витрат придбання, монтаж та експлуатацію на обладнання не є значними. Вагомим недоліком методу є забруднення навколишнього середовища відпрацьованими токсичними хімікатами, висока вартість реагентів, причому, значні складності пов'язані з утилізацією відходів і фільтруючих елементів.

Для вод з солевмістом 1500...1700 мг/л доцільно використовувати опріснення води методом електродіалізу, знижуючи концентрацію солей до 500...600 мг/л. Але подальше зменшення вмісту солі вимагає надмірного побільшення витрат електроенергії. Крім того, до цього методу притаманні жорсткі вимоги до якості води, яка подається на діалізні установки. Для цього потрібне профілактичне освітлення води коагуляцією та фільтруванням. Після електродіалізу, обов'язково слід пропускати очищену воду через сорбентові вугільні фільтри для затримки продуктів перетворення органіки під дією електродіалізу.

Метод знесолення води зворотним осмосом, не вимагає застосування хімічних реагентів і має високий ступінь очищення. При обробки 10 літрів кар'єрної води можна отримати 2...4 л очищеної, однак, рідкий залишок матимете підвищений вміст мінералів. Стає проблема що з ним робити? До цього ж мембрани є дорогими, малопродуктивними, а також легко «отруюються».

Перспективним є застосування методів очищення вод з використанням вищих водних рослин. Ці вищі рослини здатні у процесах своєї життєдіяльності поглинати різноманіття речовин, що містяться в стічних водах. Перевагою

даного способу очищення є низька вартість, відсутність необхідності використання електроенергії, а так само простота експлуатації біологічних споруд [16-18].

На поверхні рослин більшості водних рослин в водоймах знаходиться значна кількість слизу в якому відбувається поглинання, накопичування, окислювання та детоксикація органічних та мінеральних речовин, токсичних з'єднань, зменшується чисельність патогенної мікрофлори. Розвинені поверхні рослин здатні рослин добре затримувати на собі жирові та нафтові плівки. Водні корені утворюються під водою у вузлах пагонів їх загальна поверхня у десятки разів перевищують площу займану стовбурами і листами це забезпечує величезну поглинальну здатність кореневої системи. Здорові вищі водні рослини ведуть агресивну діяльність, завдяки якій вони здатні пригнічувати розвиток синьо-зелених та інших шкідливих водоростей. Прибережно-водна рослинність є основним чинником регулювання та формування якості води у природних водоймах.

Очищення води за допомогою вищих водних рослин доволі широко пробують використовувати за кордоном. У Сполучених Штатах Америки для очищення шахтних стоків використовують плантації очерету [19]. На деяких водоймах встановлено, що ефективність очищення від завислих речовин – 45...75%, фосфору – 21...44%, азоту – 15%. Стічні води ефективно очищують у спорудах заселених вищою водною рослинністю в містах і на підприємствах Нідерландів, Японії, Китаю, Австралії, Мексики, Італії, Німеччині та в інших країнах [20-24]. Завдяки здатності очерету очищати води з високою концентрацією забруднюючих речовин, його широко використовують на біологічних спорудженнях Великобританії для очищення стоків від свинарських комплексів [25]. Було встановлено, що кількість завислих речовин знизилась на 30%, аміаку – 42%, фосфатів – 46%, заліза – 50%, синтетичні ефіри зменшилися на 32%, а нафтопродукти на 45%.

У минулому столітті українські професори О.П. Окісюк та В.Ф. Стольберг використали вищі гідробіонти з метою очищення стічних та природних вод, шляхом створення стаціонарних і наливних пристроїв, які

назвали «біоплато», а процес очищення води за їх допомогою «фітотехнологією» [26-28]. Традиційно для біологічного очищення води використовують такі вищі водні рослини, як: очерет звичайний, рогіз, ейхорнія, рдест, ірис та інші.

Зміна температури значно впливає на видалення рослинами забруднюючих речовин. Зниження температури нижче 5°C сприяє зменшенню швидкості видалення хімічних речовин з води. При негативних температурах в зимовий період відмирають стеблі і листя рослин, функцію чищення виконують тільки коріння, при цьому ефективність очищення становить тільки 10–20%. Прийнятним температурним режимом для біологічного очищення вод із застосуванням, наприклад, рогозу, очерету є діапазон від +8 до +25°C.

Слід особливо відмітити що відмерлі органічні залишки, які одержують косінням рослинності, або утворюються у зимовий період, служать основою для утворення родючого шару. Тобто розміщення відмерлих залишків рослин, таких як трави, напівкустарниками, водорості, на рекультивованій поверхні сприяє покращенню її структури та поповненню гумусом, мікроелементами тощо.

На кар'єрі «Центральний» проектом передбачено створення штучних мілководних тимчасових водойм (див. рис. 3.1, позиція 3) засіяних вищими водними рослинами. Існування таких водойм передбачено до повної рекультивації ґрунтового шару ділянки яку ця водойма обслуговує, після чого, перед передаванням ділянки поверхні до постійного власника, її можна ліквідувати шляхом заповнення родючим ґрунтом.

Встановлено, що площа вищих водних рослин не повинна перевищувати 25-40% площі водойми, перевищення цього показника призведе до негативного впливу на іхтіофауну, та погіршення гідрохімічного режиму водойми.

Одним з найбільш економічно ефективних способів очищення (доочищення) є спосіб біологічного очищення із застосуванням квіткової рослини – Ейхорнії (водного гіacinта). Найкраще Ейхорнія очищає воду від нітратів (ступінь очищення - 96%), амонійного азоту (ступінь очищення - 86%),

патогенних мікроорганізмів (ступінь очищення - 83%), майже у 5 разів знижується ГПК і у 2 рази знижується БПК.

Ще один ефективний гідробіонт, здатний очищувати воду це очерет звичайний. Взагалі очерет здатний забирати з води та накопичувати у своїх стеблах коріннях та листах понад 20 хімічних елементів. У заростях очерету на коріннях та стеблах затримується до 90% зважених речовин. Він попереджує масове розмноження планктону джерела цвітіння водойм. Це пов'язано здатністю виносити у своїх рослинах суттєву кількість азоту, калію, фосфору – основних біогенних елементів, здатних викликати евтрофікацію вод. Розвинута зелена поверхня листви містить хлорофіл який сприяє процесу фотосинтезу що супроводжується виділенням вільного кисню. Наявність останнього сприяє прискоренню механізму окислення органічних забруднень. Очерет ефективно сорбує високі концентрації сірчаноокислої міді, азотноокислої ртуті, хлористого кобальту та інших токсичних солей. В умовах рекультивації кар'єру «Центральний» необхідно використати досвід кафедри природоохоронної діяльності ДонНТУ з використання очерету для очищення та зниження мінералізації кар'єрних вод [29-31].

3.2.3. Розміщення полігону відходів

Зараз у Донбасі ведуться інтенсивні бойові дії, вони супроводжуються потужними обстрілами населених пунктів та промислових підприємств з артилерії, авіації, ракет. Це призвело до масштабних руйнувань будівель та установ. Розчищення постраждалих міст супроводжується утворенням значних об'ємів будівельних, побутових та інших видів відходів. Частина цих відходів у рамках рециклінгу поступає на переробку та перетворюється у різного виду наповнювачі, в'язучі та інші продукти. Інша частина не підлягає переробці внаслідок значних енерговитрат, надлишку наявності та інших причин, і тому підлягає утилізації. До уваги слід прийняти те, що існуючи полігони побутових та промислових відходів що у довоєнний період було перевантажено, тому додатковий потік відходів є зайвим. Ситуація загрожує призвести до

погіршення стану довкілля. Одним з виходів з неї є використання таких що утворюються при веденні відкритих гірничих робіт порожнеч у якості комірців для відходів.

Розміщення відходів четвертого класу токсичності, які не здатні до розчинення та розмокання у воді, дозволяється на підшві родовища без додаткових заходів з ізоляції. Для поховання відходи доставляють до нижнього уступу і вивантажують на підшову. Висота штабелю відходів не повинна перевищувати шістьох метрів – висоти уступу насипки закладної маси. Засипку виконують скидаючи породу з самоскидів, з нижнього уступу закладних робіт.

Поховання інших класів відходів за токсичністю можливо тільки за спеціальним проектом. В якому слід передбачити обов'язкову ізоляцію тіла відходів герметичною мембраною, а у окремих випадках створення навколо мембрани «сорочки» з глинистих порід.

При розробці родовищ корисних копалин у складі розкривних порід знаходяться мінерали які можна розглядати у перспективі в якості руд, наприклад глинозем як сировина для отримання алюмінію. Враховуючи таку що спроектована для кар'єру «Центральний» селективну виїмку покрівлі корисної копалини, існує можливість без зайвих капітальних і при мінімумі експлуатаційних витрат відділити цінну компоненту і розташувати її у закладному масиві таким чином щоб потім легко вилучити і використати.

Таким чином, до комплексного використання природних ресурсів кар'єру можна віднести властивість бути сховищем для поступаючі зовні відходів, а також створення техногенного родовища малоцінних, але перспективних ресурсів.

3.3. Висновки за розділом

В роботі розглянуто три основних напрями забезпечення комплексного використання природних ресурсів в умовах розробки родовища вогнетривких глин кар'єром «Центральний», а саме: заповнення розкривною породою чаши виробленого простору кар'єру; створення умов для очищення кар'єрних стоків

та накопичення атмосферних осадів; використання закладного масиву для поховання промислових та побутових відходів.

Закладання виробленого простору, що має загальний об'єм 50 375 840 м³, здійснюється за допомогою автомобільних самоскидів. Транспортування - дорогами в нутрі кар'єру. Висота уступів до шістьох метрів. З урахуванням осадки порід відсипають поверхню що на кілька метрів перевищує природний рівень. З часом рівні зрівнюються.

У результаті вилучення корисної копалини близько 11млн. м³ об'єму виробленого простору залишається не заповненими. Запропоновано створювати водойми ємністю рівною такому дефіциту заповнювача. Їх доцільно використовувати для накопичування води атмосферних осадів і витратити на поливні цілі влітку.

Для очищення кар'єрних стоків рекомендовано створювати в засипаній родючим шаром ґрунту частині відновленої поверхні мілководних водойм з гідро біонтами типу очерету. Досвід науковців ДонНТУ вказує на можливість очищення води від нітратів (ступінь очищення - 96%), амонійного азоту (ступінь очищення - 86%), патогенних мікроорганізмів (ступінь очищення - 83%), майже у 5 разів знижується ГПК і у 2 рази знижується БПК.

Запропоновано використовувати вироблений простір кар'єру «Центральний» в якості сховища для поступаючі зовні відходів, а також створення техногенного родовища малоцінних, на даний час, але перспективних ресурсів. Діяльність з поховання відходів може забезпечити певні економічні преференції підприємству з гірничодобувної діяльності.

4. Охорона праці

Безпека має першорядне значення під час будь-яких гірничих робіт, у тому числі відкритих. Розробка корисних копалин відкритим способом передбачає видобуток корисних копалин або інших цінних матеріалів із земної поверхні, і це створює специфічні проблеми безпеки.

- *Комплексна оцінка ризику*: перед початком робіт з видобутку слід провести ретельну оцінку ризику. Ця оцінка визначає потенційні небезпеки та оцінює пов'язані з ними ризики. Це допомагає розробити ефективні заходи безпеки та стратегії пом'якшення небезпек.

- *Навчання та освіта*: Для всього персоналу, який бере участь у відкритих гірничих роботах, необхідно запровадити відповідні програми навчання та тренування. Працівники повинні пройти навчання щодо процедур безпеки, реагування на надзвичайні ситуації, експлуатації обладнання та розпізнавання небезпеки. Постійне навчання та курси підвищення кваліфікації є важливими для того, щоб знання безпеки залишалися актуальними.

- *Засоби індивідуального захисту (ЗІЗ)*: усі працівники та відвідувачі на місці мають бути забезпечені відповідними ЗІЗ. Це зазвичай включає захисні шоломи, беручи, одяг підвищеної видимості, захисні окуляри, рукавички та захисне взуття. Необхідний тип ЗІЗ може змінюватися залежно від конкретних завдань і небезпек, присутніх під час гірничих робіт.

- *Управління рухом*: відкриті гірничі роботи часто передбачають значну кількість транспортних засобів, включаючи великі вантажівки та інше важке обладнання. Для мінімізації ризику зіткнень і аварій повинні бути встановлені належні системи управління дорожнім рухом, включаючи знаки, обмеження швидкості, визначені маршрути руху та бар'єри.

- *Стійкість схилу та контроль ґрунту*: відкрита розробка корисних копалин передбачає виїмку великих об'ємів землі, що може вплинути на стабільність навколишніх схилів. Інженери-геотехніки відіграють вирішальну роль у моніторингу та оцінці стабільності схилів. Для мінімізації ризику руйнування схилів і каменепадів впроваджуються належні заходи контролю за

землею, такі як встановлення огорож, масштабування, зміцнення схилів і системи моніторингу.

- *Безпека обладнання:* регулярний огляд, технічне обслуговування та ремонт гірничого обладнання є важливими для забезпечення безпечної роботи. Оператори обладнання повинні бути навчені безпечному використанню та обслуговуванню обладнання, яким вони керують. Запобіжні блокування, механізми аварійної зупинки та інші засоби безпеки повинні бути встановлені на всьому обладнанні.

- *Готовність до надзвичайних ситуацій:* відкриті гірничі виробки повинні мати плани реагування на надзвичайні ситуації, щоб впоратися з різними сценаріями, такими як пожежі, вибухи, розливи небезпечних матеріалів і невідкладна медична допомога. Необхідно створити адекватні системи зв'язку в екстрених ситуаціях, плани евакуації та засоби першої допомоги. Для перевірки ефективності процедур реагування на надзвичайні ситуації слід проводити регулярні тренування.

- *Екологічні міркування.* Розробка відкритих копалин повинна відповідати екологічним нормам для захисту екосистем і прилеглих громад. Належне поводження з відходами, заходи по придушенню пилу, плани рекультивациі та управління водними ресурсами є важливими аспектами підтримки безпеки та мінімізації впливу на навколишнє середовище.

- *Регулярні аудити безпеки:* Кваліфікований персонал повинен проводити регулярні аудити та перевірки безпеки, щоб виявити потенційні загрози безпеці та забезпечити дотримання правил безпеки. Будь-які виявлені недоліки або проблеми повинні бути негайно, за звичай протягом доби, вирішені.

- *Культура безпеки:* Створення культури безпеки має вирішальне значення для підтримки безпечного робочого середовища. Слід заохочувати всіх співробітників брати активну участь в ініціативах з безпеки, повідомляти про небезпеку або можливі інциденти та надавати внесок у покращення безпеки. Керівництво має віддавати пріоритет безпеці та сприяти позитивній культурі безпеки в усій організації.

Для гірничодобувних компаній життєво важливо дотримуватися державних законів і нормативних актів, а також застосовувати найкращі галузеві практики, щоб забезпечити найвищий рівень безпеки під час видобутку корисних копалин відкритим способом.

ВИСНОВКИ:

- Післявоєнне відновлення та реконструкція шляхом створення сучасного Донецького регіону потребує масштабного видобутку сировини для будівельної промисловості, а також для інших галузей особливо металургії.

Перспективним джерелом такої сировини можна розглядати нове родовище тугоплавких та вогнетривких глин. Для його розробки спроектовано кар'єр «Центральний» з прогресивною системою виїмки з нутряним відвалоутворенням та внутрішнім сполученням між робочими горизонтами та відвалом.

- Найбільші екологічні збитки від відкритих гірничих робіт завдає утворення у вигляді чаши виробленого простору кар'єру. Це величезна порожнеча підосва якої та бокові поверхні позбавлені родючого ґрунтового шару. За таких умов відновлення біологічного різноманіття у виробленому просторі триватиме десятками років. Актуальним є розроблення засобів інтенсифікації процесів відновлення зіпсованого простору.

- За проектною технологією, незважаючи на прийняту систему розробки з нутряним відвалом, у виробленому просторі залишається дільниця з пониженим на величину потужності глиняного шару рівнем поверхні. Під дією води вона обов'язково перетвориться у болото.

- Внаслідок водовідливу з відкритих виробок утворюється депресійна вирва та порушується гідрологічний режим родовища та прилеглих територій. Кар'єрні стоки насичено завісами та розчиненими хімічними речовинами. Демінералізація стоків залишається складною еколого-технічною проблемою яка не вирішена в проекті.

- Ведення виїмкових робіт, обладнанні проммайданчиків, доріг, утворенні водойм тощо призводять до повного порушення біоценозу території. Інтенсивне відтворення біорізноманіття в процесі експлуатації, а особливо після завершення очисних робіт є актуальним питанням.

- В роботі запропоновано три основних напрями забезпечення комплексного використання природних ресурсів в умовах розробки родовища вогнетривких глин кар'єром «Центральний», а саме: заповнення розкривною породою чаши виробленого простору кар'єру; створення умов для очищення кар'єрних стоків та накопичення атмосферних осадів; використання закладного масиву для поховання промислових та побутових відходів.

- Закладання виробленого простору, що має загальний об'єм 50 375 840 м³, здійснюється за допомогою самоскидів. Транспортування - дорогами в нутрі

кар'єру. Висота відвальних уступів - до шістьох метрів. З урахуванням осадки порід відсипають поверхню що на кілька метрів перевищує природний рівень, за короткий час поверхні зрівнюються.

- Внаслідок вилучення за межі кар'єру корисної копалини близько 11млн. м³ частина об'єму виробленого простору не може бути заповненою. Такий дефіцит заповнювача пропонується компенсувати створюванням штучних водойм з такою загальною ємністю. Функціонально вони призначені для накопичування води атмосферних осадів і подальшого витрачання на поливні цілі влітку.

- Для очищення кар'єрних стоків рекомендовано створювати в засипаній родючим шаром ґрунту частині відновленої поверхні мілководних водойм з гідро біонтами типу очерету. Використання пристроїв такого типу забезпечує очищення води від нітратів (ступінь очищення - 96%), амонійного азоту (ступінь очищення - 86%), патогенних мікроорганізмів (ступінь очищення - 83%), майже у 5 разів знижується ГПК і у 2 рази знижується БПК.

- Існує можливість використовувати вироблений простір кар'єру «Центральний» в якості сховища для поступаючі зовні відходів, а також створення тимчасового техногенного родовища малоцінних, на даний час, але перспективних ресурсів. Діяльність з поховання відходів може забезпечити певні економічні переваги підприємству з гірничодобувної діяльності.

- Запропонований проект комплексного використання надр уявляється економічно доцільним так як основні природоохоронні заходи здійснюються в ході ведення розкривних та очисних робіт, а деякі операції дозволять отримати добуток.

- Загальна ефективність запропонованого проекту може бути наступним. Забезпечення власною дефіцитною і необхідною сировиною будівельної галузі, з одночасним скороченням експорту будівельних сировини та матеріалів. Це дозволить підвищити національної економіку та безпеку. Відкриття нового крупного підприємства забезпечить скорочення безробіття та покращення рівня життя населення. Комплексне використання природних ресурсів при розробці родовища вогнетривких глин забезпечить суттєве зменшення екологічних проблем.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Андрієвський І.Д. Сучасний стан мінерально-сировинного комплексу України. / Зб. Наук.пр. УкрДГРІ. №3-4/2010 С.199-214.
2. Будник А. Ф. Енергетика обладнання термічних цехів і дільниць: навч. посіб. / А. Ф. Будник, В. Б. Юскаєв. - Суми: Вид-во СумДУ, 2010. -246 с. - ISBN 978-966-657-277-9.
3. Положення про проектування гірничодобувних підприємств України та визначення запасів корисних копалин. - Наказ Міністерства промислової політики України № 221 від 07.05.2004 р.
4. Ярошик Н.І. Технологія розробки вогнетривких та тугоплавких глин родовища «Центральне» Донецької області/UKRAINIAN MINING FORUM = Український гірничий форум. 2013, ТОМ 1. Технології підземного видобутку корисних копалин. Відкриті гірничі роботи. Збагачення корисних копалин. <https://ir.nmu.org.ua/xmlui/>.
5. Робочий проект відпрацювання вогнетривких та тугоплавких глин «Центральне»: Робочий проект / Державний ВНЗ «НГУ».– 110038 – ТХ.; Дніпропетровськ, 2012.
6. Симоненко В.І., Ярошик Н.І. Організація виймально-транспортувальних робіт на нерудних кар'єра в сучасних умовах. / Зб. Наук. Пр. НГУ. - Дніпропетровськ, 2010. - №35, Т.1. -С. 44-51.
7. Ворон Е.А. Рекреационное направление рекультивации карьеров, расположенных в промышленных зона. Геотехническая механика: Межвед. сб. науч. трудов ИГТМ НАН Украины. 2012. Вып. 103. С. 74–82.
8. Системно-экономические аспекты экологизации производства и управления предприятием Монография / Гребенкин С.С., Костенко В.К., Матлак Е.С. и др.; под общ.ред. Гребенкина С.С, Костенко В.К. Донецк: ВИК, 2010. 401с.
9. Chuman T. Restoration Practices Used on Post Mining Sites and Industrial Deposits in the Czech Republic with an Example of Natural Restoration of Granodiorite Quarries and Spoil Heaps. Journal of Landscape Ecology. 2015 Vol.8(2). P. 29–46.
10. Tropek. R., Konvicka. M. Can quarries supplement rare xeric habitats in a piedmont region? Spiders of the Blansky les Mts, Czech Republic. Land Degradation & Development. 2008. Vol. 19, №.1. P.104–114.
11. Vosloo P. Post-industrial urban quarries as places of recreation and the new wilderness – a South African perspective. Town and Regional Planning. 2018. Vol. 72. P. 3-57.
12. Ворон О.А. Техногенні порушення природного середовища при доробці кар'єрів та напрямки його відновлення. Геотехническая механика: Межвед. сб. науч. трудов ИГТМ НАН Украины. 2011. Вып. 95. С. 30–35.

13. Физико-химические основы технологии еминерализации шахтных вод: Монография / Гребенкин С.С., Костенко В.К., Матлак Е.С. и др.; под. общ.ред. Костенко В.К. Донецк: ВИК, 2008. 287 с.
14. Поводження з шахтними водами: навч. посіб. для студентів вищ. навч. закл. / Костенко В.К., Мнухін А.Г., Омельченко М.П. та ін. Донецьк: ДВНЗ «ДонНТУ», 2013. 212 с.
15. Физико-химические основы технологии осветления и обеззараживания шахтных вод: Монография / Гребенкин С.С., Костенко В.К., Матлак Е.С. и др.; под. общ.ред. Костенко В.К. Донецк: ВИК, 2009. 439 с.
16. Kaplan D. Instability in newly-established wetlands? Trajectories of floristic change in the re-flooded Hula peatland, northern Israel. *Mires and Peat*, 2012. Vol. 9, № 5. P. 1–10.
17. Neralla S., Weaver R.W., Lesikar B.J., Persyn R.A. Improvement of domestic wastewater quality by subsurface flow constructed wetlands. *Bioresource Technol.* 2000. Vol. 75, №1. P. 19–25.
18. Solano M.L., Soriano P., Ciria M.P. Constructed wetlands as a sustainable solution for wastewater treatment in small villages. *Biosystems Engineering*. 2004. Vol. 87, № 1. P. 109–118.
19. Dunbabin J.S., Bowner K.H. Potential use of constructen wetlands for treatment of industrial wasterwaters containing metals. *Science of the Total Environment*. 1992. Vol. 111, № 2/3. P. 56–60.
20. Blankenberg A.-G.B., Braskerud B.C. «LIERDAMMEN» – a wetland testfield in Norway. Retention of nutrients, pesticides and sediments from an agriculture runoff: Diffuse Pollut. Conf. Dublin, 2002. P. 128–130.
21. Ding Yanhua. Study of the model project of wastewater treatment system on wetlands with reeds. *Environ. Sci.* 1992. Vol. 13, № 2. P. 8–13.
22. Gleichman-Verheyc E.G., Putten W.H., Vander L. Alvalwaterzuvering met helofytenfilters, een haalbaarheidsstudie. *Tijdschr. watervoorz. en afvalwater*. 1992. Vol. 25, № 3. P. 56–60.
23. Hosokova Y., Miyoshi E., Fukukawa K. Characteristics of the process of coastal water purification by reed beds. *Rept. Partand Harbour. Res.* 1991. Vol. 30, № 11. P. 206–257.
24. Lloyd S.D., Fletcher T.D., Wong T.H.F., Wootton R.M. Assessment of Pollutant Removal Performance in a Biofiltration System. Preliminary Results. *Rain the Forgotten Resource: 2nd South Pacific Stormwater Conference*. Auckland, New Zealand. 2001. P. 20–30.
25. Hadlington S. An interestind reed. *Chem. Brit.* 1991. Vol. 27, № 4. P. 229.
26. Окисюк О.П., Стольберг Ф.В. Управление качеством воды в каналах: Монография. Киев: Наукова думка, 1986. -176 с.

27. Стольберг Ф.В. Малозатратные технологии для экологического восстановления малых рек Украины. Коммунальное хозяйство городов. 2011. №99. С. 253–266.
28. Stolberg F. Bioplato technology for ecological rehabilitation of eutrophied water bodies. Int. Ser. Adv. Ecol. Sci. 2002. P. 159–177.
29. Костенко В.К., Завьялова Е.Л., Чепак О.П. Выявление динамики роста гидробионтов при различных температурах воды и воздуха на примере камыша. Екологія Донбасу: невідомий загроза Україні: збірник наукових праць. Покровськ: ДВНЗ "ДонНТУ". 2016. С. 66–73.
30. Костенко В.К., Завьялова Е.Л., Чепак О.П. Восстановление биологического разнообразия в выработанном пространстве Амвросиевского карьера. Екологічні проблеми топливно-енергетичного комплексу: зб.наук.праць V регіон. конф., 29–30 квітня 2014 р. Донецьк: ДонНТУ, 2014. С. 25-30.
31. Kostenko V., Zavialova O., Chepak O. Biodiversity restoration technology in the abandoned quarries. Current problems of environmental protection. Katowice: University of Silesia, 2017. P.101.