

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЛЬВІВСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»**

**БОСАК ПАВЛО ВОЛОДИМИРОВИЧ**



*УДК 574.24+628.315.23+628.357.4*

**ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА СТІЧНИХ ВОД ПОРОДНИХ ВІДВАЛІВ  
ВУГІЛЬНИХ ШАХТ НОВОВОЛИНСЬКОГО ГІРНИЧОПРОМИСЛОВОГО  
РАЙОНУ**

*Спеціальність 21.06.01 – екологічна безпека*

**Автореферат**  
дисертації на здобуття наукового ступеня  
кандидата технічних наук

Львів-2021

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана у Львівському державному університеті безпеки життєдіяльності Державної служби України з надзвичайних ситуацій.

Науковий керівник: доктор технічних наук, доцент,  
**Попович Василь Васильович**,  
Львівський державний університет безпеки життєдіяльності Державної служби України з надзвичайних ситуацій, начальник Навчально-наукового інституту цивільного захисту, професор кафедри екологічної безпеки, м. Львів.

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, професор,  
Заслужений діяч науки і техніки України  
**Мальований Мирослав Степанович**,  
Національний університет «Львівська політехніка» Міністерства освіти і науки України, завідувач кафедри екології та збалансованого природокористування, м. Львів.

доктор технічних наук, професор,  
**Сакалова Галина Володимирівна**  
Вінницький державний педагогічний університет імені Михайла Коцюбинського Міністерства освіти і науки України, професор кафедри хімії та методики навчання хімії, м. Вінниця.

Захист відбудеться «29» квітня 2021 р. о 13.00 годині на засіданні спеціалізованої вченої ради К 35.052.22 в Національному університеті «Львівська політехніка» за адресою: 76013, м. Львів, Пл. Святого Юра, 3/4, ауд 115.

З дисертацією можна ознайомитися в бібліотеці Національного університету «Львівська політехніка» за адресою: 79013, Львів, вул. Професорська, 1 та на сайті Національного університету «Львівська політехніка» за адресою: <https://lpnu.ua/spetsrady/k-3505222>

Автореферат розісланий «29» березня 2021 р.

Вчений секретар спеціалізованої вченої ради К 35.052.22,  
д. т. н., доцент



В. В. Сабадаш

## ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

**Актуальність теми.** На сьогоднішній день гірничопромислові комплекси з 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.

Враховуючи численні наукові дослідження В. П. Кучерявого, Г. М. Мануїлової, У. Б. Башуцької, V. Arad, James W. Chadwick, M. Schultze, Manuel A. Caraballo, С. П. Войтович, Я. В. Геника, М. С. Мальованого, А. В. Павличенка, В. В. Поповича та ін., які пов'язані із дослідженням оцінки екологічної небезпеки стічних вод з породних відвалів вугільних шахт, слід зазначити, що проблема є надзвичайно актуальною. Підтериконові стічні води породних відвалів Нововолинського гірничопромислового району накопичуються біля териконів та проникають у водоносні поверхневі та підземні горизонти, зокрема в р. Західний Буг. Ці явища призводять до забруднення природних вод йонами важких металів та небезпечних сполук і як результат цього такі явища набувають рівня екологічної катастрофи.

**Зв'язок з науковими програмами, планами, темами.** Дисертація виконана в контексті пріоритетних напрямів державної політики України у сфері охорони довкілля, раціонального використання природних ресурсів, які визначені Законом України "Про Основні засади (стратегію) державної екологічної політики України на період до 2020 року", наказом Міністерства енергетики та вугільної промисловості від 16.11.2017 року № 708 «План наукових та науково-технічних розробок у сфері паливно-енергетичного комплексу й вугільної промисловості Міненерговугілля на 2017 рік; Гірничого закону України; Постанови Кабінету Міністрів України від 27.08.1997 року № 939 «Про затвердження Порядку ліквідації збиткових вугледобувних та вуглепереробних підприємств»; постанови Кабінету Міністрів України від 28.03.1997 року № 280 «Про хід структурної перебудови вугільної промисловості»; наказу Міненерговугілля від 17.08.2015 року № 532 «Про заходи з підготовки до ліквідації ДП «Шахта № 1 «Нововолинська»; Постанова КМУ від 28.08.2013 року № 808 (із змінами згідно з Постановою КМУ від 30.12.2015 року № 1160) «Про затвердження переліку видів діяльності та об'єктів, що становлять підвищену екологічну небезпеку».

**Мета і завдання дослідження.** Мета роботи – встановити основні складові екологічно небезпечного впливу підтериконових стічних вод вугільних шахт на біоту та розробити систему заходів із підвищення якості довкілля.

Досягнення поставленої мети зумовило необхідність виконання таких завдань:

- провести аналіз наукових джерел екологічної небезпеки відвалів вугільних шахт;
- встановити причини та наслідки зростання рівня екологічної небезпеки під час діяльності гірничопромислових комплексів;
- дослідити сезонну динаміку вмісту небезпечних речовин в підтериконових стічних водах;

- дослідити вміст важких металів у підтериконових стічних водах породних відвалів вугільних шахт у рослинності;
- експериментально дослідити температуру займання та самозаймання лісоутворюючих деревних порід в зоні впливу породних відвалів вугільних шахт Нововолинського гірничопромислового району;
- запропонувати заходи подолання негативного впливу техногенно забруднених підтериконових стічних вод на біоту.

*Об'єкт дослідження* – екологічний стан підтериконових стічних вод породних відвалів вугільних шахт Нововолинського гірничопромислового району.

*Предмет дослідження* – фізико-хімічні та бактеріологічні властивості підтериконових стічних вод породних відвалів вугільних шахт і їх вплив на біоту.

**Методи дослідження.** У процесі досліджень використовувалися такі методи: фізичні, хімічні, біологічні, математично-статистичні, системного аналізу. Обробка результатів експериментів проводилась із використанням математичного програмування в пакеті MS Excel, Surfer, Mathcad.

**Наукова новизна одержаних результатів.** У результаті вивчення екологічного стану підтериконових стічних вод породних відвалів вугільних шахт та розробки системи заходів із підвищення екологічної безпеки регіону отримано такі наукові результати:

*вперше:*

- встановлено накопичення небезпечних компонентів у стічних водах породних відвалів вугільних шахт, які підвищують рівень регіональної екологічної небезпеки;
- досліджено бактеріологічні властивості підтериконових стічних вод у межах Нововолинського гірничопромислового регіону;
- експериментально досліджено температуру займання та самозаймання лісоутворюючих деревних порід в зоні впливу породних відвалів вугільних шахт;
- запропоновано спосіб мінімізації екологічно небезпечних чинників стічних вод породних відвалів вугільних шахт шляхом облаштування біоплато.

*удосконалено:*

- методологію аналізу екологічної небезпеки стічних вод породних відвалів.
- набули подальшого розвитку:*
- еко-геоінформаційна технологія захисту довкілля від небезпечних чинників породних відвалів вугільних шахт;
  - методологічна оцінка щодо вивчення забруднення довкілля у межах гірничопромислових комплексів.

**Практичне значення одержаних результатів.** Розроблено спосіб мінімізації екологічно небезпечних чинників стічних вод породних відвалів вугільних шахт шляхом облаштування біоплато.

Результати досліджень використовують: Державне підприємство Центрально-Західна Компанія «Вуглеторфреструктуризація» – Західна-Українська дирекція з ліквідації шахт (акт впровадження від 15.01.2021 р.). Окремі положення дисертації використовуються у навчальному процесі Львівського державного університету безпеки життєдіяльності для вивчення дисциплін «Утилізація та рециклінг відходів» і «Фітомеліорація» (акт впровадження від 18.01.2021 р.).

**Особистий внесок здобувача.** Дисертаційна робота є завершеною науковою працею та є самостійним дослідженням здобувача, що має наукове та практичне значення. Дисертаційна робота є результатом наукових досліджень дисертанта. Автором розроблено програму та завдання досліджень. Усі наукові ідеї, положення і результати теоретичних досліджень дисертації розроблені, сформульовані та отримані особисто автором у період з 2016 до 2020 років.

Теоретичні узагальнення досліджень, аналіз та інтерпретація отриманих даних та висновки до роботи виконані безпосередньо здобувачем.

**Апробація результатів досліджень.** Основні положення і результати дисертаційної роботи та окремі результати досліджень доповідались на круглих столах та конференціях різних рівнів: III Міжнародній науково-практичній конференції «Екологічна безпека як основа сталого розвитку суспільства. Європейський досвід і перспективи» (Львів, 2018 р.); The second round table: «Ecological impact of fire. Deforestation and forest degradation. Reclamation of devastated landscapes» (Lviv, 2019.); Міжнародній науково-практичній конференції «Сучасний стан і перспективи розвитку ландшафтної архітектури, садово-паркового господарства, урбоекології та фітомеліорації. З нагоди 80-ліття від дня народження професора В.П. Кучерявого» (м. Львів, 2019 р.); Міжнародної науково-практичної конференції Подільські читання: Екологія, охорона довкілля, збереження біотичного та ландшафтного різноманіття: наука, освіта, практика (м. Хмельницький, 2019 р.); III Міжнародній науково-технічній конференції «Водопостачання і водовідведення. Проектування, будівництво, експлуатація, моніторинг» (м. Львів, 2019 р.); II Всеукраїнській науковій конференції «Актуальні питання техногенної та цивільної безпеки України» (м. Миколаїв, 2019 р.); XVII Міжнародній науково-технічній конференції «Проблеми екологічної безпеки» (м. Кременчук, 2019 р.); I Міжнародній науково-практичній конференції «Екологічна безпека об'єктів туристично-рекреаційного комплексу» (м. Львів, 2019 р.); 6 Міжнародному конгресі «Сталий розвиток: захист навколишнього середовища. Енергоощадність. Збалансоване Природокористування.» (Львів, 2020); XVIII Міжнародній науково-технічній конференції «Проблеми екологічної безпеки» (м. Кременчук, 2020 р.); Міжнародному науковому симпозиумі «Сталий розвиток – стан та перспективи» (Львів-Славське, 2020 р.).

**Публікації.** За результатами досліджень, представлених у дисертаційній роботі, опубліковано 19 наукових праць, з яких: 4 статті у закордонних фахових виданнях наукометричної бази Scopus; 4 статті – у наукових фахових виданнях України; 11 – у матеріалах конференцій та круглих столів.

**Структура та обсяг дисертації.** Дисертація складається зі вступу, п'яти розділів, висновків, списку використаних джерел та додатків. Список використаних джерел включає 225 найменувань, із них 47 – латиницею. Загальний обсяг роботи складає 218 сторінок, з яких 140 сторінок основного тексту з 11 таблицями та 50 рисунками. Додатки розміщені на 37 сторінках.

## ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі обґрунтовано актуальність теми, сформульовані мета та завдання досліджень, наведені основні наукові положення, а також відомості про практичне значення та впровадження результатів досліджень.



У першому розділі виконано аналіз літературних джерел та визначено основні чинники екологічної небезпеки породних відвалів вугільних шахт гірничопромислових комплексів та їх вплив на безпеку довкілля.

Вчасне здійснення фітомеліорації поверхні териконів породних відвалів вугільних шахт знизило б їх негативний вплив на довкілля. Найбільш прийнятним способом для очищення підтериконових стічних вод породних відвалів вугільних шахт є проектування систем біоплато. Як відомо із попередніх досліджень науковців, відвали вугільних шахт негативно впливають на довкілля, ще й займають великі площі родючих земель. Вкрай необхідно розвивати технології утилізації териконів вугільних шахт, створюючи нові високопродуктивні переробні комплекси. Переробка шахтних териконів також надасть нові робочі місця людям, які проживають в містах та селищах регіону.

У другому розділі розроблено програму досліджень, наведено методи та охарактеризовано експериментальні дослідження породних відвалів вугільних шахт. Проби підтериконових стічних вод відвалів вугільних шахт відбиралися на териконах вугільних шахт № 2, 4, 9 Нововолинського гірничопромислового району в точках 1, 2 та 3 (рис. 1-6).



Рисунок 1 – Ділянки відбору проб підтериконових стічних вод на териконах шахти № 9 м. Нововолинська



Рисунок 2 – Загальний вигляд терикону шахти № 9 м. Нововолинська



Рисунок 3 – Ділянки відбору проб підтериконових стічних вод на териконах шахти № 2 м. Нововолинська



Рисунок 4 – Загальний вигляд терикону шахти № 2 м. Нововолинська



Рисунок 5 – Ділянки відбору проб підтериконових стічних вод на териконах шахти № 4 м. Нововолинська



Рисунок 6 – Загальний вигляд терикону шахти № 4 м. Нововолинська

Дослідження здійснено у Науково-дослідній лабораторії екологічної безпеки, яка функціонує в Львівському державному університеті безпеки життєдіяльності, Україна. Свідоцтво про відповідність системи керування вимірюваннями № РА127/17 від 14.11.2017 р., чинне до 13.11.2021 р., видане ДП "Львівстандартметрологія". Положення про НДЛ розроблено на основі нормативного документа: «Порядок добровільного оцінювання системи керування вимірюваннями. Загальні вимоги та порядок проведення. СОУ 43.01-04725912-001.2016» (наказ ДП «Львівстандартметрологія» від 21.03.2016 р. № 648). Приміщення та навколишнє середовище лабораторії відповідає санітарним нормам, правилам і вимогам охорони праці. Також у ЦНДЛ та лабораторії промислової токсикології Львівського Національного медичного університету імені Данила Галицького вивчався вміст важких металів у підтериконових стічних водах та породі вугільних шахт (Свідоцтво № РЛ 086/17 від 26.06.2017 р. про відповідність системи керування вимірюваннями вимогам ДСТУ ISO 10012:2005). Випробувальне та допоміжне обладнання, засоби вимірювальної техніки і матеріали лабораторії екобезпеки відповідають вимогам нормативної документації, а також повірені та атестовані згідно ДСТУ 3215-95, ДСТУ 2708:2006, ГОСТ 24554-81.

Актуальну кислотність відвальної породи визначено потенціометрично, нітратну форму азоту – дисульфофеноловим методом Грандваль-Ляжу, рухомі форми фосфору і калію – за методами Мачігіна та Кірсанова, вміст гумусу – за методом Антонової, Скалабян, Сучилкіної, вміст кальцію та магнію – комплексонометричним методом.

Довжину біоплато  $L$ , визначалося за формулою (1), яка використовується для розрахунку типу біоплато за відстійним типом:

$$L = (H \cdot V) / u_0; \quad (1)$$

де,  $H$  – робоча глибина споруди, м;

$V$  – швидкість руху води, мм/с;

$u_0$  – гідравлічна крупність частинок, мм/с.

Ширина каналу біоплато визначалася за формулою (2):



$$B = \frac{F}{H}; \quad (2)$$

де,  $H = 0,5-0,6$  м – глибина каналу, в якій відбувається седиментація.

Кількість коридорів біоплато визначалася за формулою (3):

$$N = \frac{L_1}{N_{\text{заг.}}}; \quad (3)$$

де,  $L_1$  – довжина біоплато, м.;

$N_{\text{заг.}}$  – довжина каналу в одному коридорі.

У третьому розділі наведені природно-кліматичні особливості та видовий склад рослинності породних відвалів вугільних шахт у межах Нововолинського гірничопромислового району.

Для цього регіону характерний низький атмосферний тиск і висока вологість повітря. Переважаючи над територією атлантичні повітряні маси сумісно з впливом багатьох метеорологічних чинників викликають часті, інколи зливові дощі, швидко зміну погоди і обумовлюють нестійкий сніговий покрив. Основну роль дощових і талих вод породних відвалів вугільних шахт відіграє реакція між гідрокарбонатами і сульфатами. Із одного породного відвалу підтериконові стічні води вимивають понад 400 т/рік небезпечних компонентів.

Досліджено, що за 2019 рік на території м. Нововолинська переважали атмосферні опади зливні дощі, внаслідок чого з териконів вугільних шахт вимиваються хлориди, гідрокарбонати, сульфати та інші забруднюючі речовини, що створюють значну екологічну небезпеку (рис 7).

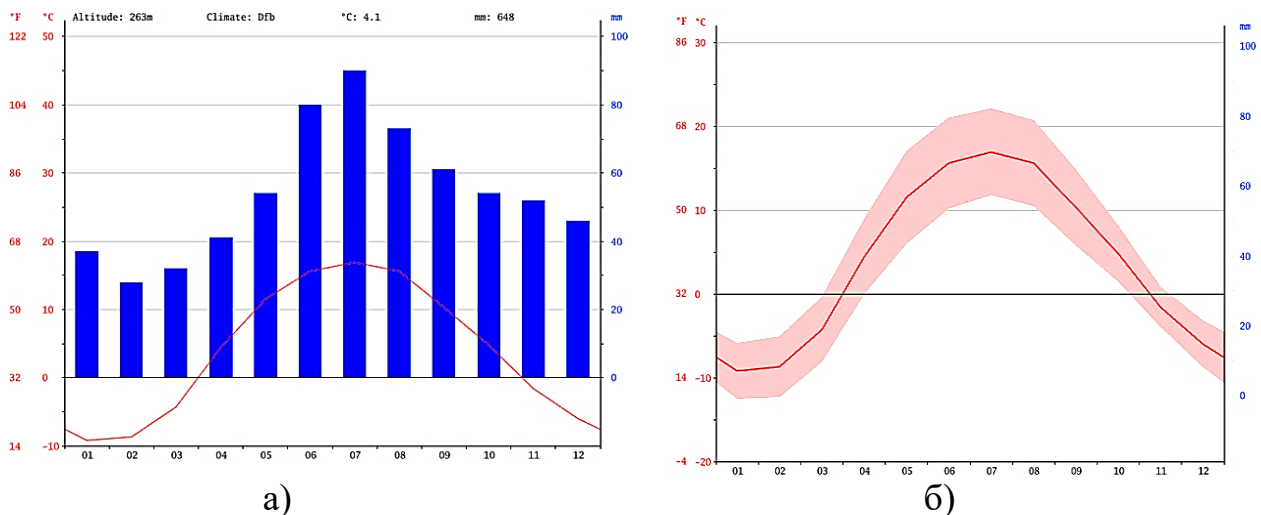


Рисунок 7 – Схематичне зображення кліматичного графіка (а) та графіка температур повітря (б) на території Нововолинського гірничопромислового регіону за 2019 рік

Проаналізувавши наукові праці попередніх дослідників Малого Полісся встановлено, що на території Нововолинського гірничопромислового району на териконах розвиваються така рослинність, як: *Carpex pilosa* Scop., *Daucus carota* L., *Trifolium campestre* Schreb., *Artemisia absinthium* L., *Impatiens noli-tangere* L., *Quercus robur* L., *Betula verrucosa* L., *Salix caprea* L., *Carpinus betulus* L., *Fagus sylvatica* L., *Pinus sylvestris* L., *Robinia pseudoacacia* L.



У четвертому розділі описані результати експериментальних досліджень вмісту небезпечних компонентів у підтериконових стічних водах, породних відвалах, ґрунтах, рослинності, а також досліджено температури самозаймання та займання лісоутворюючих деревних порід, бактеріологічні властивості підтериконових стічних вод у межах Нововолинського гірничопромислового регіону. Фізико-хімічні властивості – це переважно кислі та лужні розчини, солі важких металів, органо-мінеральні комплекси та інші сполуки, не притаманні природним умовам.

Результати досліджень токсикологічних властивостей породи шахти № 9 Нововолинського ГПР представлені в таблиці 1. Проби були узяті на глибині 0-20 см від поверхні відвалу (неперегоріла порода, свіжа порода, південний схил, західний схил).

Таблиця 1 – Токсикологічні властивості відвальної породи терикону шахти № 9 Нововолинського гірничопромислового району

Показник	Неперегоріла порода	Свіжа порода	Південний схил (біля підніжжя терикону)	Західний схил (біля підніжжя терикону)
рН сольове	3,63-4,81	5,59	7,18	8,4
Гідролітична кислотність мг екв./100 г ґрунту	10,6	0,21	0,22	0,29
Сума ввібраних основ (Са+Mg), мг екв./ 100 г ґрунту	13,5	30,1	48,1	51,4
Кобальт, мг/кг	2,5	2,4	4,8	4,9
Мідь, мг/кг	6	5,8	13	2,4
Цинк, мг/кг	2,7	2,5	6	2,5
Кадмій, мг/кг	5,1	4	6	2,5

За результатами досліджень породних відвалів вугільних шахт м. Нововолинська встановлено, що в хімічному складі переважають такі речовини як Са, Mg, NO<sub>3</sub>, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>O. У відвальній породі геохімічний фон перевищували концентрації P<sub>2</sub>O та K<sub>2</sub>O, які спричиняють негативний вплив на біоту. Відвали вугільних шахт містять: кальцій – 0,08 %; магній – 0,01%; нітрати – 0,2%; оксид фосфору – 0,9 %; оксид калію – 0,7 %, що у 1-2 рази вище вмісту небезпечних домішок в осадових породах району.

Сума основ Са+Mg у породі відвалу в середньому складає 35,8 мг екв/100 г ґрунту. У ґрунті на південному та західному схилах терикону цей показник є вищим – 48,1 мг екв /100 г ґрунту та 51,4 мг екв./100 г ґрунту відповідно. Неперегоріла порода характеризується дуже низьким вмістом обмінного азоту – 49,8 мг/кг. Значно меншим є його вміст у зразках зі схилів терикону – 14,2 мг/кг. Найбільше рухомого фосфору та калію виявлено у свіжій породі. Середні валові значення цинку для породи становлять невелику частку від ГДК – 0,3%. Найбільше рухомого цинку зафіксовано на південному схилі відвалу. При цьому на південному схилі спостерігається перевищенням ГДК міді у 4 рази 13 мг/кг (при ГДК 3 мг/кг).

Дослідження фізико-хімічних властивостей породи шахти № 9 Нововолинського гірничопромислового району дали змогу встановити, що не перегоріла порода є кислою – рН сольової витяжки змінюється в межах 3,63-4,81.

Гідролітична кислотність висока, становить 10,6 мг.екв./100 г ґрунту і більше. Субстрат на схилах має лужну реакцію і значно нижчу гідролітичну кислотність 0,22-0,29 мг.екв./100 г. (рис.8).

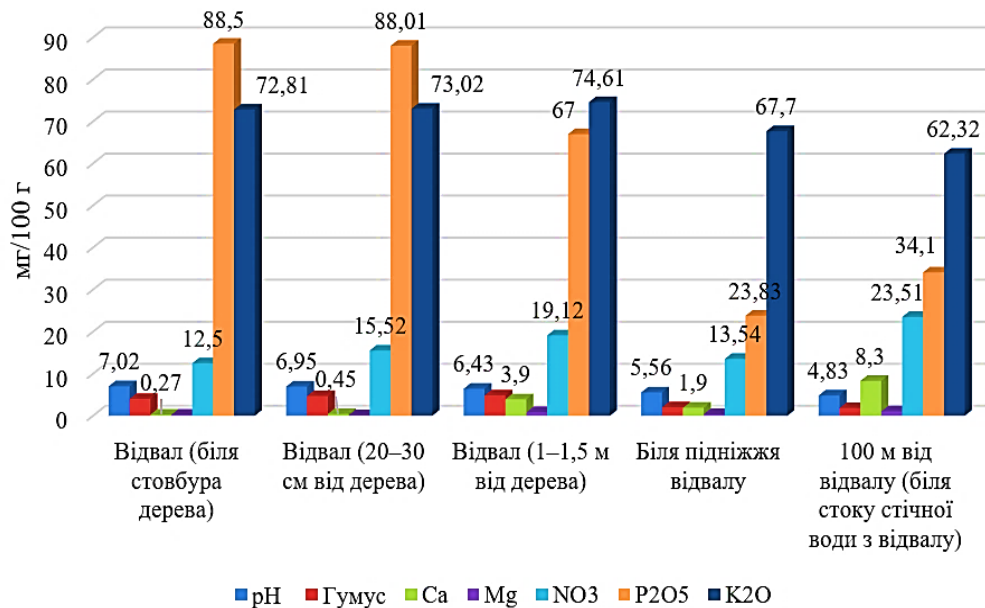


Рисунок 8 – Фізико-хімічні властивості відвальної породи шахти № 9 м. Нововолинська

В результаті проведених досліджень виявлено суттєві відмінності фізико-хімічного складу підтериконових стічних вод з породних відвалів вугільних шахт №: 2, 4, 9 (табл. 2). У всіх пробах води досліджуваного району зафіксовано підвищення вмісту амонію (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) у 5 разів (перенасичення підтериконових стічних вод породних відвалів вугільних шахт), що у свою чергу викликає забруднює гідросферу регіону.

Для проб № 1, 2 (табл. 2), які були взяті з відвалу шахти № 9, зафіксовано зниження водневого показника рН до 4,7–4,8. Таке посилення кислотності води відповідає високому рівню вимивання мінеральних солей із відвалів і тим самим підвищує рівень забруднення довкілля.

У точці відбору проби води № 2 (табл. 2) зафіксовано значне перевищення вмісту органічних речовин до 11 %, що майже в 2 рази перевищує ГДК. У пробах води із підніжжя відвалів зафіксовано значне перевищення вмісту гідрокарбонатів (проби № 3, 4, 5, 6, табл. 2). У пробі № 4 (табл. 2) зафіксовано значне перевищення вмісту заліза, (у 50 разів перевищує рівень ГДК).

Вміст у підтериконових стічних водах заліза (0,3-18 мг/дм<sup>3</sup>); сульфатів 500- (800 мг/дм<sup>3</sup>); нітритів (3-53 мг/дм<sup>3</sup>); нітратів (45-152 мг/дм<sup>3</sup>); гідрокарбонатів і розповсюдження їх у біоту, спричиняє припинення росту рослинного покриву. Реакція середовища для досліджуваних проб води є лужною.

Високий вміст амонійних солей свідчить про значне забруднення води, адже амоніак є сполукою, що утворюється в процесі розкладу амінокислот. Одночасний вміст у пробах води заліза (середній показник у всіх пробах 2,6 мг/дм<sup>3</sup>), нітритів (середній показник у всіх пробах 16,5 мг/дм<sup>3</sup>) та нітратів (середній показник у всіх пробах 67,7 мг/дм<sup>3</sup>) свідчить про значну забрудненість через окиснення породи у відвалі та вимивання її водою.

Таблиця 2 – Фізико-хімічні властивості підтериконових стічних вод з породних відвалів вугільних шахт Нововолинського гірничопромислового району (шахти №: 2, 4, 9)

№ з/п	Назва показника	Одиниця виміру	Результат									ГДК мг/дм <sup>3</sup>
			№ 1	№ 2	№ 3	№ 4	№ 5	№ 6	№ 7	№ 8	№ 9	
			Шахта №9			Шахта №2			Шахта №4			
1.	Водневий показник (рН)	од. рН	4,7	4,8	7,3	7,8	7,7	7,9	6,6	8,0	6,4	6,0-9,0
2.	Сухий залишок (90 °С)	мг/дм <sup>3</sup>	272	1971	677	690	1520	1470	770	1353	403	1000
3.	Мінеральний залишок (800 °С)	мг/дм <sup>3</sup>	249	1749	649	636	1480	1380	750	1265	375	1000
4.	Вміст орг. речовин (800 °С)	% мас.	8,0	11,0	4,0	8,0	3,0	6,0	3,0	7,0	7,0	6,0
5.	Жорсткість загальна	мг-екв/дм <sup>3</sup>	0,8	19,8	8,5	6,2	18,3	17,3	9,3	18,6	5,4	7,0
6.	Жорсткість карбонатна	мг-екв/дм <sup>3</sup>	0,6	1,2	3,8	3,6	4,8	6,6	2,9	6,2	1,1	7,0
7.	Гідрокарбонати (НСО <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	мг/дм <sup>3</sup>	36,6	73,2	232	220	293	403	177	378	67,1	-
8.	Хлориди (Сl <sup>-</sup> )	мг/дм <sup>3</sup>	2,5	145	34,9	53,2	77,0	94,5	54,8	134	64,3	35,0
9.	Сульфати (SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> )	мг/дм <sup>3</sup>	119,5	861	189	210	597	408	243	408	129	500
10.	Нітриди (NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> )	мг/дм <sup>3</sup>	0,2	12,3	7,2	3,6	19,5	23,5	18,6	53,2	10,2	3,0
11.	Нітрати (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	мг/дм <sup>3</sup>	3,7	26,8	59,0	25,8	152,3	125	88,2	102	26,8	45,0
12.	Фосфати (PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> )	мг/дм <sup>3</sup>	0,0	0,1	0,0	0,0	0,6	0,3	0,3	2,0	0,0	-
13.	Кальцій (Ca <sup>2+</sup> )	мг/дм <sup>3</sup>	12,4	246	144	92,2	206	174	122	206	62,1	-
14.	Магній (Mg <sup>2+</sup> )	мг/дм <sup>3</sup>	2,2	91,2	15,8	19,5	97,3	105	38,9	101	28,0	-
15.	Залізо загальне (Fe <sub>заг</sub> )	мг/дм <sup>3</sup>	0,1	0,3	0,0	18,0	1,3	2,4	0,1	1,7	0,0	0,3
16.	Амоній сольовий (NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> )	мг/дм <sup>3</sup>	3,7	12,4	1,9	5,7	2,8	9,6	2,4	6,8	1,3	1,0
17.	Сума натрій (Na <sup>+</sup> ) + калій (K <sup>+</sup> )	мг/дм <sup>3</sup>	68,6	106,4	37,8	77,2	118	72,5	59,1	70,1	24,5	-
18.	Хімічне споживання кисню (ХСК)	мгО/дм <sup>3</sup>	12,3	25,4	17,2	23,9	42,3	36,1	21,3	36,1	12,8	-

Аналіз зразків підтериконових стічних вод породних відвалів вугільних шахт показав, що в її хімічному складі переважають такі компоненти як: нікель (48%), кобальт (37%), мідь (9%), цинк (6%) (табл. 3).

Таблиця 3 – Вміст важких металів у підтериконових стічних водах породних відвалів вугільних шахт Нововолинського гірничопромислового району

Показник	Результат, мг/дм <sup>3</sup>
Цинк	0,018
Нікель	0,15
Мідь	0,028
Кобальт	0,117
Свинець	0,001
Кадмій	0,001

Вміст у воді амоніаку та нітритів вказує на постійне джерело забруднення із відвалів породи (рис. 9).

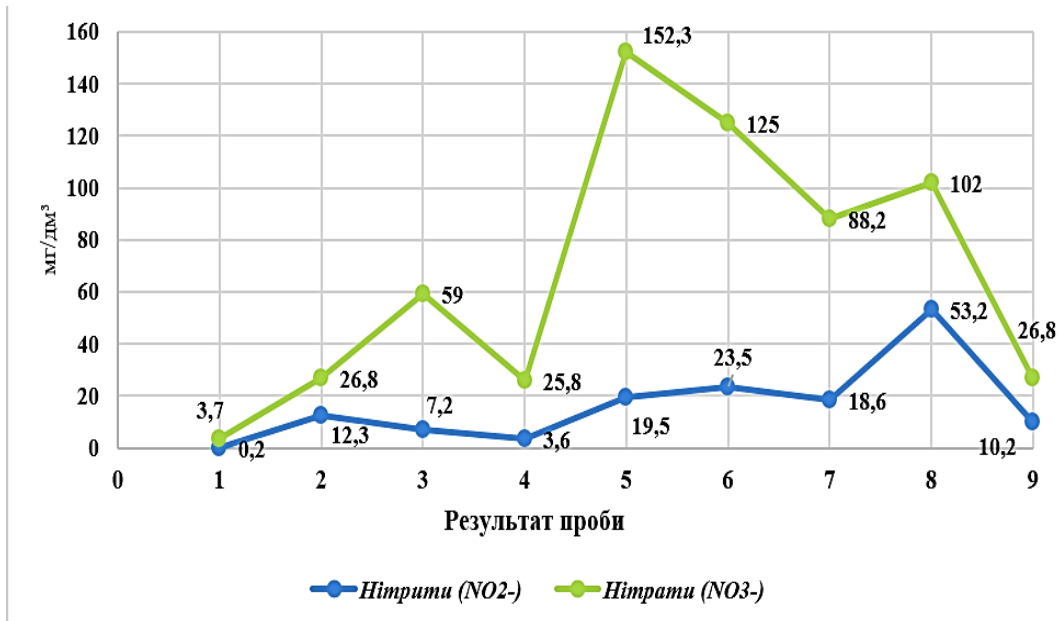


Рисунок 9 – Зміна показників вмісту нітритів та нітратів у пробах стічної води з териконів

Перевищення рівня амоніаку у воді із потраплянням її у ріку призводить до екологічної небезпеки екосистеми в цілому. В процесі витіснення нітрогенчутливих видів руйнуються функціональні зв'язки між усіма ланками екосистеми (рослинами, тваринами, мікроорганізмами), що призводить до порушення самовідновлення екосистеми (рис 10).

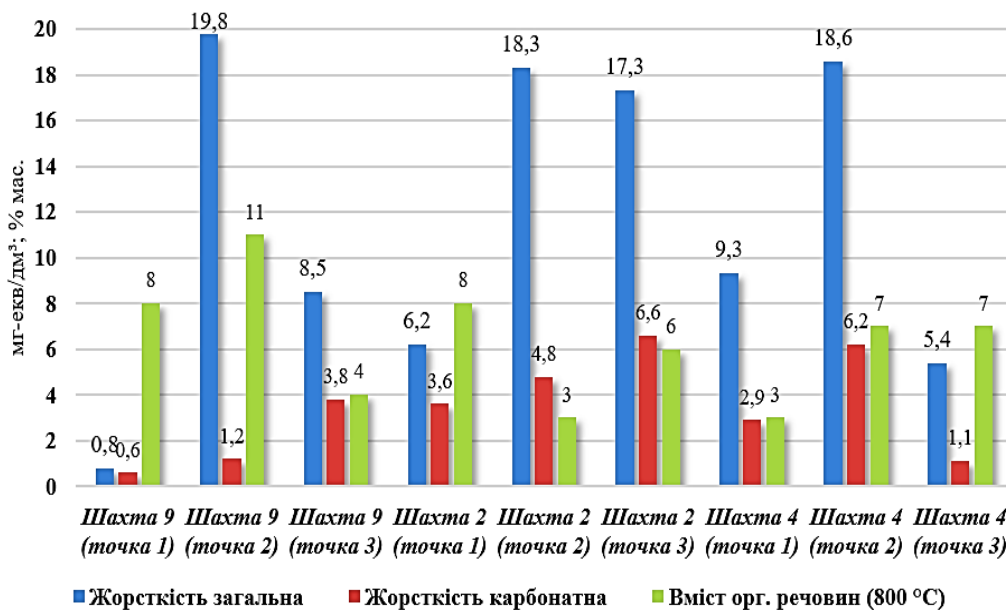


Рисунок 10 – Зміна показників карбонатної, загальної жорсткості та вмісту органічних речовин у пробах підтериконових стічних вод із териконів

Аналіз результатів лабораторних досліджень свідчить, що ґрунти повністю втрачають свої поживні речовини до глибини 0,6 м, а у радіусі 1 км відбувається накопичення важких металів, втрата гумусу і їх деградація. У відвальній породі досліджуваного району геохімічний фон та вміст перевищували концентрації нікелю ( $0,15 \text{ мг/дм}^3$ ) та кобальту ( $0,117 \text{ мг/дм}^3$ ). Здатність рослин виростати в умовах забруднення довкілля важкими металами пояснюється існуванням у них широкого спектру різноманітних механізмів стійкості, що діють на різних рівнях розвитку рослинного організму.

Досліджено вміст важких металів у рослинності породних відвалів вугільних шахт м. Нововолинська (рис. 11). Значне накопичення кадмію спостерігається у корі ( $5,25 \text{ мг/кг}$ ) та ( $2,75 \text{ мг/кг}$ ) 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 ( $2 \text{ мг/кг}$ ) та корі верби ( $0,71 \text{ мг/кг}$ ). Спостерігається значна акумуляція купруму та цинку у корі сосни ( $14,50 \text{ мг/кг}$ ) та верби ( $11,97 \text{ мг/кг}$ ). Такий високий вміст забруднень пояснюється пористою структурою деревини. Вміст кобальту та нікелю у зразках рослинності не перевищують ГДК.

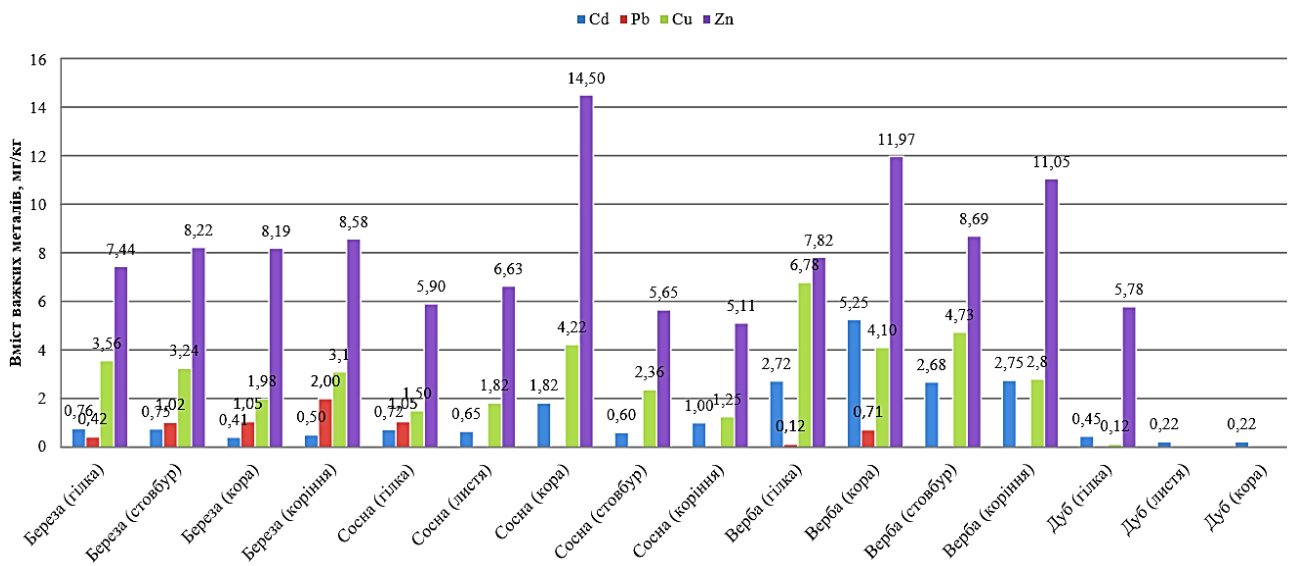


Рисунок 11 – Вміст важких металів у рослинності породних відвалів вугільних шахт Нововолинського гірничопромислового району

Низький рівень заліснення (60%) териконів вугільних шахт Нововолинського гірничопромислового району визначається значним засоленням та високою концентрацією водорозчинних солей. Загальна засоленість визначається вмістом сульфат-іона ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) вміст якого у териконах вугільних шахт м. Нововолинська варіює в межах  $0,16\text{--}0,68 \text{ г} / 100 \text{ г}$  ґрунту.

У результаті проведених пірологічних досліджень було встановлено, що на териконах Нововолинського гірничопромислового району лісові культури здатні самозайматися та сприяти розповсюдженню низової пожежі. Температурні дослідження деревних видів, які розвиваються на поверхні породних відвалів



вугільних шахт, є важливими з точки зору комплексної оцінки екологічної безпеки довкілля регіону. Окрім токсичного едафотопу, запиленості, підвищеного радіаційного фону, рослинність підпадає під температурний вплив (рис. 12). Продукти неповного розпаду потрапляють у стічні води, додатково насичуючи їх небезпечними речовинами та сполуками. Температура samozаймання: берези – +475 °С, дуба – +480 °С, козячої верби – +473 °С, сосни – +475 °С. Ці дані є важливими з точки зору процесів samozаймання породи, як джерела виникнення пожеж на поверхні відвалів вугільних шахт. Дерево-чагарникова рослинність за таких умов сприяє поширенню вогню і виникнення низових пожеж.

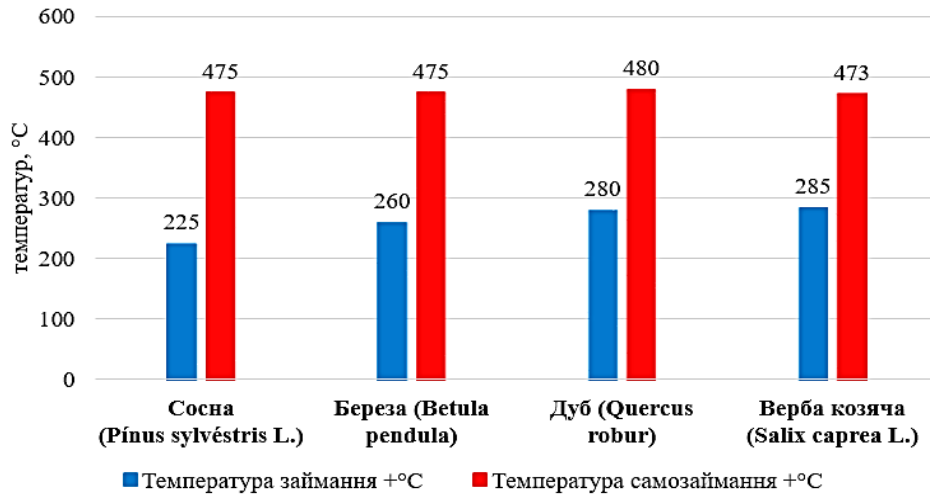


Рисунок 12 – Самозаймання та займання лісових культур, які розвиваються на териконах вугільних шахт Нововолинського гірничопромислового району

Під час дослідження мікробіологічних показників (колонієутворюючі одиниці) стічної води з відвалів вугільних шахт досліджуваного регіону встановлено, що біля підніжжя та у радіусі 5 метрів від підніжжя терикону перевищено гранично допустимі концентрації кількості колонієутворюючих одиниць на 40 % (рис. 13-14).

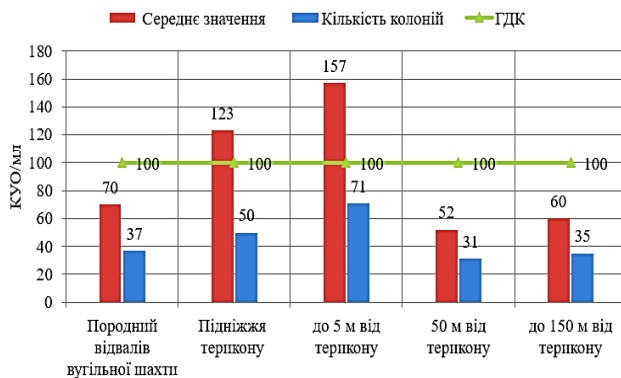


Рисунок 13 – Мікробіологічні властивості стічної води породних відвалів шахти № 9 м. Нововолинська

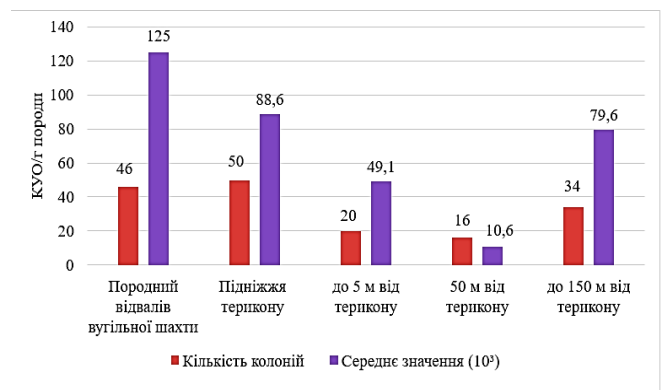


Рисунок 14 – Мікробіологічні властивості породних відвалів шахти № 9 м. Нововолинська

Такі значення вказують на те, що породні відвали вугільних шахт є природним середовищем для існування багатьох видів грибів, бактерій та поодиноких мікроорганізмів. Проведені лабораторні дослідження дають підставу констатувати, що кількість мікроорганізмів та їх біологічна активність у підтериконових стічних водах та породі вугільних шахт м. Нововолинська залежить від рівня антропогенного навантаження вугільних підприємств.

Мікроорганізми виступають чутливими індикаторами, що надає можливість використання їх для моніторингу за станом довкілля гірничопромислових комплексів, відтворення ландшафтно-біологічного різноманіття породних відвалів та підтримання екологічної безпеки регіону.

Сезонна динаміка вмісту небезпечних речовин у стічних водах дає змогу стверджувати, що для шахт № 2, № 4, № 9 м. Нововолинська зниження водневого показника, а також перевищення вмісту сульфатів ( $1004 \text{ мг/дм}^3$ ), кальцію ( $520 \text{ мг/дм}^3$ ), гідрокарбонатів ( $220 \text{ мг/дм}^3$ ), нітратів ( $158 \text{ мг/дм}^3$ ) у 2 рази в порівнянні із ГДК, викликає підвищення рівня забруднення довкілля (рис. 15).

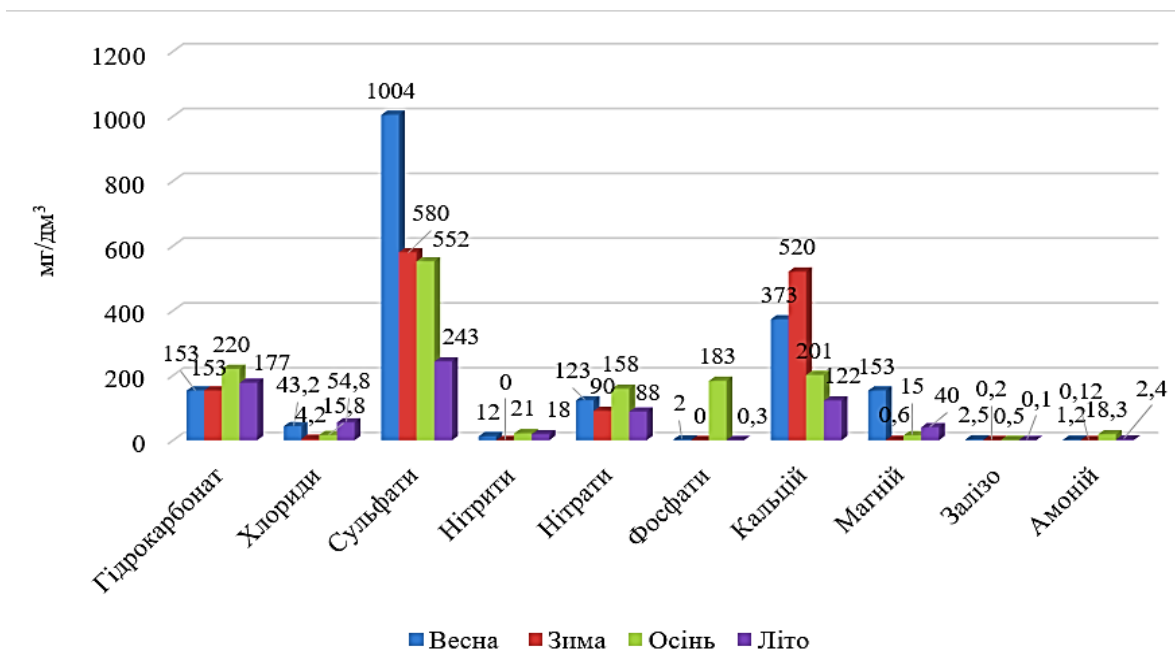


Рисунок 15 – Вміст небезпечних компонентів протягом року підтериконових стічних вод породних відвалів вугільних шахт

Спостерігається перевищення у всіх пробах сульфатів ( $349 \text{ мг/дм}^3$  для шахти № 2,  $710 \text{ мг/дм}^3$  для шахти № 2,  $1004 \text{ мг/дм}^3$  для шахти № 9).

Породні відвали вугільних шахт, а також забруднюючі речовини в підтериконових стічних водах слугують джерелами забруднення підземних та поверхневих горизонтів (рис.16).

Значне перевищення більшості небезпечних речовин та сполук в стічних водах шахти № 9 пояснюється тим, що шахта є діючою, де з плином часу утворюються нові відвали породи. Шахти № 2 та 4 – недіючі та на стадії рекультивації. Динаміка поширення кобальту, міді, нікелю із породних відвалів у довкілля дала змогу встановити, що найвищим їх вмістом характеризуються відвали шахти № 4 (не діюча). Найнижче – шахти № 9 (діюча).

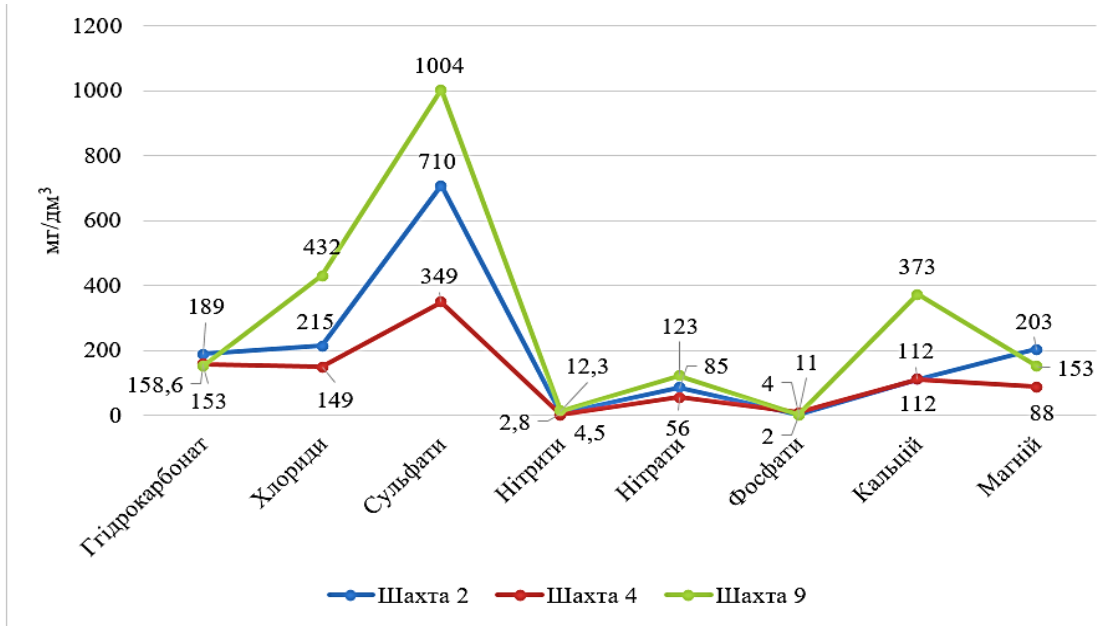
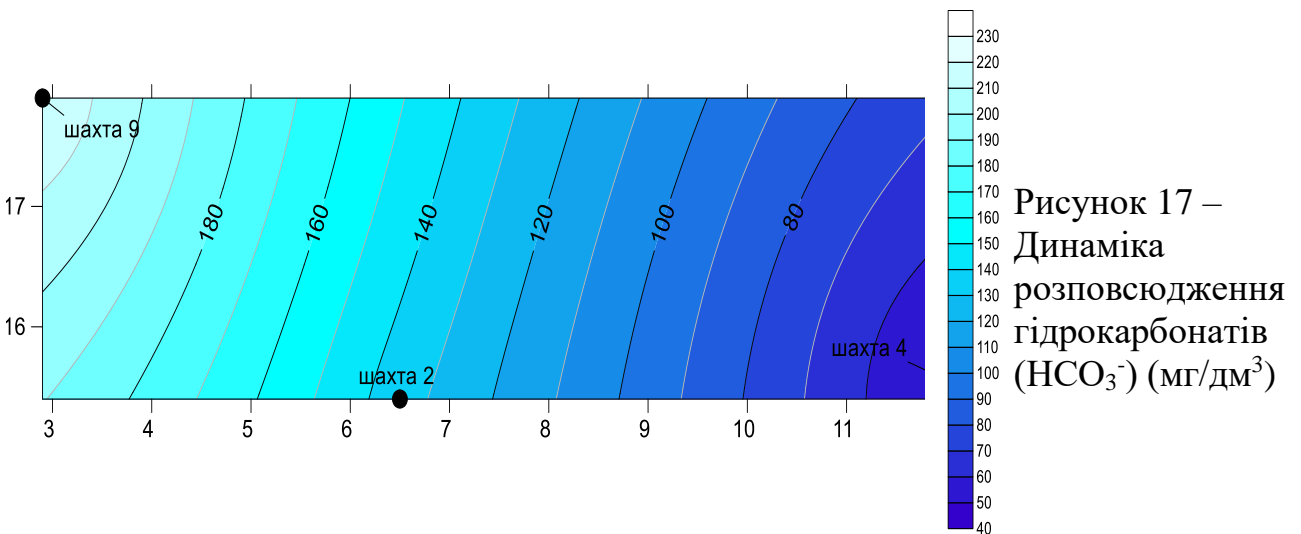
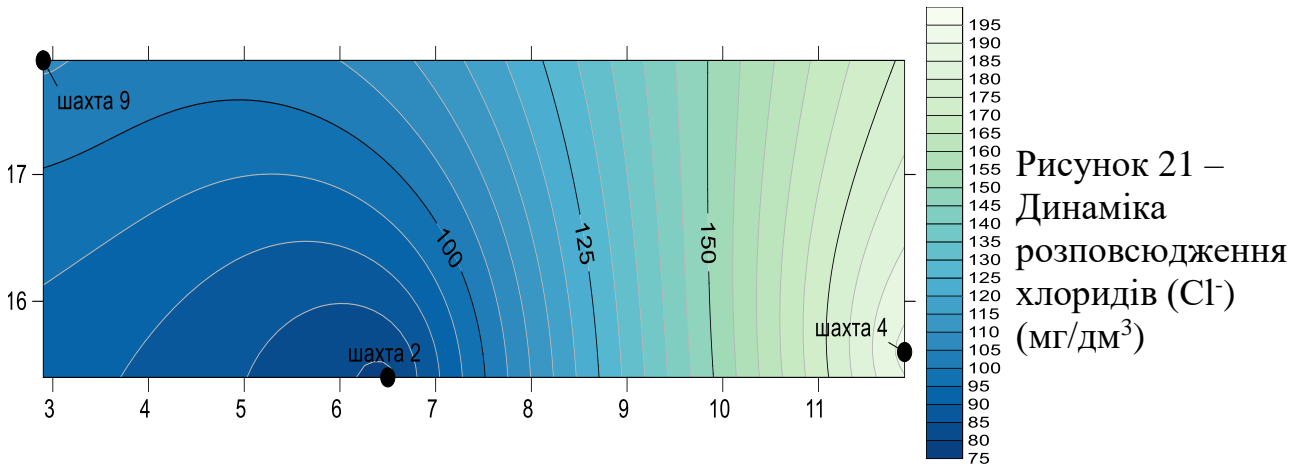
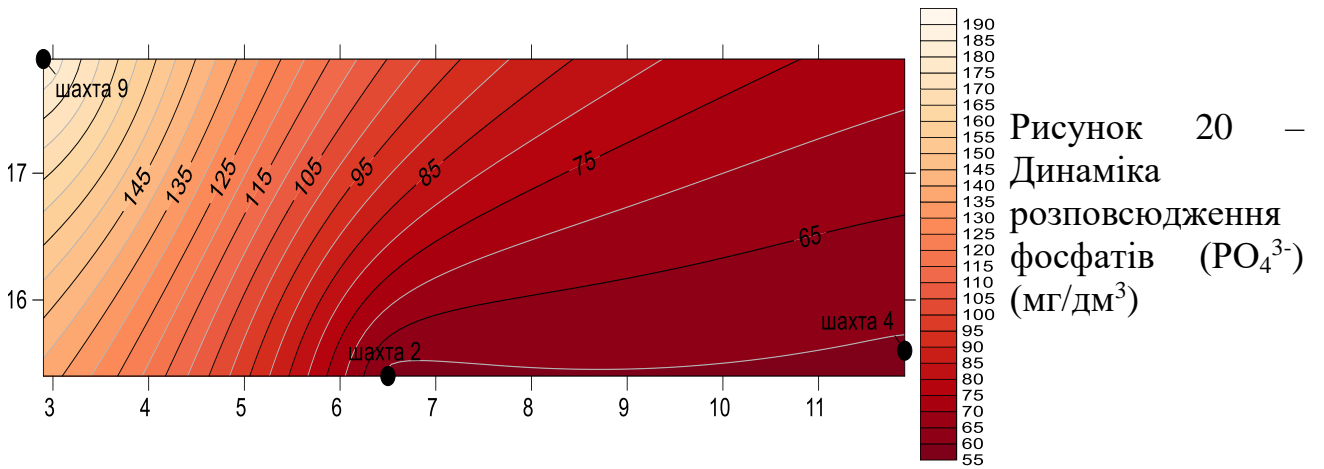
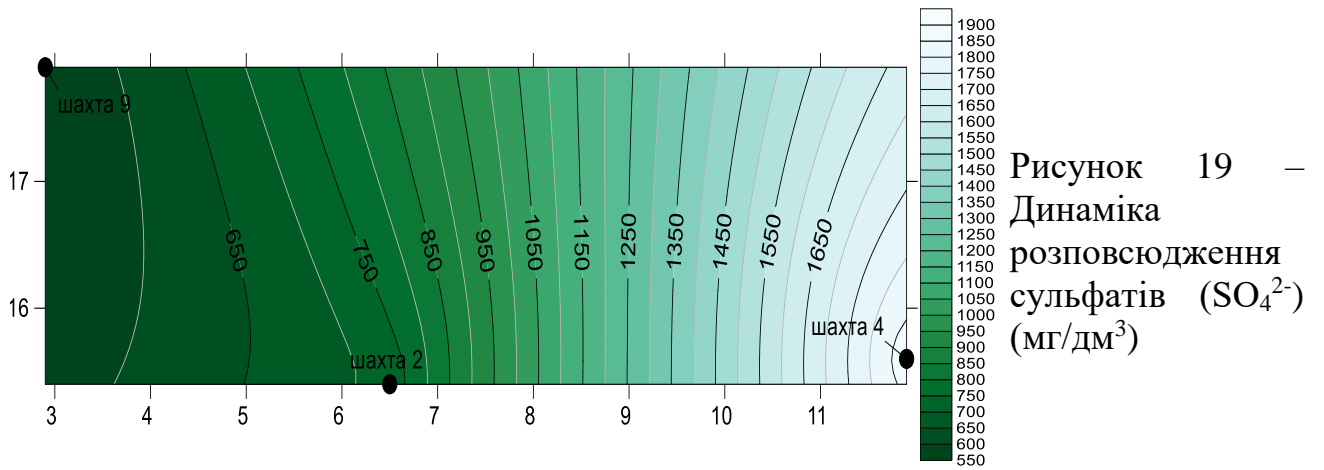
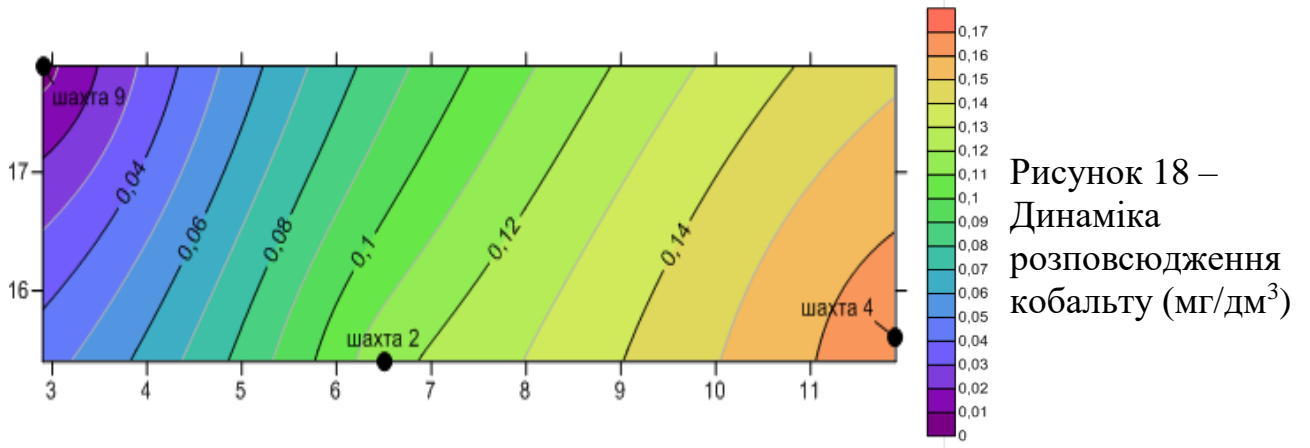


Рисунок 16 – Вміст небезпечних компонентів в стічних водах шахт № 2, 4, 9 м. Нововолинська

Перевищення вмісту кобальту у породних відвалах становить (0,16, 0,11 та 0,006 мг/дм<sup>3</sup>). Найбільше гідрокарбонатів 220 мг/дм<sup>3</sup> накопичується у породних відвалах шахти № 9 біля підніжжя терикону, але не перевищує значення (ГДК 300 мг/дм<sup>3</sup>). Найвищий вміст хлоридів (192 мг/дм<sup>3</sup>) спостерігалися для відвалів шахти № 4, які відібрані із водойми, що знаходиться біля підніжжя терикона. Встановлено, що на відстані 15 м від підніжжя терикона шахти № 2 концентрація нітратів в ґрунті є нижчою у порівнянні з іншими ділянками (158,3 мг/дм<sup>3</sup>) і (198 мг/дм<sup>3</sup>) відповідно. На відстані 10 м від підніжжя терикона вміст сульфатів становить 716 мг/дм<sup>3</sup>, на відстані 5 м від підніжжя – 552 мг/дм<sup>3</sup> і на відстані 2 м від підніжжя – 1884 мг/дм<sup>3</sup> відповідно, що перевищує ГДК (500 мг/дм<sup>3</sup>) у 3 рази. Динаміка розповсюдження небезпечних речовин та сполук у зоні впливу вугільних шахт « 2, 4, 9 Нововолинського ГПР зображено на рис.17-21.





Таким чином нами встановлено, що найбільш забрудненими ділянками породних відвалів є підніжжя із північно-східного боку. На відстані 15 м від підніжжя териконів концентрації забруднюючих речовин знижуються, але деякі із них перевищують (сульфати  $1884 \text{ мг/дм}^3$ ) гранично допустимі концентрації та спричиняють техногенний пресинг на живі організми.

У п'ятому розділі розглядаються шляхи зниження рівня екологічної небезпеки на довкілля. Представлено способи збереження, спрямування та формування фітоценозів-меліорантів у зоні впливу відвалів вугільних шахт, запропоновано проектування та розрахунок біоплато. Враховуючи значне розповсюдження біологічного очищення для міських та виробничих стічних вод із переважним забрудненням органічними речовинами, часто поняття доочищення ототожнюють з 3-ім ступенем очищення (третинного очищення), приймаючи за 1 ступінь комплекс споруд механічного, а за 2-ий ступінь – комплекс споруд біологічного очищення.

Значна шкода водним ресурсам наноситься в результаті забруднення поверхневих вод технологічними відвалами та скидами недостатньо очищених стічних вод, а також стоками талих та зливових вод із відвалів вугільних шахт. Подальше потрапляння стічних вод гірничопромислового регіону у біоту призводить до забруднення інших водних ресурсів (зокрема р. Західних Буг) та екологічної небезпеки довкіллю, заболочування ґрунтів, тощо. На рисунку 22 зображено динаміку поширення забруднюючих речовин до стічних вод та накопичення їх біля підніжжя породних відвалів вугільних шахт.

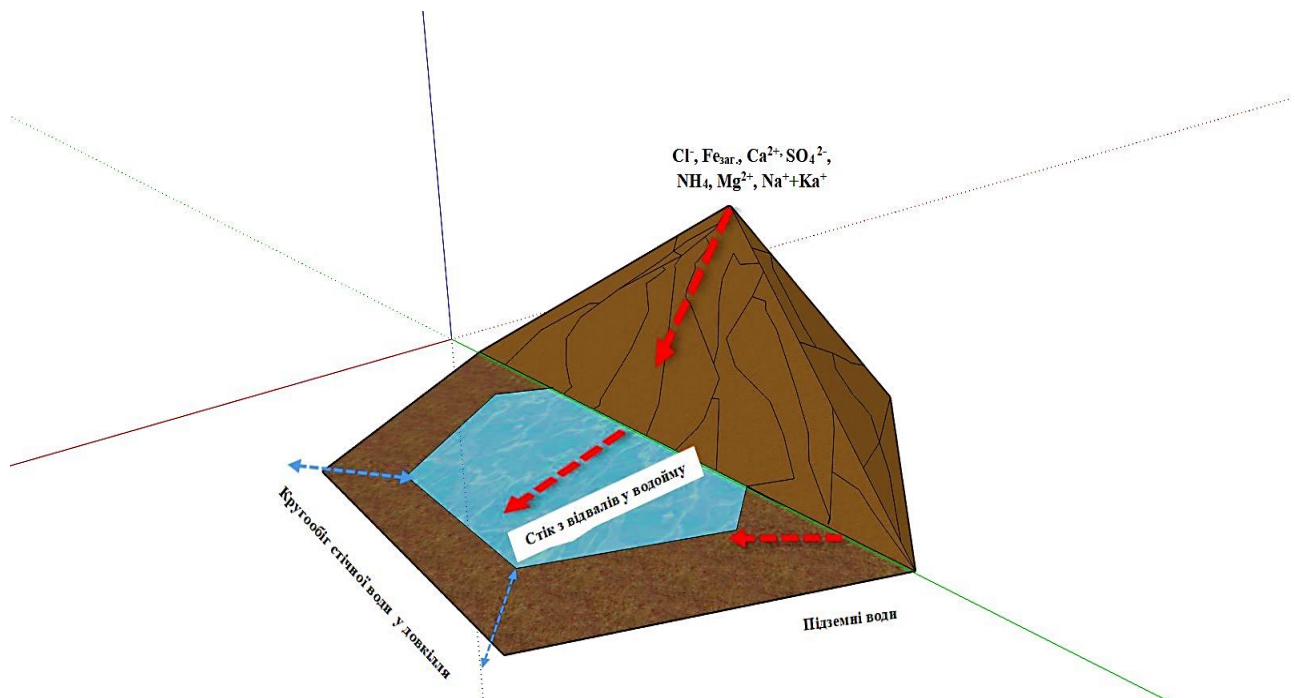


Рисунок 22 – 3-D зображення міграції небезпечних компонентів підтериконових стічних вод породних відвалів вугільних шахт Нововолинського гірничопромислового району у довкілля

Для запобігання екологічної небезпеки довкіллю від підтериконових стічних вод відвалів вугільних шахт запропоновано штучно створити системи очищення –



біоплато. В процесі проходження стічних вод через шари завантаження відбуваються процеси фільтрування, осадження, адсорбції, поглинання забруднювачів водними рослинами.

У підтериконових стічних водах відвалів вугільних шахт Нововолинського гірничопромислового району, що надходять у біоплато, визначено такі концентрації катіонів і аніонів, що обумовлюють їх солеміст:  $\text{SO}_4^{2-} = 2650 \text{ мг/дм}^3$ ;  $\text{Cl}^- = 170 \text{ мг/дм}^3$ ;  $\text{Na}^+ + \text{K}^+ = 850 \text{ мг/дм}^3$ ;  $\text{Ca}^{2+} = 400 \text{ мг/дм}^3$ ;  $\text{Mg}^{2+} = 220 \text{ мг/дм}^3$ ;  $\text{HCO}_3^- = 15,1 \text{ мг-екв/дм}^3$ .

Для проектування біоплато біля підніжжя породних відвалів вугільних шахт нами було визначено: довжину біоплато (510 м.), яке використовується за відстійним типом, ширина каналу біоплато 30 м. Об'єм біоплато складає:  $W = 30 \cdot 510 \cdot 0,55 = 8415 \text{ м}^3$ . Тривалість перебування очищуваних вод в біоплато становить 1,5 доби. Конструювання біоплато слід здійснювати із урахуванням природних ландшафтів та доступної ділянки землі розміром 60x400 м. Ширину коридору-каналу приймаємо відповідно до розрахунків – 30 м., довжину каналу в одному коридорі – 60 м. Кількість коридорів – 9 шт. (рис.23).

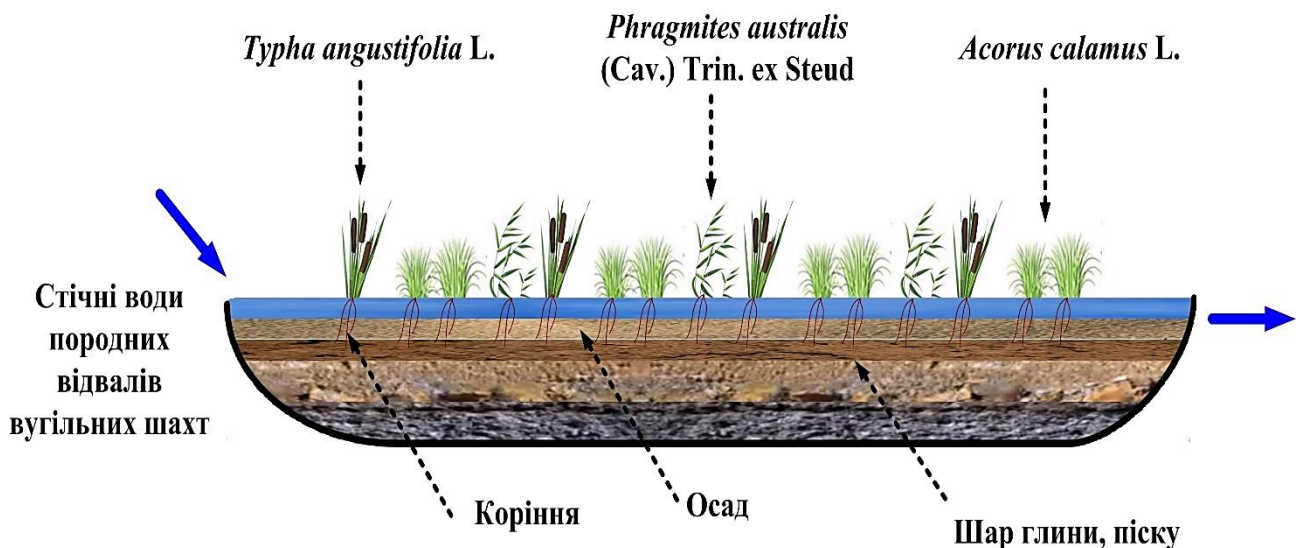


Рисунок 23 – Схематичне зображення облаштування біоплато біля териконів вугільних шахт

Під час проектування біоплато запропоновано висаджувати очерет звичайний *Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steud., рогіз вузьколистий *Typha angustifolia* L та аїр звичайний *Acorus calamus* L., які видаляють із підтериконових стічних вод забруднюючі речовини – калій, кальцій, магній, марганець, сірку, важкі метали, феноли, сульфати. Дно біоплато виконується з глини або піску. По дну в ґрунті проводиться висадка вищих водних рослин (ВВР). Для запобігання замулюванню і процесів гниття відмираючих рослин у вузьких місцях, що утворюються в результаті формування валів, рослини рекомендується не висаджувати. В останньому коридорі рекомендується для утворення відстійної зони перед постфільтрацією не висаджувати вищі водні рослини.

Садіння вищих водних рослин необхідно проводитися в 9 коридорах, площею 8900 м<sup>2</sup>. Щільність садіння слід приймати 7 рослин на 1 м<sup>2</sup>., тоді кількість рослин складе 62300 шт.

### ВИСНОВКИ

У дисертаційній роботі представлено результати експериментальних досліджень та теоретичних узагальнень основних складових екологічної безпеки стічних вод породних відвалів вугільних шахт Нововолинського гірничопромислового району, який є складовою частиною Львівсько-Волинського вугільного басейну. Встановлено, що накопичення токсичних складових у підтериконових стічних водах породних відвалів створює суттєву техногенну та екологічну небезпеку регіону. Запропонована система заходів із підвищення екологічної безпеки довкілля від небезпечних компонентів підтериконових стічних вод породних відвалів вугільних шахт.

1. Встановлено, що накопичення небезпечних компонентів у стічних водах породних відвалів вугільних шахт, призводять до зростання рівня екологічної небезпеки довкілля. У пробах води із відвалів зафіксовано значне перевищення вмісту гідрокарбонатів заліза, що спричиняє перевищення рівня ГДК для цього елемента у 50 разів.

2. У підтериконових стічних водах вміст заліза (0,3-18 мг/дм<sup>3</sup>); сульфатів (500-800 мг/дм<sup>3</sup>); нітритів (3-53 мг/дм<sup>3</sup>); нітратів (45-152 мг/дм<sup>3</sup>); гідрокарбонатів спричиняє припиненню росту рослинного покриву на поверхні відвалів та біля підніжжя внаслідок токсичної дії цих забруднень.

3. Біля підніжжя у радіусі 5 метрів від підніжжя терикону перевищено гранично допустимі концентрації кількості колонієутворюючих одиниць на 40 %. Це вказує на те, що породні відвали вугільних шахт є природним середовищем для існування багатьох видів грибів, бактерій та поодиноких мікроорганізмів

4. Температурні дослідження деревних видів, які розвиваються на поверхні породних відвалів вугільних шахт, є важливими з точки зору комплексної оцінки екологічної безпеки регіону. Встановлено, що продукти неповного розпаду потрапляють у стічні води, додатково насичуючи їх небезпечними речовинами та сполуками. Температура самозаймання: берези – +475 °С, дуба – +480 °С, козячої верби – +473 °С, сосни – +475 °С. Дерево-чагарникова рослинність за таких умов сприяє поширенню вогню та виникненню низових пожеж.

5. Вміст у пробах води заліза (середній показник у всіх пробах 2,6 мг/дм<sup>3</sup>), нітритів (середній показник у всіх пробах 16,5 мг/дм<sup>3</sup>) та нітратів (середній показник у всіх пробах 67,7 мг/дм<sup>3</sup>) свідчить про значну забрудненість через окиснення породи у відвалі та вимивання її стічними водами. Вміст у водах амоніаку та нітритів вказує на постійне джерело забруднення із відвалів породи. Перевищення рівня амоніаку та потрапляння її у ріки призводить до підвищення рівня екологічної небезпеки екосистеми в цілому.

6. Дослідження фізико-хімічних властивостей підтериконових стічних вод породних відвалів вугільних шахт показав, що в її хімічному складі переважають такі компоненти як: нікель (0,15 мг/дм<sup>3</sup>), кобальт (0,03 мг/дм<sup>3</sup>), мідь (0,11 мг/дм<sup>3</sup>), цинк (0,018 мг/дм<sup>3</sup>). Накопичення кадмію спостерігається у корі *Salix caprea* L. (5,25 мг/кг) та корінні (2,75 мг/кг). 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. Аналіз вмісту плюмбуму в рослинній сировині свідчить, що це забруднення накопичується в значній мірі 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/кг) та верби (11,97 мг/кг).

7. Оцінено можливості облаштування біоплато для очищення стічних вод із породних відвалів Нововолинського гірничопромислового району. Садіння вищих водних рослин слід проводити в 9 коридорах, площа яких 8900 м<sup>2</sup>. Щільність садіння 7 рослин на 1 м<sup>2</sup>, кількість рослин складе 62300 шт. Дно біоплато слід виконувати з водонепроникних глин або піску. На дні в ґрунті проводиться висадка вищих водних рослин. Для запобігання замулювання та розвитку процесів гниття відмираючих рослин у вузьких місцях, що утворюються в результаті формування валів, висадку рослин рекомендуємо не проводити. Під час проектування біоплато запропоновано висаджувати очерет звичайний *Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steud., рогіз вузьколистий *Typha angustifolia* L та аїр звичайний *Acorus calamus* L., які видаляють із підтериконових стічних вод забруднюючі речовини – калій, кальцій, магній, марганець, сірку, важкі метали, феноли, сульфати.

8. Показники якості води підтверджують той факт, що поряд із вітровою ерозією териконів, дослідженню якої приділена велика кількість наукових робіт, гостро стоїть питання саме водної ерозії териконів, яка призводить до вимивання токсичних політантів і забруднення ними ґрунту та підґрунтових вод. Забруднення поширюються із підтериконовими водами на значні відстані прилеглих територій, зокрема у басейн р. Західний Буг.

## СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

### Статті у наукових фахових виданнях, які індексуються міжнародною наукометричною базою Scopus:

1. **Bosak P.**, Popovych V., Stepova K. & Marutyak S. (2020). Features of seasonal dynamics of hazardous constituents in wastewater from colliery spoil heaps of Novovolynsk mining area. *News of the National academy of sciences of the Republic of Kazakhstan. Series of Geology and Technical Sciences.* 5. 443. 39-46. <https://doi.org/10.32014/2020.2518-170X.102>.
2. **Bosak P.**, Popovych V., Stepova K. & Dudyn R. (2020). Environmental impact and toxicological properties of mine dumps of the Lviv-Volyn coal basin. *News of the National academy of sciences of the Republic of Kazakhstan. Series of Geology and Technical Sciences.* 2. 440. 48-54. <https://doi.org/10.32014/2020.2518-170X.30>.
3. **Bosak P.**, Popovych V. (2019). Radiation-ecological monitoring of coal mines of Novovolynsk mining area. *News of the National academy of sciences of the Republic of Kazakhstan. Series of Geology and Technical Sciences.* 5. 437. 132-137. <https://doi.org/10.32014/2019.2518-170X.134>.
4. Popovych V., Stepova K., Voloshchynshyn V. & **Bosak P.** Physico-Chemical Properties of Soils in Lviv Volyn Coal Basin Area. *E3S Web Conference. IVth*

**Статті у наукових фахових виданнях України:**

5. **Босак П. В.**, Попович В. В., Піндер В. Ф., Стокалюк О. В. Температура займання та самозаймання найпоширеніших деревних порід териконів. *Науковий вісник НЛТУ України*. 2020. 30, 5. 53-58 <https://doi.org/10.36930/40300509>.

*Особистий внесок – розрахунок параметрів температури самозаймання та займання деревних порід на шахтних териконах.*

6. **Босак П. В.**, Попович В. В. Еко-геоінформаційна технологія захисту довкілля від підтериконових вод Нововолинського гірничопромислового району. *Науково-практичний журнал Екологічні науки*. 2020. 4 (31). 96-102. DOI: <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2020.eco.4-31.14>.

*Особистий внесок – аналіз захисту довкілля від підтериконових вод Нововолинського гірничопромислового району.*

7. **Босак П. В.**, Стокалюк О. В., Корольова О. Г., Попович В. В. Управління екологічною безпекою у проектах розвитку гірничопромислових комплексів. *Вісник Львівського державного університету безпеки життєдіяльності*. 2020. 22. 5-11. <https://doi.org/10.32447/20784643.22.2020.01>.

*Особистий внесок – статистичний аналіз управління екологічною безпекою у гірничопромислових комплексах.*

8. **Босак П. В.** Фізико-хімічні властивості стічних вод з технологічних відвалів Нововолинського гірничопромислового району. *Вісник Львівського державного університету безпеки життєдіяльності*. 2018. 18. 117–124. <https://doi.org/10.32447/20784643.18.2018.13>

**Матеріали конференцій та круглих столів:**

1. **Босак П. В.**, Попович В. В., Стокалюк О.В. Фітотоксичність териконів Львівсько-Волинського вугільного басейну. *Міжнародний науковий симпозіум «Сталий розвиток – стан та перспективи»*. Львів-Славське. 12-15 лютого 2020 року. 158–160.

*Особистий внесок – аналіз фітотоксичності териконів.*

2. **Босак П. В.**, Попович В. В. Вплив відвалів шахтних териконів Нововолинського гірничопромислового району на ґрунт. *6-й Міжнародний конгрес Сталий розвиток: захист навколишнього середовища. Енергоощадність. Збалансоване Природокористування*. м. Львів. 23–25 вересня 2020 року. 54.

*Особистий внесок – аналіз впливу відвалів вугільних шахт на ґрунт.*

3. **Босак П. В.**, Попович В. В. Загрози у сфері екологічної та техногенної безпеки шахтних териконів Нововолинського гірничопромислового району на довкілля. *Матеріали II Всеукраїнської наукової конференції «Актуальні питання техногенної та цивільної безпеки України»*. м. Миколаїв. 18-19 вересня 2020 року. 56–57.

*Особистий внесок – оцінка екологічної та техногенної безпеки Нововолинського гірничопромислового району.*

4. **Босак П. В.,** Попович В. В., Корольова О. Г. Проектування інженерної споруди біоплато на технологічних відвалах вугільних шахт. *Матеріали XVIII Міжнародної науково-технічної конференції «Проблеми екологічної безпеки»*. м. Кременчук. 06-08 жовтня 2020 року. 27–32.

*Особистий внесок – оцінка біоплато на технологічних відвалах вугільних шахт Нововолинського гірничопромислового району.*

5. **Bosak P.** Spontaneous combustion of coal mine dumps in the Novovolynsk mining industrial area. *The second round table: "Ecological impact of fire. Deforestation and forest degradation. Reclamation of devastated landscapes"*. Lviv. 2019.3-5.

6. **Босак П. В.** Екологічна небезпека шахтних породних відвалів в умовах урбанізованого середовища. *Міжнародна науково-практична конференція «Сучасний стан і перспектива розвитку ландшафтної архітектури, садово-паркового господарства, урбоекології та фітомеліорації. З нагоди 80-ліття від дня народження професора В.П. Кучерявого»*. м. Львів. 4-5 квітня 2019 року. 212–214.

7. **Босак П. В.,** Попович В. В. Антропогенний вплив відвалів вугільних шахт в межах Малого Полісся. *Міжнародна науково-практична конференція Подільські читання: Екологія, охорона довкілля, збереження біотичного та ландшафтного різноманіття: наука, освіта, практика*. м. Хмельницький. 10-12 жовтня 2019 року. 7–9.

*Особистий внесок – оцінка антропогенного впливу відвалів вугільних шахт Нововолинського гірничопромислового району.*

8. **Босак П. В.,** Попович В. В. Вплив стічної води з відвалів вугільних шахт Львівсько-Волинського вугільного басейну на довкілля. *Матеріали III Міжнародної науково-технічної конференції "Водопостачання і водовідведення. Проектування, будівництво, експлуатація, моніторинг"*. м. Львів. 23-25 жовтня 2019 року. 165–166.

*Особистий внесок – статистичні дані стічної води на довкілля.*

9. **Босак П. В.,** Попович В. В. Методологія екологічної оцінки стічної води вугільних шахт. *Матеріали XVII Міжнародної науково-технічної конференції «Проблеми екологічної безпеки»*. м. Кременчук. 2-4 жовтня 2019 року. 13–17.

*Особистий внесок – аналіз методики екологічної оцінки стічної води.*

10. **Босак П. В.,** Попович В. В. Очистка стічних вод методом біоплато з териконів Нововолинського гірничопромислового району. *Матеріали I Міжнародної науково-практичної конференції «Екологічна безпека об'єктів туристично-рекреаційного комплексу»*. м. Львів: ЛДУ БЖД. 5-6 грудня 2019. 78–79.

*Особистий внесок – розрахунок стічної води методом біоплато з відвалів вугільних шахт.*

11. **Босак П. В.** Характеристика Нововолинського вуглепромислового району. *Матеріали III Міжнародної науково-практичної конференції — Екологічна безпека як основа сталого розвитку суспільства. Європейський досвід і перспективи*. – Львів: ЛДУБЖД. 2018. 18-19.



## АНОТАЦІЯ

*Босак П.В.* Екологічна безпека стічних вод породних відвалів вугільних шахт Нововолинського гірничопромислового району. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук (доктора філософії) за спеціальністю 21.06.01 «Екологічна безпека» (101 «Екологія»). – Львівський державний університет безпеки життєдіяльності Державної служби України з надзвичайних ситуацій, Львів, 2021.

Дисертаційна робота присвячена дослідженням підтериконових стічних вод із породних відвалів вугільних шахт Нововолинського гірничопромислового району, аналізу системи заходів з метою підвищення екологічної безпеки гірничопромислового комплексу на довкілля.

Встановлення рівнів екологічної небезпеки стічної води із відвалів вугільних шахт, дослідження сезонної динаміки вмісту важких металів стічної води з териконів, проектування та розрахунків біоплато дозволяють запровадити новітні форми очищення стічних вод із відвалів вугільних шахт та сприяють підвищенню екологічної безпеки регіону.

У результаті проведених досліджень проб води зафіксовано підвищення вмісту солей амонію. Як відомо, головна небезпека забруднення гідросфери солями амонію полягає у перенасиченні води амоніаком. Вміст амонійних солей вище 0,1 мг/дм<sup>3</sup> свідчить про свіже забруднення води, адже амоніак є першою сполукою, що утворюється в процесі розкладу органічних нітрогеновмісних речовин. Одночасний вміст у пробах води амоніаку, нітритів та нітратів, сульфатів, гідрокарбонатів свідчить про значну забрудненість підтериконових стічних вод через окиснення породи у відвалі та її вимивання водою. Підвищення в пробах води вмісту нітритів та нітратів без виявлення амоніаку свідчить про ізоляцію джерела забруднення. Аналізуючи стан екологічної ситуації в результаті розливання стічних вод з технологічних відвалів шахт №: 2, 4, 9 Нововолинського гірничопромислового району слід відмітити, що на даний час зливово каналізація на досліджуваних шахтах відсутня, тому дощові води із поверхонь породних відвалів та промислових майданчиків стихійно стікають у низовини на місцевості та концентруються мінеральними солями. Відомо, що для шахт цього району властиві значні водоприпливи в головні та підготовчі гірничі виробки, тому утворені стоки периметром існуючих відвалів збирають у водовідвідні канали.

Встановлено причини та наслідки зростання рівня екологічної небезпеки у гірничопромислових комплексах; сезонну динаміку вмісту хімічних речовин в підтериконових стічних водах із шахтних териконів; вміст важких металів у стічних водах та рослинності; запропонований науково обґрунтований розрахунок біологічних ставок для очищення стічних вод та заходи подолання негативного впливу техногенного забруднення стічних вод на біоту; за допомогою ГІС-проєкту “*Open Environment*” здійснено аналіз якості водних об’єктів досліджуваного регіону. Геоінформаційна інтерактивна карта побудована на базі статистичних даних Державного агентства водних ресурсів України та даних супутникових спостережень. Показники якості води підтверджують той факт, що поряд із вітровою ерозією териконів, дослідженню якої приділена велика кількість наукових робіт, гостро стоїть питання саме водної ерозії териконів, яка призводить

до вимивання токсичних поліютантів і забруднення ними ґрунту та підґрунтових вод. Забруднення поширюються із підтериконовими водами на значні відстані прилеглих територій, зокрема на поверхневі води басейну р. Західний Буг.

**Ключові слова:** екологічна безпека, екологічна небезпека, відвали вугільних шахт, терикони, підтериконові стічні води, гірничопромислові комплекси, біоплато.

## SUMMARY

*Bosak P.V.* Environmental safety of wastewater from waste heaps of coal mines of Novovolynsk mining area. - Qualifying research paper as a manuscript.

Thesis for Cand. Tech. Sci. degree (doctor of philosophy) by specialization 21.06.01 "Environmental safety" (101 "Ecology"). - Lviv State University of Life Safety of the State Emergency Service of Ukraine, Lviv, 2021.

Dissertation is dedicated to the research of wastewater from waste heaps of coal mines of Novovolynsk mining area, analysis of the measures system to increase the environmental safety of the mining complex.

Establishing the levels of environmental hazard of wastewater from coal mine dumps, investigation of the seasonal dynamics of heavy metals content in wastewater from waste heaps, design and calculation of bioplates gives an opportunity to introduce the advanced technologies for treatment of wastewater from mine waste heaps and improve environmental safety of the region.

As a result of water samples analysis, an increase in the content of ammonium salts was determined. It is known that the main danger of pollution of the hydrosphere with ammonium salts is the supersaturation of water with ammonia. The content of ammonium salts above  $0.1 \text{ mg/dm}^3$  indicates the water pollution, because ammonia is the first compound formed during the decomposition of organic nitrogen-containing substances. Simultaneous occurrence of ammonia, nitrites and nitrates, sulfates, bicarbonates in the water samples indicates a significant contamination of wastewater due to oxidation of the rock in the dump and its leaching with water. An increase of nitrites and nitrates content in water samples without ammonia indicates the isolation of the source of contamination. Analyzing the ecological situation as a result of spillage of wastewater from dumps of mines №: 2, 4, 9 of Novovolynsk mining area it should be noted that currently storm sewer system is absent there, so rainwater from the surfaces of waste heaps and industrial sites spontaneously drain in lowlands and concentrates by mineral salts. It is known that the mines of this area are characterized by significant inflows into the main and preparatory mine workings, so the formed effluents around the perimeter of the existing dumps are collected in water diversion channels.

The causes and consequences of the growth of environmental hazard level in mining complexes, seasonal dynamics of the chemicals content in wastewater from mine heaps, heavy metals content in wastewater and vegetation were established; scientifically substantiated calculation of biological ponds for wastewater treatment and measures to overcome the negative impact of man-made wastewater pollution on biota were suggested; by applying the GIS project "Open Environment" the analysis of the water body quality of the area was carried out. The geoinformation interactive map is built on the basis of statistical data of the State Agency of Water Resources of Ukraine and data of satellite observations. Water quality indicators confirm the fact that besides the wind

erosion of waste heaps, the water erosion of waste heaps is of a high concern, which leads to leaching of toxic pollutants into soil and groundwater. Pollution spreads with wastewaters over long distances of adjacent territories, in particular to the surface waters of the Western Bug basin.

**Keywords:** environmental safety, environmental hazard, dumps of coal mines, waste heaps, waste heaps wastewater, mining complexes, biological pond.

Підписано до друку 26.03.2021  
Формат 60x86/15. Папір офсетний. Друк цифровий.  
Гарнітура "Times New Roman". Ум. друк арк. 0,9  
Наклад 100 пр. Зам. № 23 від 26.03.2021.

Виготовлювач підприємець Собчук А.П.  
79000, м. Львів, вул. Клепарівська ,19,  
+38 063 278 82 60  
e-mail: [kleparivska19@gmail.com](mailto:kleparivska19@gmail.com)

Свідоцтво про державну реєстрацію фізичної особи-підприємця  
Серія ААБ № 562588 від 05.12.2011 р.