



ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА»

Факультет гірничо-металургійний
Кафедра безпеки праці та охорони довкілля

**Кваліфікаційна робота
допущена до захисту**
Гарант ОПП «Інноваційні технології та
системи захисту навколишнього
середовища»

ПІКАРЕНЯ Д.С. _____

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня магістра

за підсумками виконання
освітньо-професійної програми
«Інноваційні технології та системи захисту навколишнього
середовища»
за спеціальністю 183 Технології захисту навколишнього середовища
на тему «Розробка інноваційних технологічних заходів для мінімізації
впливу гідротехнічних споруд гірничозбагачувального комбінату на
природні води»

Керівник

ЄСІПОВА Н.Б.

(Прізвище та ініціали)

(підпис)

Консультант від
бази практики

ТОЛКАЧОВ В.В.

(Прізвище та ініціали)

(підпис)

*Кваліфікаційна робота містить результати власних досліджень. Використання
ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне
джерело*

Здобувач

ВОЛКОВА А.О.

(Прізвище та ініціали)

(підпис)

Кам'янське 2025



ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА»
 Факультет гірничо-металургійний
 Кафедра безпеки праці та охорони довкілля
 Освітньо-кваліфікаційний рівень магістр
 Спеціальність 183 Технології захисту навколишнього середовища
 Освітньо-професійна Інноваційні технології та системи
 програма захисту навколишнього середовища

ЗАТВЕРДЖУЮ

Гарант ОПП «Інноваційні технології
та системи захисту навколишнього
середовища»

ПІКАРЕНЯ Д.С.

«27» грудня 2024 р.

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ МАГІСТРА

Волкова Антоніна Олегівна

(прізвище, ім'я, по батькові здобувача)

1. Тема роботи Розробка інноваційних технологічних заходів для мінімізації впливу гідротехнічних споруд гірничозбагачувального комбінату на природні води

керівник роботи Єсіпова Н.Б., кандидат біологічних наук, доцент

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

затверджені наказом Університету від 14.10.2024 р. №238/14.10.2024

2. Термін здачі здобувачем закінченої роботи 03.02.2025 р.

Вихідні дані до роботи Науково-фахова література, державні стандарти, методична література з спеціальних дисциплін, науково-дослідницькі роботи з тематики природокористування та захисту навколишнього середовища, літературні джерела, технологічні інструкції, дані ПРАТ «ІНГЗК», матеріали зібрані під час інженерно-природоохоронної практики

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань) РЕФЕРАТ. ВСТУП. 1 ТЕОРЕТИЧНИЙ РОЗДІЛ. 1.1 Наслідки впливу відходів гірничозбагачувальних виробництв на водні ресурси. 1.2 Інформація щодо водоохоронних технологій у гірничозбагачувальній промисловості. Висновки до РОЗДІЛУ 1. 2 ДОСЛІДНИЦЬКИЙ РОЗДІЛ. 2.1 Технологічна характеристика гідротехнічних споруд Інгuleцького гірничозбагачувального комбінату. 2.2 Вплив гідротехнічних споруд на екологічний стан річки Інгuleць. 2.3 Результати гідроекологічного моніторингу підземних вод. Висновки до РОЗДІЛУ 2. 3 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ. Висновки до РОЗДІЛУ 3. 4 ОХОРОНА ПРАЦІ. ВИСНОВКИ.

5. Перелік графічного (демонстраційного) матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) презентація Microsoft Power Point в кількості 17 слайдів.

6. Консультанти по роботі, із зазначенням розділів роботи, що стосуються їх.

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта
1	Єсіпова Н.Б., доцент кафедри безпеки праці та охорони довкілля
2	Єсіпова Н.Б., доцент кафедри безпеки праці та охорони довкілля
3	Єсіпова Н.Б., доцент кафедри безпеки праці та охорони довкілля
4	Єсіпова Н.Б., доцент кафедри безпеки праці та охорони довкілля

7. Дата видачі завдання 27.12.2024

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи
1	ТЕОРЕТИЧНИЙ РОЗДІЛ	28.12.2024 – 05.01.2025
2	ДОСЛІДНИЦЬКИЙ РОЗДІЛ	28.12.2024 – 12.12.2025
3	ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ	05.01.2025 – 19.01.2025
4	ОХОРОНА ПРАЦІ	10. 01.2025 – 15.01.2025
5	Висновки, перелік посилань, вступ, зміст, реферат	15.01.2025 – 26.01.2025
6	Подання завершеної роботи. Перевірка на академічний плагіат	03.02.2025 – 05.02.2025
7	Остаточне оформлення роботи, презентаційного матеріалу, автореферату	05.02.2025 – 10.02.2025

Здобувач

ВОЛКОВА А.О.

Керівник

ЄСІПОВА Н.Б.

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: 119 с., 13 рисунків, 25 таблиць, 60 літературних джерел, 1 додаток.

Об'єкт дослідження: гідротехнічні споруди Інгулецького гірничозбагачувального комбінату (ІНГЗК).

Предмет дослідження: вплив гідротехнічних споруд ІНГЗК на екологічний стан річки Інгулець.

Мета кваліфікаційної роботи: оцінити вплив гідротехнічних споруд ІНГЗК на природні водойми і розробити інноваційні водоохоронні заходи.

Аналіз літературних джерел щодо впливу гірничозбагачувальних виробництв на природні водойми та огляд існуючих водоохоронних технологій наведено у контексті теоретичного розділу.

У дослідницькому розділі наведені результати гідрохімічного моніторингу показників якості поверхневих вод і аналізу динаміки гідрохімічних показників підземних вод. Оцінено ефективність існуючих водоохоронних заходів. В межах технологічного розділу запропоновано інноваційні рішення для мінімізації забруднення річки Інгулець, включаючи використання геомембран для локалізації впливу хвостосховищ на гідродинамічний режим водоносних горизонтів і облаштування протифільтраційних завіс для контролю за фільтрацією.

У висновках зведено основні результати роботи, що підтверджують екологічну та економічну ефективність запропонованих рішень.

Р. ІНГУЛЕЦЬ, ГІДРОТЕХНІЧНІ СПОРУДИ, ХВОСТОСХОВИЩЕ,
ВОДООХОРОННІ ЗАХОДИ, ІННОВАЦІЙНІ РІШЕННЯ

ЗМІСТ

ВСТУП	6
РОЗДІЛ 1 ПРОБЛЕМА ТЕХНОГЕННОГО ЗАБРУДНЕННЯ ПРИРОДНИХ ВОД ВІДХОДАМИ ГІРНИЧОЗБАГАЧУВАЛЬНИХ ПІДПРИЄМСТВ ТА СТАН ЇЇ ВИРІШЕННЯ	8
1.1 Наслідки впливу відходів гірничозбагачувальних виробництв на водні ресурси	8
1.2 Інформація щодо водоохоронних технологій у гірничозбагачувальній промисловості	16
РОЗДІЛ 2 РОЗРОБКА ІННОВАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ЩОДО МІНІМАЛІЗАЦІЇ ВПЛИВУ ГІДРОТЕХНІЧНИХ СПОРУД ІНГУЛЕЦЬКОГО ГІРНИЧОЗБАГАЧУВАЛЬНОГО КОМБІНАТУ НА ПРИРОДНІ ВОДИ	27
2.1 Технологічна характеристика гідротехнічних споруд Інгулецького гірничозбагачувального комбінату	27
2.2 Вплив гідротехнічних споруд на екологічний стан річки Інгулець	36
2.3 Результати гідроекологічного моніторингу підземних вод	54
РОЗДІЛ 3 ПРАКТИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО МІНІМІЗАЦІЇ ВПЛИВУ ГІДРОТЕХНІЧНИХ СПОРУД ІНГУЛЕЦЬКОГО ГІРНИЧОЗБАГАЧУВАЛЬНОГО КОМБІНАТУ НА ПРИРОДНІ ВОДИ	79
РОЗДІЛ 4 ОХОРОНА ПРАЦІ	97
ВИСНОВКИ	106
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	108
ДОДАТОК А Копія друкованих праць	115

ВСТУП

Одним із ключових завдань сучасної гірничо-збагачувальної промисловості є забезпечення сталого розвитку за умов мінімізації негативного впливу на довкілля. Значний екологічний тиск спричиняється діяльністю гірничо-збагачувальних комбінатів, зокрема функціонуванням гідротехнічних споруд, таких як хвостосховища, які є джерелом техногенного забруднення водних ресурсів.

Актуальність дослідження обумовлена необхідністю розробки інноваційних технологій для зниження фільтраційних витоків, очищення вод та запобігання забрудненню поверхневих і підземних вод. З огляду на масштабність екологічних викликів, що стоять перед промисловими підприємствами України, питання вдосконалення технологій експлуатації гідротехнічних споруд набуває особливої важливості.

Об'єкт дослідження: гідротехнічні споруди Інгuleцького гірничозбагачувального комбінату.

Предмет дослідження: вплив гідротехнічних споруд Інгuleцького гірничозбагачувального комбінату на екологічний стан річки Інгuleць.

Метою кваліфікаційної роботи є оцінка впливу гідротехнічних споруд Інгuleцького гірничозбагачувального комбінату на природні водойми і розробка інноваційних водоохоронних заходів.

Для досягнення поставленої мети були окреслені наступні завдання:

1. Зробити літературний огляд щодо впливу гірничозбагачувальних виробництв на природні водойми та існуючих водоохоронних технологій.
2. Проаналізувати сучасний стан гідротехнічних споруд Інгuleцького гірничозбагачувального комбінату.

3. Дослідити вплив гідротехнічних споруд Інгулецького гірничозбагачувального комбінату на екологічний стан річки Інгулець.
4. Дослідити динаміку гідрохімічних показників щодо якості поверхневих вод водних об'єктів зони потенційного впливу хвостосховища.
5. Надати гідроекологічну характеристику ґрунтовим водам, що утворюють підземний водозабір річки Інгулець.
6. Провести аналіз ефективності застосування існуючих водоохоронних технологій на Інгулецькому гірничозбагачувальному комбінаті.
7. Розробити практичні рекомендації щодо мінімізації впливу гідротехнічних споруд Інгулецького гірничозбагачувального комбінату на природні води.

Практична значущість роботи полягає у розробці інноваційних рекомендацій щодо вдосконалення водоохоронних заходів, які можуть бути застосовані на підприємствах гірничо-збагачувального комплексу України.

За результатами досліджень опубліковано тези доповіді на міжнародній науково-технічній конференції «MININGMETALTECH 2024 – Гірничо-металургійний комплекс: інтеграція бізнесу, технологій та освіти», листопад 2024 р.

1 ПРОБЛЕМА ТЕХНОГЕННОГО ЗАБРУДНЕННЯ ПРИРОДНИХ ВОД ВІДХОДАМИ ГІРНИЧОЗБАГАЧУВАЛЬНИХ ПІДПРИЄМСТВ ТА СТАН ЇЇ ВИРІШЕННЯ

1.1. Наслідки впливу відходів гірничозбагачувальних виробництв на водні ресурси

З останніх наукових праць, присвячених проблемам Криворізького залізорудного басейну (Кривбасу), треба відмітити роботу Г.І. Рудька і Є.О. Яковлева [1]. За їх даними:

- загальна площа Криворізької природно-техногенної геосистеми у межах зони відчуження становить 700 км² за сумарної площі гірничих відводів 350 км²;
- в межах Кривбасу діють п'ять ГЗК, на яких видобуток залізних руд здійснюють на десяти кар'єрах та на 23 шахтах (орієнтовно з допоміжними) обсягом до 83 млн.т/рік;
- загальна площа кар'єрів перевищує 42 км², їхній об'єм сягає 6,6 млрд.м³ (6,6 км³) з глибинами 300–400 м;
- у межах басейну сформувалися 44 породні відвали загальною площею 69 км² і об'ємом понад 1,7 млрд.м³;
- десять діючих шламосховищ мають сумарну площу поверхні 71 км² (у них складовано 1,6млрд.м³ відходів збагачування залізних руд).

В тій чи іншій мірі при гірничодобувній діяльності зміни відбуваються в усіх його складових: геологічному і водному середовищах, атмосферному повітрі, тваринному і рослинному світах.

Довготривала експлуатація родовищ і переробка залізних руд басейну має катастрофічний вплив на навколишнє природне середовище і викликає критичні порушення породного масиву, порушення режиму та забруднення поверхневих і підземних вод, забруднення повітря і ґрунтів. Повністю компенсувати екологічний і економічний збитки у Кривбасі неможливо не лише тому, що на практиці недосяжно відновити на території використання надр біоценози, які тут були до розробки родовищ. Також недоступно відтворити рельєф, геохімічні і гідрологічні умови і багато іншого. Крім того, при спробі приведення території до початкового стану витрати на їх екологічну реабілітацію зростають настільки, що втрачаються економічні стимули роботи гірничодобувних і переробних підприємств. Стає очевидним, що треба по можливості максимально мінімізувати вплив на довкілля діяльності підприємств під час їх роботи і створити комфортні умови для життя людини і існування флори і фауни в природно-техногенному середовищі.

У межах Кривбасу сформувалася регіональна природно-техногенна геосистема “гірничодобувний комплекс – довкілля” з переважанням незворотних змін життєзабезпечуючих складників навколишнього природного середовища: геохімічних ландшафтів, геологічного середовища, поверхневої гідросфери та біосфери [3, 4].

Недосконалий гідрогеофільтраційний захист більшості гідротехнічних споруд, великі фільтраційні втрати з них та інженерних мереж промислових і житлових комплексів в умовах погіршення природного дренажу призвели до активного розвитку техногенного підтоплення, площа якого сягає 500 км² або 70 % загальної площі природно-техногенної геосистеми Кривбасу [3, 4, 5].

Аналіз даних щодо структури формування балансу водоприпливів у гірничі виробки свідчить, що до 80 % їхнього загального обсягу формується завдяки техногенним джерелам, що потребує

вдосконалення оцінок інженерно-гідрогеологічних умов розкриття і розробки рудних родовищ, а також схем підрахунку запасів.

Крім того, витoki з них забезпечують розвиток комплексу небезпечних гідрогеофільтраційних, гідрогеодинамічних та гідрогеохімічних процесів:

- формування ділянок стійкого підтоплення й затоплення земель;
- зменшення міцнісної здатності покривних осадових порід та ускладнення інженерно-геологічних умов експлуатації житлових і промислових будівель;
- активізація зсувних, осідальних, карстово-суфозійних та інших небезпечних екзогенних геологічних процесів;
- зменшення стійкості бортів кар'єрів, укосів дамб і підроблених ділянок породного масиву;
- розвиток ділянок електрохімічної корозії залізобетонних і металевих підземних конструкцій з наступним скороченням термінів безпечної експлуатації;
- техногенне зростання (до 1–3 балів) сейсмічних струшувань природного й техногенного походження.

Доведено, що одним з провідних чинників екологічного впливу природно-техногенної геосистеми Кривбасу є формування чималих обсягів мінералізованих вод техногенного походження з наступним витокom великої кількості розчинних солей за межі басейну. Головним джерелом сольової міграції є поверхневий і підземний стік р. Інгулець, яка є регіональною дренаю Кривбасу [2].

Треба врахувати, що в геологічному розрізі Кривбасу переважають міцні рудокристалічні породи, які не здатні до пластичних деформацій за істотного «дефіциту маси» з одночасним регіональним розвитком техногенної тріщинуватості, тектонічних порушень та техногенного водоносного горизонту в покривних крихких породах (табл. 1.1, 1.2). У цих умовах, як свідчить сучасний досвід

гірничодобувних робіт, періодичне виконання масових вибухів та інтенсивне струшування верхньої зони породного масиву формує високі ризики провальних деформацій поверхні в межах зон впливу площ сучасних і торішніх гірничих робіт [5, 6, 7, 8].

Таблиця 1.1 - Узагальнені еколого-геологічні дані про джерела формування та мінералізацію складників водоприпливів у гірничі виробки шахт і кар'єри Кривбасу [2]

№ з/п	Головні джерела формування водоприпливів	Величина Водоприпливу, м ³ /сек (%)	Мінералізація вод джерел водоприпливу, г/дм ³	Потенційний еколого-геологічний вплив
1	Відпрацювання ємнісних (статичних) запасів	0,23 (16,5)	40–145	Осушення породного масиву
2	Виробничо-технологічне подавання води у виробки	0,29 (21,0)	1,0–2,0	Зниження мінералізації шахтних вод
3	Інфільтрація з хвостосховищ	0,41 (32,0)	4,5–21,5	Активізація підтоплення земель, забруднення стоку поверхневих і ґрунтових вод
4	Інфільтрація з ділянок міської забудови	0,25–16,5	До 2–3	Активізація підтоплення, зниження міцності підґрунтя, розвиток корозії, зниження сейсмостійкості
5	Інфільтрація з ділянок зниження сейсмостійкості промислової забудови	0,5 (10,6)	До 2–5	
6	Інфільтрація з річок	0,03 (2,0)	До 2–5	Зниження мінералізації шахтних вод, стабілізація природного гідро-геохімічного фону

№ з/п	Головні джерела формування водоприпливів	Величина Водоприпливу, м³/сек (%)	Мінералізація вод джерел водоприпливу, г/дм³	Потенційний еколого-геологічний вплив
7	Природна інфільтрація атмосферних опадів	0,051 (4,0)	До 1,5–2,5 Мср = 20–25	
8	Усього	≈ 1,4	Загальне солевинесення до 1,1 млн.т/рік	

Найбільший внесок у водоприпливи забезпечує інфільтрація з хвостосховищ, яка супроводжується активізацією підтоплення та забрудненням поверхневих і ґрунтових вод. Значний обсяг також формується за рахунок виробничо-технологічного подавання води у виробки і відпрацювання статичних запасів, що спричиняє осушення породного масиву.

Таблиця 1.2 - Узагальнені дані щодо техногенно-геологічної структури розробки залізорудних родовищ Кривбасу [2]

№ з/п	Гірничо-збагачувальні комбінати	Кар'єри		Відвали		Шламосховища	
		Площа км²	Об'єм км³	Площа км²	Об'єм км³	Площа км²	Об'єм км³
1	Інгулецький	3,2	0,6	2,7	0,13	4,22	0,27
2	Південний	5,0	1,5	9,1	0,27	12,20	0,40
3	Новокриворізький	10,0	1,3	12,0	0,30	8,20	0,25
4	Центральний	3,9	1,7	9,2	0,30	12,70	0,30
5	Північний	9,4	2,2	9,8	0,45	17,70	0,30
Усього по Кривбасу (осушено до 50 км³ породного масиву, зони обвалення – до 17 км²)		31,5	7,3	42,8	1,45	55,02	1,52

Згідно з аналізом техногенно-геологічної структури Кривбасу, діяльність гірничо-збагачувальних комбінатів характеризується

значним впливом на природне середовище через формування великих площ кар'єрів, відвалів і шламосховищ.

Наявність техногенного водоносного горизонту у верхніх шарах розрізу створює додаткові геоекологічні ризики, зокрема підвищення струшувань та ризиків деформацій у фундаментальних конструкціях. Осушення до 50 км³ породного масиву і формування зон обвалення площею до 17 км² вказують на масштабність техногенних змін геологічного середовища.

Наведені данні свідчать про складність природно-техногенної геосистеми Кривбасу з переважно незворотним використанням мінерально-сировинних ресурсів, з порушенням рівноваги взаємодії систем «літосфера – біосфера» і забруднення всіх життєзабезпечувальних складників навколишнього природного середовища (ґрунтів, гідросфери, приземної атмосфери тощо). А також суттєві порушення у розвитку природних умов, що зумовлені тривалим і цілеспрямованим антропогенним впливом на один з основних компонентів – природні води.

Серед факторів, які визначають формування хімічного складу природних вод виділяють наступні [2]:

- фізико-географічні (рельєф, клімат, вивітрювання, ґрунтовий покрив);
- геологічні (склад гірських порід, гідрогеологічні умови);
- фізико-хімічні (кислотно-лужні й окисно-відновні умови, змішування вод і катіонний обмін);
- біологічні (життєдіяльність живих організмів);
- техногенні та антропогенні (усі фактори пов'язані з діяльністю людини).

Гірничо-видобувний комплекс Кривбасу відіграє значущу роль у формуванні хімічного складу природних вод регіону. Особливо навантаженими є ділянки геологічного середовища, наближені до

специфічних гідротехнічних об'єктів (будівництво яких передбачено технологією збагачення залізних руд), а саме: хвостосховищ місць складування хвостів збагачення - представлених у вигляді комплексу споруд:

- для створення ємностей для складування хвостів;
- для акумулювання, освітлення та забору технічної води, і подачу її споживачам;
- для контролю за станом об'єкту та моніторингу його впливу на підземні води – дренажні споруди та контрольно-вимірювальна апаратура, гідропостережувальні свердловини (розташовані як навколо хвостосховищ так і по периметру самих хвостосховищ).

Хвостосховища зазвичай облаштовують у зниженнях рельєфу – ущелинах, розпадках, у лоцовинах, на відстані декількох кілометрів від збагачувальних фабрик. Хвостосховища відгороджуються з початку будівництва греблями, а потім добудовуються (нарощуються) наступні яруси дамб, що наминаються із хвостів і додатково зміцнюються скельним розкритом.

У зоні впливу гідротехнічних об'єктів виділено такі водоносні горизонти:

- ґрунтові води четвертинних відкладів лісоподібних суглинків;
- водоносний горизонт четвертинних алювіальних відкладів;
- водоносний горизонт понтичних вапняків;
- водоносний горизонт сарматських відкладів.

Хвостосховища є одним із основних джерел забруднення водних ресурсів на гірничозбагачувальних підприємствах. Їхній вплив на водні ресурси є комплексним і має значні екологічні наслідки.

До основних джерел впливу хвостосховищ відносять [9]:

- фільтрацію забруднюючих речовин, а саме проникнення токсичних елементів у ґрунтові води через недостатньо

герметичні основи хвостосховищ, високий рівень концентрації важких металів, нафтопродуктів, хімічних реагентів у фільтраті;

- ризик аварійних ситуацій таких як прорив дамб і витік хвостів у річки та озера, поширення забруднюючих речовин на великі відстані під час паводків або техногенних аварій;
- випаровування забруднених вод що супроводжується утворенням аерозолів із токсичними речовинами, які осідають у прилеглих водоймах;
- поверхневий стік - змив хвостів атмосферними опадами, що призводить до хімічного забруднення відкритих водних об'єктів.

Основними наслідками впливу хвостосховищ на водні ресурси є:

- забруднення хімічними елементами - відходи гірничозбагачувальних комбінатів зазвичай містять підвищені концентрації важких металів (ртуті, кадмію, свинцю), які є токсичними для водних організмів. Потрапляння цих елементів у поверхневі або ґрунтові води може призвести до їхнього хімічного забруднення. У випадках порушення цілісності споруд (наприклад, прориву хвостосховищ) концентрація забруднень значно перевищує нормативні показники;
- порушення гідрологічного балансу - значні обсяги води, що використовуються у процесах збагачення, виснажують локальні водоносні горизонти, також гідротехнічні споруди впливають на природні водні цикли, створюючи штучні водойми, змінюючи течії річок і спричиняючи застій води. Це може призвести до заболочування прилеглих територій і зміни екосистем;
- втрата біорізноманіття через загибель водних організмів в наслідок токсичних дій забруднень і порушення харчових ланцюгів через скорочення популяцій риб та інших водних мешканців;

- соціально-економічні наслідки - погіршення якості питної води для місцевого населення, зростання витрат на очищення води і реабілітацію забруднених територій.

Гідротехнічні споруди гірничозбагачувальних комбінатів мають значний вплив на водні ресурси, зумовлений токсичними забрудненнями, зміною гідрологічних умов та деградацією екосистем. Для мінімізації негативного впливу необхідно впроваджувати сучасні технології, забезпечувати належну ізоляцію відходів і здійснювати постійний моніторинг стану водних об'єктів. Комплексний підхід до управління хвостосховищами є ключем до збереження водних екосистем.

1.2. Інформація щодо водоохоронних технологій у гірничозбагачувальній промисловості

Гірничозбагачувальна промисловість відіграє значну роль у забезпеченні промислових потреб людства, проте її діяльність суттєво впливає на навколишнє середовище. Одним із найбільш критичних аспектів є вплив на водні ресурси, що виявляється у зміні якості води, її витраті, а також у формуванні стоків. У сучасних умовах зростає необхідність впровадження ефективних водоохоронних технологій для забезпечення сталого розвитку та зменшення екологічного навантаження.

Впровадження сучасних водоохоронних технологій є ключовим завданням для гірничозбагачувальної промисловості. Це дозволяє не лише зменшити вплив на навколишнє середовище, а й забезпечити раціональне використання водних ресурсів, що є критично важливим у сучасних умовах екологічних викликів.

Система замкнутого водопостачання — це технологічний підхід, який передбачає повторне використання води у виробничих процесах, що дозволяє мінімізувати забір свіжої води із природних джерел та зменшити утворення стічних вод. До основних елементів системи замкнутого водопостачання відноситься [12]:

- збір відпрацьованої води, яка використовується у технологічних процесах (збирається у спеціальних відстійниках або резервуарах) забезпечує локалізацію забруднювачів і попереджує потрапляння стоків у природні водойми.
- очищення відпрацьованої води проводить для забезпечення придатності води для повторного використання.

Основні етапи очищення включають:

- зберігання очищеної води у спеціальних ємностях для подальшого використання у виробничих процесах.
- рециркуляція води назад у виробничі цикли, що дозволяє підтримувати сталий рівень використання води без додаткового забору із зовнішніх джерел.

Також очищення стоків, які генеруються підприємством і характеризуються високим рівнем забруднення, є один із ключових напрямів зниження екологічного навантаження. Стічні води гірничодобувної промисловості поділяються на кілька категорій [14]:

- шахтні та кар'єрні води - утворюються внаслідок дренажу гірських порід і зазвичай містять завислі частки, важкі метали, солі та інші забруднювачі;
- технологічні стоки - виникають під час збагачення руд і містять хімічні реагенти, шлами, залишки руди та продукти зношування обладнання;
- атмосферні стоки - дощова та тала вода, що контактує з гірничими відвалами, може включати важкі метали та органічні забруднювачі.

Питання ефективного і дешевого методу очищення промислових стоків від важких металів та інших забруднюючих речовин з подальшою

їх утилізацією є дуже актуальним. Це питання можна вирішити за допомогою різних хімічних методів, наприклад, процесів осадження, екстракції, дистиляції та іонного обміну. Методи, що застосовуються в промисловості, визначаються об'ємом стоків, дисперсністю і складом домішок. Виходячи з наявної кількості домішок і особливостей їх складу, виникає необхідність комбінування методів очистки, які поділяють на: механічні, фізико-хімічні, хімічні, біологічні і термічні.

Механічні методи: проціджування, відстоювання, освітлення та фільтрація. Їх застосовують для очистки від грубо дисперсних частинок розміром 5-10 мкм. Для цього використовують решітки, відстійники, гідроциклони та фільтри [13].

Фізико-хімічні методи служать для очищення вод від мілко дисперсних, колоїдних і розчинених речовин. Сюди входять такі методи очистки: флотація, коагуляція, флокуляція, екстракція, дистиляція, ректифікація, адсорбція та зворотній осмос. Для вилучення зі стоків металів використовується іонообмінне очищення, що дозволяє не тільки ефективно очищати воду від забруднень токсичними речовинами, але і вловлювати для повторного використання у промисловому циклі ряд хімічних речовин. Метод іонного обміну заснований на виділенні зі стічних вод катіонів і аніонів процесами сорбції.

Хімічні методи очищення стоків засновані на протіканні хімічних реакцій, внаслідок яких утворюються нові речовини, які легше видалити доступними методами. Для хімічних методів очищення стічних вод характерними є велика витрата реагентів і громіздкість обладнання. Крім того, є проблема зберігання і повторного використання осадів, які утворюються в ході реакцій [33, 34].

Серед хімічних методів важливими є хлорування і озонування стічних вод. Їх використовують для доочищення води і знешкодження органічних домішок та неорганічних речовин. Реагентні методи засновані на осадженні іонів важких металів реагентами у вигляді мало-

розчинних у воді сполук і подальшому відділенні їх від води за допомогою відстійників і фільтрів. Осадження важких металів здійснюється за допомогою введення лугів, карбонатів і сульфідів. Обробка стоків лужними реагентами є найбільш традиційним способом виділення важких металів [12, 35,37,38].

Також з метою очищення промислових стічних вод використовують електрохімічні методи, такі як електрофлотація, електрокоагуляція, електродіаліз [15]. Такі методи дають змогу очищати стічні води безперервно і періодично з використанням автоматизованих технологічних схем та отримувати зі стоків речовини, що можна повторно ви-користати у виробництві.

Біологічними методами очищення можливо очищати як промислові, так і господарсько-побутові стічні води з використанням різних мікроорганізмів. Механізм впливу важких металів на процеси біохімічної очистки стоків ще недостатньо вивчений. Згідно до теорії, що пояснює гальмуючу дію металів на мікроорганізми, катіони реагують з активними компонентами клітин, наприклад, дихальними ферментами, утворюючи стійкі неактивні комплексні сполуки. Швидкість утворення таких комплексних з'єднань залежить, від трьох основних незалежних параметрів: концентрації іонів металу, концентрації зважених речовин в муловій суміші і кількості біомаси [15].

Висока адсорбційна здатність біомаси активного мулу в поєднанні з вибірковістю компонентів, що сорбуються використовується для очистки стічних вод. Вилучення розчинених металів методом адсорбції активним мулом залежить від форми знаходження металу у воді. Наприклад, мідь в іонній формі краще сорбується активним мулом, ніж мідь зв'язана в комплекс з ціан-іоном. Іони важких металів в процесі обробки активним мулом можуть вилучатися з розчину шляхом адсорбції клітинними полімерами та на стінках клітин бактерій або накопичення в цитоплазмі клітин.

Води гірничо-збагачувальних комбінатів несуть в собі різного роду забруднюючі речовини, і їх перед скиданням у водойми необхідно очищати та переробляти в якості вторинної сировини. Найбільш поширеними забруднювачами таких вод є сполуки хлору та сірчана кислота, якою часто супроводжуються розчинні солі, в основному сульфати важких металів - заліза, міді, цинку, марганцю та нікелю. Такі води без попередньої очистки та нейтралізації не можуть бути використані у промислових цілях [10].

Родовищні води є найбільш доступним об'єктом такої очистки, при якій є можливість отримання додаткових речовин, які можна використати повторно у промисловому циклі. При цьому складним видам очищення підлягають тільки ті стічні води, в яких значно перевищується ГДК забруднюючих речовин. В більшості випадків для очищення родовищних вод достатньо їх витримати у відстійниках, де осаджуються колоїдні компоненти, механічні домішки, а іонорозчинні речовини, що є найбільш небезпечними для навколишнього середовища, зливаються разом з освітленими водами. Кислі води зазвичай нейтралізують вапном, а лужні води - підкисляють. У більшості випадків рудничними водами поповнюють оборотні системи водопостачання збагачувальних фабрик [11].

Для очищення вод гірничої промисловості в якості коагулянтів рекомендовано використовувати вапно, соду, сірчаноокислий алюміній, залізний купорос, завдяки яким можна досягнути ефективності очищення стічних вод від основних забруднюючих домішок на 90-99% [13].

Для очищення води у канадських родовищах застосовується крупно-масштабна очистка і хімічне оброблення металовмісних і кислих вод. Деякі підприємства працюють за безстічними схемами. Таким чином організована система оборотного водопостачання нікелевих родовищ і ряду фабрик компанії «Xstrata». Для повторного

використання очищеної води розроблена система зберігання хвостів в затоках озера Мус і нейтралізація стічних вод вапнуванням [14].

На вугільних шахтах Великобританії кислі залізовмісні шахтні води, як правило, обробляються кальцієм або вуглекислим магнієм, рідше - вапном. Нейтральні або лужні води, що містять залізо, аерують перед скиданням у спеціальні водойми для осадження. На шахтах в графстві Дербішир для очищення таких вод і їх відстоювання використовують метод каскадної аерації, від зважених частинок їх найчастіше очищають за допомогою механічних методів [13].

У Японії запатентований власний метод очищення родовищних вод від іонів важких металів і сульфат-іону. При застосуванні цього методу родовищні води обробляються сульфідом барію в спеціальному перемішувачі. Барій зв'язує сульфатіон, а інші іони металів осідають у вигляді сульфідів [13]. Надлишкові іони барію вилучаються з води методом пінної флотації з жирною кислотою в присутності вспінювача. На виході очищена вода становить 90 % від початкової кількості розчину.

У США кислі води найчастіше обробляють вапняком, негашеним і гашеним вапном і каустичною содою. Нейтралізація води вапняком є в 2,6 разів дешевшою за обробку води негашеним вапном і в 3,8 разів дешевшою за нейтралізацію гашеним вапном. Іноді для очищення стічної води будуються опріснювальні установки, економічна вигідність яких зумовлюється тим, що очищені води використовують теплоелектроцентралі [14].

Серед інших методів очистки стічних вод використовується іонообмінне очищення, затримка процесу утворення кислот шляхом біологічного впливу, видалення заліза зі стічних вод методом озонування. З метою очищення води від сірководню на деяких шахтах, разом з аерацією, використовують хімічні і біологічні методи. Мінералізовану воду очищають за допомогою методу зворотного

осмосу, часто в комбінації з нейтралізацією, ефективність очищення в такому випадку досягає 99% [14].

У США також використовуються методи опріснення стічних вод гірничих підприємств методом виморожування і електролізу.

Актуальним також є метод очищення вод «живим» фільтром – з рослин, що здатні поглинати неорганічні забруднюючі речовини, а також токсичні сполуки такі як фенол. Цей метод не є універсальним та здатним вирішити проблему стічних вод, тому що для його використання необхідні великі площі. Також, під впливом забруднюючих речовин рослини гинуть, а в помірних і північних широтах такі рослини здатні функціонувати нетривалий проміжок часу. Такі рослини-очищувачі доцільно використовувати для видалення залишків забруднюючих речовин, на останній стадії очищення вод гірничо-збагачувальних підприємств перед скидом у водойми [17].

Біотехнології включають використання мікроорганізмів для очищення води від органічних забруднень, важких металів та інших токсичних сполук. Сучасні розробки у цій сфері включають: біореактори з фіксованою біоплівкою, що забезпечують високу ефективність очищення та адаптацію до змін складу стоків; інженерні біофільтри (використання генетично модифікованих мікроорганізмів для поглинання специфічних забруднювачів; фіторемедіація - очищення води за допомогою водоростей або вищих рослин, які поглинають токсини [39,40].

Для мінімізації впливу стічних вод на навколишнє середовище використовуються геомембрани та інші бар'єри, для ізоляції потенційно небезпечних відходів і вод, запобігання їх проникненню в ґрунтові води.

Геомембрани виготовляються з поліетилену високої щільності (HDPE), поліпропілену (PP) або інших полімерів, що забезпечують високу стійкість до хімічних реагентів і механічних пошкоджень. Їх використовують для гідроізоляції ложа хвостосховищ, та влаштування

протифільтраційних екранів, укріплення дренажних систем, які спрямовують очищені води до пунктів збору чи рециркуляції, а також для захисту від ерозії та пошкоджень, викликаних атмосферними опадами. Наявність протифільтраційного екрану (полімерної геомембрани) по дну та укосам хвостосховища значно впливає на величину водопритоків до придамбового дренажу хвостосховища практично повністю виключаючи фільтрацію техногенних вод, і тим самим локалізуючи вплив роботи хвостосховища як на гідродинамічний режим водоносних горизонтів, так і на якісний склад підземних вод [14].

Геотекстиль і геокомпозити часто використовуються разом із геомембранами для додаткового захисту від механічних пошкоджень і для фільтрації вод. При цьому геокомпозити інтегрують геомембрани з дренажними системами, забезпечуючи одночасну ізоляцію та відведення води. Геомембрани значно знижують ризики забруднення довкілля, проте їх використання потребує ретельного контролю якості під час монтажу [14].

Впровадження водоекономних технологій спрямовано на мінімізацію витрат води у виробничих процесах гірничодобувних підприємств, а також на її повторне використання та зменшення обсягів стічних вод. Це досягається за рахунок впровадження замкнутих циклів водопостачання, використання сучасних очисних систем і вдосконалення технологічних процесів.

Інновації у водоохоронних технологіях є ключовим напрямом для забезпечення сталого використання водних ресурсів на гірничодобувних підприємствах. Постійно зростаючий тиск на водні екосистеми вимагає впровадження сучасних рішень, які спрямовані на зменшення споживання води, підвищення ефективності очищення стічних вод та мінімізацію екологічного впливу. Нижче розглянуто основні напрямки інновацій у цій сфері.

Нанотехнології дозволяють створювати високоефективні мембрани для очищення води. Завдяки використанню наноматеріалів забезпечується висока селективність, так як мембрани пропускають тільки молекули води, затримуючи іони важких металів, органічні та інші забруднювачі, зменшення енергоспоживання (процеси фільтрації стають більш енергоефективними), збільшення термінів експлуатації (матеріали стійкі до хімічних і механічних впливів) [19].

Нанofільтрація активно застосовується для доочищення води, яка використовується у технологічних процесах гірничодобувних підприємств, а також для повторного використання стічних вод [21].

Використання електрохімічних систем дозволяє ефективно видаляти забруднювачі зі стічних вод за рахунок електрокоагуляції - осадження важких металів та інших домішок під дією електричного струму, електроокислення - руйнування органічних речовин до безпечних сполук, електродіалізу - відновлення води за рахунок видалення солей іонним способом.

Комплексним рішенням є інтегровані системи замкнутого водопостачання що поєднують кілька технологій для максимального збереження водних ресурсів, і включають в себе використання мембранних технологій для очищення і повторного використання води, автоматизацію та контроль витрат води за допомогою датчиків та систем управління, інтеграцію з відновлюваними джерелами енергії для зменшення енергетичних витрат.

Забезпечувати якісний моніторинг водних ресурсів, контроль стану водних об'єктів і ефективність водоохоронних заходів дозволяє використання дронів та дистанційно керованих пристроїв. Сучасні системи оснащуються сенсорами якості води, для постійного моніторингу хімічного складу, геолокаційними системами - для картування забруднень, штучним інтелектом - для аналізу даних і прогнозування ризиків [20].

Майбутнє водоохоронних технологій залежить від подальших інвестицій у наукові дослідження та розробки, впровадження цифрових рішень і переходу на сталу модель управління водними ресурсами. Застосування інновацій забезпечить не лише екологічну безпеку, а й економічну ефективність гірничодобувних підприємств.

Таким чином, дослідження впливу гідротехнічних споруд на стан природних вод є надзвичайно актуальним у контексті сучасних екологічних викликів. Аналіз наукової літератури та практичних підходів показав, що, незважаючи на значний прогрес у розумінні цих процесів, залишається низка відкритих питань, зокрема у сфері розробки та впровадження інноваційних технологій для мінімізації негативного впливу. Ця проблема є особливо важливою для підприємств гірничозбагачувальної галузі, які істотно впливають на якість водних ресурсів.

У наступному розділі, на прикладі базового підприємства, буде здійснено підбір оптимальних заходів для мінімізації впливу гідротехнічних споруд на природні води. Зокрема, будуть розглянуті сучасні технологічні рішення та запропоновані інноваційні підходи, спрямовані на зменшення екологічного навантаження.

Висновки до РОЗДІЛУ 1

1. Аналіз літературних джерел свідчить про суттєвий вплив гірничо-збагачувальних підприємств на екологічний стан природних вод, який проявляється у забрудненні підземних і поверхневих вод шкідливими речовинами, важкими металами, солями та іншими хімічними елементами. При цьому, основними джерелами забруднення є хвостосховища, кар'єри та відвали, які сприяють формуванню фільтраційних потоків, підтопленню земель і деградації гідрологічних умов.
2. Недосконалість системи гідрогеофільтраційного захисту та високі фільтраційні втрати з гідротехнічних споруд обумовлюють значні екологічні ризики, включаючи забруднення водоносних горизонтів і зміни у природних водних циклах.
3. Більшість дослідників бачать значний потенціал для інновацій у сфері очищення вод у використанні нанотехнологій, іонного обміну, а також біологічних і електрохімічних методів.

2 РОЗРОБКА ІННОВАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ЩОДО МІНІМАЛІЗАЦІЇ ВПЛИВУ ГІДРОТЕХНІЧНИХ СПОРУД ІНГУЛЕЦЬКОГО ГІРНИЧОЗБАГАЧУВАЛЬНОГО КОМБІНАТУ НА ПРИРОДНІ ВОДИ

2.1. Технологічна характеристика гідротехнічних споруд Інгулецького гірничозбагачувального комбінату

Приватне Акціонерне Товариство «Інгулецький гірничозбагачувальний комбінат» (ПРАТ «ІНГЗК») Місцезнаходження об'єкта: 50064, Україна, Дніпропетровська обл., м. Кривий Ріг, вул. Рудна, 47.

Основною виробничою діяльністю ПРАТ «ІНГЗК» є видобуток і збагачення залізистих кварцитів. Також на підприємстві передбачене супутнє виробництво скельного магнетитового щебню.

Інгулецький гірничозбагачувальний комбінат був побудований на базі Інгулецького родовища магнетитових кварцитів та зданий в експлуатацію в 1961 – 1966 рр. У даний час ПРАТ «ІНГЗК» здійснює видобуток залізної руди відкритим способом з наступною її переробкою на збагачувальних фабриках. Виробнича потужність комбінату по сирій руді складає 30,021 млн. т/рік.

До складу ПРАТ «ІНГЗК» входять:

- кар'єр магнетитових кварцитів;
- відвали пустих порід;
- дробильна фабрика, працююча за 4-х стадійною схемою дроблення до кінцевої фракції класу плюс 20 мм (13,5 %);
- збагачувальні фабрики – РЗФ-1 (кульове подрібнення) і РЗФ-2 (рудне самоподрібнення);
- хвостосховище;

- цех технологічного автотранспорту по доставці руди до дробарок крупного дроблення і розкривних порід на відвали і перевантажувальні пункти;
- залізничний цех, що здійснює транспортування розкривних порід у відвали і дамбу хвостосховища, а також забезпечує доставку концентрату із складу готової продукції на станцію «Інгулець-Новий»;
- допоміжні підрозділи (цех підготовки виробництва; цех мереж і підстанцій; цех технічного водопостачання і шламового господарства; управління якості; цех сервісного обслуговування).

Для складування відходів Інгулецького гірничозбагачувального комбінату було створено і в 1965 році введено в експлуатацію хвостосховище першої черги. Хвостосховище розташоване на правому березі річки Інгулець і займає ділянку заплави та прилеглих з півночі надзаплавних терас. Схили терас були порізані невеликими безіменними балками. Для збільшення площі, яку займає хвостосховище в заплавної частині, було здійснено спрямлення двох меандр річки Інгулець. Піонерна дамба, зведена вздовж нового русла до відмітки 34,5 м і побудована з суміші суглинків та червоно-бурих глин із гумусованим ґрунтом, слугує основою первинної дамби в заплавної частині. Піднімаючись до вододілу, відмітки основи первинної дамби досягають 90 м [25].

Дамба хвостосховища по всьому периметру, включаючи роздільну дамбу, зводиться методом картового наміву з хвостів комбінату ярусами заввишки 2,5 м із облаштуванням обвалування карт із гірської маси та хвостів. Конструкція карт передбачає облаштування зовнішнього обвалування карт (дамби нарощування) і внутрішнього (огороджувальні та роздільні дамби між картами).

Зовнішні дамби обвалування шириною по гребеню 11,0 м насипаються з гірської маси з екраном із хвостів. Внутрішні дамби обвалування шириною по гребеню 7,0 м насипаються з гірської маси.

Для забезпечення стійкості дамб поймена частка дамби хвостосховища на відмітці 115,00 м і склонова на відмітці 125,00 м зсунуті всередину хвостосховища на 70,0 м. Існуюча висота дамби 147,50-150,00м.

Роздільні дамби вище відмітки 135,0 м зводяться з насипних хвостів. Ділянка дамби, яка прилягає до внутрішньої дамби обвалування, насипається з гірської маси. Для захисту від розмивання схили та гребінь дамби, побудованої з хвостів, укріплені гірською масою. Ширина дамби по гребеню становить 10,0 м.

У північній частині хвостосховища відсічною дамбою з постійною відміткою 98,0 м відокремлено ставок оборотного водопостачання об'ємом 0,15 млн.м³ з абсолютною відміткою рівня води 92,25 м.

У 2003 році було розпочато будівництво, а у 2007 році введено в експлуатацію хвостосховище другої черги. Для його облаштування була зведена первинна дамба трапецієподібної форми з гірської маси з суглинистим екраном, яка примикає до західного борту хвостосховища першої черги. Абсолютні відмітки гребня первинної дамби становлять 99,0 м, висота від 7 до 9,0 м, у районі північного прилягання — до 19,0 м.

У північній частині прилягання хвостосховища другої черги до західного борту хвостосховища першої черги було створено протифільтраційний екран шляхом наміву пляжу з хвостів.

На ділянці південного прилягання первинної дамби хвостосховища другої черги до західного борту хвостосховища першої черги було проведено ліквідацію придамбового дренажу з розбиранням і видаленням залізобетонних труб і фільтруючої засипки. Для забезпечення кращого контакту між екраном первинної дамби

хвостосховища другої черги та дамбою з суглинку хвостосховища першої черги був облаштований суглинистий масив.

При подальшому нарощуванні огорожувальних споруд хвостосховища другої черги прилягання до огорожувальних споруд хвостосховища першої черги виконувалося шляхом розширення (17,0 м) екрану з хвостів.

Об'єднане хвостосховище будується на основі огорожувальних споруд хвостосховищ 1-ої та 2-ої черги за рахунок їх подальшого спільного нарощування єдиним фронтом на відмітках більших за 147,5 м з доведенням гребня огорожувальних споруд об'єданого хвостосховища до позначки 165,0 м.

За сучасних умов експлуатуються дві ємності хвостосховища:

- хвостосховище 2-ої черги – нарощується до проектних відміток;
- об'єднане хвостосховище (територія хвостосховища 1-ої черги).

Відповідно до звіту про стан гідротехнічних споруд ПРАТ «ІНГЗК», основні характеристики хвостосховища 2-ої черги та об'єданого хвостосховища (хвостосховище 1-ої черги) станом на 2023 рік наведені у таблиці 2.1.

Таблиця 2.1. Основні характеристики хвостосховищ 2-ої черги та об'єданого хвостосховища, 2023 р.

Показники	Одиниці вимірювання	Об'єднане хвостосховище	Хвостосховище 2-ї черги
Заскладовано хвостів (з початку експлуатації)	млн. м³	5,8	95,65
Позначка гребня дамби	м	147,5-150,0	137,5-140,0-142,5
Рівень води у відстійному ставку	м	145,45	133,88
Площа хвостосховищ (по гребню)	га	319,0	186,0

Показники	Одиниці вимірювання	Об'єднане хвостосховище	Хвостосховище 2-ї черги
Загальна площа хвостосховищ 1-ої та 2-ої черг (по підшві), в тому числі:	га	977,5	
- площа дзеркала води	га	90,0	65,0
- площа карт	га	167,0	80,0
- площа огорожувальних та розділяючих дамб	га	32,0	16,0
- площа пляжів	га	30,0	25,0
Об'єм води у відстійному ставку	млн. м ³	0,6	2,95

Станом на початок 2024 р. гребінь огорожувальних споруд хвостосховища 1-ої черги зведений до відмітки 147,50 м, в хвостосховищі 2-ої черги – до відміток 135,5–140,0–142,5 м, гребінь огорожувальних споруд об'єданого хвостосховища (по 8 картах) - до відмітки 150,0 м.

Дзеркало води в чаші хвостосховища 1-ої черги знаходиться на відмітці 145,45 м, хвостосховища 2-ої черги – на відмітці 133,88 м.

У хвостосховищі 1-ої черги складовано 503,82 млн.м³ хвостів, у хвостосховищі 2-ої черги - 95,65 млн.м³ хвостів, у об'єданому хвостосховищі – 5,8 млн.м³ хвостів.

До складу хвостового господарства комбінату входить аварійна ємність із повним об'ємом 830,383 тис.м³ за максимальної відмітки заповнення +62,25 м. Існуюча абсолютна відмітка рівня води в ємності становила 60,64 м. Середня відмітка замулення дна — 55,6 м. Вода, що відкачується з аварійної ємності, подається у ставок оборотного водопостачання.

Оборотне водопостачання комбінату здійснюється за замкнутою схемою в напірно-самотічному режимі. Після введення в експлуатацію

другої черги хвостосховища спостерігається дефіцит оборотної води. Мінералізація техногенних вод хвостосховища становить 4,6 г/л.

На формування гідродинамічної ситуації території значний вплив має техногенний фактор. Для зменшення негативного впливу хвостосховища на підземні та поверхневі води був розроблений та ефективно функціонує комплекс інженерних заходів, спрямованих на перехоплення техногенних вод із подальшим поверненням їх у оборотний цикл комбінату.

Захисна система хвостосховища складається з компенсаційних (приплотинний дренаж, дренаж дамби хвостосховища, лучовий дренаж) та ліквідаційних заходів (дренаж понтійських вапняків Д1 та перехоплення інфільтраційних вод у тальвегах балок з утворенням прудків). Усі заходи захисту представлені на рисунку 2.1.

Система приплотинних дренажів хвостосховищ Інгулецького гірничо-збагачувального комбінату поділяється на:

- тальвежний дренаж хвостосховища 1-ї черги (північна та південна гілки);
- дренаж південної частини хвостосховища 1-ї черги;
- дренаж хвостосховища 2-ї черги (північне та південне примикання).

Тальвежний дренаж трубчатого типу загальною довжиною 4,0 км складається з північної (2,31 км) та південної (1,69 км) гілок. Дренажний колектор виконаний з залізобетонних труб діаметром 600, 800 та 1000 мм. Глибина лотка труб нової лінії дренажу змінюється від 26,65 м в районі лівого примикання дамби до 22,55 м в районі колишньої насосної станції 1-го підйому, та від 53,49 м в районі правого примикання до 22,55 м в районі колишньої насосної станції. Стара лінія дренажу, яка потрапила під навантаження, закладена на відмітках 21,25 – 22,8 м і 21,25 – 51,8 м.

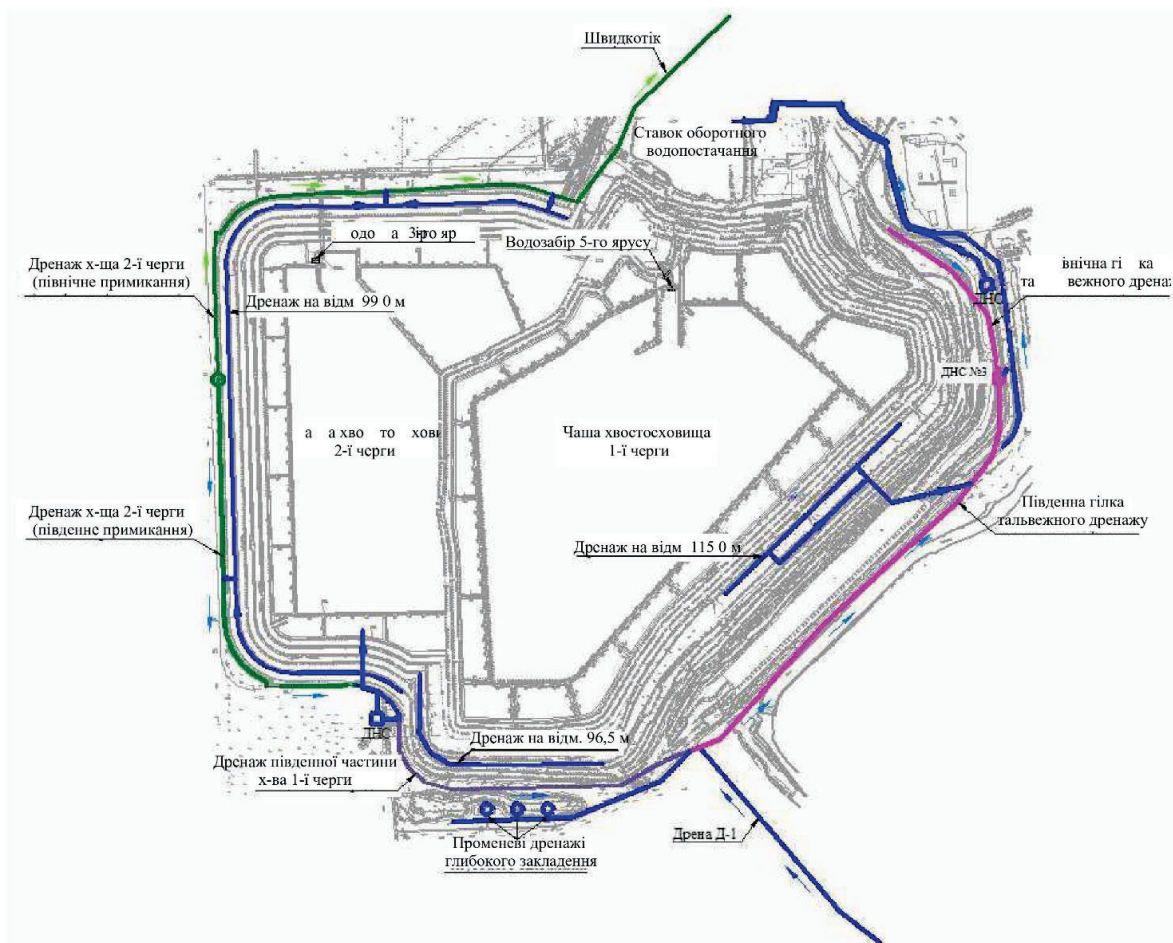


Рис. 2.1 - Схема дренажної системи хвостосховища ПРАТ «ІНГЗК»

Тальвежний дренаж приймає води, які фільтруються з хвостосховища в напрямку річки Інгулець, води, що скидаються дренажем південної частини хвостосховища 1-ї черги та дренаєм Д-1 (орієнтованою на понтійський водоносний горизонт), а також, у зв'язку з виходом з ладу дренажної насосної станції (ДНС) в південному примиканні, дренажні води південно-західної частини приплотинного дренажу хвостосховища 2-ї черги.

Зібрані дренажні води скидаються в хвостосховище 1-ї черги через ДНС №3.

Дренаж південної частини хвостосховища 1-ї черги являє собою дренажний колектор із залізобетонних труб діаметром 800 мм довжиною 2,25 км, з глибиною закладання до 5,3 м та абсолютними

відмітками дна лотка труб 82,4-86,6 м. Цей дренаж служить для перехоплення фільтраційних вод хвостосховища та прийому вод з горизонтальних променевих дренажів, які орієнтовані на понтійський водоносний горизонт.

Дренаж хвостосховища 2-ї черги облаштований на низовому схилі з метою запобігання фільтрації вод через тіло огорожувальної дамби. Цей дренаж сприяє зменшенню ризику проникнення техногенних вод у навколишнє середовище та забезпечує ефективне управління водними потоками, що знижує негативний вплив на стабільність дамби та підземні води.

Приплотинний дренаж складається з двох гілок залізобетонних труб діаметром 800 мм загальною довжиною 4865 м з водорозподільником у районі пікету (ПК) 24.

- північне примикання дренажу має довжину 2525 м, з відмітками лотка труби від 89,51 м (в районі ПК 24) до 75,93 м (перехід в дренажний канал), збирає та відводить дренажні води в дренажний канал, а через швидкісні потоки направляє їх в аварійну ємність.
- південне примикання дренажу має довжину 2340м, з відмітками лотка труби від 89,51 м (в районі ПК 24) до 86,86 м (в районі ДНС) – направляє води в дренаж південної частини хвостохранилища 1-ї черги.

Цей дренажний комплекс є важливим для контролю за водним балансом та запобіганням фільтрації вод з хвостохранилища в навколишнє середовище.

По трасі трубчатого дренажу через 70-100 м розташовані оглядові колодці. У тілі дамби хвостосховища 2-ї черги (відмітка гребеня 99,0 м) передбачений дренаж із залізобетонних труб діаметром 500 мм з двошаровим обсіпанням їх стиків з відходів СМС (системи

матеріальних сипучих матеріалів). Дренажна вода відводиться через стічні труби діаметром 400 мм у колодці приплотинного дренажу.

Лучовий дренаж понтійських вапняків складається з трьох лучових дренажних колодязів, по 5 горизонтальних свердловин у кожному, закладених на південь від хвостосховища. Глибина колодязів становить 43,35 м, 42,75 м та 42,25 м, відстань між ними — близько 400 м. Довжина горизонтальних свердловин — 100 м, відмітка закладення — 48 м. Води, перехоплені лучовими дренажами, надходять у приплотинний дренаж південної частини хвостосховища 1-ї черги.

Горизонтальний дренаж понтійських вапняків (Д1) закладений уздовж р. Інгулець на південний схід від хвостосховища. Протяжність дренажу — близько 1,2 км. Відстань до річки — близько 100 м. Середній приплив води з понтійських вапняків до дренажної системи не перевищив 53,7 м³/рік.

В результаті комплексного впливу, на території обмеженій площею хвостосховища, сформувалася специфічна гідрохімічна ситуація, що характеризується наступними основними аспектами:

- рух підземного потоку водоносних горизонтів спрямований у бік річки Інгулець;
- основні джерела надходження вод у водний баланс четвертинного водоносного горизонту включають інфільтрацію атмосферних опадів, фільтрацію з хвостосховища та інфільтраційне живлення з навколишніх територій;
- фільтраційні втрати з хвостосховища відводяться в придамбовий дренаж, води якого використовуються в оборотному водопостачанні;
- фільтраційні втрати через дно хвостосховища та аварійну ємність призводять до утворення куполів та підвищення рівня води в понтійському та сарматському водоносних горизонтах, що

підтверджує гідравлічний зв'язок техногенних та четвертинних вод з нижчими водоносними горизонтами;

- збільшення техногенних втрат через зростання градієнтів напору призводить до підвищення тиску на нижчі шари, що сприяє кращій консолідації хвостів та зменшенню техногенних втрат. Ці взаємопов'язані процеси визначають рівень техногенних втрат з хвостосховища та гідродинамічну ситуацію на прилеглий території.

2.2. Вплив гідротехнічних споруд на екологічний стан річки Інгулець

На території Кривбасу виділяється чотири райони, в яких здійснюється активний видобуток залізної руди та локалізовані великі видобувні та переробні потужності. Специфічним для України взагалі та Криворіжжя зокрема, є значне домінування відходів, що утворюються при розробці родовищ корисних копалин (до 75 % загального обсягу) та збагаченні (13 –14%) [22].

Існуючі технології збагачення залізних руд передбачають складування відходів виробництва у спеціальних резервуарах – хвостосховищах, у які вони подаються у вигляді водяної пульпи. Сьогодні у хвостосховищах Криворіжжя акумульовано понад 2,0 млрд. м³ відходів збагачення руди. В зазначених техногенних морфоструктурах відбувається специфічне мінералоутворення, пов'язане з технологічними розчинами. Там, де технологічні розчини не піддаються промисловій переробці, вони активно виносяться в поверхневі води [23].

Гідрологічна мережа Криворіжжя представлена постійними водотоками (річками та численними струмками балок), тимчасовими водотоками балок, а також в незначній мірі – невеликими озерами на дні великих балок і низинними болотами та заболоченими землями,

ставками, організованими в балках, які є результатом історії розвитку території, а також сучасних фізико-географічних процесів [24].

Річкова мережа регіону розвинена слабо. Її щільність на півночі Кривбасу становить 0,23-0,24 км/км².

На Криворіжжі протікає 8 річок, що належать до басейну річки Дніпро. Найбільшою з них є р. Інгулець. Загальна довжина річки 557 км, площа басейну 14460 км², середній ухил водної поверхні русла - 0,37 %. Нижче водомірного поста Могилівка ухил не перевищує 0,07 %. У нижній течії від гирла до водозабору Інгулецької зрошувальної системи на відстані 80 км русло річки розчищене, ухил зворотний (в період забору води течія походить з річки Дніпро до водозабору).

Річка Інгулець відноситься до середніх річок. Вона протікає по території Кіровоградської, Дніпропетровської, Херсонської і Миколаївської областей (рис. 2.2).

Виток річки знаходиться в межах с. Топило Знам'янського району Кіровоградської області. Відмітка витoku складає 206 м над рівнем моря. У верхів'ї річка спочатку тече на північ, потім повертає на південний схід і далі на південь. Впадає річка в Дніпровську протоку Інгулка з правого боку біля с. Садове Херсонського району Херсонської області.

Річка Інгулець має розгалужену гідрографічну мережу: в неї впадає 48 припливів I-го порядку (більше 10 км) загальною довжиною 1322 км та 69 припливів II-го, III-го і інших порядків загальною довжиною 1229 км. Таким чином, у басейні налічується 118 річок (разом з річкою Інгулець), загальна довжина річкової мережі складає 3108 км, густина річкової мережі – 0,21 км/км².

У басейні р. Інгулець у районах, в яких діють гірничо-збагачувальні комбінати, відбуваються корінні зміни усіх елементів ландшафту, що спричиняє розвиток специфічних геохімічних процесів, що впливають на

хімічний склад води водних об'єктів природного і техногенного походження.



Рис. 2.2 - Схема басейну р. Інгулець

Ґрунти русла – пісок, мул. У середній течії р. Інгулець перетинає Український кристалічний щит, часто в річищі ріки відслонюються кристалічні породи (граніти, гнейси, кварцити), а також вапняки, у вигляді невеличких порогів, крутих скелястих берегів [41,42].

Долина ріки трапецієвидна, шириною 1,0-4,5 км, здебільшого правостороння (праві схили більш круті, ніж ліві). Схили долини висотою 20-50 м помірно круті, а в місцях виходу кристалічних порід – круті, іноді урвисті. Глибина ерозійного врізу долини складає 60-80 м. На півночі, район с. Іскрівка і с. Недайвода, ріка прорізає кристалічні породи, де має скелясті береги й вузьке річище. На ділянках розширення долини русло ріки утворює чисельні крупні меандри. Середня ширина долини в межах Кривого Рогу 1,0-1,5 км, водозахисна ділянка майже відсутня, велика розораність берегової смуги, видозмінені надзаплавні тераси. Нижче міста долина розширюється до 2,5-4,5 км. Різниця висот “вододіл-річкова долина” складає 60-85 м.

Річку Інгулець зарегульовано ставками і водосховищами. В її басейні розташовані 1210 ставків і 19 водосховищ, у тому числі 14 малих, 2 середніх і 3 великих, загальним об’ємом 760млн.м³ і площею водного дзеркала 240 км².

Джерелом живлення р. Інгулець, в основному, є снігові (талі) і дощові води, частка яких досягає 77% річного стоку.

Головною притокою р. Інгулець є р. Саксагань, що впадає в нього в межах міста Кривого Рогу. Саксагань має довжину 144 км, площа басейну становить 2025 км². Річка має притоки загальною довжиною 88 км. Саксагань є типовою степовою маловодною річкою із широкою плоскою правобережною долиною і високим правим схилом [43].

Гідросистема р. Інгулець підпадає під значний техногенний пресинг, в першу чергу, масштабних робіт у галузях гірничо-видобувної та металургійної промисловості.

Основний вплив хвостосховища на гідросферу пов'язаний з надходженням на його площу в результаті гідронамиву значного обсягу води, частина якого фільтрується через хвостові відкладення до ставка-освітлювача й потім використовується за допомогою оборотної системи водопостачання в технологічному циклі ГЗК. Частина води шляхом перетікання через відкладення в основі хвостосховища надходить у підземні водоносні горизонти, утворюючи купол вод техногенного характеру.

Схематизація гідродинамічних умов в області потенційного впливу хвостосховища ПРАТ «ІНГЗК» може бути представлена у такий спосіб.

Води четвертинного водоносного горизонту лісоподібних суглинків фільтруються від водозбірних територій убік області розвантаження - лінії виклинювання уздовж заплави р. Інгулець, частково дренажуючись системою приплотинних дренажів хвостосховища, південним приплотинним дренажем і дренажним каналом. Частина вод четвертинного горизонту лісоподібних суглинків надходить у техногенні відкладення хвостосховища й через них розвантажується в понтичний горизонт і горизонт сарматських відкладень.

Води понтичного горизонту, фільтруючись до області розвантаження - лінії виклинювання в заплаві р. Інгулець, частково розвантажуються в техногенні відкладення хвостів, надходячи потім в горизонт сарматських відкладень. При цьому, частина вод понтичного горизонту перехоплюються системою променевих дренажів і горизонтальною дреною Д-1. Частина вод горизонту надходить у дренажний канал.

Горизонт сарматських відкладень є основним колектором, що збирає на площі хвостосховища техногенні води, води четвертинних і сарматських відкладень. Крім того, частина води надходить у результаті латеральної фільтрації - від вододільних областей до області

розвантаження - до лінії контакту з алювіальними четвертинними відкладеннями.

Розвантаження вод, що сформувалися в сарматському горизонті на площі хвостосховища, здійснюється переважно у тальвежний дренаж, обладнаний в алювіальних четвертинних відкладеннях. Частина води фільтрується через лінію дренажу по алювіальних відкладеннях у ріку Інгулець, формуючи так званий "проскок фільтраційних вод".

З наведеної схематизації гідродинамічних умов видно, що експлуатація хвостосховища ПРАТ «ІНГЗК» змінила природні умови формування гідродинамічного і гідрохімічного режимів підземних вод на прилягаючій до нього території.

Територія впливу хвостосховища ПРАТ «ІНГЗК» на підземні води умовно обмежена:

- на сході – р. Інгулець;
- на північному сході – кар'єром ПРАТ «ІНГЗК»;
- на півночі – проммайданчиком ПРАТ «ІНГЗК»;
- в усіх інших напрямках - зоною зміни рівнів підземних вод і трансформації їх гідрохімічного режиму.

Відповідно до результатів модельних досліджень, область впливу амінів на підземні води практично не виходить за межі контуру хвостосховища при врахуванні їхньої сорбції й деструкції породами, що підстиляють [26].

Так, по горизонтах:

- у четвертинному водоносному горизонті уже на відстані 10,0-30,0 м від контуру хвостосховища значення концентрацій амінів вкрай малі;
- у понтичному водоносному горизонті відстань від контуру хвостосховища до межі з нульовими концентраціями амінів характеризується діапазоном 6,0-15,5 м;

- для об'єднаного горизонту сарматських і алювіальних відкладень "радіус впливу" амінів варіює в інтервалі 4,2-9,0 м від контуру хвостосховища.

Гідрогеохімічний прогноз, виконаний без врахування сорбції амінів відкладеннями понта й сармата, показав, що у перспективі поширення амінів по горизонтах становитиме від контуру хвостосховища:

- в об'єднаному алювіальному й сарматському водоносному горизонті: 51,3-155,0 м;
- у понтичному водоносному горизонті – 150,0-275,4м.

Таким чином, вплив амінів на підземні води основних водоносних горизонтів території з трансформацією їх хімічного складу обмежений радіусом 280 м при самих несприятливих умовах фільтрації (без урахування процесів сорбції амінів у тріщинуватих відкладеннях понта й сармата).

Тобто, в усіх інших напрямках (окрім сходу, північного сходу і півночі) локація впливу хвостосховища ПРАТ «ІНГЗК» на підземні води є незначною, не більше 280 м, і може бути прийнята по межі СЗЗ хвостосховища, яка дорівнює 300 м.

Оцінка впливу хвостосховища на стан поверхневих вод в зоні впливу може бути сформована на основі даних моніторингу поверхневих вод і результатів моделювання фільтрації вод хвостосховища [27].

Відповідно до проведеного моделювання, рух підземного потоку четвертинного й понтичного водоносних горизонтів від хвостосховища спрямований у бік балок Зелений Гай, Городуватка й р. Інгулець. При цьому рух підземного потоку у бік балок Зелений Гай і Городуватка сформувався після введення в експлуатацію 2-ої черги хвостосховища. У період експлуатації тільки хвостосховища 1-ої черги рух підземного потоку мав напрямок - до р. Інгулець.

Оскільки швидкості фільтрації в напрямку р. Інгулець більше швидкостей фільтрації в напрямку балок Зелений Гай і Городуватка, а також враховуючи те, що останнім часом ставки, що розташовані на захід від хвостосховища, не наповнені водою, можна припустити, що в перспективі фронт підземних вод трансформованого складу не досягне зазначених балок і ставків, розташованих в них.

З огляду на те, що водотоки балок, розташованих у зоні потенційного впливу хвостосховища ПРАТ «ІНГЗК», впадають у р. Інгулець нижче за течією відносно зони непрямого впливу хвостосховища, основним об'єктом впливу хвостосховища ПРАТ «ІНГЗК» на поверхневі води є р. Інгулець.

Організовані скидання води із хвостосховища й інших об'єктів ПРАТ «ІНГЗК» у р. Інгулець відсутні. Основний вплив на поверхневі води пов'язаний з фільтрацією вод хвостосховища по сарматському водоносному горизонту в обхід приплотинного дренажа в р. Інгулець.

Ділянка потенційного впливу об'єктів ПРАТ «ІНГЗК» умовно обмежена ділянкою річки Інгулець від с. Миколаївка до с. Андріївка.

Розглянута ділянка річки зарегульована Карачунівським водосховищем. Якість річкової води від греблі Карачунівського водосховища до с. Андріївка визначається попусками Карачунівського гідровузла, скидами зворотних вод підприємств і організацій, розташованих в межах зазначеної ділянки річки, і характеризується для двох часових періодів: між регламентними скиданнями надлишків шахтних вод Кривбасу й під час проведення регламентних скидань надлишків шахтних вод.

Наші дослідження за станом поверхневих вод р. Інгулець проводились на ділянці облаштованих контрольних створів:

- р. Інгулець, 500 м до скиду на мосту в с. Радевичі (вхід у зону потенційного впливу об'єктів комбінату);

- р. Інгулець, 500 м нижче скиду на переливній греблі в с. Андріївка (на виході із зони потенційного впливу об'єктів комбінату) (рис.2.3).



Рис. 2.3 - Схема спостережень за станом поверхневих вод. Розташування контрольних створів відносно розосередженого випуску фільтраційних вод з хвостосховища

Ефективність роботи системи гідротранспорту визначали за результатами моніторингових досліджень гідрохімічних показників щодо якості поверхневих вод водних об'єктів зони потенційного впливу хвостосховища до і після розосередженого випуску зворотних (фільтраційних) вод, які порівнювали між собою та з існуючими гранично допустимими концентраціями встановленими для водних об'єктів господарсько-побутового водокористування (ГДК), – норми якості та гранично допустимі концентрації забруднюючих речовин у воді господарсько-побутового водокористування [28, 29]. Гідрохімічні аналізи

- вода хвостосховища ПРАТ «ІНГЗК» хлоридно-сульфатна магнієво-натрієва. Превалювання сульфатів у аніонному складі води хвостосховища є незначним.

Аналіз наведених даних свідчить, що якість оборотної води під час бойових дій покращилась, це пов'язано в основному зі значним зменшенням продуктивності підприємства.

Виходячи з проведеного аналізу, можна зробити висновок про те, що фільтраційні втрати води з хвостосховища практично не впливають на склад води водотоку в б. Городуватка і води в р. Інгулець.

2.3 Результати гідроекологічного моніторингу підземних вод

Гідрогеологічні умови території в районі хвостосховища ПРАТ «ІНГЗК» вивчені достатньо повно, у тому числі по мережі режимних свердловин. Станом на 2024 рік режим підземних вод на означеній території контролюють (рис. 2.6.):

- 36 свердловин сарматського водоносного горизонту;
- 38 свердловин понтичного водоносного горизонту;
- 23 свердловини горизонту верхньочетвертинних алювіальних відкладів;
- 62 свердловини горизонту четвертинних лісоподібних суглинків.

До складу моніторингових досліджень за ґрунтовими та підземними водами входить:

- вивчення рівневого режиму;
- вивчення хімічного складу підземних вод з визначенням основних макрокомпонентів: іонів кальцію, магнію, натрію (Na), калію (K), сульфатів, хлоридів, гідрокарбонатів, сухого залишку, мінералізації, загальної жорсткості, рН тощо;

- вивчення хімічного складу підземних вод з визначенням мікроелементів: свинець (Pb^{2+}), марганець (Mn^{2+}), кадмій (Cd^{2+}), титан (Ti^{4+}), ванадій (V^{5+}), бор (B) і бром (Br).

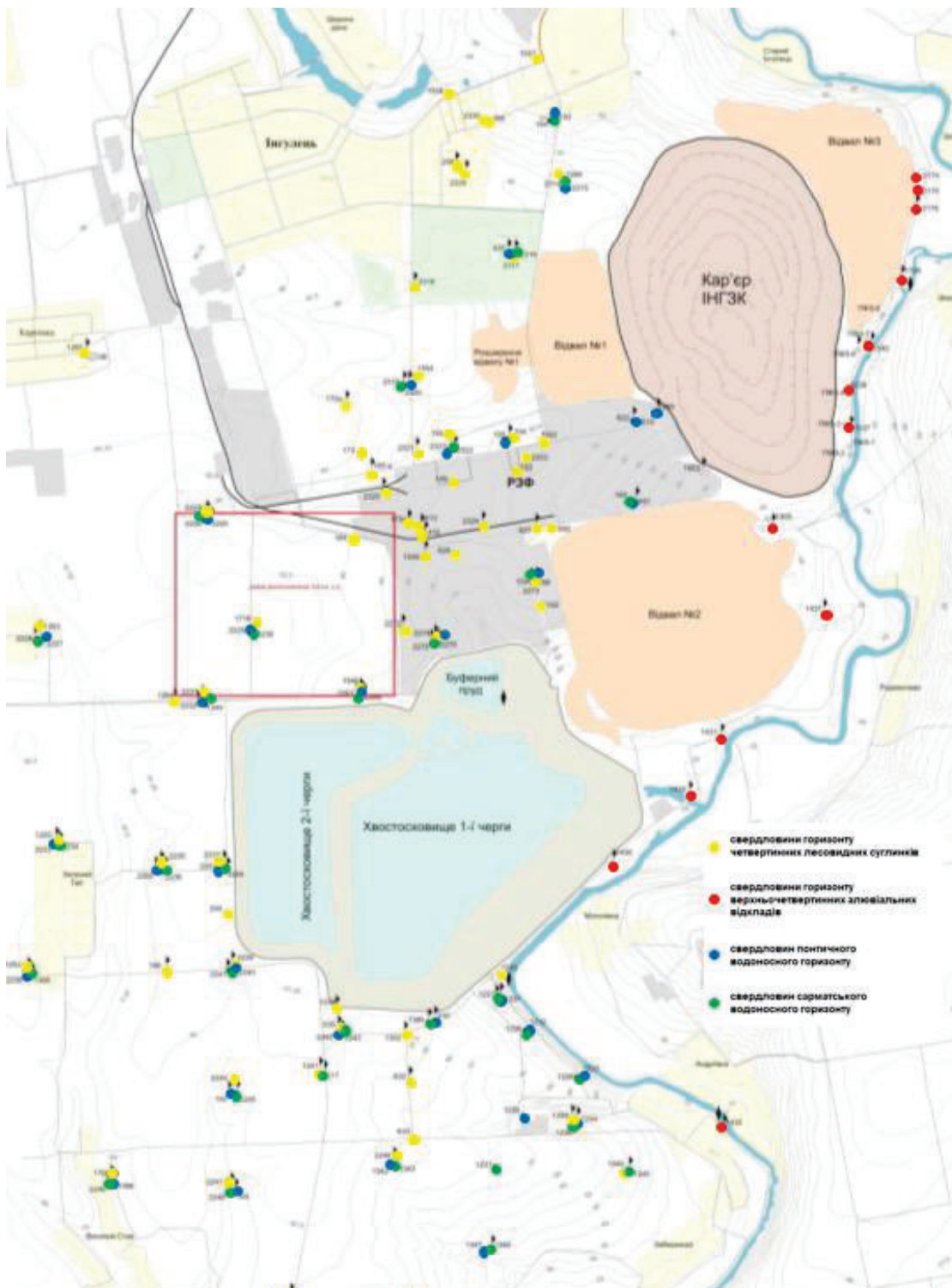


Рис. 2.6 – Карта-схема розташування свердловин

Динаміка режиму рівнів водоносних горизонтів оцінювалась за даними моніторингу 2018-2024рр.

Для визначення динаміки змін хімічного складу і оцінки тенденцій зниження або підвищення рівня ґрунтових вод (РГВ) застосовувалося зіставлення середньорічного положення рівня умовно першого року спостережень із середньорічним значенням умовно останнього року спостережень ($\Delta 1$) і із середньобагаторічним (за 2018 - 2024 рр.) його значенням ($\Delta 2$):

$\Delta 1 = H \text{ середн. } 2018 - H \text{ середн. } 2024$

$\Delta 2 = H \text{ середн. } 2024 - H \text{ середн. } 2018 - 2024.$

Оцінка за середньостатистичними даними в річному циклі (середньорічних) і за будь-який період, дозволяє декілька "нівелювати" сезонні коливання показників і переглядати багаторічні тенденції незалежно від сезонних змін і незалежно від коливання концентрацій інгредієнтів усередині самого циклу.

Як кількісна оцінка зниження або підвищення рівнів вод горизонту застосовувалося співвідношення цих величин до середньорічної амплітуди (A) коливання РГВ в свердловинах: $\Delta 1 / A$ і $\Delta 2 / A$.

Значення цього відношення вище 1,0 (тобто перевищення різниці середніх значень над амплітудою), характеризує стійку динаміку спрямованості процесу зниження або підвищення рівнів. Значення в інтервалі 0,5-1,0 вказують на переважний напрямок динаміки у бік зниження або підвищення рівня, обумовлене, як правило, зниженням РГВ або його підвищенням у більше короткому періоді.

Різниця середньорічних і середньобагаторічних значень амплітуди в інтервалі 0,0-0,5 характеризують відносно стабільне положення рівнів води в циклі спостережень.

У зв'язку з відсутністю методики визначення величин фонових концентрацій забруднюючих речовин у підземних водах для оцінки стану ґрунтових та підземних вод використовувалися результати

моніторингових досліджень за період спостережень 2018-2024, з визначенням середньобагаторічних концентрацій макрокомпонентів та мікроелементів. Аналіз проводився по свердловинам, розташованим в районі хвостосховища та на прилеглий до нього території.

Аналіз результатів моніторингових спостережень щодо якості підземних вод території потенційного впливу об'єктів ПРАТ «ІНГЗК», проведено без використання нормативів, оскільки на сьогодні в Україні відсутні нормативи щодо якості ґрунтових та підземних вод.

Водоносний горизонт четвертинних лісоподібних суглинків розповсюджений практично повсюдно в межах вододілів і пологих схилів, за винятком північно-східної частини території.

Горизонт приурочений до товщі макропористих лісоподібних суглинків, складеної легкими й середніми їхніми різновидами із прошарками похованих ґрунтів.

Водоносний горизонт безнапірний. Загальний напрямок потоку - в долину ріки Інгулець до сходу, півдню й південного сходу з локальною деформацією його поверхні біля балок.

Абсолютні відмітки дзеркала вод горизонту за станом на кінець 2024 р. змінюються від 66,76 м. абс. до 89,87 м. абс.

Інтервал залягання рівня ґрунтових вод у середньому на території становить 4 - 8 м від поверхні землі.

Живлення водоносного горизонту здійснюється переважно за рахунок інфільтрації атмосферних опадів. Природне розвантаження ґрунтових вод відбувається в долину р. Інгулець у вигляді підвищення на її присклонових ділянках і в глибоких балках, у незначному ступені здійснюється у вигляді перетікання в понтичний водоносний горизонт. Водоносний горизонт також частково "перехоплюється" дренами хвостосховища ПРАТ «ІНГЗК».

Слід зазначити, що річна амплітуда коливань рівнів водоносного горизонту досить виражена: більше 60% середньобагаторічних значень

амплітуди перебувають у діапазоні 0,7-1,5 м. Результати узагальнені в таблиці 2.8.

Таблиця 2.8. Узагальнена динаміка рівнів водоносного горизонту четвертинних відкладень лісоподібних суглинків

Динаміка РГВ	Кількість свердловин	% до загальної кількості
Підвищення рівня	3	5,9
Змішана динаміка з підвищенням рівня	4	7,8
Зниження рівня	27	52,9
Змішана динаміка зі зниженням рівня	7	13,7
Коливання рівня в межах 0,0-0,5, м	10	19,6
Усього	51	100,0
Сухі свердловини	11	17,7
Усього	62	100,0

Отримані результати показують, що основною тенденцією динаміки рівнів ґрунтових вод розглянутої території є їх зниження, що відзначається більш, ніж в 53% свердловин, а з урахуванням свердловин зі змішаною динамікою, зі зниженням рівня в інтервалі 0,5-1,0 їхня кількість дорівнює 67%.

Територіально області зниження рівнів горизонту визначаються в центральній частині а також, до заходу і півдня від хвостосховища. Територія з відносно стабільним положенням РГВ займає приблизно 10-15% загальної площі. Динаміка РГВ в свердловинах розташованих в районі хвостосховища наведено в таблиці 2.9.

Свердловина у якій відзначається підвищення РГВ розташована в безпосередній близькості від хвостосховища 1-ої черги (сверд. № 1245).

Величина середньобаторічної річної амплітуди коливання рівнів складає 0,1-2,0 м. Співвідношення положення середньорічного значення рівня води 2024 р. до аналогічних показників умовно першого, 2018 року, й до середньобаторічних значень переважно перебувають

Висновки до РОЗДІЛУ 2

1. Проведений аналіз технічного стану гідротехнічних споруд Інгулецького гірничо-збагачувального комбінату виявив основні екологічні ризики, зокрема фільтрацію забруднених розчинів із хвостосховищ у підземні та поверхневі води.
2. Аналіз технологічної документації та результати власних досліджень засвідчили, що підземний потік водоносних горизонтів спрямований у бік річки Інгулець, що може свідчити про потенційний вплив хвостосховища на якість водних ресурсів річкової системи.
3. Водний баланс водоносних горизонтів забезпечується переважно за рахунок інфільтрації атмосферних опадів та фільтраційних втрат з хвостосховища. Фільтраційні втрати з хвостосховища відводяться в придамбовий дренаж, води якого ефективно використовуються в системі оборотного водопостачання.
4. Згідно з даними моніторингу води хвостосховища ПРАТ «ІНГЗК» характеризуються стабільними середньорічними показниками хімічного складу, з незначними варіаціями по основних компонентах, таких як рН, вміст завислих та органічних речовин, хлоридів і сульфатів, що свідчить про їх однорідність.
5. Порівняльний аналіз показників складу води не виявив істотного впливу хвостосховища ПРАТ «ІНГЗК» на якість поверхневих вод р. Інгулець. Не відповідність якості води нормативним вимогам за сольовим складом (сухий залишок, хлориди, сульфати) та органічними показниками (завислі речовини), пояснюється природними особливостями Кривбасу та скидами шахтних вод вище за течією, при цьому стабільність показників у пунктах спостережень, незалежно від близькості до хвостосховища, свідчить про відсутність його прямого впливу на якість

поверхневих вод.

6. Згідно з проведеними гідроекологічними моніторинговими дослідженнями, підземні води в районі хвостосховища ПРАТ «ІНГЗК» демонструють змінний хімічний склад, зокрема, з підвищенням рівнів мінералізації і зміною типів води на більш солоні, що вказує на процеси засолення ґрунтових вод. Також спостерігається підвищення концентрацій сульфатів, натрію, магнію і, в деяких випадках, хлоридів у водах, що може бути наслідком впливу діяльності хвостосховища.

3 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ. ПРАКТИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО МІНІМІЗАЦІЇ ВПЛИВУ ГІДРОТЕХНІЧНИХ СПОРУД ІНГУЛЕЦЬКОГО ГІРНИЧОЗБАГАЧУВАЛЬНОГО КОМБІНАТУ НА ПРИРОДНІ ВОДИ

У сучасних умовах підвищеної антропогенної діяльності гірничо-збагачувальних підприємств, питання екологічної безпеки та збереження водних ресурсів набувають особливої актуальності. Гідротехнічні споруди, які відіграють ключову роль у функціонуванні гірничо-збагачувальних комбінатів, нерідко стають джерелом техногенного впливу на природне середовище, зокрема на водні екосистеми.

Даний розділ присвячений розробці технологічних заходів і практичних рекомендацій, спрямованих на мінімізацію впливу гідротехнічних споруд Інгулецького гірничо-збагачувального комбінату на природні води. Увага зосереджується на впровадженні інноваційних технологій, вдосконаленні існуючих інженерних рішень та оптимізації водокористування.

В рамках виконаного дослідження сформовані заходи, що дозволять зменшити негативний вплив гідротехнічних споруд на підземні води та сприятимуть сталому розвитку гірничозбагачувальної галузі:

- облаштування протифільтраційного екрану (полімерної геомембрани) по дну та укосам хвостосховища, що значно впливає на величину водопритоків до придамбового дренажу хвостосховища практично повністю виключаючи фільтрацію техногенних вод, і тим самим локалізуючи вплив роботи хвостосховища як на гідродинамічний режим водоносних

горизонтів, так і на якісний склад підземних вод;

- створення протифільтраційних завіс, для контролю за фільтрацією підземних вод та запобігання міграції забруднюючих речовин у підземні води;
- впровадження комплексних інженерних рішень по впорядкуванню дренажних систем, спрямованих на перехоплення техногенних вод з подальшим поверненням їх до оборотного циклу, для уникнення інфільтрації забруднюючих речовин у підземні води і зменшення фільтраційних втрат;
- постійний експлуатаційний контроль з розміщенням контрольно-вимірювальної апаратури для забезпечення своєчасного попередження можливих аварійних ситуацій і прийняття необхідних заходів для захисту навколишнього середовища.

Більш детально розглянемо представлені рішення для зниження забруднення водних ресурсів і забезпечення стійкого функціонування комбінату, що сприятимуть зменшенню екологічного навантаження на довкілля та покращенню якості природних вод.

Метод **екранування ложа хвостосховища за допомогою геомембрани** (високощільного поліетилену) полягає у створенні герметичного бар'єру на дні та схилах хвостосховища, що запобігає фільтрації техногенних вод у навколишнє середовище (рис. 3.1 та 3.2).

Геомембрана виступає як бар'єр, що запобігає проникненню забруднених вод у ґрунт і підземні водоносні горизонти. Встановлення такого екрану значно знижує водопритоки до придамбового дренажу, оскільки геомембрана майже повністю перекриває шляхи фільтрації вод. Це дозволяє не тільки локалізувати вплив техногенних вод на підземні води, а й зменшити ризик негативного впливу на гідродинамічний режим водоносних горизонтів, забезпечуючи збереження їхнього якісного складу. В результаті, такий метод значно знижує екологічні ризики та забезпечує ефективне управління водними

стверджувати, що облаштування протифільтраційного екрану по дну та укосам хвостосховища з закладанням полімерної геомембрани є ефективним і свідчить про доцільність його застосування.

Устрій протифільтраційної завіси – це облаштування штучної перешкоди в основі споруди, що обмежує фільтрацію води через ґрунт. Існують різні варіанти конструкцій протифільтраційної завіси, але до найбільш ефективні за надійністю та відносною простотою будівництва належать: стіна в ґрунті, буро-набивні свердловини з глиноцементним розчином, шпунт Ларсена, джет-паля та плоский джет.

Стіна в ґрунті це варіант, суть якого полягає у влаштуванні траншеї глибиною від 6 до 20 м, із заглибленням у водоупорний горизонт на глибину до двох метрів. Для запобігання обрушенню стінок траншеї виїмка ґрунту виконується під захистом бентонітового розчину з подальшим витісненням його глиноцементним розчином, який і виконує функцію протифільтраційної завіси (рис. 3.3). Витіснений бентонітовий розчин після очищення його на вібраційних ситах знову використовується для подачі в траншею.

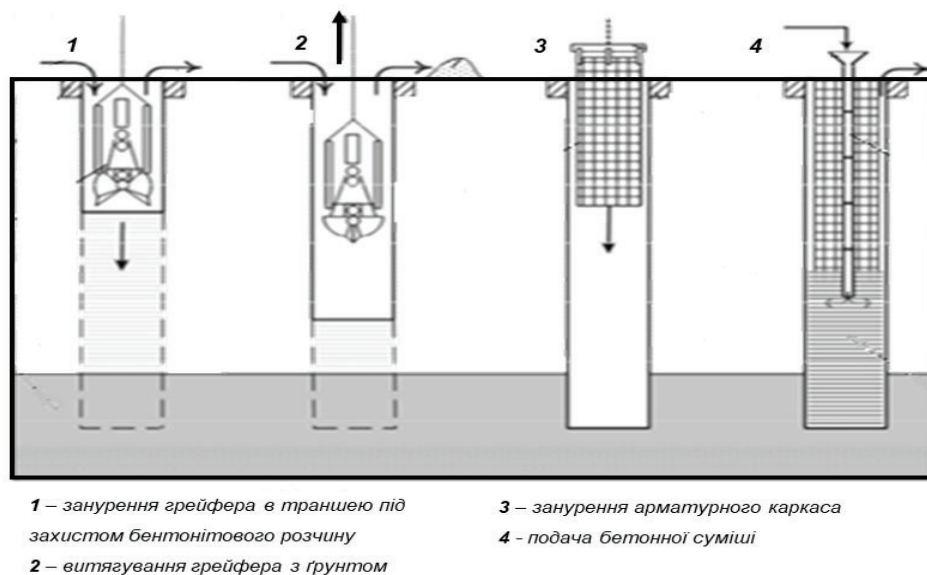


Рис. 3.3 – Схема влаштування протифільтраційної завіси за допомогою стіни в ґрунті

При цьому ділянки траншеї шириною 0,6 м на довжині 2,5 м розробляються та заповнюються глиноцементним розчином. Спочатку виконуються парні ділянки траншеї, потім непарні. Для забезпечення цілісності та надійності завіси непарні ділянки траншеї проходяться з врізкою по 10 см у глиноцементний розчин сусідніх першочергових ділянок.

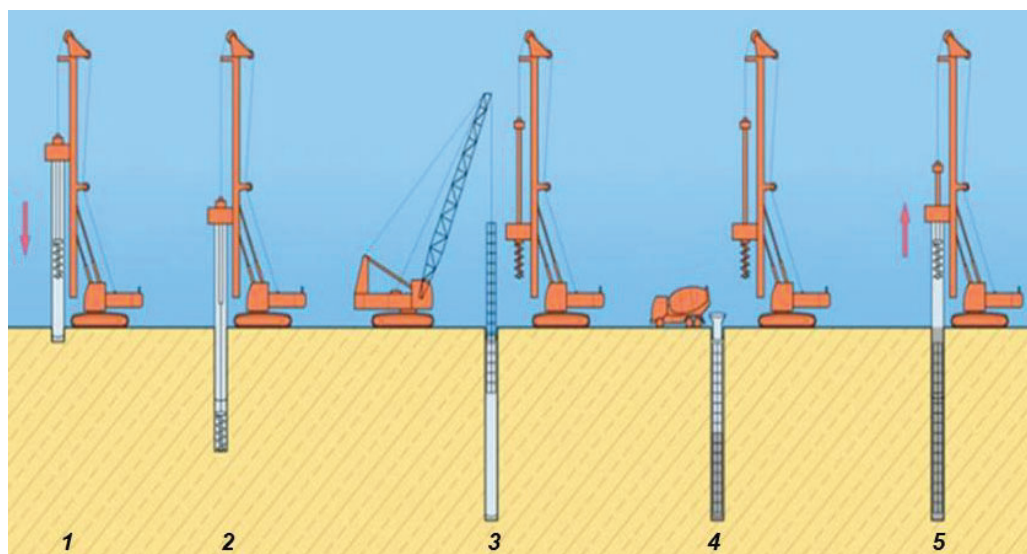
До суттєвих переваг даного методу належить:

- тривалість роботи споруди практично не обмежена в часі;
- стійкість до деформацій і руйнувань завдяки пластичності глиноцементного заповнювача протифільтраційної завіси від можливих механічних і сейсмічних впливів;
- практично виключаються всі витрати на експлуатаційне і ремонтне обслуговування, за винятком підтримання належного санітарного стану території.

Але є і недоліки, а саме необхідність використання під час будівництва спеціальної землерийної техніки та механізмів, а також споруд для приготування, сепарації та подання глинистих розчинів.

Метод "стіна в ґрунті" є одним із найефективніших для забезпечення водонепроникності у складних умовах, особливо на об'єктах, де потрібен тривалий термін експлуатації.

Облаштування протифільтраційної завіси за допомогою буронабивних свердловин з глиноцементним розчином (рис. 3.4), це варіант завіси палевого типу, що влаштовуються з свердловин великого діаметру (0,6 м) заповнених глиноцементним розчином, які взаємно перекриваються. Свердловини буряться та заповнюються глиноцементним розчином у дві черги: в першу чергу парні номери, в другу — між ними непарні. Буріння виконується без обсадних труб, стійкість стінок свердловин забезпечується нагнітанням у них бентонітового розчину. Свердловини заповнюються глиноцементним розчином під бентонітовий розчин.



1 – занурення колони обсадних труб у ґрунт

2 – виймання ґрунту з обсадної колони

3 – занурення армокаркасу в свердловину

4 – заповнення свердловини розчином

5 – витягування обсадних труб

Рис. 3.4 – Буро-набивні свердловини

До переваг даного методу можна віднести високу ефективність за рахунок забезпечення значного зниження фільтрації навіть у складних геологічних умовах, а також мінімальний вплив на навколишнє середовище, бо матеріали (глина і цемент) є екологічно безпечними. Також даний метод можна використовувати в різних умовах з варіативними типами ґрунтів, крім того він має тривалий термін експлуатації.

До недоліків слід додати, що при бурінні свердловин на велику глибину теоретично можливі відхилення по вертикалі стовбура свердловини, і, як наслідок, збільшення гідравлічної проникності через неповне заповнення всієї площі завіси проти-фільтруючими матеріалами.

Метод буро-набивних свердловин з глиноцементним розчином дозволяє створювати ефективні протифільтраційні завіси для забезпечення стабільності інженерних споруд та збереження екологічної рівноваги.

Формування протифільтраційної завіси за допомогою шпунта Ларсена (рис. 3.5), це метод що забезпечується шляхом вібропогруження металевго шпунта на всю глибину фільтруючих шарів ґрунту з проникненням у водоупорний горизонт. Шпунт Ларсена виконаний у вигляді профілю з високоякісного металу (зазвичай Z- або U-подібний). Він має жолобоподібну форму, а кінці його закруглені. Їх ще називають «замками», оскільки, з'єднуючись, вони надійно захищають ґрунт у котловані від зсувів та подібних явищ. Під час проведення будівництва ці профілі утворюють своєрідну стіну, яка послужить надійним захистом під час виконання робіт, що потребують огороження. Спосіб занурення шпунта в ґрунт — вібраційний (палі занурюються в ґрунт за допомогою вібропоглинача). При зануренні шпунтових елементів у ґрунт вони створюють суцільний бар'єр, який запобігає фільтрації води через ґрунтову масу.

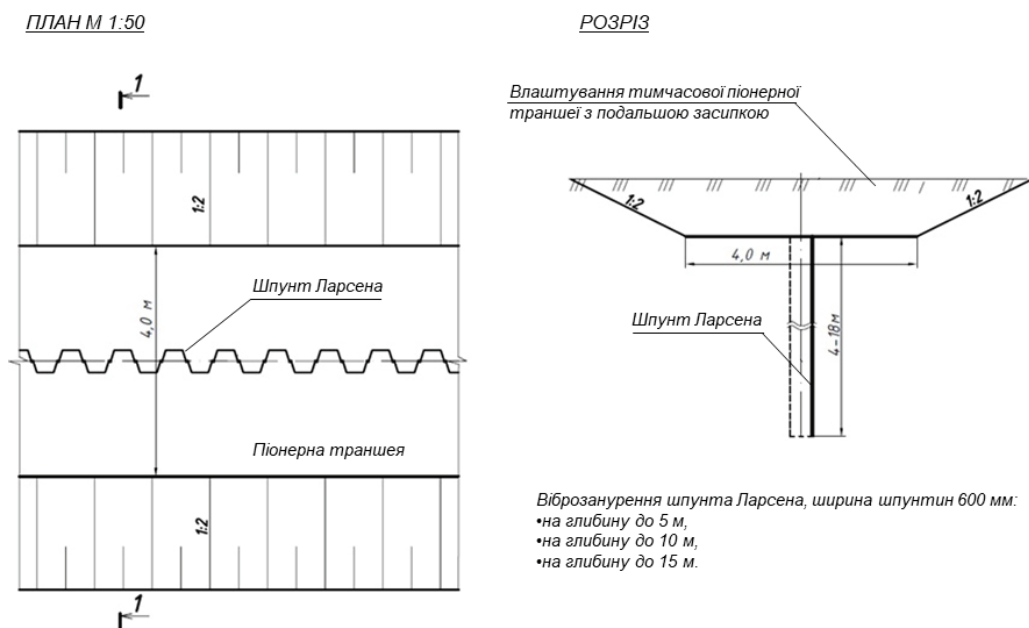


Рис. 3.5 – Технологія облаштування протифільтраційної завіси за допомогою шпунта Ларсена

Для зменшення глибини забивання шпунта застосовують

попереднє влаштування тимчасової траншеї по трасі шпунтового ряду в необводнених ґрунтах (на глибину на 1 м вище рівня ґрунтових вод), з подальшим засипанням траншеї після забивання шпунта.

Переваги даного методу є швидкість монтажу, так як шпунтові профілі встановлюються відносно швидко, також даний метод має високу міцність і довговічність. Після завершення будівництва шпунтову завісу можна демонтувати та використовувати повторно, що робить цей метод економічним і вигідним для тимчасових протифільтраційних завіс або бар'єрів. Шпунтові профілі стійкі до навантаження і можуть витримувати значний тиск ґрунту та води.

Недоліками є високий рівень шуму та вібрацій під час занурення шпунта, що може бути небажаним у міських умовах, а також обмеження за глибиною занурення (залежить від типу ґрунту та технічних характеристик обладнання). Є ймовірність утворення зазорів між профілями при недотриманні технології монтажу.

Метод шпунта Ларсена є надійним і універсальним способом створення протифільтраційних завіс, особливо в проєктах, які вимагають міцності та можливості демонтажу.

Варіант облаштування протифільтраційної завіси за допомогою джет-паль, це сучасний метод, при якому буряться палі діаметром 125 мм з кроком 1 м, з подальшим нагнітанням під високим тиском по всій окружності глиноцементного розчину (рис. 3.6). В результаті, через заповнення всіх пор у водопроникному ґрунті утворюється монолітна стіна з колон діаметром 1,2 м.

До переваг методу відноситься висока ефективність, так як він є ефективним для створення надійних протифільтраційних бар'єрів, особливо в умовах високих ґрунтових вод. Він є достатньо швидким у виконанні, оскільки не вимагає проведення складних земляних робіт, і надає можливість оперативно зробити завісу в будь-яких умовах. Також точність процесу і можливість контролю, оскільки буріння і ін'єкція

здійснюються під чітким наглядом. Гнучкість технології, що полягає у можливості застосування в різних типах ґрунтів і для різних глибин.

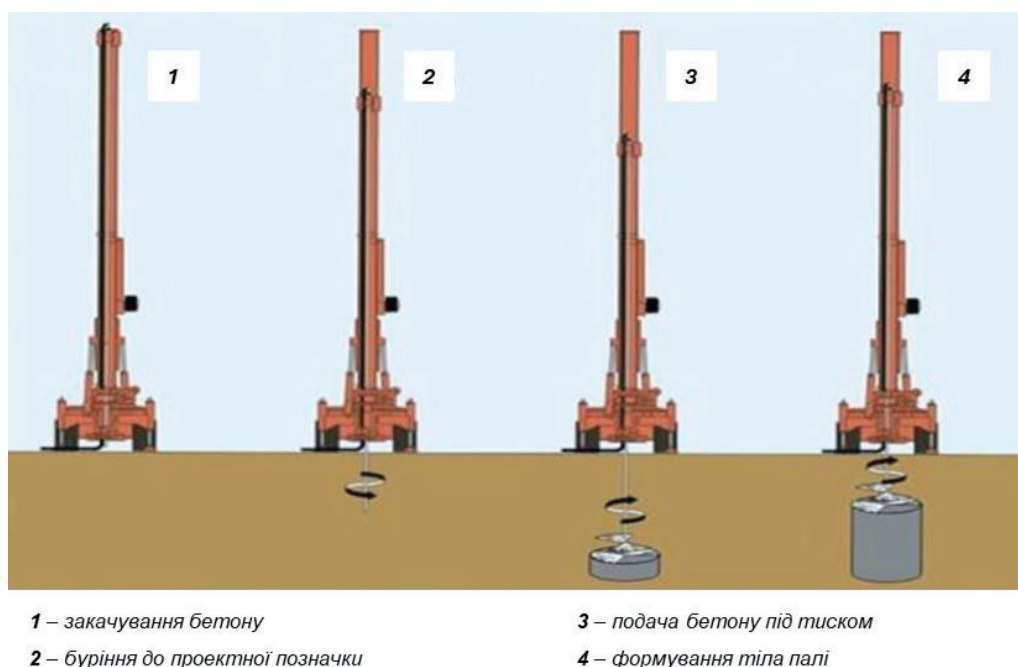


Рис. 3.6 – Створення глиноцементної палі

До недоліків слід віднести високу вартість виконання робіт, за рахунок використання спеціального обладнання та матеріалів. А також обмеженість в глибинах і складність у нестабільних ґрунтах, метод найкраще працює на середніх глибинах, у сильно порушених ґрунтах або в умовах великої неоднорідності ґрунту можуть виникнути труднощі у досягненні стабільності завіси. Є ймовірність відхилення стовбура свердловини по вертикалі при бурінні, а також неоднорідне заповнення пор, що може призвести до порушення цілісності протифільтраційної завіси.

Джет-паля — це ефективний і прогресивний метод для створення водонепроникних бар'єрів у різних інженерних проектах, що дозволяє швидко й надійно вирішувати проблему фільтрації води через ґрунти.

Метод облаштування протифільтраційної завіси Плоский Джет є

сучасною технологією для створення водонепроникних бар'єрів у ґрунті, що використовує принцип ін'єкційної стабілізації ґрунту за допомогою високонапірного потоку розчину. Цей метод відрізняється від попереднього тим, що нагнітання цементного розчину виконується під великим тиском і лише в одній площині, перпендикулярно фільтраційному потоку, що дає можливість зменшити товщину завіси до 30 см, що забезпечує економію матеріалів.

До переваг методу слід віднести широке покриття, за рахунок плоского потоку розчину, що дозволяє рівномірно заповнювати більші площі ґрунту, і забезпечувати ефективну та стабільну протифільтраційну завісу. Метод можна застосовувати в різних типах ґрунтів і на різних глибинах, що робить його універсальним для різних проєктів. А також швидкість виконання, за рахунок того, що технологія дозволяє швидко формувати великі площі протифільтраційних бар'єрів, зменшуючи загальний час робіт.

Недоліками є жорсткі вимоги до обладнання, бо для реалізації цього методу необхідне спеціалізоване обладнання з високим тиском, що може бути дорогим. Також, у разі дуже щільних або кам'янистих ґрунтів можуть виникнути труднощі з рівномірним розподілом розчину.

Метод Плоский Джет є ефективним і перспективним способом створення протифільтраційних завіс у складних гідрогеологічних умовах, забезпечуючи високу якість і швидкість виконання робіт.

Отже можна стверджувати, що різні методи облаштування протифільтраційних завіс мають свої переваги та недоліки, які залежать від конкретних умов будівництва та вимог до ефективності.

Порівняння техніко-економічних показників влаштування протифільтраційної завіси наведено в табл. 3.1.

Таблиця 3.1. Порівняння техніко-економічних показників по способам облаштування протифільтраційної завіси

Найменування показника	од. вим.	Показники по варіантам облаштування завіси				
		стіна в ґрунті	буро-набивні свердл.	шпунт Ларсена	джет палі	плоский джет
Довжина завіси	км	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Площа завіси	тис.м ²	14,3	14,3	12,8	14,3	14,3
Глибина завіси	м	6,1-20,5	6,1-20,5	10,0-18,0	6,1-20,5	6,1-20,5
Ширина завіси	м	0,6	0,6	-	0,6	0,6
Глиноцементний розчин	тис.м ³	9,5	9,5	-	-	-
Портландцемент	тис.т	-	-	-	9,6	4,5
Шпунт Ларсена	т	-	-	14,0	-	-
Вартість	млн.грн.	143,5	150,6	116,9	264,7	147,0

Виходячи з особливостей геологічної будови території, характеру залягання водоносних порід і їх гідродинамічних характеристик, наявності гідравлічної взаємозв'язку між підземними та поверхневими водами, характеру живлення та розвантаження водоносних горизонтів як по площі, так і на їх контурах, один з найбільш надійних та економічно вигідних варіантів це шпунт Ларсена.

Але залишається відкритим питання проблеми зміни природного потоку підземних вод при облаштуванні протифільтраційної завіси, викликані штучним створенням бар'єра, який змінює баланс підземних вод та гідродинамічні умови.

Накопичення вод перед завісою збільшує тиск на її конструкцію, це в свою чергу може спричинити пошкодження або навіть руйнування завіси, крім того при зміні потоку вод зростає ризик підмивання основи споруд або розмивання ґрунтів у прилеглих районах.

Однозначно остаточне рішення по облаштуванню завіси треба приймати на основі виконаних детальних розрахунків та моделювання

зміни потоків підземних вод для вибору оптимального місця та конструкції. Узгоджене облаштування протифільтраційної завіси з природними умовами та впровадження компенсуючих заходів допоможе мінімізувати негативний вплив на підземні води та екосистеми.

Нарощування та подальша експлуатація хвостосховищ викликатиме зміну фізико-механічних властивостей ґрунтів в основі споруди, їх ущільнення і консолідацію, про це свідчить багаторічний досвід експлуатації хвостосховищ.

Зростаюча потужність товщі хвостового матеріалу в тілі споруди, призводить до посилення тиску на ґрунти, що підстилають, і, разом з цим, забезпечує найкращі умови консолідації хвостів. При цьому тиск на ґрунти в основі споруди є локальним, в межах площі хвостосховища.

Водночас, зростання товщі хвостового матеріалу в тілі хвостосховища призводить до ущільнення хвостового матеріалу і зменшення коефіцієнту фільтрації хвостів, що, відповідно, призводить до скорочення техногенних втрат води з хвостосховища через його основу. Разом з цим, нарощування потужності хвостів призводить до зростання техногенних втрат з площі хвостосховищ за рахунок збільшення градієнтів напору. Ці різноспрямовані процеси визначають обсяг техногенних втрат з хвостосховища.

З метою захисту території від підтоплення, і стабілізації фільтраційного режиму, на діючому хвостосховищі і навколо нього функціонує дренажна система, яка перехоплює фільтраційні води з подальшим поверненням їх в чашу гідроспоруди.

Для локалізації впливу об'єктів підприємства на підземну гідросферу у різний час було реалізовано **комплекс інженерних заходів**, що дозволили значною мірою мінімізувати негативний вплив хвостосховища на підземну гідросферу. Система інженерного захисту представлена дренажем різних типів, завданням яких є перехоплення

Облаштування трьох додаткових свердловин для **моніторингу рівня підземних вод** та їх хімічного складу є важливим кроком для забезпечення ефективного контролю за станом водоносних горизонтів. Це дозволяє оперативно виявляти зміни у водному балансі та якісних показниках підземних вод, що сприяє своєчасному прийняттю рішень для мінімізації впливу гідротехнічних споруд на довкілля.

Дослідження впливу гідротехнічних споруд на стан природних вод є надзвичайно актуальним у контексті сучасних екологічних викликів. Незважаючи на прогрес у розумінні цих процесів, залишаються відкриті питання щодо розробки та впровадження інноваційних технологій для мінімізації негативного впливу, особливо для підприємств гірничозбагачувальної галузі, які істотно впливають на якість водних ресурсів.

Висновки до РОЗДІЛУ 3

1. В якості основного інноваційного рішення для мінімізації впливу гідротехнічних споруд на екосистему р. Інгулець пропонується облаштування протифільтраційного екрану (полімерної геомембрани) по дну та укосах хвостосховища для попередження фільтрації ґрунтових вод в умовах практично повної відсутності перетоку води з водосховища через поверхневий стік.
2. Для локалізації забруднюючих речовин у межах хвостосховища пропонується облаштування протифільтраційних завіс. Серед існуючих конструкцій протифільтраційної завіси найбільш ефективним та економічно вигідним рішенням є використання шпунта Ларсена, оскільки вартість облаштування 1 км такої завіси становить 116,9 млн грн, що на 56% менше порівняно з іншими варіантами.
3. Облаштування протифільтраційних завіс може змінити природний потік підземних вод, порушуючи баланс вод та гідродинамічні умови, тому остаточне рішення має базуватися на детальних розрахунках і моделюванні зміни потоків підземних вод для вибору оптимального місця та конструкції.
4. З метою мінімізації негативного впливу хвостосховища на підземні води пропонується комплекс інженерних заходів, який передбачає оптимізацію роботи дренажних систем щодо ефективного збору та відведення інфільтраційних вод із хвостосховища.
5. Для ефективного контролю зміни водного балансу, а також більш точного моніторингу рівня підземних вод пропонується облаштування трьох додаткових вузлів гідропостережних свердловин у північно-західному напрямку від хвостосховища.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ

Охорона праці є ключовою складовою ефективного функціонування будь-якого підприємства, оскільки вона спрямована на збереження здоров'я та життя працівників у процесі виконання трудових обов'язків. Важливість цього питання підкреслюється як міжнародними стандартами, так і національними нормативними актами. Наприклад, за даними Державної служби України з питань праці, щороку в країні реєструються тисячі нещасних випадків на виробництві, що вказує на необхідність впровадження комплексних заходів безпеки. Мета цього розділу — детально висвітлити основні аспекти організації охорони праці на підприємстві.

Розробка загальних та методичних рекомендацій, і впровадження заходів з охорони праці, а також організація і проведення контролю стану охорони праці та експлуатації хвостового господарства і оборотного водопостачання здійснюється службою охорони праці комбінату.

Політика, що проводиться в галузі охорони праці солідаризується із Законом України «Про охорону праці», ДБН А.3.2-2-2009 «Охорона праці та промислова безпека у будівництві», а також наказами та розпорядженнями керівництва комбінату з питань охорони праці.

На підприємстві організація охорони праці включає розробку, впровадження та контроль виконання системи заходів, спрямованих на створення безпечних умов праці. Основними елементами цієї системи є: відповідальність адміністрації та працівників, інструктажі та навчання, моніторинг стану охорони праці.

Адміністрація комбінату має забезпечити:

- ефективні засоби індивідуального захисту та колективного захисту робітників;

- безпеку виробничих процесів, обладнання та споруд;
- виконання санітарно-гігієнічних норм умов праці та оптимальних режимів праці та відпочинку працюючих;
- професійну підготовку та підвищення кваліфікації працівників з питань охорони праці, пропаганди безпечних методів праці;
- професійний підбір виконавців для певних видів робіт відповідно до існуючих норм та положень.

Працівник зобов'язаний:

- дбати про особисту безпеку та здоров'я, а також про безпеку та здоров'я оточуючих у процесі виконання будь-яких робіт або під час перебування на території підприємства;
- знати та виконувати вимоги нормативно-правових актів з охорони праці, правила поведінки з машинами, механізмами, обладнанням та іншими засобами виробництва, користуватися засобами колективного та індивідуального захисту;
- проходити в установленому законодавством порядку попередні та періодичні медичні огляди.

Працівник несе безпосередню відповідальність за порушення зазначених вимог.

В рамках інструктажів та навчання проводиться первинний інструктаж під час прийому на роботу, а також повторні інструктажі здійснюються щоквартально або після змін у технологічних процесах.

Окрім інструктажів в охорони праці працівники, при прийомі на роботу і періодично, повинні проходити інструктажі з надання домедичної допомоги постраждалим від нещасних випадків, а також з правил поведінки та дій у разі виникнення аварійних ситуацій, пожеж та стихійних лих.

Працівники та посадові особи, які не пройшли навчання, інструктаж та перевірку знань з питань охорони праці в установленому

порядку, до виконання робіт не допускаються.

Проведення спеціальних навчань та перевірка знань передбачено для працівників, які виконують роботи підвищеної небезпеки.

До моніторингу стану охорони праці належать: регулярні перевірки обладнання; оцінка ризиків у робочих процесах; аналіз статистики нещасних випадків та розробка профілактичних заходів.

На підприємстві можуть виникати наступні небезпечні та шкідливі фактори, такі як: фізичні, хімічні і механічні.

До фізичних факторів належать:

- високий рівень шуму або вібрації від обладнання;
- підвищена температура повітря в цехах.

Хімічні фактори це:

- контакт з токсичними речовинами під час виробничого процесу;
- викиди шкідливих газів у повітря робочої зони.

До механічних факторів відносяться:

- несправність обладнання;
- робота з гострими чи важкими предметами.

Для кожного з цих факторів розроблені заходи мінімізації, такі як використання індивідуальних засобів захисту (каски, рукавички, захисні окуляри) та впровадження інженерних рішень для зменшення впливу негативних умов.

Рівень шуму на робочих місцях має відповідати нормам, встановленим Санітарними нормами виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку ДСН 3.3.6.037-99, затвердженими постановою Головного державного санітарного лікаря України від 01 грудня 1999 року № 37.

Рівень вібрації на робочих місцях не повинен перевищувати норм, встановлених санітарними нормами загальної та локальної вібрації ДСН 3.3.6.039-99, затвердженими ухвалою Головного державного санітарного лікаря України від 01 грудня 1999 року № 39.

Параметри мікроклімату в межах робочої зони мають відповідати

вимогам «Санітарних норм мікроклімату виробничих приміщень» ДСН 3.3.6.042-99, затверджених постановою Головного державного санітарного лікаря України від 01 грудня 1999 року № 42.

Працівники служби експлуатації хвостових та шламових господарств повинні бути забезпечені засобами індивідуального захисту відповідно до «Норм безплатної видачі спеціального одягу, спеціального взуття та інших засобів індивідуального захисту працівникам гірничодобувної промисловості», затверджених наказом Державного комітету України з промислової безпеки, охорони праці та гірського нагляду від 21 серпня 2008 року №184 (НПАОП 0.00-3.10-08).

Забезпечення охорони праці на підприємстві — це комплексний процес, який потребує постійного моніторингу, вдосконалення технологій і навчання персоналу.

Для безпечної експлуатації гідротехнічних споруд під час натурних спостережень відповідальними посадовими особами підприємств проводиться нагляд та контроль за станом об'єктів:

- відповідність зведених гребель і дамб проекту робіт з підготовки основи і чаші хвостосховища;
- стан укосів, берм і гребеня дамб (гребель) та їх берегових примикань: наявність негативних явищ (просідань, тріщин, переміщень, обвалів);
- стан дренажних пристроїв: наявність підпору, замулювання, просідань, провалів ґрунту і виходів води по трасі дренажу, заболочування, руйнування лотків і колодязів, промерзання дренажу або дренажних випусків;
- стан водоприймальних і водоскидних споруд: наявність тріщин і раковин в стінках споруд, течі в стиках стінок споруд, корозії металоконструкцій (оцінюється двічі на рік, результати обстеження оформлюються актом);
- стан доступних для огляду частин контрольно-виміральної

апаратури: наявність кришок, погнутості оголовок, нумерації;

- стан укосів, берм і облицювань каналів, наявність під ними вимоїн, розкриття швів, заростання і замулювання;
- спостереження за горизонтами води у відстійному ставку хвостосховища та у ставку оборотного водопостачання (повинні вестися щодобово за допомогою водомірних рейок, встановлених біля водозабірних споруд у місцях, зручних для спостережень);
- контроль за вмістом твердих частинок в оборотній воді (здійснюється за результатами визначення каламутності води);
- аудит хімічного складу освітленої води (один раз на квартал здійснюється контроль хімічного складу освітленої води шляхом проведення прискореного хімічного аналізу проб води);

Для забезпечення екологічної безпеки при експлуатації гідротехнічних споруд ведеться впровадження ефективних заходів контролю впливу хвостосховища на навколишнє середовище, а саме на ґрунтові та поверхневі води на прилеглої до нього території, за рахунок здійснення повного хімічного аналізу з відбором проб із свердловин та з річки Інгулець.

За нормальних умов контроль повинен проводитись раз на квартал, а при виявленні змін у хімічному складі води – частіше, щомісяця або навіть частіше.

Повний хімічний аналіз має включати дослідження фізичних властивостей води, вміст хімічних елементів, таких як кальцій, магній, натрій, фосфати, залізо, а також сухий залишок і окислюваність.

Проби води відбираються з різних глибин свердловин з інтервалом від 2 до 5 м, залежно від глибини свердловини.

Кожна проба повинна бути маркована з інформацією про місце і глибину відбору, рівень ґрунтових вод, дату та підпис спостерігача.

Для збереження хімічного складу води проби необхідно консервувати, щоб уникнути змін, таких як випадання осаду або втрати

агресивної вуглекислоти.

Зберігання та обробка даних про хімічний склад води здійснюється контрольним постом, при цьому результати фіксуються у відповідному журналі.

Також слід зауважити, що за топографічними умовами, висотою та напором, що сприймається дамбою хвостосховища, за положенням хвостосховища, за значенням споруд шламового господарства в технологічному процесі, порушення їх цілісності або стійкості можуть мати катастрофічні наслідки і призвести до тривалої зупинки комбінату.

Завданням служби експлуатації є розробка організаційних та виробничих заходів щодо термінового та ефективного запобігання аваріям, зменшення її розмірів та наслідків.

План ліквідації аварійних ситуацій та аварій має на меті визначення можливих сценаріїв їх виникнення та розвитку, чіткого зосередження технічних засобів та конкретних дій виробничого персоналу, а також спеціалізованих підрозділів з ліквідації аварійних ситуацій на ранніх стадіях.

До аварійних явищ у стані напірних гідротехнічних споруд відносяться:

- загроза переливу або перелив через гребінь дамби, що почався раптово;
- розмив гребеня та укосів дамби течією пульповодів;
- сильні розмиви гребеня та укосів дамби зливовими водами;
- поява поздовжніх та поперечних тріщин на поверхні дамби;
- підвищена фільтрація дренажних пристроїв;
- зсуви низових укосів;
- порушення цілісності протифільтраційних екранів;
- поява осередків фільтрації в нижньому б'єфі основ дамб;
- просідання гребеня, за якими можливий перелив;

- перевищення горизонту заповнення хвостосховища та акумулюючого ставка проектного нормального рівня.

У сучасних умовах особлива увага має приділятися інноваційним підходам, таким як автоматизація моніторингу небезпек та використання сучасних засобів захисту.

Основні види можливого впливу хвостового та шламового господарства на стан навколишнього середовища і зокрема природних вод слід визначати з урахуванням:

- зміни умов та ефективності господарської діяльності за рахунок вилучення сільськогосподарських угідь;
- зміни природного ландшафту;
- зміни рівневого та хімічного режиму ґрунтових та підземних вод;
- затоплення та підтоплення земель, їх засолення та заболочування.

Конкретними заходами щодо охорони навколишнього природного середовища є:

- скорочення, а надалі усунення скидів води з хвостосховища;
- максимальне перехоплення та повернення у хвостосховище фільтраційних та дренажних вод;
- раціональне використання ємності хвостосховища та об'єму ставка оборотного водопостачання;
- спостереження за станом санітарно-захисної зони хвостосховища та підтримання його відповідно до вимог проекту.

Організація охорони праці на підприємстві є невід'ємною складовою безпечної та ефективної діяльності, яка забезпечує збереження здоров'я і життя працівників. Впровадження відповідних заходів та процедур охорони праці дозволяє значно знизити рівень нещасних випадків на виробництві та підвищити загальну ефективність роботи підприємства.

Система охорони праці на комбінаті розроблена відповідно до чинних національних стандартів та міжнародних вимог. Вона включає комплекс заходів, які охоплюють як технічні аспекти (використання індивідуальних засобів захисту, контроль за станом обладнання), так і організаційні (навчання та інструктажі працівників, моніторинг ризиків, контроль за дотриманням норм).

Необхідність постійного моніторингу стану охорони праці на виробництві обумовлена наявністю потенційно небезпечних факторів, таких як фізичні, хімічні та механічні ризики. Регулярні перевірки та оцінка ризиків є критично важливими для своєчасного виявлення проблем і запобігання аваріям.

Профілактичні заходи в рамках охорони праці на підприємстві дозволяють значно знизити ймовірність виникнення аварійних ситуацій, зокрема завдяки використанню сучасних технологій і постійному підвищенню кваліфікації працівників. Проте, для досягнення максимального ефекту необхідно продовжувати вдосконалювати систему управління охороною праці.

Забезпечення екологічної безпеки при експлуатації гідротехнічних споруд є важливою складовою загальної політики охорони праці. Постійний моніторинг хімічного складу води, контроль за станом хвостосховищ та інших важливих елементів інфраструктури дозволяє запобігати екологічним аваріям і мінімізувати їх негативні наслідки для навколишнього середовища.

Розробка планів ліквідації аварійних ситуацій є критично важливою для ефективного реагування на надзвичайні ситуації. Наявність чітко визначених процедур і засобів реагування дозволяє значно знизити масштаби та наслідки аварій, що забезпечує безперервність виробничого процесу.

Висновки до РОЗДІЛУ 4

1. Системний підхід до управління охороною праці передбачає відповідальність адміністрації за створення безпечних умов праці, забезпечення засобами індивідуального та колективного захисту, організацію інструктажів, навчання та моніторингу виробничого середовища.
2. Впровадження заходів безпеки на підприємстві відповідає вимогам Закону України «Про охорону праці» та санітарним нормам, що регламентують рівні шуму, вібрації та параметри мікроклімату.
3. Регулярні перевірки стану обладнання, моніторинг гідротехнічних споруд та аналіз ризиків дозволяють попередити нещасні випадки та мінімізувати негативний вплив небезпечних і шкідливих факторів.
4. На підприємстві здійснюється постійний контроль за станом дамб, дренажних систем, водозабірних споруд та контрольно-вимірювальної апаратури. Ці заходи спрямовані на мінімізацію ризиків для працівників та навколишнього середовища.
5. Забезпечення безпеки праці та безпечної експлуатації гідротехнічних споруд є ключовими умовами сталого розвитку підприємства, що вимагає постійного моніторингу, відповідального управління та дотримання законодавчих вимог.

ВИСНОВКИ

1. Аналіз літературних джерел свідчить про суттєвий вплив гірничо-збагачувальних підприємств на екологічний стан природних вод, який проявляється у забрудненні підземних і поверхневих вод шкідливими речовинами, важкими металами, солями та іншими хімічними елементами. При цьому, основними джерелами забруднення є хвостосховища, кар'єри та відвали, які сприяють формуванню фільтраційних потоків, підтопленню земель і деградації гідрологічних умов.
2. Дослідження технічного стану гідротехнічних споруд ПРАТ «ІНГЗК» виявило ймовірні ризики фільтрації забруднених розчинів із хвостосховищ у підземні та поверхневі води.
3. Аналіз технологічної документації та власних досліджень показав, що підземний потік водоносних горизонтів спрямований у бік р. Інгулець, що вказує на потенційний вплив хвостосховища на якість водних ресурсів річкової системи.
4. Моніторинг води хвостосховища ПРАТ «ІНГЗК» показав стабільні середньорічні показники хімічного складу з незначними варіаціями, що свідчить про однорідність води. Порівняльний аналіз не виявив істотного впливу хвостосховища на якість поверхневих вод р. Інгулець. У підземних водах в районі хвостосховища спостерігається підвищення рівнів мінералізації та засолення, що вказує на вплив діяльності хвостосховища.
5. В якості основного інноваційного рішення для мінімізації впливу гідротехнічних споруд на екосистему р. Інгулець пропонується облаштування протифільтраційного екрану (полімерної геомембрани) по дну та укосах хвостосховища для попередження фільтрації ґрунтових вод в умовах практично повної відсутності

перетоку води з водосховища через поверхневий стік.

6. Для локалізації забруднюючих речовин у межах хвостосховища пропонується облаштування протифільтраційних завіс. Серед існуючих конструкцій протифільтраційної завіси найбільш ефективним та економічно вигідним рішенням є використання шпунта Ларсена, оскільки вартість облаштування 1 км такої завіси становить 116,9 млн грн, що на 56% менше порівняно з іншими варіантами.
7. З метою мінімізації негативного впливу хвостосховища на підземні води пропонується комплекс інженерних заходів, який передбачає оптимізацію роботи дренажних систем щодо ефективного збору та відведення інфільтраційних вод із хвостосховища.
8. Для ефективного контролю зміни водного балансу, а також більш точного моніторингу рівня підземних вод пропонується облаштування трьох додаткових вузлів гідропостережних свердловин у північно-західному напрямку від хвостосховища.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Рудько Г.І., Яковлев Є.О. Регіональні техногенні зміни еколого-геодинамічних умов розробки залізрудних родовищ Кривбасу. *Мінеральні ресурси України*. 2018. № 2. с. 43-50.
2. Довгий С.О., Іванченко В.В., Коржнев М.М. та ін. Дослідження екологічного стану територій постмайнінгу в Україні на прикладі Криворізького басейну та його оточення. К.: Ніка-Центр, 2021. 196 с.
3. Геологія і корисні копалини України: Атлас / гол. ред. Л. С.Галецький. К.: ДП “Такі справи”, 2001. 168 с.
4. Рудько Г. І. Геолого-економічна оцінка окиснених залізистих кварцитів у залізисто-кременистих формаціях докембрію Українського щита. Державна служба геології та надр України, Криворізький національний університет. Чернівці: Букрек, 2012. 328 с.
5. Багрій І. Д., Блінов П. В., Белокопитова Н.А. та ін. Геоекологічні проблеми Криворізького басейну в умовах реструктуризації гірничодобувної галузі. К.: Фенікс, 2002. 190 с.
6. Довгий С. О., Іванченко В.В., Коржнев М.М. (наук. ред.), та ін. Асиміляційний потенціал геологічного середовища України та його оцінка. К.: Ніка-Центр, 2016. 172 с.
7. Кендзера О. В. Сейсмічна небезпека і захист від землетрусів (практичне впровадження розробок Інституту геофізики ім. С.І. Субботіна НАН України). *Вісник Національної академії наук України*. 2015. № 2. с. 44–57.
8. Старостенко В. І., Кендзера О.В. та ін. Розвиток сейсмологічної мережі на території України для цілей сейсмічного захисту. *Збірник наукових праць Інституту геохімії навколишнього середовища*. 2011. Вип. 19. с. 144–150.
9. Довгий С.О., Коржнев М.М. та ін. Геологічна будова та сучасні геолого-економічні й екологічні умови видобутку і переробки

залізних руд Криворізько-Кременчуцької зони. К.: Ніка-Центр, 2017. 208с.

10. Мальований М. С., Петрушка І. М. Очищення стічних вод природними дисперсними сорбентами : монографія. Львів: Львівська політехніка, 2012. 180с.

11. Бойчук Ю. Д., Солошенко Е. М., Бугай О. В. Екологія і охорона навколишнього середовища: *навчальний посібник*. Суми, 2012. 284 с.

12. Шерстюк, Н. П., Хільчевський, В. К. Особливості гідрохімічних процесів у техногенних та природних водних об'єктах Кривбасу. URL: <https://www.researchgate.net> (дата звернення: 23.12.2024).

13. Очищення стічних вод промислових підприємств від іонів важких металів. URL: <https://bctp.knuba.edu.ua> (дата звернення: 23.12.2024).

14. Телюра, Н. О., Сорокіна, К. Б., Ломакіна, О. С., Лукашевич, Д. С. Комплексне обґрунтування екологічних інноваційних рішень щодо зменшення виробничого впливу на довкілля. URL: <https://khg.kname.edu.ua> (дата звернення: 23.12.2024).

15. Очищення стічних вод: *навчальний посібник*. URL: <https://ep3.nuwm.edu.ua> (дата звернення: 23.12.2024).

16. Очищення стічних вод промислових підприємств: *навчальний посібник*. URL: <https://pgasa.dp.ua> (дата звернення: 23.12.2024).

17. Леонов В.Є., Шерстюк В.Г., Бень А.П. Технологія очищення стічних вод з метою захисту гідросфери. Херсон : ХДМІ, 2008. 151 с.

18. Созанський С. Двоступеневе очищення стічних вод. *Харчова і переробна промисловість*. 1997. № 6. с. 22–23

19. Таварткіладзе І. Економне очищення стоків. *Харчова і переробна промисловість*. 1999. № 9. с. 26–27

20. Чабан В.О. Нові перспективи біологічного очищення стічних промислових відходів за допомогою Ейхорнії товстоножкової. Наукові праці: *науково-методичний журнал. Серія «Екологія». Випуск 220, 2014, том 232* – Миколаїв: Чорноморський державний університет імені Петра Могили, 2014. с. 89–91.

21. Чабан В.О., Круглий Д.Г., Камаєв О.Ю. Енергозберігаюча технологія очистки стічних лляльних вод. Наукові праці: *Науково-методичний журнал. - Серія «Екологія». - Миколаїв : ЧДУ ім. Петра Могили, 2015. – Випуск 244.. Т. 256. – с.86–90.*

22. Плотников О.В., Петрусенко І.Ю. Структура світових запасів заліза і тенденції розвитку залізорудної мінерально-сировинної бази України: *Науково-технічний виробничий журнал. 2003. № 1. с. 79–83.*

23. Іпатко Ю.М., Малахов І.М. Періоди техногенезу гірничого Кривбасу. *Геологічний журнал. 2004. №1. с.62 – 69.*

24. Вишневський В.І., Косовець О.О. Гідрологічні характеристики річок України. К.: Ніка-Центр, 2003. 324 с.

25. ДІ «УКРНДІВОДОКОНАЛПРОЕКТ» Висновок про стан гідротехнічних споруд хвостового господарства по річному звіту за 2023рік. К. 2024. 33с.

26. ДІ «УКРНДІВОДОКОНАЛПРОЕКТ» 9 етап. Оцінка впливу на навколишнє середовище. К. 2024. 409с.

27. ІНСТИТУТ ПРОБЛЕМ УПРАВЛІННЯ НАЦІОНАЛЬНОЇ АКАДЕМІЇ НАУК УКРАЇНИ 4 етап. Фонові дослідження. Х. 2022. 306с.

28. Методичні рекомендації з розроблення нормативів гранично допустимого скидання забруднюючих речовин у водні об'єкти із зворотними водами. Затверджено Наказом Міністерства захисту довкілля та природних ресурсів України № 173 від 05.03.2021.

29. Наказ МОЗ України № 721 від 02.05.2022 р. «Про затвердження Гігієнічних нормативів якості води водних об'єктів для

задоволення питних, господарсько-побутових та інших потреб населення». URL: <https://moz.gov.ua>. (дата звернення: 23.12.2024).

30. ДІ «УКРНДІВОДОКОНАЛПРОЕКТ» Етап 7. Математичне моделювання гідродинамічних і гідрохімічних процесів К. 2021. 92с.

31. Контроль і спостереження за безпечним станом хвостосховищ і шламосховищ - Охорона. праці і пожежна безпека. Охорона праці і пожежна безпека. URL: <https://oppb.com.ua> (дата звернення 23.12.2024)

32. Романенко В. Д. (ред.). Методи гідроекологічних досліджень поверхневих вод. – К., 2006. – 628 с.

33. Бузило В. І., Павличенко А. В. Екологічні та техногенні наслідки ліквідації вугільних шахт. Розробка родовищ. 2014. С. 535–540.

34. Завацький С. В., Котельчук Л. С., Котельчук А. Л. Біоінженерні споруди для очищення стічних вод малої продуктивності. *Чернігівський науковий часопис*. Серія 2. Техніка і природа. 2012. №1(3). с. 57–63.

35. Гомеля М. Д., Іванова В. П., Трус І. М. Ефективність вилучення іонів важких металів з розведених розчинів іонообмінним методом. *Технічні науки та технології*. 2017. №4 (10). с. 154–162.

36. Гришко В. М., Сищиков Д. В., Піскова О. М., Данильчук О. В., Машталер Н. В. Важкі метали: надходження в ґрунти, транслокація у рослинах та екологічна безпека. – Донецьк: Донбас, 2012. – 302 с.

37. Іванов Є., Ковальчук І. Аналіз структури землекористування і прояву небезпечних природно-антропогенних процесів в межах Львівсько-Волинського кам'яновугільного басейну за допомогою ГІС-технологій. Тернопіль: Тайп. 2010. №1 (27). с. 182–189.

38. Коваленко А. А., Павличенко А. В. Дослідження міграційної активності важких металів на територіях розміщення породних відвалів.

Збірник наукових праць Національного гірничого університету. – 2013. – № 40. – с. 167–173.

39. Башуцька У. Б. Характеристика флори породних відвалів шахт Червоноградського гірничо промислового району. *Науковий вісник УкрДЛТУ*, 2002. Вип. 12 (2).

40. Копій М. Л., Марутяк С. Б., Копій Л. І. Аналіз морфологічної структури та хімічного складу порушених ґрунтів у межах Новороздільського ДГХП «Сірка». *Науковий вісник НЛТУ України*. 2016. Вип. 26.4. с. 212–219.

41. Клименко М. О., Залеський І. І. Збалансування використання водних ресурсів. *Навчальний посібник*. Рівне: НУВГП, 2016. 337 с. URL: <https://ep3.nuwm.edu.ua> (дата звернення: 23.12.2024).

42. Вишневський В.І., Косовець О.О. Гідрогеологічні характеристики річок України. К.: Ніка-Центр, 2003. 324с.

43. Клименко М.О., Трушева С.С., Гроховська Ю.Р. Відновна гідроекологія порушених річкових та озерних систем (гідрохімія, гідробіологія гідрологія, екологія, управління). *Навчальний посібник. – Том III*. Рівне. 2004. 211с.

44. Романенко В.Д., Жукинський В.М., Оксіюк О.П. Методика екологічної оцінки якості поверхневих вод за відповідними критеріями. К.: Символ-Т, 1998. 28с.

45. Альохіна Т.М. Динаміка гідрохімічного стану вод р. Саксагань в умовах активного техногенезу. Гідрогеологія: наука, освіта, практика: Матеріали VI наукової конференції з міжнародною участю. Харків. 2020. с.5-8.

46. Багрій І. Д., Блінов П. В., Белокопитова Н. А. та ін. Геоекологічні проблеми Криворізького басейну в умовах реструктуризації гірничодобувної галузі. – К.: Фенікс, 2002. – 190 с.

47. Довгий С. О., Коржнев М. М. (наук. ред.), Курило М. М. та ін. Екологічні ризики, збитки та раціональні межі використання надр в Україні. – К.: Ніка-Центр, 2012. – 314 с.

48. Казаков В.Л. Балки басейну ріки Саксагань. Географічні дослідження Кривбасу: Фізична географія, економічна і соціальна географія, геоекологія, історична географія, інформаційна географія, туризм, викладання географії. Матеріали кафедральних науково-дослідних тем. - Вип. 4. - Кривий Ріг : Видавничий дім, 2009. - с.12-19.

49. Коржнев М. М., Міщенко В. С., Шестопапов В. М., Яковлев Є. О. Концептуальні основи поліпшення стану довкілля гірничовидобувних регіонів України. – К.: РВПС України, 2000. – 75 с.

50. Могилевський Л.М. Вплив техногенезу надр на поверхневі водні об'єкти Кривбасу. Деякі чинники техногенезу. Серія: Геологічне середовище антропогенної екосистеми.- Кривий Ріг: Октант-Принт, 2002.- с.80-96.

51. Беляєвич І. Л. "Гідроекологічний аналіз впливу діяльності гірничо-збагачувальних підприємств Кіровоградської області на басейн річки Інгулець". Кваліфікаційна робота. Кіровоград, 2024.

52. Плотнікова Н. В. "Екологічна гідрогеологія". Навчальний посібник. Житомир, 2023.

53. Іванова О. В., Піскова О. М., Данильчук О. В. "Важкі метали: надходження в ґрунти, транслокація у рослинах та екологічна безпека". Донецьк: Донбас, 2012.

54. Коваленко А. А., Павличенко А. В. "Дослідження міграційної активності важких металів на територіях розміщення породних відвалів". Збірник наукових праць Національного гірничого університету, 2013, 40, с. 167–173.

55. Гришко В. М., Сищиков Д. В., Піскова О. М., Данильчук О. В., Машталер Н. В. "Важкі метали: надходження в ґрунти, транслокація у рослинах та екологічна безпека". Донецьк: Донбас, 2012.

56. Клименко М. О., Трушева С. С., Гроховська Ю. Р. "Відновна гідроекологія порушених річкових та озерних систем (гідрохімія, гідробіологія, гідрологія, екологія, управління)". Навчальний посібник. Том III. Рівне, 2004.

57. Романенко В. Д., Жукинський В. М., Оксіук О. П. "Методика екологічної оцінки якості поверхневих вод за відповідними критеріями". Київ: Символ-Т, 1998.

58. Альохіна Т. М. "Динаміка гідрохімічного стану вод р. Саксагань в умовах активного техногенезу". Гідрогеологія: наука, освіта, практика. Матеріали VI наукової конференції з міжнародною участю. Харків, 2020, с. 5–8.

59. Багрій І. Д., Блінов П. В., Белокопитова Н. А. та ін. "Геоелекологічні проблеми Криворізького басейну в умовах реструктуризації гірничодобувної галузі". Київ: Фенікс, 2002.

60. Довгий С. О., Коржнев М. М., Курило М. М. та ін. "Екологічні ризики, збитки та раціональні межі використання надр в Україні". Київ: Ніка-Центр, 2012.

ДОДАТОК А

Тези доповіді на міжнародній науково-технічній конференції
«MININGMETALTECH 2024 – Гірничо-металургійний комплекс:
інтеграція бізнесу, технологій та освіти»



International scientific conference

**MININGMETALTECH 2024 – THE MINING
AND METALS SECTOR: INTEGRATION
OF BUSINESS, TECHNOLOGY
AND EDUCATION**

November 28–29, 2024

Volume 2



DOI

**DEVELOPMENT OF INNOVATIVE TECHNOLOGICAL MEASURES
TO MINIMIZE THE IMPACT OF HYDROTECHNICAL
STRUCTURES OF A MINING AND PROCESSING PLANT
ON NATURAL WATER RESOURCES (CASE STUDY:
PJSC "INGULETSKY MINING AND PROCESSING PLANT")**

**РОЗРОБКА ІННОВАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ЗАХОДІВ
ДЛЯ МІНІМІЗАЦІЇ ВПЛИВУ ГІДРОТЕХНІЧНИХ СПОРУД
ГІРНИЧОЗБАГАЧУВАЛЬНОГО КОМБІНАТУ
НА ПРИРОДНІ ВОДИ (НА ПРИКЛАДІ ПРИВАТНОГО
АКЦІОНЕРНОГО ТОВАРИСТВА "ІНГУЛЕЦЬКИЙ
ГІРНИЧО-ЗБАГАЧУВАЛЬНИЙ КОМБІНАТ")**

Volkova A.O.,
student (group 183-23-1m),
LLC "Technical university
"Metinvest polytechnic",
Zaporizhzhia, Ukraine

Волкова А.О.,
студент гр.183-23-1м,
ТОВ «Технічний університет
«Метінвест політехніка»,
м. Запоріжжя, Україна

Довготривала експлуатація родовищ і переробка залізних руд має катастрофічний вплив на навколишнє природне середовище і викликає критичні порушення породного масиву, порушення режиму та забруднення поверхневих і підземних вод, забруднення повітря і ґрунтів. Повністю компенсувати екологічні і економічні збитки у Кривбасі неможливо не лише тому, що на практиці неможливо відновити на території використання надр біоценози, які тут були до розробки родовищ, а тому що неможливо відновити рельєф, геохімічні і гідрологічні умови і багато іншого. Крім того, при спробі приведення території до початкового стану витрати на їх екологічну реабілітацію зростають настільки, що втрачаються економічні стимули роботи гірничодобувних і переробних підприємств. Стає очевидним, що треба по можливості максимально мінімізувати вплив на довкілля діяльності підприємств під час їх роботи і створити комфортні умови для життя людини і існування флори і фауни в природно-техногенному середовищі.

На території Кривбасу виділяється чотири райони, в яких здійснюється активний видобуток залізної руди та локалізовані великі видобувні та переробні потужності. Специфічним для України, взагалі,

та Криворіжжя, зокрема, є значне домінування відходів, що утворюються при розробці родовищ корисних копалин (до 75% загального обсягу) та збагаченні (13–14%) [5]. Існуючі технології збагачення залізних руд передбачають складування відходів виробництва («хвостів») у спеціальних резервуарах – хвостосховищах, у які вони подаються у вигляді водяної пульпи. Сьогодні у хвостосховищах Криворіжжя акумульовано понад 2,0 млрд. м³ відходів збагачення руди [1].

Гідрологічна мережа Криворіжжя представлена річкою Інгулець та його притокою – р.Саксагань, а також великими балками й водотоками, які є результатом історії розвитку території, а також сучасних фізико-географічних процесів [2]. У басейні р.Інгулець у районах, в яких діють гірничо-збагачувальні комбінати, відбуваються корінні зміни усіх елементів ландшафту, що спричиняє розвиток специфічних геохімічних процесів, що впливають на хімічний склад води водних об'єктів природного і техногенного походження.

Схема збагачення залістистих кварцитів на Інгулецькому гірничозбагачувальному комбінаті передбачає декілька технологічних етапів, а саме: дроблення в 3–4 стадії, 3 стадії подрібнювання, 4–5 стадій магнітної сепарації та флотаційну доводку. Останній етап збагачення – обернена катіонна флотація є унікальним для криворізьких гірничозбагачувальних комбінатів методом, що дозволяє доводити концентрат із бідних руд до 67,0 та більше відсотків заліза. Але при цьому використовуються високо токсичні сполуки – флотореагенти, які за хімічною природою є аліфатичними амінами [5].

Відходи збагачення (пульпа) складаються у хвостосховищах. Крім основного призначення – складування відходів видобутку і збагачення залізної руди, хвостосховища виконують важливу водорегулюючу функцію, оскільки є найважливішою складовою ланкою системи оборотного водопостачання комбінатів.

Фільтрація забруднених вод з хвостосховищ є складною і багатогранною проблемою, яка вимагає комплексного підходу до її вирішення, тому це питання залишається актуальним і потребує подальшого розгляду і проведення додаткових досліджень.

Важливим елементом для контролю за фільтрацією підземних вод, особливо в контексті хвостосховищ є облаштування протифільтраційних завіс. Протифільтраційна завіса служить для запобігання міграції забруднюючих речовин у підземні води та зменшення їх негативного впливу на навколишнє середовище. Разом з усуненням обводненості, усувається також загроза зсувів і обвальних явищ. В рамках даного

дослідження запропоновано розглянути різні варіанти конструкцій протифільтраційних завіс. Найбільш ефективні за надійністю та відносною простотою будівництва:

- Стіна в ґрунті — цей спосіб полягає у влаштуванні траншеї глибиною від 6 до 20 м, із заглибленням у водоупорний горизонт.

- Буриабивні свердловини з глиноцементним розчином. Протифільтраційні завіси свайного типу влаштовуються з взаємно перекриваючих свердловин великого діаметра (0,6 м), заповнених глиноцементним розчином.

- Шпунт Ларсена. Цей метод полягає у влаштуванні протифільтраційної завіси шляхом віброуглублення металевих шпунтів на всю глибину фільтруючих шарів ґрунту з проникненням у водоупорний горизонт.

- Джет-свая. Сучасний метод, при якому буряться сваї діаметром 125 мм з кроком 1 м з подальшим нагнітанням під високим тиском по всій окружності глиноцементного розчину.

- Плоский Джет. Цей метод відрізняється від попереднього тим, що нагнітання цементного розчину виконується під великим тиском і тільки в одній площині перпендикулярно до фільтраційного потоку, що дає можливість зменшити товщину завіси до 30 см, що забезпечує економію матеріалів.

Облаштування протифільтраційної завіси є комплексним процесом, що вимагає ретельного планування, вибору відповідних матеріалів і технологій, а також постійного моніторингу для забезпечення надійності та ефективності системи.

Довготривала експлуатація гірничодобувних підприємств негативно впливає на гідрологічні ресурси та екосистеми. Ефективна мінімізація цього впливу є важливим етапом для збереження навколишнього середовища.

Запропоновані методи протифільтраційних завіс забезпечують надійний захист від забруднення підземних вод. Впровадження таких технологій здатне зменшити ризик проникнення забруднюючих речовин у природні водні об'єкти і має потенціал стати частиною екологічної стратегії, яка сприяє сталому розвитку та підвищенню рівня екологічної безпеки.

Перелік використаних джерел

1. Багрій І. Д., Білізов П. В., Белокопитова Н. А. та ін. Геоекологічні проблеми Криворізького басейну в умовах реструктуризації гірничодобувної галузі. К.: Фенікс, 2002. 190 с.

2. Вишневський В.І., Косовець О.О. Гідрологічні характеристики річок України. К.: Ніка-Центр, 2003. 324 с.
3. Довгий С.О., Шестопапов В.М., Коржнев М.М. та ін. Реструктуризація мінерально-сировинної бази України та її інформаційне забезпечення. К.: Наукова думка, 2007. 347с.
4. Довгий С.О., Іванченко В.В., Коржнев М.М. та ін. Асиміляційний потенціал геологічного середовища України та його оцінка. К.: Ніка-Центр, 2016. 172с.
5. Іпатко Ю.М., Малахов І.М. Періоди техногенезу гірничого Кривбасу. *Геологічний журнал*. 2004. № 1. С. 62–69.

DOI

THE PROSPECTS OF USING THE CONSTRUCTED WETLAND FOR DECONTAMINATION OF THE AQUATIC ECOSYSTEMS FROM RADIATION POLLUTION

ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ БІОПЛАТА ДЛЯ ОЧИЩЕННЯ ВОДНИХ ЕКОСИСТЕМ ВІД РАДІАЦІЙНОГО ЗАБРУДНЕННЯ

Yesipova N.B.,
PhD (Biology), Associate Professor,
LLC "Technical university
"Metinvest polytechnic",
Zaporizhzhia, Ukraine

Єсіпова Н.Б.,
к.біол.н., доцент,
ТОВ «Технічний університет
«Метінвест політехніка»,
м. Запоріжжя, Україна

Забруднення природних водойм речовинами техногенного походження є загрозливою проблемою в усьому світі. Токсичні сполуки, потрапляючи у водні екосистеми, порушують баланс між їх структурними компонентами і приводять до поступової деградації. Особливу небезпеку уявляють радіонукліди, що надходять у водойми зі стічними водами підприємств різних галузей промисловості: хімічної, нафто-газової, металургійної, гірничої, атомно-енергетичної. За результатами міжнародного моніторингу радіоактивності пластової води на окремих ділянках нафтовидобувних підприємств в 5-30 разів перевищує радіоактивність скидних вод АЕС. Разом з нафто-водяною сумішшю на поверхню потрапляють солі радіо-226, торію-232 і калію-40 [1].

Потенційну загрозу несуть відвали спрацьованих уранових руд, які зосереджені у хвостосховищах. Встановлено, що сконцентровані залишки уранового виробництва разом із ґрунтовими водами поступово потрапляють у поверхневі води, викликаючи їх радіаційне забруднення [2].