

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 Генник, 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 ВИЇМКОЮ ТА РОЛЬ СМІТТЄЗВАЛИЩА У ЙОГО БІОРИЗНОМАНІТТЯ (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 Гоцій</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

Од
у Л
ля
не
ви
пр
по
сф
біс

ези
ста
до
є п
по
ви
Ук

ни
по
ко
ни
ле
на
ліз
по
ход
ля,
об'
ди
гас
ген

ВСТУП

Однією із найбільш складних і небезпечних екологічних проблем України у XXI столітті, яка має виражено негативний вплив на компоненти довкілля, є проблема утворення значної кількості твердих побутових відходів та неналагодженість раціональної моделі поводження із ними. Наслідком невирішеності цього питання є забруднення компонентів навколишнього природного середовища: едафотопів, атмосферного повітря, підземних та поверхневих вод, практично докорінна трансформація раніше природно сформованої ландшафтної структури, видозміна рослинного та тваринного біорізноманіття на забруднених територіях.

Основними об'єктами накопичення побутових відходів в Україні є сміттєзвалища та полігони твердих побутових відходів. Кількість їх щорічно зростає, а регіональна географія постійно розширяється. Ці ділянки належать до категорії дуже сильнозмінених умов місцезростання, тому актуальним є проведення рекультиваційних процесів на цих об'єктах, адже проблема поводження з побутовими відходами розглядається як один із найбільш визначальних та пріоритетних напрямків забезпечення екологічної безпеки України.

У колективній монографії розкрито широке коло актуальних екологічних питань сьогодення: підвищення стану екологічної та пожежної безпеки полігонів твердих побутових відходів підприємств вугільної галузі України, комплексу екологічних небезпек, які виникають в наслідок горіння вугільних териконів та аналізу перспективних методів використання відходів вуглевидобутку, заходи із попередження виникнення надзвичайних ситуацій на полігонах твердих побутових відходів на прикладі ЛКП "Збиранка", аналіз комплексу небезпек, які виникають під час пожеж на полігонах твердих побутових відходів, розкриття діяльності полігону твердих побутових відходів ЛКП "Збиранка" та генерованих ним екологічних небезпек для довкілля, заходам із попередження виникнення небезпечних ситуацій на даному об'єкті, підвищення стану екологічної та пожежної безпеки полігонів твердих побутових відходів, з формулюванням фахових рекомендацій та правил гасіння пожеж на полігонах твердих побутових відходів, утилізація техногенних відходів та утворення на їх основі засипної маси при підземних роз-

робках родовищ залізної руди, аналіз перспективних методів адсорбційного очищення підтериконових вод внаслідок добування руд і корисних копалин в Україні, рекультиваційні процеси на сміттєзвалищах, особливості процесу формування спонтанної флори на території Миколаївського піщано-вапнякового кар'єру і ролі сміттєзвалища як джерела синантропних видів рослин на території кар'єру, дослідження екологічної структури та рівня синантропізації рослинного покриву сміттєзвалищ Львівської області із використанням показників гемеробії видів та екологічних шкал Г. Елленберга, проходження фітомеліоративних процесів прибережно-водної рослинності у зоні затопленого кар'єру із видобутку сірчаної руди, кліматичні зміни та їх вплив на ритми росту і розвитку деревних рослин в урбогенних умовах із вивченням рівня адаптації рослин, озеленення як способу фітомеліорації довкілля та екологічні функції ліан в урбанізованому ландшафті, роль громадської ініціативи у питаннях збору та сортування побутового сміття, як засіб налагодження ефективної моделі поводження із побутовими відходами в урбогенних умовах, еколого-просвітницька роль виховного процесу учнівської молоді у підвищенні рівня природоохоронного виховання і підняття рівня усвідомленої громадянської відповідальності у питаннях поводження із побутовими відходами.

У монографії здійснено системний аналіз усіх структурних ланок проблеми поводження із побутовими відходами: джерел їх утворення, наявних проблем у питанні сортування, збору та транспортування на об'єкти складування, накопичення на сміттєзвалищах різного типу, комплекс спричинених екологічних проблем для довкілля та населення, проходження етапів рекультиваційних процесів на сміттєзвалищах, запобігання потенційним пожежам відведених територіях та шляхи підвищення рівня екологічної і пожежної безпеки девастрованих ландшафтів.

Монографія має виражений природоохоронний характер, вона стане важливою ланкою, спрямованою на мінімізацію рівня екологічної та пожежної небезпеки в зоні впливу сміттєзвалищ та відновлення девастрованих ландшафтів України.

Василь Попович, Оксана Теляк, Тарас Шуплат

к.т.н. Павло Босак

Львівський державний університет безпеки життєдіяльності,
Україна
pasha.bosak@ukr.net, +380971827288,
ORCID: 0000-0002-0303-544X

д.т.н., доцент Роман Ратушний

Львівський державний університет безпеки життєдіяльності,
Україна
ratushnyi@ldubgd.edu.ua, +380676732980,
ORCID: 0000-0003-0448-0331

д.т.н., професор Василь Попович

Львівський державний університет безпеки життєдіяльності,
Україна
popovich2007@ukr.net, +380676733265
ORCID: 0000-0003-2857-0147

к.т.н. Олег Стокалюк

Львівський державний університет безпеки життєдіяльності,
Україна
stokoleg@gmail.com, +380679477353
ORCID: 0000-0002-9877-771X

АНЛІЗ НАКОПИЧЕННЯ ТА ЕКОЛОГІЧНІ НАСЛІДКИ ВІДХОДІВ ПІДПРИЄМСТВ ВУГІЛЬНОЇ ГАЛУЗІ

ANALYSIS OF ACCUMULATION AND ENVIRONMENTAL CONSEQUENCES OF WASTE OF COAL INDUSTRY ENTERPRISES

Анотація

На сьогодні підприємствами вугільної промисловості класифікуються як зони підвищеної екологічної небезпеки. Однією з головних складових гірничовидобувної галузі є породні відвали, які виділяють в атмосферу понад 70 тис. т шкідливих речовин на рік. Чинниками екологічної небезпеки є забруднення атмосфери, ґрунтів, гідросфери продуктами горіння, які утворюються в результаті самозаймання породних відвалів та підтериконовими стічними водами.

Ключові слова: технологічні відходи, терикони, екологічна безпека.

Abstract

Today, coal industry enterprises are classified as areas of high environmental danger. One of the main components of the mining industry are waste heaps, which emit more than 70 thousand tons of harmful substances per year. Factors of ecological danger are pollution of the atmosphere, soils, hydrosphere by combustion products, which are formed as a result of spontaneous combustion of waste heaps and subtericone sewage.

Keywords: technological waste, heaps, ecological safety.

1. Екологічні проблеми відходів підприємств вугільної галузі

Життя людини минає у створеному нею продукті історичного і особливо соціального розвитку людства – техногенному середовищі. Оскільки, техногенне середовище є продуктом суспільної діяльності людства, то для нього, як і для будь-якої форми діяльності, характерні наявність небезпеки й шкоди для довкілля та здоров'я людини.

Людська діяльність піднімає з глибин величезні маси ендегенних мінералів, збагачених рідкісними для поверхні хімічними елементами – важкими металами, радіонуклідами тощо, навіть незначні концентрації яких небезпечні для біоти.

Вугільна галузь України є важливою складовою промислового потенціалу, яка забезпечує розвиток провідних галузей економіки. Від ефективності та стабільності її функціонування залежить подальший сталий розвиток держави та енергетична безпеки [2, 4].

Важливе значення при добуванні вугілля має утворення породних відвалів (териконів), які, як відомо, є штучним насипом, концентратом «порожніх порід», витягнутих при підземній розробці вугільних родовищ. Цей вид твердих промислових відходів, крім того, що займає значні території, є комплексним джерелом негативного навантаження, щодо екології. За роки промислово-господарської діяльності людини на території країни було утворено і накопичено понад 1 млн м³ відходів у вигляді породних відвалів. Зараз основне завдання полягає в розробці нових технологій з утилізації та переробки відвальної маси териконів. Залежно від технології відвалоутворення розрізняють конічні (терикони), хребтові і плоскі відвали. Найбільшої шкоди природному ландшафту завдає відсіпання конічних й хребтових відвалів, висота яких в окремих випадках досягає 110-120 м [1].

На сьогодні гірнича галузь займає друге місце по викидах забруднюючих речовин в атмосферне повітря (рисунк 1). Екологічний стан вугільної промисловості ще більш ускладнюється із-за надмірного об'єму накопичення відходів, зокрема токсичних. Більшість накопичувачів не відповідають санітарно-екологічним вимогам, а також не гарантує виключення попадання токсичних елементів у довкілля. Основними джерелами утворення відходів є вугільна, металургійна, енергетична галузі.

Головні небезпечні процеси, які відбуваються на відвалах це, насамперед вітрова і водна ерозія, внаслідок чого забруднюється атмосферне повітря, ґрунтовий покрив і поверхневі та підземні води. Включення породних відвалів з недостатньо розвиненим фітоценозом в екомережу як відновлюваних територій і проведення фітомеліорації поверхні відвалів одночасно знизило б їх негативний вплив на довкілля.

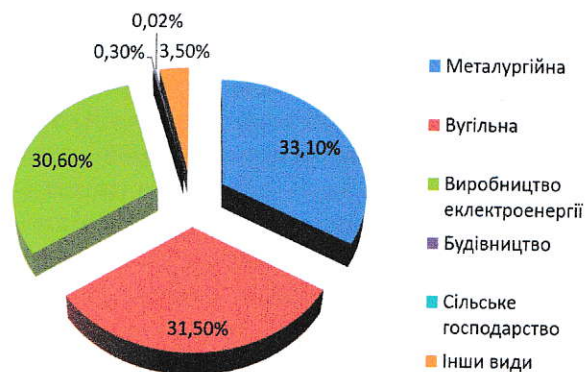


Рис. 1 - Кількість викидів в результаті діяльності підприємств забруднюючих речовин в атмосферу, % [2-3]

2. Вплив на довкілля териконів вугільних шахт

Одним з небезпечних процесів на териконах вугільних шахт є також горіння породи. Провідна роль при горінні породи належить діяльності мікроорганізмів, адже вміст сірки у відвалах часто сягає 10%, сульфідна сірка – 85%. Її окиснення здійснюється тіоновими бактеріями (*Thiobacillus ferrooxidans*). Тіонові бактерії являють собою, зазвичай, автотрофні мікроорганізми, що використовують CO_2 для побудови свого тіла й отримують енергію при окисненні сірки і її відновлених продуктів. Вивчення умов розвитку мікроорганізмів у зонах окиснення сульфідних родовищ встановило їх стійкість при температурах від 2°C до 70°C , рН середовища – від 1 до 8. При цьому розвиток бактерій протікає в умовах високої вологості породної маси. Ці дані показують, що мікроорганізми стійкі в умовах кислого середовища, оскільки при окисненні сульфідів утворюється сульфатна кислота, проте вони переносять високих температур. Мікроорганізми здійснюють процес окиснення, який супроводжується виділенням тепла і розігрівають певну зону, а власне горіння може протікати всередині терикону в сприятливих умовах при доступі достатньої кількості кисню, коли відбувається загоряння органічної частини вугілля [1-3].

До гірничохімічних та енергетичних відходів можна віднести відходи вугледобування, фосфогіпс, хвости збагачення руд (сірчаніх, фосфоритних, калійних і т.п.), шлаки теплових електростанцій, шлами, кислі гудрони. Ці відходи характеризуються багатотонажністю і для уникнення екологічної небезпеки від їх нагромадження придатні лише технології багатотонажного застосування (виробництво будівельних матеріалів, будівництво автодо-

ріг, використання їх як матеріалу для заповнення пустот у відпрацьованих кар'єрах та шахтах тощо).

Крім того, при окисленні виділяється вуглекислота, нітроген оксид (IV), який із водою утворює нітратну кислоту. При нестачі кисню в осередках горіння в парогазових викидах міститися сірководень, вуглеводні, амоніак, оксид карбону (II). При виході на поверхню частина породного відвалу утворюють кірочки, нальоти, кристалічні або сферолітові агрегати нових мінералів, серед яких переважають сульфати, сульфіди і карбонати. Інша частина окиснених сполук випаровується в атмосферу, наповнюючи її шкідливими речовинами.

Горіння і окиснення відвальних порід супроводжується викидами широкого спектру леткими органічними речовинами, основним із яких є водяна пара, що утворюється при випаровуванні та потрапляють в зону атмосферних опадів, а також при вивільненні породової й кристалізаційної води безпосередньо з мінералів та порід. Для більшої частини новоутворених мінералів вода є мінералоутворюючим середовищем: гідрокарбонатів, фосфатів, карбонатів, сульфатів та разом з парогазовими викидами в атмосферу з боку шахтних териконів можуть потрапляти сполуки токсичних елементів – миш'яку, кадмію, ртуті. Розігрів органічної частини вугілля в осередках окиснення супроводжується її термічним розкладанням, аналогічним процесу піролізу. При цьому утворюються органічні компоненти: феноли, нафтопродукти, формальдегіди тощо.

Наприклад, у Китаї та Республіці Польщі інтенсивно розробляються системи моніторингу теплового стану вуглепородних відвалів і науковці запропонували системи дистанційного моніторингу з використанням тепловізорів, які значно полегшують проведення спостережень і здійснення контролю. Наприклад, необхідно досліджувати наявні способи моніторингу вуглепородних відвалів і прогнозувати місця виникнення осередків samozаймання з метою швидкого реагування на процес горіння відвальної маси, що підтверджує актуальність цієї проблеми для гірничопромислових регіонів. Тривимірна модель розподілу температури була розділена на три категорії на основі різних температурних рівнів, у якій спостерігалися зони. Запропонована методологія може бути корисна при проведенні моніторингу відвалів для своєчасного визначення місця розташування потенційних осередків та раннього попередження і запобігання загоряння.

В Австралії, крім випадків samozаймання відвалів, відзначаються також випадки samozаймання вугілля при веденні відкритих гірничих робіт. На сьогодні для профілактики загоряння відвалів розроблені спеціальні схеми укладання відходів, які не допускають надходження повітря в тіло відвалу. Попередньо на майданчиках, планованих для розміщення вуглепородних

відвалів, знімають верхній родючий шар ґрунту, потім створюють ізолюючий шар з інертних матеріалів по периметру відвалу на висоту кожного новоутвореного ярусу для запобігання виникненню окремих осередків горіння на глибині і переміщення їх від поверхні відвалу в сторону його укусу. Одночасно по зовнішньому контуру ярусів формують насип з інертних матеріалів, потім проводять відсіпання і складування породи вирівнюючого шару майданчика з подальшим ущільненням відвальної маси кулачковими катками. Після цього на схилах укладають шар ґрунту і навесні проводять садіння саджанців. Таким чином, вся бічна поверхня відвалу виявляється озелененою, що перешкоджає вітровій ерозії й надходженню повітря у відвал.

Проблема загоряння відвалів є дуже актуальною і для Німеччини. У роботі Пала М. Х. зазначається, що самозайманню відвалів сприяє проникнення кисню до відвальної маси через її пухке насипання. У 1967 році в Німеччині були видано директиви, що містять правила і технології відсіпання, в яких лімітувалася певна висота відсіпання відвалів. Також відвали пропонується рекультивувати та озеленювати, щоб використовувати їх як частину природного ландшафту.

Зростання концентрації кремнезему, глинозему і оксидів феруму обумовлено їх практично нерухомим станом в процесі окиснення. Ці компоненти не можуть переходити у високомінералізований водний розчин, що насичений сульфатами, тому їх концентрація збільшується завдяки винесенню рухомих компонентів з вихідних порід при окисненні або горінні останніх. При цьому монолітні породи стають пористими. У перехідних зонах ці пори заповнюють легкорозчинні водою сульфати, гідрокарбонати, а на видаленні від осередків окиснення, де вимивання цих мінералів атмосферними водами випереджає процеси їх утворення, спостерігається утворення порожнечі різної форми. Ці порожнечі утворюються на місці раніше існуючих окиснених мінеральних агрегатів і органічної речовини.

Таким чином, негативний вплив на довкілля породних відвалів в умовах урбанізованого середовища можна систематизувати, як:

- зміна гідрогеологічного режиму примикаючих територій;
- хімічна та радіологічна токсикація ґрунтів і стічних вод та порушення рівноваги геологічного, фізичного і механічного стану відвального масиву;
- видування і вимивання шкідливих компонентів, забруднення земель і зменшення їх родючості;
- спільний вплив відвалів вугільних шахт, які горять при змиканні зон поширення продуктів горіння;
- вплив на орні землі та кормові угіддя.

3. Рекультивация технологичних відходів гірничопромислових підприємств

Екологічна безпека шахтних породних відвалів в умовах урбанізованого середовища є негативною на біоту. Для її оцінки у кожному конкретному випадку потрібні спеціальні екологічні дослідження для розробки природоохоронних заходів щодо мінімізації негативних впливів на довкілля. Це, перш за все: запобігання викидам, організація поверхневого стоку, запобігання фільтрації атмосферних опадів у горизонти підземних вод, рекультивация та озеленення. Оптимальним є розбирання відвалів і утилізация породної маси з урахуванням її фізико-хімічних, фізико-механічних, мінерально-геохімічних властивостей.

Науковці запропонували ряд практичних рекомендацій для проектування і технічного обслуговування відвалів, а саме:

- в основі відвалу не повинно бути глинистих і сланцевих відкладень у зв'язку з тим, що такі породи можуть деформуватися і стискатися в зв'язку зі зміною вмісту в них вологи;
- основа повинна бути рівна і тверда, вільна від виходів на земну поверхню корисних копалин;
- вугілля і порожні породи повинні складуватися разом, для запобігання самонагрівання;
- породи слід укладати рівними шарами й ущільнювати;
- при проектуванні відвалу повинна бути врахована дренажна система;
- краще вибирати для розміщення відвалу долиноподібні рівнини для обмеження повітряного потоку;
- при виборі розміру і форми відвалів повинні враховуватися не тільки розрахункова місткість відвалу, а й принципи, що сприяють запобіганню самозаймання відвальної маси;
- вісь відвалу повинна бути обрана в напрямку переважаючих вітрів.

Негативні геофізичні процеси проявляються в різних аспектах. Породна маса має додатковий тиск на ґрунти основи терикону, що призводить до зміни їх фільтраційних властивостей. Однак найсуттєвіший вплив проявляється у заміщенні в зонах аерації ґрунтів і водовміщуючих породах, і це призводить до їх вторинної мінералізації, а також супроводжується перерозподілом більшої частини макро- і мікрокомпонентів. Таким чином, крім безповоротного втрачених ділянок ґрунту, що знаходяться в основі відвалів, з точки зору сільськогосподарського значення варто звернути увагу на інженерно-геологічні аспекти в частині впливу на ґрунти, які оточують терикони.

Викиди з боку териконів можуть поширюватися на сотні метрів, захоплюючи великі площі, в тому числі селітебні території. Компоненти викидів, осідаючи на земну поверхню, забруднюють ґрунти. При цьому формуються ореоли розсіювання. Найбільш забрудненими є заболочені ділянки долин

річок і балки. Досвід проведення періодичного екологічного моніторингу ґрунтів поблизу териконів показує, що такі ґрунти мають підвищений фон, який часто перевищує ГДК кадмію, арсену, меркурію, плюмбуму і сульфат-іона. Головним джерелом забруднення ґрунтів даними компонентами є численні викиди з боку відвалів.

Самі терикони й ореоли розсіювання забруднюючих речовин в ґрунтах служать джерелами забруднення водного середовища сульфатами і токсичними компонентами. При цьому забруднюється поверхневий стік, що вилуговує розчинні сульфати з поверхні териконів і ґрунтів та підземні води в процесі інфільтрації забруднених атмосферними опадами. Відомо, що поверхневі та підземні води міської межі мають високу мінералізацію (більше 2 г/л), жорсткість (більше 15 мг-екв/л), сульфатно-натрієвий склад.

Скидання забруднених стоків згубно впливає на водні ресурси, особливо на малі річки, екологічний стан більшості з яких близький до критичного. Більшість річок поблизу вугільних відвалів належать до категорії «забруднених» і «дуже забруднених», а показники якості води в них значно перевищують ГДК забруднюючих речовин. Обстеження, що проводяться органами обласної санітарно-епідеміологічної станції, показують, що понад 60% проб води, взятих з відкритих водойм, не відповідають гігієнічним нормативам за хімічними показниками і майже 40% – бактеріологічними [1–3, 6].

Господарська діяльність вугільних підприємств призводить до значних порушень ландшафту на відведених землях. Так, площа порушених земель становить понад 20000 га., адже під відвалами зайнято значну кількість землі. Багато шахт ставлять питання про виділення нових земельних територій для відводів вод у зв'язку з тим, що більшість відвалів вичерпали свої ресурси і вимагають переформування з конусних у пласкі форми.

На сьогодні зниження негативного впливу на довкілля гірничопромислових комплексів здійснюється в основному за допомогою методів очищення і знезараження стічних шахтних вод, викидів в атмосферу, рекультивациі порушених земель, утилізації відходів. Але на жаль, практично всі ці методи спрямовані на усунення наслідків впливу існуючих технологій видобутку і переробки вугілля, а не на їх запобігання їм безпосередньо шляхом зміни технології виробництва. Як показує європейський досвід, шляхом будівництва природоохоронних об'єктів повністю вирішити проблему захисту біосфери від шкідливого впливу виробництва не вдасться. Тому, екологічна безпека в гірничопромислових районах залишається напруженою, триває щорічне накопичення твердих відходів видобутку і збагачення вугілля, велика кількість токсичних компонентів продовжує викидатися і розсіюватися зі стічними водами або концентруватися у відвалах вугільних шахт.

Основними джерелами викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря є діючий негорючий плаский породний відвал. Безперервна міграція до поверхні глибинних газів супроводжується більш-менш активним

рухом підземних вод закономірно призводять до утворення в вугленосних товщах вертикальної газової зональності і пов'язаної з нею гідродинамічної зональності. В ході прогнозування газоносності вугленосних товщах і в процесі експлуатації вугільних родовищ виділяють загальну газову зональність двох основних зон: зони неметанових газів (газового вивітрювання) з переважанням у складі природної газової суміші газів повітряного походження (азоту, вуглекислоти) і зони метанових (вуглеводневих) газів. Для антрацитів ще додається зона вуглекислих газів, яка обумовлена конверсією метану. Поряд із вивітрюванням, яке поширене в зовнішній частині териконів, всередині їх створюються сприятливі умови для окиснення і подальшого загорання.

Загалом же, природні гази вугленосних відкладень являють собою багатоконпонентні суміші вуглеводнів виду $C_n H_{2n+2}$ і неуглеводневих сполук: азоту, вуглекислого газу, сірководню, інертних газів (переважно He, Ar), водню, рідко – парів ртуті. Поза зоною газового вивітрювання вони представлені в основному метаном (вміст від 70 до 99%), важкими вуглеводнями (від слідів до 15–20%), азотом (від 1-5 до 25-30%) і вуглекислим газом (1,5–2,0%).

З віддаленням від поверхні метанової зони на більшості вугільних родовищ спостерігається інтенсивне зростання вмісту метану від 70 до 90-95%, при подальшому поглибленні відзначається деяке зменшення його вмісту до 80-85% шляхом зростання частки важких вуглеводнів. Концентрація азоту і вуглекислоти в природній газовій суміші з глибиною, зазвичай зменшується. Підвищена концентрація гелію пояснюється переважно приналежністю до зон неглибоко залягаючого кристалічного фундаменту і великих довгоживучих розломів, водню – до порушених зон і проявів магматизму.

Терикони вугільних шахт є значними забруднювачами біоти. Гірниче виробництво має найбільший вплив на біосферу і всі її елементи. З кожним роком шахти все більше впливають на довкілля через забруднення атмосфери, зміну водного режиму, забруднення і засмічення вод, осідання поверхні. До того ж, терикони займають невиправдано великі ділянки землі, які могли б бути використані набагато продуктивніше. Утворені шахтні відвали можна не накопичувати, а відразу використовувати в певних сферах виробництва, наприклад при будівництві доріг або виробництві будівельних матеріалів.

Видобуток і використання вугілля мають специфічний вплив на довкілля. З одного боку шахти використовують чисте повітря для вентиляції підземних виробок, воду для зрошувальних і протипожежних систем, лісоматеріали для кріплення. Водночас шахти, крім вугілля, видають відпрацьоване, насичене газами і пилом повітря, шахтні води, що містять хімічні і механічні домішки, гірські породи, що складаються у відвали й терикони. Видана на поверхню шахтна вода забруднена не тільки механічними домішками, але й значною мірою – мінеральними солями (рисунок 2-4).



Рис.к 2 – Загальний вигляд породних відвалів териконів шахти № 9 Нововолинського гірничопромислового району (фото автора Босак П.В.)

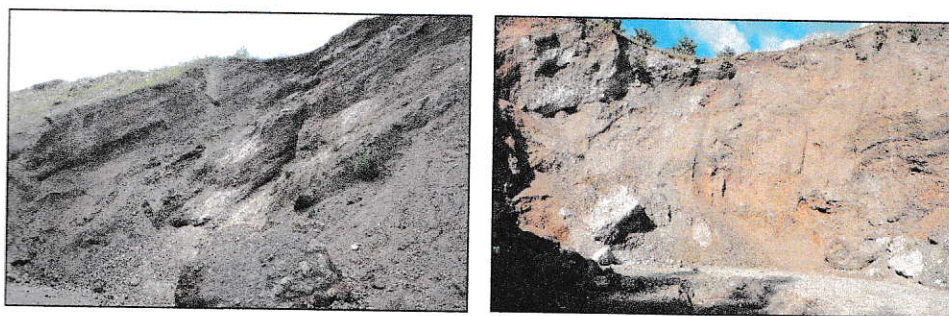


Рис. 3 – Загальний вигляд породних відвалів териконів шахти № 2 Нововолинського гірничопромислового району (фото автора Босак П.В.)

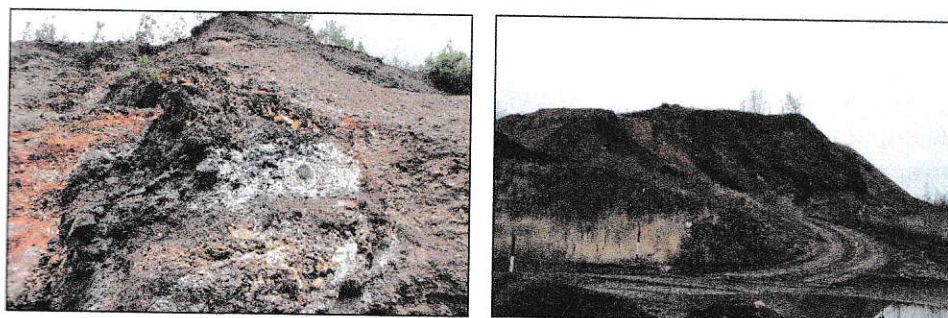


Рис. 4 – Загальний вигляд породних відвалів териконів шахти № 4 Нововолинського гірничопромислового району (фото автора Босак П.В.)

Увесь субстрат териконів вугільних шахт Нововолинського гірничопромислового району є великозернистим, що спричиняє значну водопроникність і практично відсутність водопідіймальної здатності. Рельєф відвалів є також аномальним для прилеглих територій, характеризується висотою понад 60 м над рівнем місцевості, крутизна схилів може становити понад 45°, що спричиняє контрасти у надходженні сонячної радіації, змінюється вітровий режим, тобто, створюється особливий мікроклімат, який відрізня-

ється від загальних кліматичних умов місцевості. Формуються такі елементи рельєфу: підніжжя, тераса, схил, вершина, для яких характерні специфічні мікрокліматичні умови.

У результаті аналізу статистичного розподілу потенційної інтенсивності впливів відвалів на довкілля були виділені чотири ступені їх екологічної небезпеки, які зображені на рисунку 5.

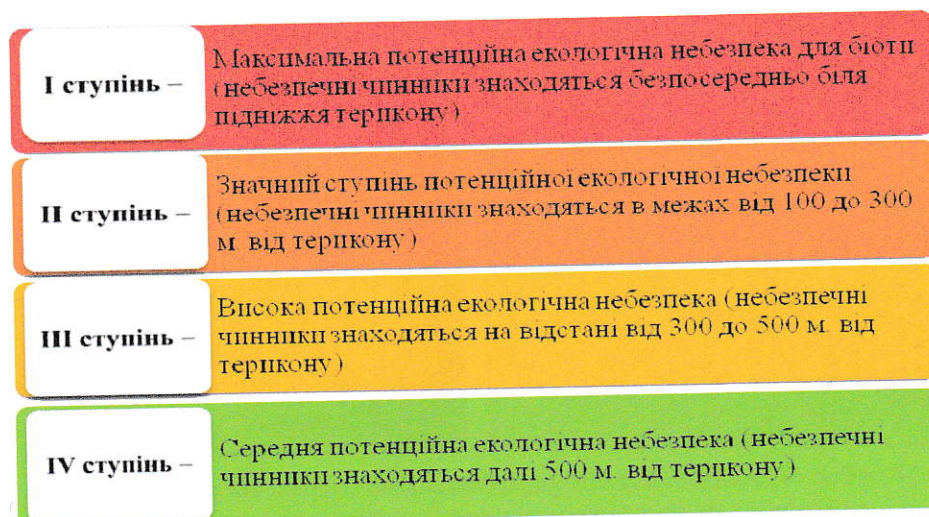


Рис. 5 – Інтенсивність впливів відвалів на довкілля за ступенем їх екологічної небезпеки [1]

Рекультивация та фітомеліорація породних відвалів вугільних шахт. Перші спроби рекультивации територій, порушених вугільною промисловістю, розпочалися ще в кінці XVIII ст. у Німеччині, перед початком використання Рейнського буро-вугільного басейну. З початку XX ст. подібні роботи проводилися у США та Великій Британії. У цей час перевага надавалась найзручнішим та найменш затратним методам фітомеліорації – створенню лісових насаджень різного цільового призначення, що насамперед, передбачає покращення та охорону довкілля. Досить часто фітомеліоративні роботи обмежувались тільки заходами щодо сприяння природному відновленню порушених територій. Поряд із тим, на територіях значного відчуження сільськогосподарських та лісгосподарських угідь проводять також і дороговартісні заходи із відновлення порушених земель та повернення їх у сільськогосподарське й лісгосподарське використання.

На технологічному етапі проведення робіт із відновлення порушених територій перевага надається лісгосподарській фітомеліорації. Так, у Німеччині, на території Рейнського та Рурського вугільних басейнів до 1920 року, коли ще не проводилось селективне розкриття порід, відпрацьовані відвали

заліснювали тільки акацією білою (*Robinia pseudoacacia* L.) та вільхою чорною (*Alnus glutinosa* (L.) Gaertn.). Залісення порушених земель проводили і іншими листяними та хвойними деревними породами, зокрема дубом звичайним (*Quercus robur* L.), дубом північним (*Quercus borealis* L.), кленом-явором (*Acer pseudoplatanus* L.), модриною європейською (*Larix decidua* Mill.).

3.1. Фітомеліорація технологічних відходів гірничопромислових підприємств

Лісогосподарська фітомеліорація здійснюється, зазвичай, шляхом садінням невибагливих до ґрунтових умов деревних і чагарникових порід. На відвалах розробок корисних копалин у верхніх частинах схилів рекомендується садіння чагарники, в середніх частинах – деревні породи невибагливі до ґрунтових умов та зміни мікрокліматичних умов, біля підніжжя схилів – деревні пори, що характеризуються швидким ростом кореневої та надземної частин.

Варто виокремити значний обсяг фітомеліоративних робіт в Україні, що були проведені у ХХ ст.: створення у степовій і лісостеповій зонах системи полезахисних смуг; формування водорегулюючих та берегоукріплюючих насаджень у басейні Дніпра, пов'язаних із створенням Дніпровського каскаду водосховищ; заліснення Олешківських пісків та пісків Полісся; масове озеленення міст і робітничих селищ; біологічна рекультивация відвалів, териконів, кар'єрів, звалищ, створення протиерозійних посадок, створення промислових санітарно-захисних зон. На сьогодні площа цих фітомеліоративних посадок становить в Україні понад мільйон гектарів.

Розвиваючи ідеї В. І. Вернадського, про властивість «живої речовини» біосфери та В. М. Сукачова про біогеоценоз, як екосистему в межах фітоценозу, Ю. П. Бяллович поділяє біотичні засоби оптимізації середовища на дві групи:

- фітомеліоранти, тобто угруповання автотрофів фотосинтезуючих продуцентів – вищих рослин і водоростей, в тому числі одноклітинних, лишайників;
- зоомеліоранти – угруповання гетеротрофів – тварин, за винятком найпростіших;
- протомеліоранти – переважають гетеротрофи, здебільшого редуценти – більшість бактерій і актиноміцетів.

Терикони розкритих порід за своєю якістю неоднорідні щодо придатності для біологічної рекультивации і умовно поділяються на чотири групи: цілком придатні; придатні; придатні після покращення; придатні після корінного меліоративного покращення. Як активна форма охорони природи, рекультивация включає в себе такі заходи:

- охорону і відтворення природних ресурсів, насамперед ґрунтових;
- створення нових природно-техногенних ландшафтів, які естетично цінні, оздоровлюють довкілля і мають продуктивні біогеоценози.

Лісові насадження визнані потужним ґрунтоутворюючим фактором, який значно впливає на їх морфологічну будову, фізико-хімічні та біологічні властивості. При створенні лісових насаджень акцентується увага на підборі асортименту деревних видів, які здатні підвищувати родючість ґрунтосумішей.

Встановлено, що мікоризація сприятливо впливає на водний баланс рослин, підвищуючи їх посухостійкість. Узагальнюючим показником позитивного впливу ектомікоризи на розвиток рослин є кращий їх ріст. Штучна мікоризація позитивно впливає на приживлюваність і подальший ріст сіянців, висаджених на лісокультурній площі. На техногенних об'єктах, за нестачі доступних для рослин елементів мінерального живлення (особливо нітрогену і фосфору), несприятливому водному і повітряному режимі наявність мікоризи є важливим фактором адаптації рослин до змінених умов середовища.

Початковою стадією сукцесійного ряду розвитку рослинності нерекультивованих породних відвалів приурочена до всіх екоотопів, відзначена деревна стадія, яка характерна для окислених порід десятирічного періоду. Встановлено, що сформовані внаслідок самозаростання природні фітоценози, доцільно використовувати для формування своєрідного фітокаркасу, що дозволить уникнути технічного етапу рекультивації. Поряд з тим, пропонується підсилювати окремі властивості природних фітоценозів, шляхом впровадження швидкоростучих оліготрофів, здатних формувати значну підземну і надземну біомасу та збагачувати едафотопу органічною речовиною. Збагачення фітоценозів на окремих ділянках слід проводити з урахуванням особливостей поширення зональної рослинності [1, 5-7].

Відвали шахтних порід після винесення їх на поверхню землі трансформуються, потрапляючи в нові умови термодинамічного режиму. Унаслідок процесів вивітрювання відбуваються зміни хімічних та фізичних властивостей.

Відкрите видобування корисних копалин призводить до техногенної трансформації природного середовища. Внаслідок вуглевидобувних розробок на території Малого Полісся, що є пониженою акумулятивно-денудаційною рівниною з високим рівнем залягання ґрунтових вод, утворилися штучні озера, які виступають у ролі новоутвореного техногенного елемента ландшафту, що видозмінює первинний природний. Більшість техногенних озер дуже малі. Вони характеризуються складною будовою ложа, неоднорідністю мікрорельєфу, формування якого здебільшого, підпорядковувалось технологічним факторам експлуатації, внаслідок чого в розподілі глибин немає чіткої закономірності та розвиненої літоральної зони.

Розвиваючись згідно із природними закономірностями, озера підлягають поступовому природному заростанню, що зумовлює відновлення рослинного покриву – найбільш важливої та інформативної складової біогеоценозів.

Важливим аспектом, який є маркером успішності перебігу природних фітомеліоративних процесів, є те, що на територіях, які межують із техногенно девастрованими ділянками відбувається вивчення видового різноманіття прибережно-водної рослинності водойм, котрі утворились внаслідок гірничих розробок.

Проведене дослідження у Нововолинському гірничопромисловому районі показало, що заростання досліджуваного озера відбувається за природним типом, тобто з утворенням трьох смуг рослинності: повітряно-водної, з плаваючими листками та зануреної. Специфіка сформованого на цей час рослинного покриву – це переважаання ценозів, утворених повітряно-водними рослинами. Вони простягаються по периметру озер, на глибині до 3 м, утворюючи часто безперервну смугу, ширина якої залежить від глибини і є мало-розвиненою через вузьку смугу літоралі та круті ухили дна від берега.

На береговій лінії досліджуваної водойми із трьох боків виявлені поодинокі типові гідрофільні деревні види – верба біла (*Salix alba* L.) і вільха сіра (*Alnus incana* (L.) Moench.), які є маркерами зволжених місцезростань.

Друга смуга рослинності з плаваючими листками розміщується до глибини водойми 0,3-3,0 м і складається із угруповань за участю переважаючих рдесників та поодиноких глечиків жовтих.

Занурена рослинність спостерігається на глибині в діапазоні до 4,5 м і структурно складається із ценозів кушира зануреного, водопериці зануреної та водяного жовтецю закрученого. На досліджуваній території відновлення континууму рослинного покриву відбувається за рахунок формування вищої прибережної, прибережно-водної та водної рослинності.

На сьогодні доведено, що крім виділення клітинами кореня в ризосферу різних хелаторів на стійкість рослин до важких металів впливає і їх взаємодія з мікроорганізмами ризосфери. При цьому показано, що в присутності ризобактерій ріст рослин, уповільнених дією токсичних іонів, відновлюється шляхом покращення всмоктування необхідних елементів мінерального живлення і зміни балансу фітогормонів, зокрема, обмеження синтезу етилену. Здатність зв'язувати метали описана для багатьох типових представників ризосферної мікрофлори: *Agrobacterium*, *Arthrobacter*, *Azospirillum*, *Bacillus*, *Pseudomonas*, *Rhizobium*, *Serratia* (рисунок 6).

Дослідження вмісту важких металів у рослинності породних відвалів вугільних шахт Нововолинського гірничопромислового району показало значне накопичення кадмію спостерігається у корі (5,25 мг/кг) та (2,75 мг/кг) корінні *Salix caprea* L. Такий нерівномірний розподіл вмісту кадмію у різних частинах дерев викликаний місцем їх зростання та близькістю коріння до підтериконових стічних вод із високим вмістом важких металів. Аналізуючи вміст плумбуму в рослинній сировині встановлено, що високий його вміст накопичується у коренях берези (2 мг/кг) та корі верби (0,71 мг/кг). Спостерігається значна акумуляція купруму та цинку у корі сосни (14,50 мг/

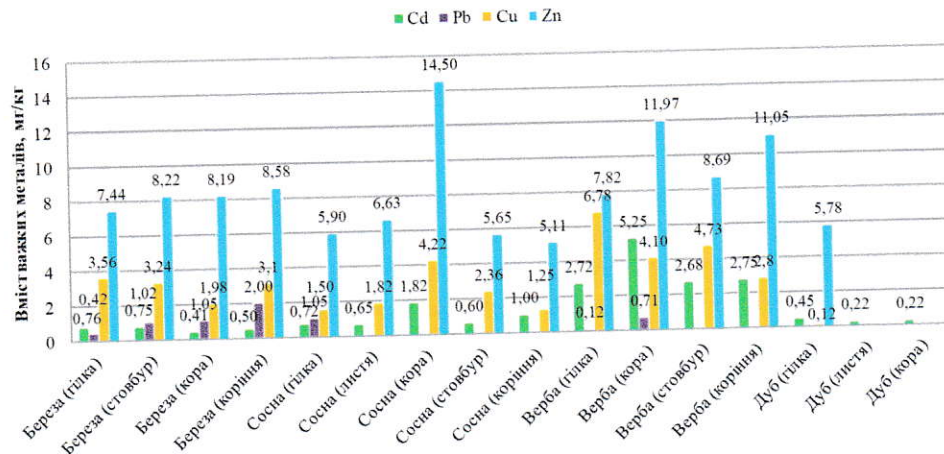


Рис. 6 – Вміст важких металів у рослинних зразках породних відвалів вугільних шахт Нововолинського гірничопромислового району [1]

кг) та верби (11,97 мг/кг). Такий високий вміст забруднень пояснюється пористою структурою деревини. Вміст кобальту та нікелю у зразках рослинності не перевищують ГДК.

4. Шляхи зниження рівня екологічної небезпеки відходів вугільної галузі

Вирішувати проблеми екології гірничих підприємств в повному обсязі можна лише на державному рівні та при залученні нових технологічних підходів до вуглевидобувної галузі в цілому. Це можливо при виділенні додаткового фінансування коштом фонду охорони природи, залученні приватних та іноземних капіталів, виконанні заходів, що впливають з Державних програм розвитку паливно-енергетичного комплексу України.

Заходи щодо зменшення небезпеки та негативного впливу породних відвалів гірничопромислових підприємств на довкілля:

- підготовка технічних рішень щодо покращення екологічної безпеки гірничопромислових підприємств;
- розробка проектів утилізації та озеленення породних відвалів;
- проведення інвентаризації виробничих відходів і викидів забруднюючих речовин від стаціонарних джерел підприємств, включаючи терикони вугільних шахт;
- паспортизація породних відвалів вугільних шахт.

З метою подолання екологічної кризи та зміни негативної екологічної ситуації в якості системного опрацювання, що містить інструкції екологічної безпеки, залишкові запаси, оцінку ризику для біоти, технологію рекультива-

ції, методи і засоби моніторингу, умови використання після рекультивації у гірничопромислових комплексах необхідно більше приділити увагу в екологічному оздоровленню довкілля, відтворенню й охороні його ресурсів, поліпшенню природних життєвих умов. При організації управління екологічною безпекою в гірничих підприємств повинен бути застосований комплексний підхід у здійсненні ефективного екологічного управління, зокрема, при розробці екологічної безпеки на довкілля, визначенні основних цілей і завдань у цій галузі, організації діяльності, мотивації та контролі. Першочерговими заходами в цьому напрямку є: перегляд екологічного управління, відповідне коригування (розробка) екологічної стратегії, методів тощо.

Для вирішення проблем екологічної небезпеки в гірничопромислових комплексах необхідно провести:

- розробка екологічного паспорта гірничопромислового району;
- реалізацію та контроль за виконанням екологічного управління в гірничопромисловому районі;
- забезпечення екологічної безпеки териконів (шахтних порід) гірничопромислового району: попередження аварійних викидів (скидів), ліквідація наслідків забруднення довкілля в результаті можливих аварій і катастроф;
- мінімізацію екологічної небезпеки гірничопромислового району на довкілля (фітомеліоративні відтворення, рекультивація териконів, утилізація породних відвалів тощо).

ЛІТЕРАТУРА

1. Босак П. В. Екологічна безпека стічних вод породних відвалів вугільних шахт Нововолинського гірничопромислового району: дисертація на здобуття кандидата технічних наук за спеціальністю 21.06.01 «Екологічна безпека». Львів, 2021. 218 с.
2. Гладій О.В. Сутність проблеми накопичення техногенних відходів, техногенних родовищ в Україні. Науковий вісник Міжнародного гуманітарного університету. 25. 2017. С.65–68
3. Попович В. В. Еколого-техногенна небезпека сміттєзвалищ і наукові основи фітомеліоративних заходів їх виведення з експлуатації: дисертація на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 21.06.01 «Екологічна безпека». Львів, 2017. 480 с.
4. Регіональна доповідь про стан навколишнього природного середовища Кіровоградської області у 2019 році [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://ekolog.kr-admin.gov.ua/files/DOP_01_09_2020_2019.pdf.
5. Petlovanyi, M., Kuzmenko, O., Lozynskyi, V., Popovych, V., Sai, K., & Saik, P. (2019). Review of man-made mineral formations accumulation and prospects of their developing in mining industrial regions in Ukraine. *Mining of Mineral Deposits*. 13 (1). 24–38. DOI: 10.33271/mining13.01.024.

6. Petlovanyi, M., Lozynskyi, V., Zubko, S., Saik, P., & Sai, K (2019). The influence of geology and ore deposit occurrence conditions on dilution indicators of extracted reserves. *Rudarsko Geolosko Naftni Zbornik*. 34 1. 83–91. <https://doi.org/10.17794/rgn.2019.1.8>
7. Popovych, V., Kuzmenko, O., Voloshchyshyn, A., Petlovanyi, M. (2018). Influence of man-made edaphotopes of the spoil heap on biota. *E3S Web of Conferences*. 60. 00010. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/20186000010>.