

ЕКОЛОГІСТИКА

Теорія і практика управління сміттєзвалищами

наук. ред. Василь Попович, Оксана Теляк, Ольга Меньшикова



Головна Школа Пожежної Служби

Екологістика

Теорія і практика управління сміттєзвалищами

наук. ред. Василь Попович, Оксана Теляк, Ольга Меньшикова



Варшава 2021

Наукова рецензія

Володимир Кучерявий, доктор сільськогосподарських наук, професор
Олександр Придатко, кандидат технічних наук, доцент

Наукова редакція

Василь Попович, доктор технічних наук, професор
Оксана Теляк, доктор габілітований УВУ
Ольга Меньшикова, кандидат фізико-математичних наук, доцент

Керуючий редактор

Ева Юхимовіч

Мовна коректа

Галина Хлипавка, кандидат педагогічних наук

Дизайн обкладинки і комп'ютерне верстання

Томаш Броньчик, Студіо СтрефаДТП

Опубліковано під ліцензією Creative Commons: Визнання авторства-Некомерційне використання_Без похідних робіт 4.0 Польща

„Екологістика – вдосконалення управління звалищами твердих побутових відходів у Львівській області”

Project co-financed by the Polish development cooperation programme of the Ministry of Foreign Affairs of the Republic of Poland

Проект фінансується програмою польського співробітництва з розвитку Міністерства закордонних справ Республіки Польща

The publication expresses exclusively the views of the author and cannot be identified with the official stance of the Ministry of Foreign Affairs of the Republic of Poland

Публікація висловлює виключно думку автора та не може сприйматися, як офіційне становище Міністерства закордонних справ Республіки Польща



Polish aid



польська допомога

Перше видання

Варшава 2021

ISBN 978-83-961824-7-0

Видавець

Szkoła Główna Służby Pożarniczej (Головна Школа Пожежної Служби)

01-629 Варшава

e-mail: wydawnictwo@sgsp.edu.pl

www.sgsp.edu.pl

тел. 22 561 73 83

Друк

Mazowieckie Centrum Poligrafii (Мазовецьке Центрум Поліграфії)

Об'єм публікації: 11 видавничих аркушів

ЗМІСТ

ВСТУП.....	7
<i>Ігор Шукель, Ярослав Геник, Ірина Сидь, Любомир Глоговський</i> ДОСВІД ГРОМАДСЬКОЇ ІНІЦІАТИВИ ПО ЗБОРУ ТА СОРТУВАННЯ ПОБУТОВОГО СМІТТЯ В М. ЛЬВОВІ.....	9
<i>Віктор Скробала</i> ЕКОЛОГІЧНА СТРУКТУРА ТА РІВЕНЬ СІНАНТРОПІЗАЦІЇ РОСЛИННОГО ПОКРИВУ СМІТТЄЗВАЛИЩ ЛЬВІВСЬКОЇ ОБЛАСТІ	17
<i>Роман Сукач, Володимир-Петро Пархоменко, Володимир Товарянський</i> АНАЛІЗ НЕБЕЗПЕК ПІД ЧАС ПОЖЕЖИ НА ПОЛІГОНАХ ТВЕРДИХ ПОБУТОВИХ ВІДХОДІВ.....	33
<i>Павло Босак, Роман Ратушний, Василь Попович, Олег Стокалюк</i> АНАЛІЗ НАКОПИЧЕННЯ ТА ЕКОЛОГІЧНІ НАСЛІДКИ ВІДХОДІВ ПІДПРИЄМСТВ ВУГІЛЬНОЇ ГАЛУЗІ	57
<i>Роман Сукач, Володимир-Петро Пархоменко, Володимир Товарянський</i> ЗАХОДИ ЩОДО ПОПЕРЕДЖЕННЯ ВИНИКНЕННЯ НС НА ПОЛІГОНАХ ТВЕРДИХ ПОБУТОВИХ ВІДХОДІВ НА ПРИКЛАДІ ЛКП «ЗБИРАНКА».....	73
<i>Григорій Дмитрів, Назарій Походило, Микола Обушак, Лілія Дубенська, Леся Олексів</i> ВИКОРИСТАННЯ БІОДЕГРАДАБЕЛЬНИХ ПОЛІМЕРІВ ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА ЕКОТАРИ	97
<i>Ігор Шукель, Сергій Соколов, Олександр Кузярін, Оксана Тиманська</i> СПОНТАННА ФЛОРА КАР'ЄРУ З СУХОЮ ВИЙМКОЮ ТА РОЛЬ СМІТТЄЗВАЛИЩА У ЙОГО БІОРІЗНОМАНІТТЯ (НА ПРИКЛАДІ КАР'ЄРУ ПАФ "ДНІСТЕР" У ЛЬВІВСЬКІЙ ОБЛАСТІ).....	117
<i>Mykhailo Petlovanyi, Kateryna Sai, Yevheniia Sherstiuk</i> UTILIZATION OF TECHNOGENIC WASTE AND THE FORMATION OF A BACKFILL MASS ON ITS BASIS DURING UNDERGROUND MINING OF IRON ORE DEPOSITS	131

<i>Наталія Гоцїї</i> ОЗЕЛЕНЕННЯ ЯК СПОСІБ ФІТОМЕЛІОРАЦІЇ ДОВКІЛЛЯ ТА ЕКОФУНКЦІЇ ЛІАН В УРБОЛАНДШАФТІ.....	155
<i>Катерина Степова, Роман Конанець, Ірина Федів</i> КРИТИЧНИЙ ОГЛЯД МЕТОДІВ АДСОРБЦІЙНОГО ОЧИЩЕННЯ ПІДТЕРИКОНОВИХ ВОД.....	169
<i>Ірина Кочмар, Василь Карабин</i> ЕКОЛОГІЧНА НЕБЕЗПЕКА ГОРІННЯ ВУГІЛЬНИХ ТЕРИКОНІВ ТА ПЕРСПЕКТИВНІ МЕТОДИ ВИКОРИСТАННЯ ВІДХОДІВ ВУГЛЕВИДОБУТКУ	183
<i>Тарас Шуплат, Андрій Волощишин</i> ФІТОМЕЛІОРАТИВНІ ПРОЦЕСИ ПРИБЕРЕЖНО-ВОДНОЇ РОСЛИННОСТІ КАР'ЄРУ ЯВОРІВСЬКОГО ДЕРЖАВНОГО ГІРНИЧО-ХІМІЧНОГО ПІДПРИЄМСТВА "СІРКА"	199
<i>Наталія Кендзьора</i> КЛІМАТИЧНІ ЗМІНИ ТА ЇХ ВПЛИВ НА РИТМИ РОСТУ І РОЗВИТКУ ДЕРЕВНИХ РОСЛИН В УРБОГЕННИХ УМОВАХ	213
<i>Михайло Казимир, Марія Кошіль</i> ВИВЧАЄМО, ДОСЛІДЖУЄМО, ОХОРОНЯЄМО!.....	229
ВИСНОВОК.....	239

ЕКОЛОГІЧНА НЕБЕЗПЕКА ГОРІННЯ ВУГІЛЬНИХ ТЕРИКОНІВ ТА ПЕРСПЕКТИВНІ МЕТОДИ ВИКОРИСТАННЯ ВІДХОДІВ ВУГЛЕВИДОБУТКУ

Кочмар І.М.¹, Карабин В.В.²

(Львівський державний університет безпеки життєдіяльності, Україна)

¹ *iry nalevytska1@gmail.com, +380967428341, 0000-0003-1461-089X*

² *vasyl.karabyn@gmail.com, +380975166929, 0000-0002-8337-5355*

ECOLOGICAL DANGER OF COAL HEAPS BURNING AND PROSPECTIVE METHODS OF COAL MINING WASTE USE

Kochmar I.M.¹, Karabyn V.V.², D.Sc.

(Lviv State University of Life Safety, Ukraine)

Анотація: Гірничо-видобувна промисловість характеризується нагромадженням значних обсягів пустої відвальної породи, яка складається в терикони. На території Львівсько-Волинського кам'яновугільного басейну, який охоплює площу близько 10 000 км² за період його промислової розробки накопичилися значні кількості відвальної породи, що чинить антропогенний тиск на навколишнє середовище. Значну небезпеку для прилеглих територій та населення вуглевидобувних районів представляють пожежі, що виникають на териконах вугільних шахт та збагачувальних фабрик. Одним із шляхів подолання даної проблеми є використання відходів вуглевидобутку в якості вторинної сировини.

Ключові слова: техногенні відходи, екологічна безпека, горіння териконів, переробка відходів .

Abstract: The mining industry is characterized by the accumulation of significant volumes of stockpile bulk materials, which is stored in heaps. On the territory of the Lviv-Volyn coal basin, which covers an area of about 10,000 km² during the period of its industrial development, significant amounts of stockpile bulk materials have been accumulated, which provides the anthropogenic pressure on the environment. Fires occurring in the heaps of coal mines and concentrating mills are of a significant danger to the surrounding areas as well as to the coal mining areas population. One way to overcome this problem is to use coal waste as a secondary raw material.

Key words: technogenic waste, ecological safety, burning of heaps, waste processing.

1. Вплив вуглевидобутку на стан навколишнього середовища

Інтенсивний розвиток гірничодобувної промисловості та розробка вугільних родовищ упродовж минулого століття призвели до значних змін природних ландшафтів. Підземний метод видобутку кам'яного вугілля супроводжується накопиченням значних об'ємів пустих порід, котрі є промисловими відходами та в подальшому складаються у відвали. Утворення та нагромадження гірничих мас відбувається не лише внаслідок вуглевидобутку, але й у результаті роботи вуглезбагачувальних фабрик, де утворюються значні кількості твердих та рідких відходів. Кожна тисяча тонн підземного видобутку супроводжується нагромадженням на поверхні 110 – 150 м³ порід, тисяча тонн збагачення вугілля – складуванням 100 – 120 м³ порід [1]. Найвищим териконом в Європі

вважають гору Шарлотта, розташовану біля польського міста Рідутлови, котрий висотою сягає 135 м, займає площу 38 га та об'ємом 13,3 млн м³.

Слід зауважити, що негативний вплив вуглевидобутку на природне середовище включає в себе:

- збільшення крутизни схилів рельєфу, сприяє техногенному розвитку ерозії і зсувів та деградацію ґрунту в безпосередній близькості до осередків видобутку вугілля, відкачки шахтних вод та відсипання породи у відвали [2];

- активізацію негативних фізико-географічних явищ, геологічних змін, що впливають на розвиток шахтарських міст і селищ та ведення сільськогосподарських робіт [3];

- несприятливі зміни хімічного складу підземних та поверхневих вод, викликані реакціями різних сполук у процесі вивітрювання – наприклад розкладання піриту та утворення сульфатів [4];

- водну ерозію з породних відвалів, під час якої в середньому змивається до 400 м³/га в рік породи, при цьому з південного схилу змив в 2 – 3 рази більше [5];

- дефляцію породних відвалів, що чинить негативний вплив на навколишнє середовище, відомо, що вплив вітру на породні відвали Луганщини призводить до потенційного виносу до 157 т/рік породи з гектара поверхні відвалу [6];

- порушення стійкості порід у поєднанні з дощами може спричинити зсуви, наприклад 21 жовтня 1966 року трапилася Аберфанська катастрофа (Вельс, Сполучене королівство), де внаслідок зсуву вугільного терикону, загинуло 116 дітей і 28 дорослих.

Розміри зон впливу породних відвалів в кілька разів перевищують їх площі, а особливо під час самозаймання та горіння. Гостро стоїть проблема впливу вуглевидобутку на стан навколишнього природного середовища, адже вони зосереджені практично на усіх континентах (рис.1).

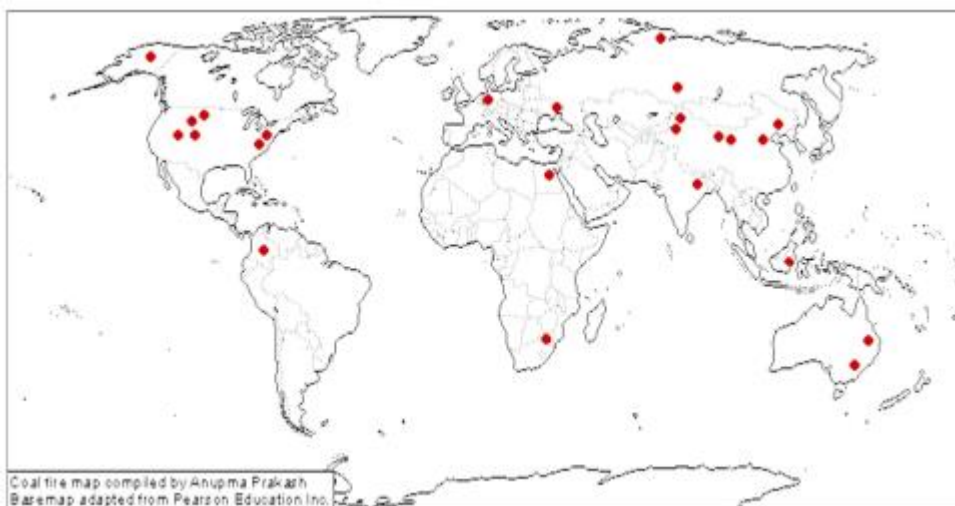


Рисунок 1 – Найбільші вугільні гірничо-промислові райони [7]

Відповідно для забезпечення екологічної рівноваги та безпечної життєдіяльності, в гірничо-промислових районах на законодавчому рівні встановлено низку екологічних вимог у сфері проведення гірничих робіт, до основних із них відносять: розташування виробничих підрозділів гірничого підприємства, складів корисних копалин і відвалів порід з урахуванням можливості проведення профілактичних заходів щодо запобігання їх самозайманню; застосування екологічно

безпечних гірничих технологій; раціональне використання мінеральних відходів порідних відвалів (сховищ) для повторної переробки на основі широкого застосування новітніх технологій; організацію санітарно-захисної зони між гірничим підприємством і жилими будівлями відповідно до законодавства; запобігання осіданню, підтопленню, заболочуванню, засоленню, висушенню та забрудненню відходами виробництва поверхні землі та ін [8].

2. Екологічна небезпека горіння відвальної породи

2.1. Закономірності та передумови самозаймання та горіння териконів

У відхідних відвальних породах спостерігається значний вміст горючих компонентів, переважно вуглецю та піриту. Вміст основних горючих компонентів у шахтних відходах може досягати до 30% вуглецевої речовини і до 8% піриту. Це компоненти, які при контакті з киснем зазнають природного процесу окиснення, що супроводжується виділенням тепла, що в подальшому призводить до саморозігріву, а потім і самозаймання вугільних відходів за сприятливих умов [9]. Пожежі, що виникають у цей спосіб називаються ендегенними [10]. Відповідно до нормативних документів, терикон вважається таким, що горить, якщо на ньому хоча б один осередок горіння (незалежно від його площі) з температурою порід на глибині 2,5 м більшою за +80°C [11].

За даними [1] самозаймання териконів є наслідком хімічного процесу пов'язаного з високою концентрацією сполуки сірки, яка в поєднанні з вологою утворює сірчисте з'єднання, що вступають в окислювальну реакцію з породами і включеннями вугілля з виділенням тепла. Загальновідомо, що в глибині териконів схильних до горіння температура досягає 1000 ° C і більше. Процес горіння триває до 20 років.

Негативний вплив, який чинять палаючі породні відвали, на навколишнє середовище і здоров'я людей значний. Джерелами небезпечних процесів є гази, що виділяються і призводять до забруднення повітря на прилеглих до відвалів територіях, знесення атмосферними опадами з поверхні відвалів продуктів руйнування новоутворених мінералів, що призводять до забруднення ґрунтів і вод, великі деформації, викиди порід і пилу та ін. Тому виникає необхідність повністю виключити небезпечні явища, пов'язані з горінням відвалів [12].

Значну небезпеку для мешканців вугледобувних районів представляє горіння городних відвалів наприклад, згоряння 1 т вугілля призводить до емісії 1,17 т вуглекислого газу (CO₂), 0,17 т метану (CH₄). Також внаслідок цього процесу в атмосферу можуть надходити оксиди сульфуру і карбону, водень, хлор, амоній, сірководень, метан, етан (C₂H₆), пропан (C₃H₈), етилен (C₂H₄), пропілен (C₃H₆), ацетилен (C₂H₂), формальдегід (CH₂O), мурашина кислота (CH₂O₂), оцтова кислота (C₂H₄O₂), гліоксаль (C₂H₂O₂), ізопропиловий спирт (C₃H₈O), бензол (C₆H₆), толуол (C₇H₈), етил-бензол (C₈H₁₀), ртуть. Значна частина з цих сполук є токсичними, окремі з них канцерогенними [13]. Встановлено [14], що при горінні породного відвалу в середньому на добу в атмосферу потрапляє 9,758 т CO, 154,170 т CO₂; 1,476 т SO₂; 0,399 т H₂S і 0,072 т N₀ + N₀₂, також що при згорянні 1 кг породи забруднюється до небезпечної межі від 6,7 до 8,7 млн. м³ повітря [11], а гази що виділяються з глибини відвалів містять в своєму складі небезпечні для здоров'я елементи і з'єднання. Гарячі діючі породні відвали також становлять велику небезпеку для обслуговуючого персоналу. На таких

відвалах можуть відбуватися випадки загибелі людей в результаті отруєння газами і попадання в осередки горіння з температурою близько 800-1000°C.

Навіть сплячі на вигляд терикони сильно забруднюють прилеглі території газами, димом і пилом. До того ж нерідко відбувається внутрішнє тління. Воно викликає утворення пустот, які можуть призвести до сходу зсувів. Горіння порід відвалів викликає також обвалення і осадку горілих порід, осипи, тріщини внаслідок нерівномірного нагрівання тощо. Трапляються вибухи териконів, в результаті яких викиди десятків і сотень тисяч тонн розпеченої породи призводять до численних людських жертв. Такі події, наприклад, відбулися в 1962 році – вибух терикону шахти ім. Ілліча колишнього тресту «Кадіїввугілля» та у 1966 році на одному з териконів шахти № 5-6 імені Димитрова сталася техногенна катастрофа, її причиною стала сильна злива, внаслідок якої поверхня терикону покрилася кіркою, згодом з верхньої частини відвалу зірвався вниз масив з породи і шламу, а з кратера стався викид розжареного газу і попелу. Буває, що всередині териконів запускається процес так званого сухого горіння. У процесі ендегенного тління/горіння з рукотворних гір виділяються гази, що нагадують вулканічні. Пари, які виходять із відвалу, розносяться далеко за межі його безпосереднього впливу. Під час дощів отруйні домішки нерідко потрапляють в підземні води, поширюючись по ґрунтам і довколишніх водойм.

Породні відвали також впливають на зміну клімату. Відомо, що в урбанізованому регіоні рух горизонтальних повітряних мас зменшується на 25% в порівнянні з прилеглою територією. Викиди токсичних газів і пилу при горінні породних відвалів певний час знаходяться в атмосфері, сприяючи конденсації водяної пари з утворенням хмар і туманів. Встановлено, що викиди забруднюючих речовин призводять до збільшення кількості опадів на 5 – 10% і кількості туманів в 2 – 5 разів [6].

Найбільш схильні до самозаймання являються конічні відвали, котрі найчастіше утворюються при відкатці породи рейковим транспортом з поступовим нарощуванням колії, їх висота коливається від 20 до 110 ... 120 м [1]. Їхня будова забезпечує найбільший приток повітря в середину відвалу, що у свою чергу сприяє окисненню пальної частини породи, тому їх слід розташовувати таким чином, щоб переважні вітри були спрямовані у хвостову частину відвалу. Основним недоліком конічних відвалів є відсутність можливості одночасного складування породи і виконання профілактичних заходів проти її самозаймання.

Щільність породи терикону знижується від вершини до підніжжя. Вершині терикону, яка складена породою із дрібних фракцій, притаманна найбільша щільність. Для деяких териконів нижня 1/3 частина відвалу є проникною для повітря. Решта ділянок слабо проникні або непроникні [11]. У міру наближення до поверхні відвалу температура самонагрівання породного відвалу знижується через тепловіддачу в навколишнє середовище. Експериментально встановлено [14], що найбільш сприятливі умови для утворення вогнищ горіння створюються на плоских породах 1-3 м від краю укусу на глибині 1,8-2,5 м. Сюди надходить достатня кількість кисню для протікання процесу при мінімальній тепловіддачі у довкілля.

Матеріали, що піддаються горінню, представлені в відвальній масі у вигляді чистого вугілля, вуглистих сланців, аргілітів, зростків вугілля з породою та піриту. Вміст вугілля в породних відвалах збільшується від дрібних класів до великих. У природних умовах самозаймається буре і кам'яне

вугілля, антрацит, горючі сланці, сірчисті руди, торф. В умовах Донбасу, наприклад, найбільш схильні до самозаймання породи, які є відходами вуглезбагачення.

Процеси горіння породи протікають неоднаково та залежать від давності відсіпання терикону, наявності технології складування, геометричних параметрів відвалів тощо. Процеси горіння відсутні на 2-х типах териконів – перегорілих (згаслих) та рекультивованих [11].

В роботі [15] визначено основні стадії процесу переходу самонагрівання гірських порід в їх загоряння:

1. Самонагрівання вологої гірської породи внаслідок біохімічного та хімічного окисного вилуговування піриту, що завершується утворенням в порушеному масиві або скупченні її хімічного реактора;

2. Рогрівання хімічним реактором поверхневого шару гірської породи і збагачення його елементною сіркою;

3. Самозаймання парів сірки на повітрі біля нагрітої до температури 248 – 261 °С поверхні гірської породи і загоряння тут метано-повітряної суміші;

4. Термічна деструкція вуглецевої речовини і мінеральних компонентів гірської породи, супроводжується виділенням горючих речовин;

5. Виникнення стійкого горіння продуктів термічної деструкції та газифікації гірської порід.

Для запобігання самозайманню породи у відвалі проводиться ізоляція відкосів відвалу ізолюючим матеріалом. Товщина ізолюючого матеріалу для відкосів становить 0,8 м. По контуру породного відвалу пропонується відсіпати через кожен метр висоти шар ізолюючого матеріалу шириною 3 м та висотою 0,25-1,0 м. Ущільнення ізолюючого матеріалу здійснюється одночасно із ущільненням породи.

З метою виявлення можливих осередків горіння та своєчасних запобіжних заходів щодо самонагрівання породи необхідно контролювати тепловий стан відвалів. Вимірювання температури породи необхідно проводити 3 рази на рік (травень, липень, вересень). Точки замірів температури розташовуються на горизонтальній частині відвалу у вершинах умовно утворених квадратів з довжиною сторін 20 м. Окрім цього точки повинні бути розташовані на відстані 5 м від відкосу. Додаткові точки заміру розташовуються у видимих осередках самозаймання. Тут вимірювання температури здійснюється на глибині 0,5 м від поверхні [11].

2.2. Вплив самозаймання порід відвалу на стан атмосферного повітря (на прикладі ЦЗФ компанії “Львіввугілля”)

Горіння породних відвалів вугільних шахт та вуглезбагачувальних фабрик є всесвітньою проблемою, яка характерна і для України, де вуглевидобуток зосереджено в трьох басейнах: Донецькому та Львівсько-Волинському кам'яновугільних басейнах та Дніпровському буровугільному. У Львівсько-Волинському кам'яновугільному басейні (ЛВБ) вугілля видобувають підземним способом у шахтах та збагачують його на центральній збагачувальній фабриці «Червоноградська» ПАТ «Львівська вугільна компанія» (рис. 2.). ЛВБ у геолого-промисловому плані поділяють на Нововолинський, Червоноградський гірничо-промислові та Південнозахідний вугленосний райони. Найбільш екологічно-небезпечним є Червоноградський гірничо-промисловий

район (ЧГПР) з огляду на розміщення у його межах найбільшої кількості діючих шахт басейну та збагачувальної фабрики «Червоноградська».



Рисунок – 2 Центральна збагачувальна фабрика «Червоноградська» [16]

Збагачувальна фабрика «Червоноградська» (ЗФЧ) знаходиться у Львівській області заходу України в 60 км на північ від м. Львів. Фабрика збагачує вугілля видобуте у Львівсько-Волинському кам'яновугільному басейні (ЛВБ). Збагачувальна фабрика «Червоноградська» потужністю майже 10 млн т у рік є однією з найбільших у Європі. Площа промислового майданчика збагачувальної фабрики складає 36,0 га. Відвал породи площею 73,7 га, введений в дію у 1979 р. Висота центральної частини відвалу – 60 м, площа основи – 650 тис.м², периметр по підшві – 3300 м, об'єм заскладованих порід 30 млн.м³, ухили схилів – 31°.

Відходи вуглезбагачення представляють собою суміш аргіліту (54–97 %), алевроліту (17–28), пісковиків (2,0–20,7), та мергелю з включенням дрібного вугілля (до 17 %). У складі відходів присутній пірит, а характерною ознакою є висока сірчистість порід, яка мінералогічно зумовлена підвищеним вмістом піриту й марказиту.

Високий рівень техногенного навантаження Сокальського району суттєво впливає на хімічний склад атмосферного повітря. У межах Сокальського району породні відвали займають площу 290 га з кількістю породи 90 млн тон. З 1 м² терикону, що горить у Сокальському районі в атмосферу, в середньому за добу, потрапляє: 10,7 кг окису вуглецю, 6,3 кг сірчистого газу, по 0,6 кг сірководню і оксидів азоту. небезпечними забруднювачами атмосферного повітря району є викиди сполук сірки, внаслідок чого спостерігається випадання кислих дощів [17].

Породи відвалів шахт, а особливо збагачувальної фабрики характеризуються підвищеними температурними режимами. Внаслідок самозаймання порід териконів вугільних шахт в атмосферному повітрі навколишніх населених пунктів інколи надходять забруднюючі речовини у понаднормових концентраціях. Зокрема, впродовж 2013-2014 рр. у 25 пробах повітря з 300 (8,3 %) зафіксовано пил у кількості 0,51-0,77, що у 1-1,54 рази перевищувало гранично допустиму концентрацію (ГДК) та двоокис сірки (SO₂) у кількості 0,6-0,8, що у 1,2-1,6 разів перевищувало ГДК. Понаднормових концентрацій оксидів карбону, азоту, сірчистого ангідриду у цей період не зафіксовано.

Екологічна ситуація різко змінилась у 2016-2017 рр. У цей період спостерігалось полуменеве горіння порід відвалу збагачувальної фабрики «Червоноградська» внаслідок якого в атмосферу надійшла велика кількість шкідливих компонентів.

За результатами точкового вимірювання температур, у вересні 2016 р., на відділі 7-8 м від краю відкосу відвалу зафіксовано температури порід від 35,0 °С до 98,6 °С. Середня температура порід на глибині 0,5 м становила 55,9 °С, на глибині 1,0 м – 65,7 °С, 1,5 м – 70,4 °С, 2,0 м – 72,8 °С, 2,5 м – 77,2 °С [9].

Горіння порід відвалу збагачувальної фабрика «Червоноградська» спричинило надходження в атмосферне повітря низки токсичних газів у понаднормових концентраціях. Перевищення гранично-допустимих концентрацій (ГДК) SO₂, CO, які в Україні становлять відповідно 0,5 мг/м³ та 5 мг/м³ зафіксовано у населених пунктах розташованих у різних напрямках від відвалу. Перевищення ГДК NO₂, яке становить 0,2 мг/м³ виявлено лише 1 раз у селі Сілець, яке знаходиться на захід в 1 км від породного відвалу. Концентрація формальдегіду у 40 % проб перевищувала ГДК (0,035 мг/м³) у с. Сілець та у 50 % проб у м. Соснівка. У с. Межиріччя, яке знаходиться на північ від породного відвалу формальдегід у атмосферному повітрі був відсутній, а у с. Городище його концентрацію не визначали (рис.3). Слід зазначити, що кількість пилу впродовж 2016 р. у атмосферному повітрі населених пунктів району досліджень не перевищувала 0,27 мг/м³, що є значно нижчим за ГДК – 0,5 мг/м³.

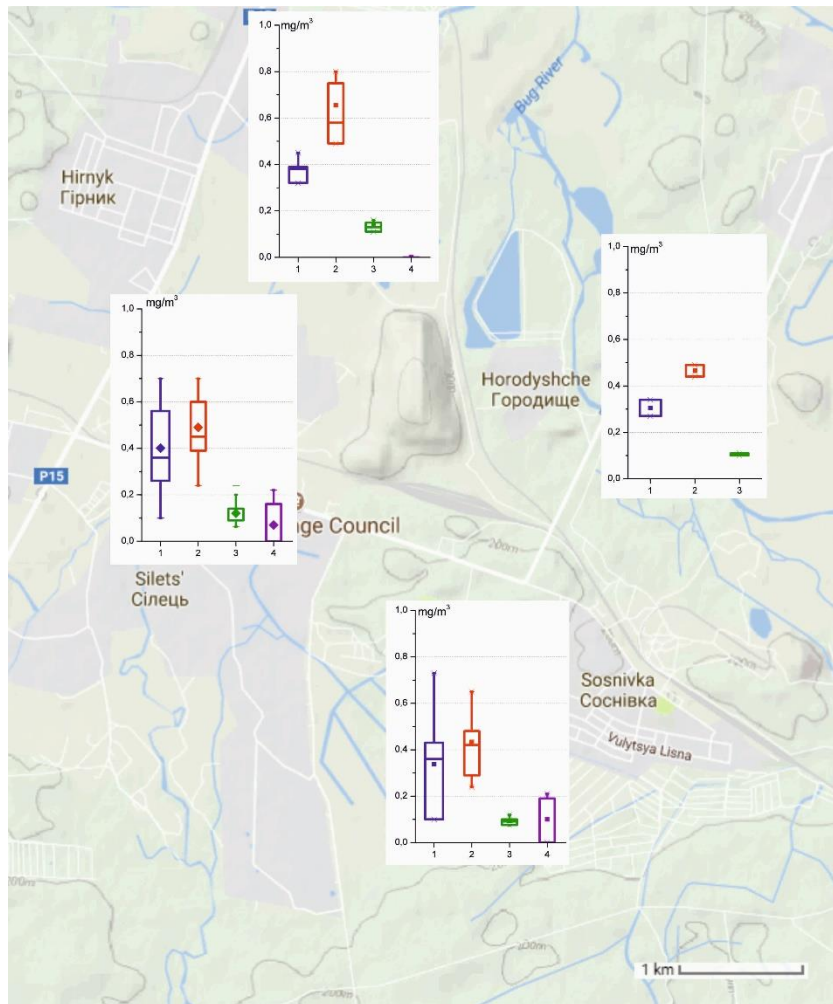


Рисунок 3 – Схема забруднення атмосферного повітря у зоні впливу породного відвалу вуглезбагачувальної фабрики «Червоноградська» у 2016 р. [13].

Зимою 2016-2017 рр. інтенсивність горіння зменшилася, але з приходом весни знову збільшилася. У червні 2017 р. температура порід терикону на глибині 0,5 м становила 57,3 °С, на глибині 1,0 м – 69,7 °С, 1,5 м – 80,8 °С, 2,0 м – 86,7 °С, 2,5 м – 92,7 °С [9]. Інтенсифікація горіння порід терикону неоднозначно вплинула на зміну складу атмосферного повітря. Збільшилась концентрація CO у с. Городище, SO₂ – у населених пунктах Сілець і Городище. В інших населених пунктах– м. Соснівка, с. Межиріччя концентрація оксиду азоту та діоксиду сірки зменшилася. Так само зменшилася концентрація діоксиду азоту у всіх населених пунктах (рис.4). Кількість пилу не перевищувала 0,27 мг/м³.

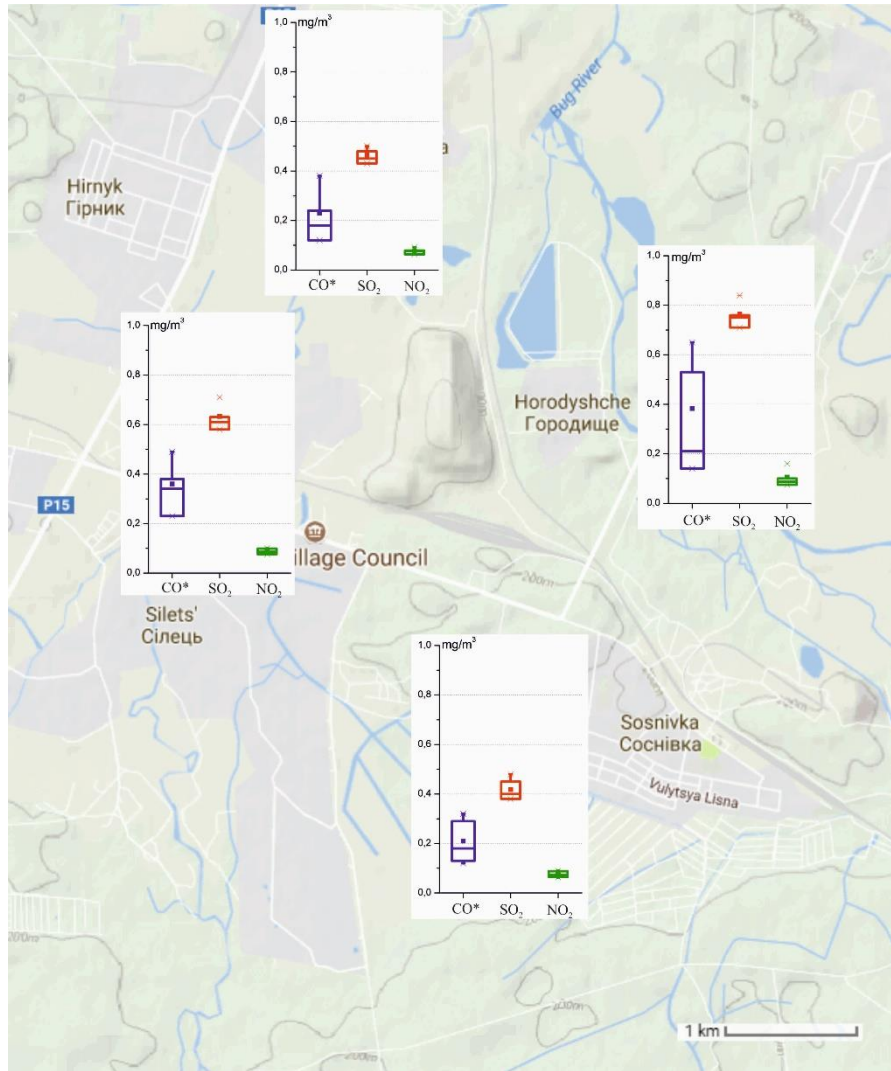


Рисунок – 4 Схема забруднення атмосферного повітря у зоні впливу породного відвалу вуглезбагачувальної фабрики «Червоноградська» у 2017 р. [13].

Результати представлені на рис.5 вказують на закономірну зміну концентрацій оксиду карбону у західному на південному напрямках від породного відвалу (с. Сілець і м. Соснівка).

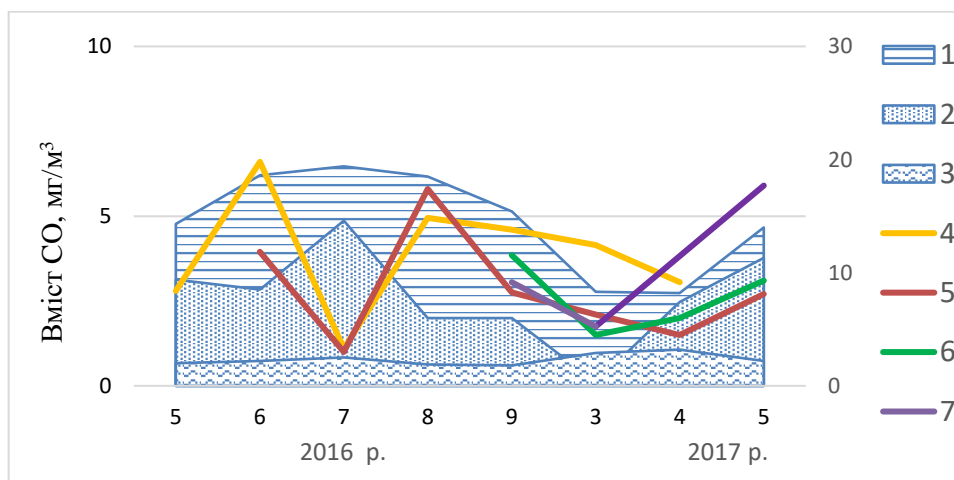


Рисунок – 5 Динаміка зміни концентрацій оксиду карбону у атмосферному повітрі населених пунктів у зоні впливу породного відвалу вуглезбагачувальної фабрики “Червоноградська”: 1 – середньомісячна температура, °С, 2– місячна сума атмосферних опадів п 0,1 мм, 3– середньомісячна

швидкість вітру, м/с, 4– с. Сілець, 5– м. Соснівка, 6 – с. Межиріччя, 7 – с. Городище, права вісь для областей (1-3), ліва вісь для графіків вмісту CO у атмосферному повітря населених пунктів (4-7) [13].

3. Перспективні методи використання відходів вуглевидобутку

Зменшення техногенного впливу та навантаження вуглевидобувними підприємствами на довкілля – це основне питання, котре постає у вуглевидобувних регіонах, у т.ч. Львівсько-Волинському кам'яновугільному басейні. Впровадженням у промислове виробництво нових видів та обсягів мінеральних ресурсів таких як відходи вуглевидобутку на порозі еколого-ресурсної кризи є актуальним та перспективним.

За даними [18] у Польщі лише 2,2 % відходів після гірничих виробок використовується не для цілей постійного зберігання, наприклад, для виробництва заповнювачів для будівельної промисловості. Через їх фізико - хімічні властивості інтерес до їх використання мінімальний, а гірничі відходи, видобуті разом з вугіллям, зберігаються у вигляді відвалів або осадів.

Рекультивация поверхні териконів та їх утилізації як техногенних родовищ – шлях до відновлення порушених та деастрованих ландшафтів. Доцільність видобування певних корисних копалин із терикону має визначатися виходячи з економічної оцінки вугільного терикону як техногенного родовища. Як свідчить світовий та вітчизняний досвід відходи вуглевидобутку використовують як джерела додаткової сировини в будівництві, металургії, хімічній та лакофарбовій промисловості, при виробництві кераміки.

Відходи видобутку вугілля можуть використовуватися в якості сировини для: виробництва будівельних матеріалів (для виготовлення цегли і черепиці, вогнетривких виробів, скла, штукатурно-кладкових розчинів, цементу та інших виробів); інертних заповнювачів (щебінь, пісок з відсіву дроблення, щебенево-піщані суміші); важких та легких бетонів (для цивільного, промислового та соціального будівництва); будівельних та тампонажних розчинів, що володіють корозійною стійкістю і гідроізоляційною здатністю; для дорожнього будівництва, а саме для створення підстав та покриттів, у тому числі покриттів з дрібно- і грубознистого асфальтобетону; використання для закладки виробничих просторів шахт і кар'єрів та облаштування порушених рельєфів місцевості; виробництво брикетів з дрібнофракційних та тонко дисперсних компонентів вугільних відходів, котрі можуть використовувати ТЕС, котельні промислових та комунальних підприємств [19].

Використання териконів як техногенного родовища визначається передусім корисними властивостями відвальних порід, які зумовлені масою цінного хімічного елементу у породі [20]. Породна маса відвалів шахт містить до 46 % вугілля, до 15 % глиноземів та до 20 % оксидів кремнію і заліза. Вміст рідкоземельних елементів в тонні породи сягає: германій – 55 г, скандій – 20 г, галій – 100 г. Загальна кількість рідкоземельних елементів у відвалах становить близько 230–260 г/т [21].

Перспективним є наступні напрями розробки породних відвалів: виробництво бокситів і алюмінієвих сплавів, відділення магнітних залізовмісних сполук з відвалів порід, виділення германію тощо. На сьогоднішній день існує технічна можливість виділення бокситів з негорілих відвалів з одночасним підвищенням їх концентрації з 14,9 до 40-50% [22].

Сьогодні у світі в основному використовують горілі відвальні породи, з вмістом вугільних домішок менше 5 % і мінеральної глинисто-піщаної частини, обпаленої в тій чи іншій мірі. Такі

породи придатні для виготовлення керамзиту, насипних ґрунтів і цегли. Відвальні породи також використовують для виробництва плити, перекриття, стінових панелей, ліфтових шахт тощо. Використання відходів вуглевидобувної промисловості зменшує собівартість виробництва на 15-20%.

Проблему шахтних териконів можна вирішити шляхом використання їх як нетрадиційні джерела теплової і електричної енергії. Одним із варіантів вирішення цієї проблеми є газифікація відвалів. Вугільний терикон, як природний реактор, має необхідні умови для цього процесу: вміст органічного вуглецю і сірки складає 15 – 30%, достатність вологи – 4 – 16%, об'ємна повітропрониклість і теплопровідність порід [23].

Актуальною є розробка нових технологій, що стосується екологічно-безпечного та економічно ефективного використання породних відвалів та використання альтернативних джерел енергії [24, 25]. Способом такого використання є розташування на породних відвалах автономних вітроустановок. В умовах вуглевидобувних районів України є усі передумови для ефективного розташування вітроенергетичних установок та використання енергії вітру [26].

Найбільш розповсюдженим способом зменшення впливу териконів на довкілля є рекультивация чи фіторекультивация териконів – це зменшення існуючої небезпеки териконів шляхом створення на них рослинних насаджень. Це своєрідна консервація териконів до настання можливості їх повної утилізації. Рекультивация териконів – менш витратний спосіб, ніж утилізация. На сьогоднішній день розроблено і розробляються способи рекультивации, основною метою яких є зниження витрат і поліпшення рослинного покриву. Однією з основних проблем рекультивации є токсичність породи териконів для рослин. Щоб зменшити токсичність і підвищити приживлюваність рослин, часто пропонують переформування конічних териконів в плоскі і насипання шарів ґрунтів [27].

Усі перелічені вище методи поводження та використання відвальної породи вуглевидобутку характеризують можливості застосування запропонованого підходу: відходи вугільних підприємств – сировина техногенного походження для подальшої переробки в корисну продукцію, видобутку цінних елементів та енергії.

Література

1. Гимли Ю.А. Использование энергии горящих терриконов. Электронный журнал энергосервисной компании "Экологические системы" № 11, ноябрь 2005. URL: <http://masters.donntu.org/2014/igg/ulshina/library/article4.htm> (дата звернення: 19.10.2021)
2. Khorolskyi, A., Hrinov, V., Mamaikin, O., & Fomychova, L. (2020). Research into optimization model for balancing the technological flows at mining enterprises. E3S Web Of Conferences, 201, 01030
3. Карабин В.В. Чинники просідання та підтоплення територій вуглевидобутку Червоноградського гірничо-промислового району // Мінеральні ресурси України. - 2018. -№3. - С. 32-36.
4. Starodub G., Karabyn V., Ursulyak P., Pyroszok S. Assessment of anthropogenic changes natural hydrochemical pool Western Bug River // Studia regionalne i lokalne Polski Południowo-Wschodniej. Tom XI. Drogi wodne Europy Środkowo-Wschodniej. Dzierdziowka – Krakow 2013. Str. 79 – 90.
5. Смирный, М.Ф., Зубова Л.Г., Зубов О.Р. Экологическая безопасность терриконовых ландшафтов Донбасса: монография. Луганск: Изд. ВНУ им. Даля, 2006. 232 с.

6. Терриконы: монографія / Л. Г. Зубова та ін. Изд-во «Ноулідж», 2015. 712 с.
7. Glenn B. Stracher, Anupma Prakash, Ellina V. Sokol. Coal and peat fires: a global perspective. Volume 1: Coal - Geology and Combustion. Elsevier Science. 2010. 380 p.
8. Гірничий закон України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1127-14#Text> (дата звернення: 01.11.2021)
9. Karabyn V., Shtain B., Popovych V. Thermal regimes of spontaneous firing coal washing waste sites. News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan. Series of Geology and Technical sciences. 2018. Volume 3, No 429. Pp. 64 – 74.
10. Jan Drenda, Zenon Róžański, Krzysztof Słota, Paweł Wrona. Zagrożenie pożarowe na zwałowiskach odpadów powęglowych. *Górnictwo i Geoinżynieria*. Rok 31. Zeszyt 3/1. 2007. S.149-157.
11. Попович В.В., Піндер В.Ф. Горіння терриконів як ландшафтно-трансформуючий чинник зростання регіональної екологічної небезпеки. *Збірник наукових праць. Пожежна безпека №29*, 2016. С. 116-124.
12. Панов Б.С., Проскурня Ю.А. Модель самовозгорання породних отвалів угольних шахт Донбасу. *«Геологія угольних месторождений»* (Межвузовский научный тематический сборник). Екатеринбург. 2002. С. 274-281. URL: <http://masters.donntu.org/2008/ggeo/solovyova/library/2.html> (дата звернення: 01.11.2021).
13. Карабын В. В. Анализ распространения газообразных продуктов горения пород отвалов обогатительной фабрики Львовско-Волынского угольного бассейна. *Вестник Кошетауского технического института КЧС МВД Республики Казахстан*. 2019. № 1 (33). С. 48–56.
14. Саранчук В.И. Борьба с горением породных отвалов. Киев.: Наукова думка, 1978. 162 с.
15. Зборщик М.П. Горение пород угольных месторождений и их тушение. Донецк: ДонГТУ, 2000. 180 с.
16. Центральна збагачувана фабрика «Червоноградська» URL: <https://mistaua.com/%D0%BC%D0%B0%D0%BF%D0%B0/?setcity=1096#l=4,0&c=50.30334834255992,24.207558631896976,50.322806178860425,24.24540996551514> (дата звернення: 02.11.2021).
17. Міщенко О., Папаєвич Н. Антропогенна деструкція ландшафтів Сокальського району Львівської області. *Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка. Сер. Географія*. Тернопіль: [Тайп], 2016. Вип. 1 (40). – С. 200–207.
18. Haldy górnicze - ukryć trudno, a i pozbyć się niełatwo : веб-сайт. URL: <https://www.nik.gov.pl/aktualnosci/haldy-gornicze-ukryc-trudno-a-i-pozbyc-sie-nielatwo.html> (дата звернення: 02.11.2021).
19. Кочмар І.М. Карабин В.В. Сучасні методи використання та поводження з відходами вуглевидобутку. *Матеріали VI Всеукраїнської науково-практичної конференції викладачів, аспірантів та студентів «Техногенно-екологічна безпека України: стан та перспективи розвитку»*, м. Ірпінь, 7 – 15 листопада 2016 р. Ірпінь: УДФСУ, 2016. С. 127-128.
20. Волотковська Ю.О. Економічна оцінка вугільних терриконів як техногенних родовищ : авторефер. дис ... канд. екон. наук : спец. 08.00.06 «Економіка природокористування та охорони навколишнього середовища». М-во освіти і науки України, Держ. вищий навч. заклад «Нац. гірн. ун-т». Дніпро, 2016. 21 с.

21. Богач К. С. Визначення засад еколого-економічної політики поводження з відвалами гірської породи вугільних шахт. *Вісник Східноєвропейського університету економіки і менеджменту*. - Випуск 2 (15). 2013. С.101 – 110.
22. Ярема Я. Р., Свинороев Ю.С. Потенціал використання відходів як сировини для створення нової продукції. *Управління проектами та розвиток виробництва*. 2011. №3. С. 83-88.
23. Традиційні та нетрадиційні системи енергозабезпечення урбанізованих і промислових територій України: моногр. / Г.Г. Півняк та ін.; за ред. Г.Г. Півняка. Д.: Національний гірничий університет, 2013. 333 с.
24. Hrinov, V. & Khorolskyi, A. (2018). Improving the Process of Coal Extraction Based on the Parameter Optimization of Mining Equipment. In *E3S Web of Conferences, Ukrainian School of Mining Engineering*. (Vol. 60. p. 00017). EDP Sciences
25. Хорольський, А. О., Грінцов, В. Г., Мамайкін, О. Р. (2019). Інноваційні перспективи підземної експлуатації вугільних родовищ. *Вісник Житомирського державного технологічного університету*. Серія: Технічні науки, №1 (83), 289-298.
26. Макеєва Д.О. Екологічна небезпека породних відвалів та шляхи вирішення проблеми. *Проблеми екології*. 2013. № 1(31). С. 43 – 48.
27. Бутюгин А.В., Узденников Н.Б., Гнеденко М.В., Зубкова Ю.Н. Способы рекультивации терриконов. *Проблеми екології та охорони природи техногенного регіону*. 2010. № 1(10). С. 184-189.